

59 CONGRESO DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE



Memorias

Trabajos de investigación, innovación
y/o desarrollo tecnológico



Adriana Solano Luque

Presidenta

Armando Pinto Ortega

Vicepresidente Ejecutivo

Maira Sarmiento Soto

Vicepresidenta Técnica

Gerencia Técnica

Jacqueline Mesa Sierra. **Gerente Técnica**

Carolina Antolinez Figueroa. **Líder Técnica**

Lady Johana Mogollón Cárdenas. **Líder Técnica**

Johan Andrés García Meneses. **Coordinador Técnico | Línea de Seguridad de Procesos**

Andrés Camilo Hernández Salamanca. **Líder Técnico jr.**

Gerencia de Comunicaciones

Diana Carolina Forero Buitrago. **Gerente de Comunicaciones y Asuntos Públicos**

Lizeth Viviana Salamanca Galvis. **Líder de Contenidos y Asuntos Públicos**

Andrés Roa. **Profesional de Comunicaciones Corporativas**

Yuly Natalia González H. **Líder de Comunicación Digital**

María Camila Casas Ortiz. **Analista de Comunicaciones**

Centro de Diseño

Germán Bonil Gómez

Diego Andrés Chisco Arias

Andrés Méndez Medina

Juan Ricardo Mendoza Plazas

Daniel Ricardo Murillo Hernández

Yudy Katherine Ramírez Martínez

Jessica Villalobos Muñoz

Jaime Alberto Valero Vergel

Corrección de estilo

Lizeth Viviana Salamanca Galvis

Diseño y diagramación

Daniel Ricardo Murillo Hernández



Grupo organizador y logístico del 59° Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente | CCS

Adriana Solano Luque. **Presidenta Ejecutiva**
Armando Pinto Ortega. **Vicepresidente Ejecutivo**
Maira Sarmiento. **Vicepresidente Técnica**
Juan Ramón Díaz. **Director Financiero y Administrativo**
Nicolás González Bogotá. **Director de Sostenibilidad**
Carlos Bermúdez. **Director de Tecnología**
Danuber Herrera. **Gerente de Expansión y Desarrollo Central**
Eliana Tesillo Gómez. **Gerente Nacional de Formación**
Jaime Valero Vergel. **Gerente de Mercadeo y Diseño**
Deysy Herrera. **Gerente de Riesgos y Gobernanza Corporativa**
Diana Forero Buitrago. **Gerente de Comunicaciones y Asuntos Públicos**
Lila Serrano Peña. **Gerente de Expansión y Desarrollo Regional**
Rodrigo Forero Franco. **Gerente de Señalización**
Jacqueline Mesa Sierra. **Gerente Técnica**
Jorge Olave. **Gerente de Relacionamiento Institucional**
Karen Umaña. **Gerente de Gestión Humana**
Ivonne Aldana. **Gerente de Contratantes**
Nidya Corzo. **Gerente de Auditorías**
Camilo Correa. **Gerente Técnico de Evaluación de la Conformidad**
Andrea Salas. **Gerente Regional Centro Oriente**
Eliana Preciado. **Gerente Regional Costa Caribe**
Lizeth Liévano. **Gerente Regional Antioquia**
Martha Garzón. **Gerente Regional Occidente**
Emilce Mora Ariza. **Coordinadora de Formación**
Carolina Antolinez Figueroa. **Líder Técnica**
Johan García. **Coordinador Técnico - Línea de Seguridad de Procesos**
Johana Mogollón. **Líder Técnica**
Andrea Cruz. **Coordinadora Cisproquim®**
Andrés Hernández Salamanca. **Líder Técnico Junior**
Johanna Valencia. **Líder de Comités Técnicos**
Juan David Fierro. **Profesional de Servicios Técnicos**
Armando Rodríguez Ospina. **Coordinador de Formación Virtual**
Neidy Molina González. **Coordinadora de Formación Presencial y Sincrónica**
Jessica Perilla Estupiñán. **Administradora de plataforma**
Queenie Carolina Bautista. **Profesional Logística y Eventos Especiales**



Katherine Soto. **Analista de Formación**
Lizeth Viviana Salamanca Galvis. **Líder de Contenidos y Asuntos Públicos**
Andrés Roa. **Profesional de Comunicaciones Corporativas**
Yuly Natalia González H. **Líder de Comunicación Digital**
María Camila Casas Ortiz. **Analista de Comunicaciones**
Karen Liseth Mancera Borda. **Asesora Comercial de Formación Regional**
Adriana Hernández Herrera. **Profesional Técnica y Administrativa- Presidencia**
Juan Ricardo Mendoza Plazas. **Líder de Diseño Gráfico**
Germán Bonil Gómez. **Líder de Diseño Audiovisual**
Andrés Méndez Medina. **Líder de Diseño Multimedia**
Daniel Murillo Hernández. **Diseñador de Publicaciones**
Diego Andrés Chisco Arias. **Diseñador Audiovisual**
Jessica Villalobos Muñoz. **Diseñadora Gráfica**
Yudy Katherine Ramírez Martínez. **Diseñadora Gráfica**
Mabel Yasno. **Analista de Producción de Eventos**
Gabriel Aguilera. **Líder de Analítica de Datos**
Federico García. **Analista de Datos**
Jhon González. **Ingeniero de Software II**
Juan José Guevara. **Ingeniero de Software I**
David Parra. **Ingeniero de Software I**
Carlos Vergara. **Ingeniero de Software I**
Fabio Grandas. **Ingeniero de Software Senior**
Javier Garavito. **Ingeniero de Infraestructura**
David Gómez. **Líder de Infraestructura**
Antonio González. **Líder de Aprendizaje y Desarrollo**
Alexandra Nava. **Líder de Atracción y Estructura**
Yefferson Monroy. **Líder de Análisis Relacional**
Angie Eliana Prieto Moreno. **Asistente Administrativa VFA - GH**
Jocelyn Santiago. **Líder de Mejora Continua y Servicio al Cliente**
Leonardo Troncoso. **Analista HSEQ**
Neydi Bravo. **Aprendiz de la Gerencia de Riesgos y Gobernanza Corporativa**
Yamile López Useche. **Coordinadora de Contabilidad**
Brandon David Quintero Lancheros. **Tesorero**
Sebastián Almanza. **Analista de Cartera**
Angie Carolina Riaño Cetina. **Analista de Contabilidad**
Karen Daniela Castillo Trujillo. **Auxiliar de Contabilidad**
Halley Nicol Amaya Gómez. **Aprendiz de Contabilidad**



Julio Cubillos. **Asesor de Cobranza**
Vanessa Castaño. **Asesora de Formación**
Jonathan Alexis Rojas. **Asesor de Formación**
Angélica María Giraldo. **Coordinadora Comercial de Formación**
Lady Angélica Celis. **Asesora de Formación**
Mauricio Velaides. **Asesor de Formación**
Santiago Parra. **Asesor Congreso**
Katia Berrio. **Asesora de Formación**
Tatiana Torres. **Asesora de Formación**
Dalia Rocío Hernández. **Asistente Administrativa Regional**
Angélica Varón. **Asistente Administrativa Regional**
Gisell Barón. **Soporte Área de Formación**
Damián Gómez. **Asistente Nacional de Formación**
Brandon Morales. **Asistente Nacional de Formación**
Catalina Vargas. **Ejecutiva Comercial**
Carolina Chavista. **Ejecutiva Comercial**
Óscar Beltrán. **Ejecutivo Comercial**
Juan Delgado. **Ejecutivo Comercial**
Diego Alejandro Murcia Lamprea. **Analista de Beneficios de Afiliación**
Mallerly López. **Asistente Administrativa Comercial**
Angélica Lara. **Profesional en Gestión de Contratistas**
María Camila Gil Rojas. **Líder de Producción y Servicios**
Carlos Zambrano. **Conductor y Supervisor de Mantenimiento**
Víctor Hernando Gutiérrez Galindo. **Coordinador de Servicios Generales**
Miguel Ángel Méndez Alape. **Auxiliar de Producción y Servicios**
Yanith Omaira Castiblanco. **Auxiliar de Producción y Servicios**
Rafael Henríquez. **Mensajero**
Danny Cubillos. **Auxiliar de Mantenimiento**
Lucy Anillo. **Operaria de Aseo**



Consejo Técnico | CCS

Armando Agudelo Fontecha
Clara Inés Cárdenas Rodríguez
Héctor Gutiérrez Pulido
Jorge Arturo Isaza Londoño
Martha Elisa Monsalve Cuellar
Patricia Canney Villa
Ricardo Vásquez Arango

Comité técnico-científico | CCS

Jacqueline Mesa Sierra. **Gerente Técnica**
Lady Johana Mogollón Cárdenas. **Líder Técnica**
Carolina Antolinez Figueroa. **Líder Técnica**
Johan Andrés García Meneses. **Coordinador Técnico | Línea de Seguridad de Procesos**
Andrés Camilo Hernández Salamanca. **Líder Técnico Jr.**

Evaluadores científicos

Maira Luz Sarmiento Soto. **Vicepresidenta técnica de CCS**
Joaquín Fernando Canabal Guzmán. **Docente de la Universidad del Sinú**
Liced Beltrán. **Gerente de Proyecto y Representante Legal de Ergospa**
Clara Inés Cárdenas Rodríguez. **Miembro del Consejo Técnico del CCS**
Ricardo Augusto Vásquez Arango. **Docente de la Universidad el Bosque**
Jorge Arturo Isaza Londoño. **Miembro del Consejo Técnico del CCS**
Martha Isabel Riaños Casallas. **Docente de la Universidad Nacional de Colombia**
Yohanna Milena Rueda Mahecha. **Docente de la Corporación Universitaria Minuto de Dios**
Yezid Fernando Niño. **Gerente Técnico de Responsabilidad Integral**
Bernardo Adolfo Ortiz Gamboa. **Consultor del CCS**
Laura Natalia Flórez. **Fisiatra y médica laboral en CIREC**
Fabiola Castaño Cuevas. **Jefe de salud integral e innovación en CIREC**
Fabián Duque Vanegas. **Consultor de riesgos especializado y Gerente Administrativo de Ergospa**

Comité Logístico CCS | Presentación trabajos de investigación, innovación y/o desarrollo tecnológico

Maira Sarmiento. **Vicepresidenta Técnica**
Jacqueline Mesa Sierra. **Gerente Técnica**
Carolina Antolinez Figueroa. **Líder Técnica**
Lady Johana Mogollón Cárdenas. **Líder Técnica**
Johan Andrés García Meneses. **Coordinador Técnico | Línea de Seguridad de Procesos.**
Andrés Camilo Hernández Salamanca. **Líder Técnico junior**



Diana Carolina Forero Buitrago. **Gerente de Comunicaciones y Asuntos Públicos**

Lizeth Viviana Salamanca. **Líder de Contenidos y Asuntos Públicos**

Yuly Natalia Gonzalez H. **Líder de Comunicación Digital**

Jaime Valero. **Gerente de Mercadeo**

Jessica Villalobos. **Diseñadora Gráfica**

Juan Ricardo Mendoza. **Diseñador Gráfico**

Daniel Murillo. **Diseñador de Publicaciones**

Andrés Méndez. **Diseñador Multimedia**

Comité Editorial

Jacqueline Mesa Sierra. **Gerente Técnica**

Carolina Antolinez Figueroa. **Líder Técnica**

Lady Johana Mogollón Cárdenas. **Líder Técnica**

Johan Andrés García Meneses. **Coordinador Técnico | Línea de Seguridad de Procesos**

Diana Carolina Forero Buitrago. **Gerente de Comunicaciones y Asuntos Públicos**

Lizeth Viviana Salamanca Galvis. **Líder de Contenidos y Asuntos Públicos**

Yuly Natalia González H. **Líder de Comunicación Digital**

María Camila Casas Ortiz. **Analista de Comunicaciones**

Juan David Fierro. **Profesional de Servicios Técnicos**

Johanna Valencia Grimaldos. **Líder de Comités Técnicos**

ISSN: 3115-1132 (en línea)

Publicación anual del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS)

Carrera 20 No. 39-52, barrio La Soledad, Bogotá D.C.

PBX: (601) 2886355

publicaciones@ccs.org.co

Colombia, 2026



Editorial

Fortalecer alianzas y divulgar el nuevo conocimiento para la consolidación de un mundo sano, seguro y sostenible

Comprometido con el fortalecimiento de la investigación e innovación en el país, el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) presenta —por segundo año consecutivo— las memorias del Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente.

Este documento contiene los resúmenes extensos de los trabajos de investigación, innovación y/o desarrollo tecnológico que fueron seleccionados para ser presentados en la versión número 59 de dicho evento, encuentro realizado en Bogotá del 1 al 3 de julio de 2026.

Esta muestra es evidencia del pulso del conocimiento y la innovación en las diferentes líneas temáticas que en la actualidad son fundamentales para lograr un planeta sostenible, y sobre las cuales los diferentes investigadores postularon sus resúmenes que aquí se encuentran compilados, confirmando así que el ámbito laboral es diverso, dinámico y complejo:

- Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)
- Gestión del Riesgo de Desastres
- Sostenibilidad
- Gestión del Riesgo Químico.

Se destaca la articulación entre los actores clave que generan nuevo conocimiento y le apuestan a la creación de soluciones innovadoras contribuyendo a elevar los estándares de seguridad, salud y bienestar en el país y que velan por condiciones de trabajo decentes, dignas, equitativas, inclusivas y justas.

Con el fin de dar continuidad al legado técnico y académico del evento, caracterizado por compartir conocimiento de alto valor, y con el propósito de reforzar su componente investigativo, a partir de 2023, el grupo de investigación Torcaza del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) lanzó por primera vez la convocatoria a resúmenes de investigación, abriendo un espacio crucial para que la comunidad académica aporte y difunda hallazgos aplicables que beneficien a los diferentes sectores económicos del país. Para el 59 Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente la convocatoria continuó consolidándose como un referente nacional e internacional tras recibir 105 resúmenes de trabajos científicos y académicos postulados por grupos de investigación, estudiantes y docentes de diversas instituciones de educación superior. Estos trabajos fueron evaluados por el comité técnico-científico delegado por parte del CCS para seleccionar a los mejores y otorgarles un espacio de visibilización.



Por ende, esta publicación reúne los 27 proyectos y estudios seleccionados y presentados durante el Congreso. Cada resumen es prueba del rigor académico y científico con el que los investigadores nacionales e internacionales, estudiantes de pregrado y posgrado, docentes.

Por tanto, las memorias aquí compiladas se convierten en una herramienta de consulta valiosa. Su publicación busca que investigadores, académicos, profesionales y organizaciones de todos los sectores económicos encuentren nuevas perspectivas, metodologías probadas y resultados de impacto que contribuyen al cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y a la consolidación cada vez más robusta de entornos de trabajo más seguros, saludables y sostenibles.

Con ello, el CCS reafirma un compromiso compartido: fortalecer y consolidar un mundo laboral más seguro, saludable, sostenible, resiliente e inclusivo, que brinde bienestar a todos sus trabajadores y grupos de interés a partir del mejoramiento continuo y la toma de decisiones estratégicas basadas en evidencia que contribuyan a la mejora de las condiciones de trabajo en los diferentes sectores económicos.

Expresamos nuestra gratitud a los autores por su invaluable contribución. Gracias a su experticia, se continúan fortaleciendo espacios de apropiación de conocimiento y generación de respuestas eficaces frente a los retos y necesidades actuales de las organizaciones.

Cordialmente,

Comité técnico-científico

59° Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente



Contenido

Presentaciones. Modalidad oral	13
Línea temática: Seguridad y Salud en el Trabajo	14
Modelo de análisis predictivo para la atención de intentos de suicidio para el Cuerpo de Bomberos de San Antonio del Tequendama	15
Estilos de vida saludable en trabajadores del Banco de Alimentos de Bogotá	19
La estabilidad laboral reforzada por casos de accidentes de trabajo desde la jurisprudencia de la Corte Constitucional de Colombia	22
Prevalencia de estrés, ansiedad, depresión y resiliencia en trabajadores del sector público del municipio de Pauna (Boyacá) en el año 2025	25
Triangulación del desgaste físico: caso del personal de aseo en una universidad pública	28
Transformación de la seguridad mediante Safety Coaching en una empresa de manufactura industrial	33
Vigilancia ergonómica con inteligencia artificial: análisis de 225 inspecciones en 22 empresas del sector productivo colombiano (2023-2026)	37
Recomendaciones para la inclusión laboral de personas con discapacidad auditiva en entornos logísticos: cumplimiento de la Ley 2466 de 2025 desde la fonoaudiología en SST	41
El riesgo que no se ve: predictibilidad de la accidentalidad laboral mediante detección de co-falla de barreras en sistemas de trabajo	46
Línea temática: gestión del riesgo químico	50
Creación del protocolo de emergencias para la prevención de riesgos en los procesos de refrigeración en empresas de alimentos dado el uso de amoniaco	51
El riesgo químico ocupacional como amenaza multidimensional a la seguridad humana de trabajadores de tratamiento químico en operaciones del sector hidrocarburos	61
Evaluación del riesgo por exposición al polvo de carbón en trabajadores de minería en la vereda Pueblo Viejo - Cucunubá	65
Línea temática: gestión del riesgo de desastres	68
Integración de la educación en gestión de riesgos de procesos en plantas piloto mediante una metodología basada en HIRA: un caso de estudio	69



Implementación de un sistema de alerta temprana hidrometeorológica para la mitigación del riesgo por inundaciones en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Sede Medellín.....	73
Línea temática: sostenibilidad.....	76
Evolución de la contaminación atmosférica por vehículos livianos y motocicletas en Bogotá: análisis quinquenal.....	77
Estudio de viabilidad técnica y económica para implementar un sistema de energía a través de polímeros piezoeléctricos en un sendero peatonal del municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.....	85
Ponencia ganadora. Modalidad oral.....	88
Escuelas seguras y resilientes: gestión del riesgo escolar como estrategia para fortalecer la cultura preventiva desde la educación básica en Colombia.....	89
Presentaciones. Modalidad póster.....	93
Línea temática: Seguridad y Salud en el Trabajo.....	94
Nuevas tecnologías: una estrategia dinámica en la prevención de la accidentalidad laboral en la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm Montería.....	95
Seguridad y Salud en el Trabajo con impacto real. Articulación universidad-empresa que transforma a las mipyme.....	99
Riesgos psicosociales, estrés laboral y ausentismo en teleoperadores: una revisión sistemática de la literatura.....	104
Modelos de evaluación del riesgo cardiovascular en trabajadores en Colombia.....	108
Estrategia preventiva para la discopatía lumbar en soldados profesionales del departamento del Caquetá.....	110
Factores relacionados con estrés, ansiedad, depresión, trastornos del sueño, lesiones osteomusculares y resiliencia en trabajadores del sector salud en Barranquilla, 2025.....	115
Línea temática: gestión del riesgo químico.....	118
Gradiente de exposición ocupacional a solventes y efectos neurotóxicos tempranos en trabajadores de la industria del calzado en Bucaramanga, Colombia: un estudio de corte transversal.....	119
Tipologías de agricultores según prácticas seguras en el manejo de agroquímicos en El Santuario, Antioquia.....	122



Línea temática: gestión del riesgo de desastres..... 124

Aplicación de la metodología semicuantitativa GHA para la evaluación
y priorización de riesgos en la gestión de la seguridad hospitalaria de la
Fundación Hospital San Pedro de Pasto..... 125

Ponencia ganadora. Modalidad póster..... 129

Estudio del riesgo biomecánico del sector de transporte de pasajeros del
municipio de Pamplona, en Norte de Santander..... 130

Presentaciones Modalidad oral



Línea temática:

Seguridad y Salud en el Trabajo





Modelo de análisis predictivo para la atención de intentos de suicidio para el Cuerpo de Bomberos de San Antonio del Tequendama

Óscar Javier Arias Noriega¹

Introducción

El suicidio representa uno de los problemas de salud pública más urgentes a escala global. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año mueren por suicidio aproximadamente 703.000 personas en el mundo, y por cada muerte consumada se registran hasta veinte intentos, lo que evidencia la magnitud del fenómeno y la necesidad de intervenciones preventivas oportunas y basadas en evidencia. En Colombia, la tendencia es igualmente preocupante: los reportes del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) muestran un incremento sostenido en los casos notificados, con una tasa que pasó de 0,9 por cada 100.000 habitantes en 2009 a más de 36 por cada 100.000 en 2016, y con un promedio superior a 3.400 intentos mensuales registrados en 2023 (Instituto Nacional de Salud [INS], 2025).

En este contexto nacional, el Salto del Tequendama ocupa un lugar destacado como escenario de alta concentración de intentos de suicidio. Esta cascada de aproximadamente 140 metros de altura, ubicada en jurisdicción del municipio de Soacha, Cundinamarca, a unos 30 kilómetros al suroeste de Bogotá, se ha convertido desde hace décadas en un punto crítico para la salud pública regional. El Cuerpo de Bomberos Oficiales de Soacha ha intervenido en estos eventos desde 1994, registrando una reducción progresiva de casos gracias a las estrategias de prevención implementadas; no obstante, la frecuencia y la complejidad de las intervenciones continúan representando una carga operativa y psicosocial significativa para el personal de rescate (Dirección Nacional de Bomberos de Colombia [DNBC], 2025).

Las condiciones geográficas del entorno agravan el riesgo ocupacional de los respondientes: terreno escarpado, bosque húmedo, altos niveles de humedad, temperatura variable y fuertes corrientes de agua en la base de la cascada configuran un ambiente operativo de alta complejidad que incrementa la probabilidad de accidentes laborales y lesiones durante los rescates. A esto se suma la carga emocional inherente a la atención de este tipo de emergencias. La investigación internacional ha documentado que los primeros respondientes bomberos, paramédicos y policías están expuestos de forma sistemática a eventos traumáticos que elevan considerablemente el riesgo de desarrollar trastorno de estrés postraumático (TEPT), depresión, ansiedad y conductas suicidas (Chiu et al., 2023; Pendley et al., 2025).

Ante este panorama, resulta imprescindible desarrollar herramientas analíticas que permitan anticipar los momentos de mayor afluencia de intentos de suicidio en el Salto del Tequendama, optimizar la respuesta operativa del cuerpo de bomberos y reducir la exposición innecesaria del personal a riesgos físicos y psicológicos. El análisis predictivo, apoyado en técnicas de ciencia de datos y aprendizaje automático, ofrece en la actualidad una vía metodológica sólida para identificar patrones temporales, ambientales y sociales que permitan anticipar el comportamiento de eventos críticos en salud pública.

¹Estudiante del programa profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Semillero InnovaSafe.

Contacto: ojariasn@unadvirtual.edu.co



Objetivo

Desarrollar un modelo de análisis predictivo que permita identificar los patrones asociados a los intentos de suicidio atendidos por el Cuerpo de Bomberos de San Antonio del Tequendama en el Salto del Tequendama, con el propósito de fortalecer la planeación operativa, optimizar la gestión del riesgo laboral del personal de rescate y contribuir al diseño de estrategias de intervención preventiva en salud pública.

Metodología

La investigación se inscribe en un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo-analítico. Se adopta un diseño no experimental de corte transversal retrospectivo, con una fase proyectiva orientada a la construcción y validación del modelo predictivo.

La población objeto de estudio está conformada por el personal operativo del Cuerpo de Bomberos de San Antonio del Tequendama que participa activamente en operaciones de rescate en el Salto del Tequendama. La selección de la muestra se realizará mediante técnicas de muestreo no probabilístico intencional, considerando criterios de inclusión relacionados con la participación directa en intervenciones de rescate en la zona durante el período de estudio.

Las fuentes de información comprenden dos grandes categorías. En primer lugar, se utilizarán las bases de datos históricas del cuerpo de bomberos, que contienen registros detallados de los eventos de rescate atendidos en el Salto del Tequendama, incluyendo variables como la fecha y hora del evento, condiciones climáticas, número de efectivos desplegados, tipo de intervención realizada, resultado del rescate y afectaciones reportadas por el personal. En segundo lugar, se aplicarán encuestas semiestructuradas al personal operativo con el objetivo de identificar factores psicosociales, operativos y ambientales asociados a las intervenciones.

El procesamiento y análisis de los datos se llevará a cabo en tres fases. La primera fase contempla la depuración, normalización e integración de las bases de datos históricas mediante herramientas estadísticas y de gestión de datos. La segunda fase comprende el análisis exploratorio y descriptivo de las variables, incluyendo la identificación de patrones temporales, estacionales y contextuales relacionados con la frecuencia de los intentos de suicidio. La tercera fase corresponde a la construcción y validación del modelo predictivo, para lo cual se evaluarán técnicas de regresión logística, árboles de decisión y algoritmos de aprendizaje automático supervisado, seleccionando el modelo con mayor capacidad explicativa y predictiva según indicadores de precisión, sensibilidad, especificidad y área bajo la curva ROC (AUC). Todo el proceso se desarrollará bajo los principios éticos aplicables a la investigación en salud pública, garantizando la confidencialidad de la información y el anonimato del personal participante.

Resultados

Dado que el estudio se encuentra en fase de diseño y recolección de información, los resultados presentados a continuación corresponden a hallazgos preliminares derivados del análisis de las bases de datos históricas disponibles, así como a los resultados esperados del proceso investigativo en su conjunto.



El análisis preliminar de los registros del cuerpo de bomberos permite identificar una concentración de eventos en determinadas épocas del año, con mayor recurrencia durante los meses de transición climática, los fines de semana y las horas de la tarde. Esta distribución temporal sugiere la existencia de patrones susceptibles de ser modelados estadísticamente, lo que sustenta la viabilidad técnica del modelo predictivo propuesto.

Se espera que el modelo predictivo final permita identificar con un nivel de precisión estadísticamente significativo las variables con mayor peso predictivo en la ocurrencia de intentos de suicidio en el Salto del Tequendama, incluyendo condiciones climáticas, periodos de tiempo, factores sociodemográficos de los casos atendidos y condiciones operativas del cuerpo de bomberos. Asimismo, se anticipa que los resultados del modelo proporcionen insumos concretos para el diseño de protocolos de alerta temprana que permitan al cuerpo de bomberos ajustar de manera proactiva su capacidad de respuesta en función de los periodos de mayor riesgo proyectado.

En cuanto a la salud mental del personal operativo, las encuestas semiestructuradas aplicadas permitirán cuantificar la prevalencia de síntomas de estrés postraumático, agotamiento emocional y otras afectaciones psicológicas entre los bomberos que atienden este tipo de emergencias de manera recurrente, datos que la literatura internacional ya sitúa como preocupantes en poblaciones de primeros respondientes (Pendley et al., 2025; Stanley et al., 2016).

Conclusiones

El Salto del Tequendama constituye un escenario singular de intervención en salud pública, cuya atención recae de forma sostenida sobre el Cuerpo de Bomberos de San Antonio del Tequendama en condiciones geográficas y operativas de alta complejidad. La recurrencia y el impacto de estas intervenciones justifican plenamente el desarrollo de herramientas analíticas que permitan anticipar los eventos, planificar la respuesta y proteger la integridad física y psicológica del personal de rescate.

El modelo de análisis predictivo propuesto representa una contribución innovadora a la gestión del riesgo en organismos de emergencia del país, al integrar datos históricos de rescate con variables ambientales, operativas y psicosociales. Su implementación tiene el potencial de optimizar la asignación de recursos humanos y materiales, reducir los tiempos de respuesta y minimizar la exposición innecesaria del personal a situaciones de alto riesgo.

Desde la perspectiva de la salud pública, el estudio aporta evidencia sobre los patrones de ocurrencia de los intentos de suicidio en un punto geográfico de alta prevalencia, información que puede ser utilizada por autoridades locales y departamentales para fortalecer las estrategias de prevención, vigilancia epidemiológica y atención psicosocial a las personas en crisis. En suma, esta investigación busca articular la tecnología analítica con la seguridad y salud en el trabajo de los primeros respondientes, contribuyendo al fortalecimiento institucional del cuerpo de bomberos y a la protección de la salud mental de quienes día a día enfrentan las consecuencias del suicidio como fenómeno social y de salud pública.

Palabras clave: bomberos; intento de suicidio; modelos de aprendizaje predictivo; salud laboral; salud mental.



Referencias

Chiu, Y.-H., Lin, M.-R., & Luh, D.-L. (2023). An analysis of suicides among first responders: Findings from the National Violent Death Reporting System, 2015–2017. *Journal of Safety Research*, 85, 367–376. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.02.005>

Dirección Nacional de Bomberos de Colombia. (2025). Bomberos Oficiales de Soacha lidera la prevención de suicidios en el Salto del Tequendama. DNBC. <https://dnbc.gov.co/bomberos-oficiales-de-soacha-lidera-la-prevencion-de-suicidios-en-el-salto-del-tequendama/>

Instituto Nacional de Salud. (2025). Boletín epidemiológico semana 36: Intento de suicidio. Dirección de Vigilancia y Análisis del Riesgo en Salud Pública. <https://www.ins.gov.co>

Medina-Pérez, Ó. A., Cardona-Duque, D. V., & Herrera-Castaño, S. A. (2021). Factores de riesgo relacionados con intento de suicidio como predictores de suicidio, Colombia 2016–2017. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 52(3), 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2021.02.003>

Pendley, R., Martin, C., Larsson, E., & Lund, E. M. (2025). Silent crisis on the frontlines: A systematic review of suicidal behaviors among disaster responders – epidemiology, risk pathways, and evidence-based interventions. *Frontiers in Public Health*, 13, 1586014. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1586014>



Estilos de vida saludable en trabajadores del Banco de Alimentos de Bogotá

Valeria Sandoval Barrios²; Daniel Camargo Mejía²; Francisco Palencia Sánchez³

Introducción

El estilo de vida es un pilar fundamental de los determinantes sociales de la salud. Estos determinantes abarcan factores conductuales, biológicos y sociales que impactan directamente el bienestar físico, mental y social de las personas, tanto en su cotidianidad como en su entorno laboral. En el contexto colombiano, se ha evidenciado que hábitos perjudiciales como la mala alimentación, la inactividad física y el consumo de tabaco incrementan de manera significativa el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles. Para abordar esta problemática, el presente análisis toma como base un estudio previo realizado en 2024 por la Fundación Universitaria del Área Andina, con el propósito de evaluar si las intervenciones educativas implementadas desde entonces han logrado mejorar los estilos de vida de esta población.

Objetivo

El objetivo principal de esta investigación es evaluar los estilos de vida de los colaboradores del Banco de Alimentos de Bogotá y analizar cómo estos factores influyen en el clima y las condiciones de trabajo. Asimismo, se busca comparar estos hallazgos con los del estudio de 2024 para identificar tendencias o cambios representativos en los hábitos de los empleados. Finalmente, el propósito central es diseñar y proponer nuevas estrategias de intervención corporativa que fomenten comportamientos saludables y mitiguen los factores de riesgo físicos, nutricionales y psicosociales en el ámbito laboral.

Metodología

Para alcanzar estos objetivos, se diseñó un estudio mixto, observacional y de corte transversal. El principal instrumento de medición fue la encuesta internacional FANTASTICO, la cual evalúa diversos dominios del estilo de vida y fue aplicada de manera individual y confidencial mediante la plataforma Microsoft Forms®. De una población total de 156 trabajadores, se logró la participación voluntaria de 65 personas, lo que representa una cobertura del 42 %. De manera complementaria, se realizaron visitas de observación no participante a las instalaciones y reuniones con los líderes del Sistema Integrado de Gestión para afinar el cuestionario y contextualizar el entorno laboral. Posteriormente, los datos recolectados se sometieron a un análisis estadístico descriptivo.

Resultados

Los hallazgos demográficos indican que el 54 % de los participantes son hombres y el 40 % mujeres, con un promedio de edad de 26 años. El 31 % de la muestra completó estudios universitarios, un nivel educativo predominante entre las mujeres. En contraste, los cargos operativos que demandan mayor

²Estudiantes en formación de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana.

Contacto: fpalencia@javeriana.edu.co

³Ph. D. en Salud Pública. Docente de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana.

Contacto: fpalencia@javeriana.edu.co



esfuerzo físico, como el de Auxiliar de Bodega, son ocupados casi en su totalidad por hombres. En cuanto a la actividad física y la nutrición, la mayoría de los encuestados considera que su alimentación es balanceada, aunque un grupo importante admite el consumo ocasional de productos altos en azúcar o grasas. Además, se evidenció que los hombres realizan actividad física con mayor frecuencia que las mujeres, quienes presentan mayores índices de sedentarismo.

En el ámbito de la salud mental y el descanso, las mujeres reportaron mayores dificultades para dormir y niveles más altos de estrés. Por el contrario, los hombres manifestaron una mejor capacidad percibida para gestionar la tensión diaria, así como mayores niveles de optimismo y una menor incidencia de sentimientos de tristeza. Respecto a otros hábitos, se observaron niveles casi nulos de consumo de tabaco y sustancias psicoactivas en toda la población, mientras que la ingesta de alcohol se describió como estrictamente ocasional. Finalmente, al evaluar el bienestar general con la escala FANTASTICO, el 75,4 % de los empleados se ubicó en los niveles más altos de la medición (“buen trabajo” y “felicitaciones”), destacando que ningún trabajador fue clasificado en la “zona de riesgo”.

Conclusiones

Los datos demuestran que las intervenciones implementadas previamente en el Banco de Alimentos de Bogotá han generado un impacto positivo, evidenciándose mejoras sustanciales en los hábitos nutricionales y de actividad física de la plantilla frente a los registros anteriores. No obstante, persisten marcadas diferencias de género; mientras los hombres muestran ventajas en el acondicionamiento físico y el manejo del estrés, las mujeres son más vulnerables a la tensión y a los trastornos del sueño, lo cual podría derivarse de la doble carga que imponen las responsabilidades laborales y domésticas. Adicionalmente, el nivel educativo y el cargo determinan fuertemente el bienestar, ya que las labores físicamente más exigentes suelen recaer en personas con menor escolaridad, afectando de manera secundaria sus patrones de alimentación.

Por último, el estudio identificó limitaciones importantes en la encuesta FANTASTICO, pues la herramienta no logra capturar dinámicas socioculturales complejas del entorno de trabajo, tales como la competitividad física riesgosa entre los hombres para demostrar masculinidad o las barreras organizacionales que limitan la participación en las pausas activas. Por consiguiente, se hace indispensable mantener un monitoreo continuo y diseñar intervenciones más específicas y personalizadas que consideren el enfoque de género, el nivel educativo y las particularidades de cada cargo para garantizar un bienestar integral.

Palabras clave: estilo de vida saludable; hábitos; condiciones de trabajo; salud laboral; estrés laboral.



Referencias

Badash, I., Kleinman, N. P., Barr, S., Jang, J., Rahman, S., & Wu, B. W. (2017). Redefining Health: The Evolution of Health Ideas from Antiquity to the Era of Value-Based Care. *Cureus*, 9(2), e1018. <https://doi.org/10.7759/CUREUS.1018>

Bueno, D., Saldarriaga, D., Díaz, D., Téllez, M., & Terán, Y. (2024). Informe Final Banco de Alimentos. Noviembre 2024 1. Fundación Universitaria del Área Andina.

Organización Mundial de la Salud (2008). Subsanan las desigualdades en una generación: alcanzar la equidad sanitaria actuando sobre los determinantes sociales de la salud: resumen analítico del informe final. <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-IER-CSDH-08.1>

Ramírez, F., Bergonzili, G., Rodríguez, A., & Martínez, M. (2013). Inequidades en salud de las enfermedades no transmisibles en Colombia. Ministerio de Salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/inequidades-salud-enfermedades-no-transmisibles-colombia.pdf>

Wilson, D. M. C., & Ciliska, D. (1984). Lifestyle Assessment: Development And Use of the FANTASTIC Checklist. *Canadian Family Physician*, 30, 1527-1532. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2153572/>



La estabilidad laboral reforzada por casos de accidentes de trabajo desde la jurisprudencia de la Corte Constitucional de Colombia

Juan David Londoño Quintero⁴; José Miguel Camacho Castro⁵.

Introducción

La investigación aborda la configuración y el alcance del derecho fundamental a la estabilidad laboral reforzada en el marco del Sistema General de Riesgos Laborales en Colombia. El estudio se fundamenta en una problemática crítica: la existencia de una marcada dispersión y falta de sistematización en los criterios emitidos por la Corte Constitucional. A pesar de que el país cuenta con una profusa normativa en la materia, esta desconexión jurisprudencial genera una brecha que impide la protección eficiente y efectiva de los trabajadores.

Como consecuencia, las víctimas de accidentes de trabajo suelen enfrentar una doble vulnerabilidad: por un lado, sufren la desmejora de sus condiciones de salud y la pérdida de su capacidad laboral; por el otro, se enfrentan a la desmejora de sus condiciones contractuales debido a que algunos empleadores omiten sus deberes en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), obligando a los afectados a activar el aparato judicial para hacer valer sus derechos. Ante esto, el proyecto plantea la siguiente pregunta jurídica: ¿Cuáles son los criterios jurisprudenciales establecidos por la Corte Constitucional de Colombia para la protección del Derecho de la estabilidad laboral reforzada en casos de accidentes de trabajo?

Objetivo

Objetivo general: analizar los criterios jurisprudenciales establecidos por la Corte Constitucional de Colombia para la protección del derecho a la estabilidad laboral reforzada en casos de accidentes de trabajo.

Objetivos específicos:

- Describir la naturaleza jurídica y los fundamentos generales de protección de este derecho.
- Determinar las reglas y subreglas fijadas por el alto tribunal respecto a la procedencia y aplicación de la Estabilidad Laboral Reforzada.
- Valorar la importancia de esta figura desde la perspectiva de los Derechos Humanos, destacando su impacto en la protección de los trabajadores en condiciones de vulnerabilidad manifiesta.

Justificación y referente teórico

La investigación se justifica en la necesidad de crear una “hoja de ruta” que sistematice las decisiones de la Corte Constitucional. Con esto se busca facilitar de forma directa la labor técnico-jurídica y la toma

⁴Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo, Estudiante de Derecho de la Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt.

⁵Abogado, doctorando en derecho. Profesor asociado y editor general de la Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt.

Contacto: jdondono_215@cue.edu.co



de decisiones futuras de jueces, abogados, representantes del Ministerio de Trabajo, empleadores y responsables del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

En el plano teórico, el proyecto se apoya en el realismo jurídico y en aportes como los de Beatriz Delgado Mota (2019), quien argumenta que mientras en Colombia rige por lo general una estabilidad relativa, en casos especiales se configura una estabilidad absoluta. En estos escenarios específicos, el derecho al trabajo se fortalece de tal manera que se reconoce formalmente como un derecho constitucional de carácter fundamental.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se utiliza la metodología cualitativa y documental de la línea jurisprudencial (siguiendo los parámetros de López Medina, 2011 y Camacho-Castro, 2022), estructurada en los siguientes pasos:

1. Identificación del escenario, tema y formulación del problema jurídico.
2. Identificación de la sentencia arquimédica: mediante un mecanismo de búsqueda formal en la relatoría de la Corte Constitucional (9 búsquedas) y buscadores genéricos como Google y Dialnet (5 búsquedas), se determinó que la sentencia T-512 de 2025 constituye la sentencia arquimédica, por ser el fallo más reciente que resuelve el problema planteado.
3. Construcción del nicho citacional (Ingeniería Reversa): a partir del fallo arquimédico se rastrearon las providencias base, identificando en un primer nivel un universo de 105 sentencias emitidas entre los años 2000 y 2025.
4. Análisis estático y selección nodal: tras aplicar criterios de inclusión y exclusión sobre el nicho citacional, se definió un conjunto de 18 sentencias hito (tales como la SU-087/22, SU-061/23, T-046/24, T-329/25, entre otras) que se alinean con precisión al objeto de estudio para evaluar la evolución de las órdenes de la Corte.

Resultados parciales

El análisis preliminar de las sentencias seleccionadas permite entrever cómo la Corte Constitucional pondera el conflicto de la estabilidad laboral reforzada:

- **Criterio material sobre el formal:** se destaca la superación del criterio formal de la calificación de pérdida de capacidad laboral (PCL) como requisito único de procedencia; la Corte se desplaza hacia un criterio material enfocado en la condición de debilidad manifiesta por el estado de salud del trabajador.
- **Presunción de discriminación:** se reitera que todo despido ejecutado sin la autorización previa del Ministerio del Trabajo se presume discriminatorio, lo cual acarrea consecuencias jurídicas severas como la ineficacia del despido, la orden de reintegro y el pago de las respectivas indemnizaciones legales.



Impactos de la investigación

El proyecto destaca tres grandes dimensiones de impacto orientadas a transformar el entorno judicial y laboral:

- **Impacto jurídico e institucional:** mitiga la dispersión normativa al proveer a los operadores judiciales (jueces y magistrados) una herramienta de consulta inmediata que unifica criterios, reduce la arbitrariedad y optimiza los tiempos de respuesta del Ministerio de Trabajo y abogados en litigios o conciliaciones.
- **Impacto corporativo y económico:** traduce los fallos judiciales en directrices claras de cumplimiento legal para las empresas. Al comprender las reglas de juego (como los procesos correctos de reubicación y la exigencia de permisos ministeriales), las organizaciones fortalecen su SG-SST, promueven una cultura de prevención y mitigan riesgos económicos asociados a sanciones, demandas y costosas indemnizaciones por despidos ineficaces.
- **Impacto humano y social:** humaniza las relaciones laborales al visibilizar la estabilidad laboral reforzada como un mecanismo de dignidad humana y no como una carga corporativa. Empodera al trabajador al clarificar sus derechos, garantizando que sus periodos de convalecencia sean respetados y protegiendo su sustento vital y familiar en momentos de fragilidad física y emocional.

Conclusiones

La investigación concluye parcialmente que la línea jurisprudencial permite transitar con claridad desde la dispersión conceptual hacia un esquema gráfico y dinámico del precedente constitucional. En sintonía con el espíritu de la Corte, se reafirma que la estabilidad laboral reforzada por accidentes de trabajo no debe entenderse simplemente como una limitación a la facultad empresarial de despido, sino como un pilar del Estado Social de Derecho indispensable para asegurar la sostenibilidad de la vida y el acceso a un trabajo digno.

Palabras clave: accidentes de trabajo; jurisprudencia; derecho al trabajo; derechos humanos; estabilidad laboral.

Referencias

Delgado Motoa, B. (2019). El derecho fundamental a la estabilidad laboral reforzada: alcance de la protección constitucional por vía de tutela en Colombia. DIXI, 21(30), 1-20. <https://doi.org/10.16925/2357-5891.2019.02.06>

Yepes Boada, A., Giraldo Luna, C. M., Durán Preciado, D. E., Leyva Yepes, M. P., & Acero Miranda, A. (2024). La estabilidad laboral reforzada en Colombia: una mirada multidisciplinaria desde el principio de la beneficencia. Revista Colombiana de Bioética, 19(2), 1-18.



Prevalencia de estrés, ansiedad, depresión y resiliencia en trabajadores del sector público del municipio de Pauna (Boyacá) en el año 2025

*Carolina María Botero Maya⁶, Leydy Esmeralda Suárez Romero⁶,
Mauricio Hernando Chávez Oliveros⁶, Mery González Delgado⁷.*

Introducción

La salud mental en el trabajo se ha consolidado en los últimos años como una prioridad de la salud pública y de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo. La Organización Mundial de la Salud estima que cerca del 15 % de los adultos en edad productiva convive con algún trastorno mental, lo que se traduce en aproximadamente 12 mil millones de jornadas perdidas y un costo cercano al billón de dólares anuales para la economía global (OMS, 2024). En Colombia, los registros del Sistema General de Riesgos Laborales muestran un incremento sostenido de las patologías de origen psicosocial calificadas, con predominio del trastorno mixto ansioso-depresivo, especialmente entre las trabajadoras (Fasecolda, 2022).

La literatura especializada ha documentado con amplitud el comportamiento del estrés, la ansiedad y la depresión en personal sanitario, docente e industrial. Sin embargo, los servidores públicos de municipios rurales continúan siendo una población poco visible para la investigación, pese a que combinan exigencias administrativas, operativas y comunitarias en entornos con limitaciones presupuestales, contractuales y de infraestructura. Esta ausencia de evidencia local restringe el diseño de estrategias preventivas ajustadas a las realidades territoriales (Acaro-Moreno et al., 2023).

Junto a la sintomatología clínica, ha cobrado fuerza el estudio de la resiliencia como recurso protector frente a las demandas laborales. Diversos trabajos han descrito que el apoyo social, las estrategias de afrontamiento orientadas al problema y el sentido de coherencia laboral atenúan la traducción de los riesgos psicosociales en cuadros clínicos (Harvey et al., 2017; Hidalgo-Rasmussen et al., 2021). Caracterizar de forma conjunta el estrés, la ansiedad, la depresión y la resiliencia en los servidores públicos de un municipio rural aporta insumos útiles para fortalecer la vigilancia epidemiológica del riesgo psicosocial.

Objetivo

Describir la prevalencia de estrés, ansiedad y depresión, así como los niveles de resiliencia, en los trabajadores del sector público del municipio de Pauna (Boyacá) durante el año 2025.

Metodología

Se desarrolló un estudio cuantitativo, de paradigma positivista, alcance correlacional y diseño transversal de prevalencia. La población estuvo conformada por la totalidad de los trabajadores

⁶Estudiante de Maestría en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Facultad de Ciencias Empresariales, Bogotá, Colombia.

⁷Docente de Maestría en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Facultad de Ciencias Empresariales, Bogotá, Colombia.

Contacto: lalasuo0497@gmail.com



vinculados a la administración municipal de Pauna (Boyacá), de la cual se seleccionó una muestra de 100 personas mediante muestreo aleatorio simple. Se incluyeron trabajadores mayores de 18 años con vinculación vigente que firmaron consentimiento informado.

La batería de evaluación integró cuatro instrumentos validados en población hispanohablante: Inventario de Ansiedad de Beck (BAI), Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II), Escala de Estrés Percibido (PSS-14) y Escala Breve de Resiliencia (BRS), junto con una ficha sociodemográfica y laboral construida ad hoc. El procesamiento se realizó en Jamovi 2.3, combinando estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, medias, medianas y desviaciones estándar) e inferencial (chi cuadrado de Pearson y prueba t de Student), con un nivel de significancia de $p < .05$.

El estudio se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki y a la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que lo clasifica como de riesgo mínimo. Contó con el aval del Comité de Ética institucional de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. La información se manejó de forma anónima y los participantes pudieron retirarse en cualquier momento sin consecuencias.

Resultados

La muestra final estuvo conformada por 100 trabajadores, con predominio del sexo masculino (56 %) y una edad promedio de 38,3 años (DE = 10,7). El 54 % vivía en pareja, el 69 % tenía hijos y el 75 % se identificó como cabeza de hogar. Más del 70 % de los participantes estaba vinculado por prestación de servicios, y los cargos operativos concentraron el 52 % de la muestra.

La ansiedad, evaluada con el BAI, se distribuyó principalmente en el nivel muy bajo, con el 94 % (n = 94) de los participantes, seguida de ansiedad moderada en el 5 % (n = 5) y severa en el 1 % (n = 1). En depresión (BDI-II), el 90 % (n = 90) se ubicó en la categoría sin depresión, el 7 % (n = 7) en sintomatología leve y el 3 % (n = 3) en moderada, sin registrarse casos de depresión severa.

El estrés percibido (PSS-14) mostró una concentración en el nivel moderado (60 %, n = 60), seguido del nivel bajo (40 %, n = 40), sin presencia de casos de estrés alto. Respecto a la resiliencia (BRS), predominó el nivel normal o moderado en el 68 % (n = 68) de los participantes, seguido por niveles altos (17 %, n = 17) y bajos (15 %, n = 15). Los análisis bivariados identificaron asociaciones estadísticamente significativas entre la frecuencia de pausas activas y la ansiedad ($X^2 = 25,3$; $p < .001$), así como entre el tipo de contrato y el estrés ($X^2 = 9,82$; $p = .007$), señalando el peso de las condiciones organizacionales sobre el bienestar mental.

Conclusiones

Los servidores públicos de Pauna presentaron un perfil de salud mental más conservado que el descrito en la literatura urbana y hospitalaria. Las prevalencias de ansiedad clínicamente significativa (6 %) y depresión (10 %) se ubicaron por debajo de los rangos reportados en revisiones internacionales (Harvey et al., 2017), mientras que el estrés moderado (60 %) coincide con lo descrito por Acaro-Moreno et al. (2023) en servidores públicos colombianos. La distribución de la resiliencia, mayoritariamente en rangos funcionales, sugiere que esta población movilizó recursos adaptativos efectivos frente a las exigencias del cargo.



Tres lecturas se desprenden de los hallazgos. Primero, las condiciones contractuales y organizacionales (tipo de vinculación, jornada y frecuencia de pausas) pesaron más sobre el estrés que las características individuales. Segundo, la resiliencia normal o moderada en cerca de siete de cada diez trabajadores constituye un activo institucional susceptible de fortalecimiento mediante programas de promoción del bienestar. Tercero, la baja prevalencia de sintomatología no debe interpretarse como ausencia de riesgo: en contextos rurales pueden operar mecanismos de subreporte vinculados al estigma y a la deseabilidad social.

El estudio aporta evidencia local para una población poco documentada y respalda la integración de estrategias de vigilancia epidemiológica del riesgo psicosocial en los Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo del ámbito municipal. Se recomienda sostener las acciones de promoción del bienestar, revisar las modalidades contractuales, garantizar pausas activas estructuradas e incorporar evaluaciones de seguimiento que permitan detectar variaciones a lo largo del tiempo. Como limitación principal, el diseño transversal permite describir coexistencias, pero no establecer causalidad, y la circunscripción a un único municipio limita la generalización de los hallazgos.

Palabras clave: estrés psicológico; ansiedad; depresión; resiliencia psicológica; salud laboral; sector público.

Referencias

Acaro-Moreno, E. C., Vásquez-Erazo, E. J., & Herrera-Hugo, B. de los Á. (2023). Factores de riesgos psicosociales laborales en los trabajadores del gobierno autónomo descentralizado municipal del Cantón Yantzaza. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(Supl. 2), 217-226. <https://doi.org/10.62452/n1fard60>

Fasecolda. (2022). En 2021 se afiliaron cerca de 900 mil nuevos trabajadores al Sistema General de Riesgos Laborales. <https://www.fasecolda.com>

Harvey, S. B., Modini, M., Joyce, S., Milligan-Saville, J. S., Tan, L., Mykletun, A., Bryant, R. A., Christensen, H., & Mitchell, P. B. (2017). Can work make you mentally ill? A systematic meta-review of work-related risk factors for common mental health problems. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(4), 301-310. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104015>

Hidalgo-Rasmussen, C. A., Chávez-Flores, Y. V., Rojas, M. J., & Vilugrón, F. (2021). Adaptación transcultural y validación de la Brief Resilience Scale (BRS) para jóvenes chilenos. *Anales de Psicología*, 37(2), 243-252. <https://doi.org/10.6018/analesps.412931>

Organización Mundial de la Salud. (2024). La salud mental en el trabajo. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-at-work>



Triangulación del desgaste físico: caso del personal de aseo en una universidad pública

David Ernesto Puentes Lagos⁸; Karen Lange Morales⁹; Aida Josefina Rojas Fajardo¹⁰.

Introducción

Este avance doctoral (Puentes, 2026), presentado en el 59º Congreso CCS, visibiliza al personal de aseo subcontratado en universidades públicas. El trabajo de limpieza, soporte crítico pero marginado ergonómicamente, se analiza aquí como resultado de una desconexión estructural entre el diseño del mobiliario institucional y la realidad física de quienes garantizan la habitabilidad y sostenibilidad de nuestros espacios (Guerrero, 2018).

Objetivo

El objetivo general de esta parte de la investigación es analizar de manera integral la demanda fisiológica, la carga física dinámica y el desgaste neuromuscular de una trabajadora de servicios generales dentro de un entorno universitario real bajo un enfoque sociotécnico.

Específicamente, se busca evidenciar cómo las deficiencias en el codiseño del mobiliario actúan como determinantes directos de la sobrecarga cardiovascular y musculoesquelética. El estudio persigue justificar científicamente la necesidad de implementar nuevos modelos de diseño de infraestructura y mobiliario institucional incluyentes, que reconozcan las tareas de mantenimiento como variables ergonómicas de entrada indispensables en la planificación de los ecosistemas universitarios del futuro.

Metodología

Se empleó un riguroso enfoque de triangulación metodológica que integró el análisis cualitativo propio de la ergonomía de la actividad (Engeström, 1987) con mediciones cuantitativas avanzadas de la fisiología del trabajo (Manero & Manero, n.d.) y la biomecánica ocupacional (Chafin et al., 2006).

Caso de estudio y perfil antropométrico: el caso de estudio se centró en “Nancy” (nombre asignado para garantizar la estricta anonimización del sujeto), una trabajadora senior con 12 años de antigüedad en el cargo (Heinsohn, 2026) y 38 años de edad. Nancy presenta un perfil antropométrico característico y representativo del contexto laboral local de servicios generales, denotando un percentil significativamente bajo de la población diana (Estrada et al., 1998):

- Estatura: 1,50 metros (Percentil 17 para la población femenina según Acopla95).
- Peso Corporal: 48 kg (Percentil 9 para la población femenina según Acopla95).

⁸Profesor de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante de Doctorado en Ergonomía, Facultad de Salud, Universidad del Valle.

⁹Profesora de la Universidad Nacional de Colombia.

¹⁰Profesora de la Universidad del Valle.

Contacto: depuentesl@unal.edu.co



Este perfil denota una brecha dimensional crítica respecto al mobiliario de fabricación estandarizada e importada, lo que presupone una desventaja mecánica de partida ante las dimensiones de la infraestructura edilicia.

Monitoreo instrumental y tarea observada: el monitoreo de campo documentó un ciclo crítico de 75 minutos de limpieza profunda (barrido, trapeado y remoción de residuos) en aulas y salas de profesores, capturando el esfuerzo real en un entorno universitario de arquitectura moderna.

Para el registro continuo y en tiempo real de la Frecuencia Cardíaca (FC) se utilizó tecnología wearable de alta precisión mediante un sensor biométrico Garmin Fénix 7 PRO. Previamente, se determinó de forma indirecta la capacidad fisiológica individual de la trabajadora (Capacidad de Trabajo Físico o CTF) mediante el protocolo estandarizado del Test del Escalón de Manero (fisiólogo cubano, 1991). Durante dicha prueba submáxima de tres niveles, el test fue suspendido por seguridad fisiológica al primer nivel (17 ciclos/minuto) al alcanzarse la frecuencia límite de control de 118 lpm, estimando un VO2max absoluto de 2,15 L/min (equivalente a un VO2max relativo de 44,79 ml/kg/min).

Complementariamente, se empleó la confrontación como método etnográfico. A partir de Engeström, se contrastó la tarea prescrita reportada por la trabajadora con la actividad real observada, facilitando la identificación de contradicciones estructurales en su labor cotidiana.

Métodos de valoración: la intensidad del esfuerzo cardiovascular y la penosidad del puesto de trabajo se valoraron mediante la combinación de tres metodologías validadas internacionalmente:

- Método de Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCR): basado en el umbral anaeróbico individual.
- Criterios de Chamoux: para evaluar el Costo Cardíaco Relativo (CCR) frente a la jornada completa de trabajo.
- Coeficiente de FRIMAT: algoritmo matemático que pondera la frecuencia cardíaca media, la máxima, la de reposo y la tasa de recuperación del operario para determinar la dureza global de la labor.
- Contradicciones de primer a cuarto grado: según el tipo de contradicción que se presenta en el modelo del Engeström.

Criterios éticos y protección de datos: bajo la Ley 1581 de 2012, este estudio aseguró la privacidad de la participante mediante un protocolo ético que comprendió: consentimiento informado libre para el monitoreo cardíaco; anonimización de datos fisiológicos en servidores seguros para proteger su estabilidad laboral; y tratamiento digital del material audiovisual para garantizar el anonimato absoluto en las publicaciones. Este resumen se apoyó en Gemini 3.5.

Resultados

Comportamiento cardíaco e indicadores de penosidad: los registros biométricos del sensor *wearable* y los análisis del equipo de trabajo arrojan resultados alarmantes sobre la carga interna



soportada por la trabajadora durante la actividad ordinaria de aseo que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Análisis de la carga de trabajo

Métrica fisiológica	Valor registrado	Clasificación ergonómica / impacto
Frecuencia Cardíaca Media (FCM)	115 latidos por minuto (lpm)	Esfuerzo Cardiovascular Sostenido Continuo
Frecuencia Cardíaca Máxima (FCPico)	157 latidos por minuto (lpm)	Pico crítico durante movilización forzada de muebles pesados
Costo Cardíaco Relativo (CCR)	28,7 % - 31,0 %	"Carga Pesada" e "Importante" (Criterios de Chamoux)
Índice o Coeficiente de FRIMAT	29,8	Trabajo "Extremadamente Duro" (Frimat)

Fuente: elaboración propia con los datos de los dispositivos y carga inicial.

Los datos demuestran de manera unívoca que, para una jornada laboral legal de 8 horas, estos niveles de exigencia cardíaca exceden con creces los límites admisibles de recuperación biológica y homeostasis cardiovascular, propiciando un estado crónico de fatiga.

Modelado de la Barrera de Gasto Energético (BGE): la fatiga fisiológica no sigue un comportamiento lineal; por el contrario, responde a la ley de logaritmo temporal de recuperación biológica del metabolismo. Se aplicó el modelo de la Capacidad de Trabajo Físico (CTF) mediante la fórmula de gasto metabólico:

$$LGE = CTF_{max} \times (1,18 - 0,33 \times \log_{10}(t)) \text{ (Velásquez Valencia, 2005).}$$

A través de este modelo, se identificó un punto de inflexión crítico exactamente a los 160 minutos (2,6 horas) de actividad física continua. En este momento exacto, el gasto energético acumulado quiebra la capacidad de amortiguación del metabolismo basal y de reposo. En consecuencia, se determinó que durante el 67,5 % de su jornada laboral diaria (Velásquez Valencia, 2005), Nancy se ve obligada a operar en una zona de estrés fisiológico crónico y balance energético negativo, acumulando una deuda de fatiga neuromuscular que no alcanza a disiparse antes del inicio de su siguiente ciclo o turno laboral.

Análisis de la interacción espacial y del mobiliario: la dimensión físico-espacial demostró ser el principal determinante de la sobrecarga medida. El análisis cinemático y de la postura real evidenció que el mobiliario universitario (como las mesas fijas ancladas a estructuras de concreto o sillones de alta densidad) restringe por completo los rangos de aproximación de las herramientas de limpieza tradicionales. Esto obliga a Nancy a realizar el 65 % de sus gestos y movimientos en planos posturales no neutros, caracterizados por flexiones severas de tronco (superiores a los 40 grados) y giros asimétricos espinales.



Contradicciones sistemáticas: en trabajadoras con un percentil bajo de estatura como Nancy (1,50 m), esta desventaja mecánica y antropométrica incrementa drásticamente el costo energético requerido por cada metro cuadrado higienizado. Las amplias superficies de trabajo, para trabajar en grandes formatos de papel, obligan a Nancy a realizar sobreesfuerzos de palanca más allá de su zona de alcance primario, lo que explica parcialmente picos de frecuencia cardíaca de 157 lpm elevando el riesgo de padecer patologías musculoesqueléticas y cardiovasculares.

El diseño de mobiliario en línea con el trabajo digital y altamente especializado para hacer modelos y maquetas en el edificio de arquitectura y diseño es al mismo tiempo el generador de posturas extremas, cuando Nancy debe agacharse a desconectar las mesas que se pueden energizar, para hacer una limpieza completa del piso y las zonas conexas.

Conclusiones

La penosidad del cargo de servicios generales es una condición que amplifica el diseño del mobiliario. Es el resultado de una desconexión estructural entre el diseño del objeto inerte (el mobiliario institucional) y la realidad biológica de los sujetos que operan (trabajadora y estudiantes). Frente a esto, emergen propuestas de intervención ergonómica con enfoque sociotécnico y de género:

- **Rediseño de sistemas de descanso:** alternar dos o tres descansos largos, con un protocolo de micropausas estructuradas de 7 a 10 minutos por cada hora de labor dinámica extenuante, permitiendo la recuperación parcial de los depósitos de ATP y el descenso de la frecuencia cardíaca.
- **Mantenibilidad ergonómica y género:** se requiere incluir perspectiva de género al diseñar mobiliario universitario, dado que el 85 % del personal de aseo son mujeres con percentiles antropométricos bajos. Ligereza y movilidad son requeridos, con 15 cm de espacio libre bajo mesas para permitir el uso de herramientas sin flexión del tronco. El mobiliario debe facilitar el deslizamiento lateral, evitando el levantamiento de sillas para mitigar la carga física excesiva y proteger la salud comunitaria.
- **Justicia espacial:** integrar la medición de la carga fisiológica y el análisis de la actividad como un parámetro crítico de entrada en la planeación arquitectónica y el diseño industrial de los campus universitarios, transformando la ergonomía en una herramienta de equidad social.

Palabras clave: fisiología del trabajo, ergonomía, diseño de mobiliario.



Referencias

Chafin, D., Andersson, G., & Martin, B. (2006). Occupational Biomechanics, 4th Edition. In Professional Safety (4th ed., Vol. 1, Number 8). American Society of Safety Engineers. <https://www.wiley.com/en-us/Occupational+Biomechanics%2C+4th+Edition-p-9780471723431>

Engeström, Y. (1987). Learning by expanding.

Estrada, J. M., Camacho, Jesús., Restrepo, T., & Parra, M. (1998). Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995 (Acopla95). In Publicado en la Rev. Fac. Nac. Salud Pública (Vol. 15, Number 2). Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/4777>

Guerrero, L. G. (2018). Condiciones de trabajo en operarios de limpieza general. Universidad Nacional de Colombia.

Heinsohn, X. (2026). Seniority Level | Different Types Of Seniority At Work. https://www-us-heinsohn-co.translate.google/blog/seniority-level/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Manero, R., & Manero, J. (n.d.). Dos alternativas para el estudio y promoción de la capacidad física de los trabajadores.

Puentes, D. (2026). Proyecto de Candidatura - Tesis DisEMU. In Proyecto de Candidatura. Velásquez Valencia, J. C. (2005). Carga física de trabajo. <https://documentcloud.adobe.com/gsuiteintegration/index.html?state=%7B%22ids%22%3A%5B%22e180-qoPVWET7JbD85YOGbdo6MNwAgoI8%22%5D%2C%22action%22%3A%22open%22%2C%22userId%22%3A%2211957699712224363974%22%2C%22resourceKeys%22%3A%7B%7D%7D>



Transformación de la seguridad mediante *Safety Coaching* en una empresa de manufactura industrial

Olga Lucía Caldas Niño¹¹, Claudia Lucía González Yepes¹²

Introducción

El presente trabajo aborda el caso práctico de una organización multilatinas del sector industrial que, tras experimentar un crecimiento significativo en su producción posterior a la pandemia, comenzó a evidenciar un aumento en la frecuencia y severidad de los accidentes laborales, particularmente en el área operativa. Si bien la organización cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) formalmente establecido y con adecuado cumplimiento normativo, el crecimiento de las operaciones no estuvo acompañado por un fortalecimiento proporcional de las prácticas de liderazgo y gestión de la seguridad, generando brechas en la apropiación de la seguridad y en la gestión del riesgo.

Surge entonces la necesidad de implementar estrategias que permitan fortalecer el liderazgo en seguridad, mejorar la comunicación organizacional y promover un clima de seguridad más participativo como base para el desarrollo de una cultura de seguridad. Diversos estudios han demostrado que la cultura y el clima de seguridad influyen significativamente en los comportamientos preventivos y en el desempeño organizacional en seguridad (Hale, 2000; Kalteh et al., 2021). En este contexto, el cumplimiento normativo, aunque indispensable, resulta insuficiente para garantizar comportamientos seguros sostenidos.

El *Safety Coaching* propone una aproximación orientada a la transformación de la seguridad desde la autoconciencia y la reflexión, más que desde la imposición normativa. A través de procesos de observación, diálogo y retroalimentación, favorece la toma de conciencia, la responsabilidad frente al riesgo y la construcción de comportamientos seguros sostenibles (Geller et al., 2004). El presente trabajo describe la implementación de un proceso estructurado de *Safety Coaching* orientado a fortalecer la autoconciencia, el liderazgo compartido y el aprendizaje colaborativo, con el propósito de contribuir al fortalecimiento del clima de seguridad y a la reducción de la accidentalidad laboral.

Objetivo

Transformar el clima de seguridad de una organización mediante la implementación de un proceso estructurado de *Safety Coaching* orientado al fortalecimiento de la autoconciencia, el liderazgo compartido y el aprendizaje colaborativo, con el propósito de reducir la accidentalidad.

Metodología

La metodología ARL™ (*Action Reflection Learning*) constituye un enfoque basado en principios de aprendizaje de adultos que integra acción, reflexión y aprendizaje para abordar desafíos reales de las

¹¹ Médica. Magíster en Administración en Salud.

¹² Administradora de Empresas. Especialista en Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, Fundación Universitaria Internacional de La Rioja (UNIR).
Contacto: olcaldas@gmail.com



organizaciones, favoreciendo la transferencia del conocimiento y la generación de resultados sostenibles (Rimanoczy & Turner, 2012).

La intervención fue estructurada mediante el Modelo 7D de consultoría organizacional, el cual organiza el proceso en siete etapas: Definir, Descubrir, Diagnosticar, Diseñar, Entregar, Documentar y Desarrollar, permitiendo asegurar la alineación entre las necesidades organizacionales, los objetivos de la intervención y la sostenibilidad de los resultados obtenidos (Anderson, Turner & Caldas, 2026).

El proceso incluyó entrevistas semiestructuradas, aplicación de encuestas de percepción en seguridad, revisión documental del SG-SST, análisis de indicadores de accidentalidad y espacios grupales de reflexión orientados al reconocimiento de fortalezas, identificación de brechas y construcción colectiva de acciones de mejora.

Resultados

El diagnóstico permitió identificar fortalezas relevantes, entre ellas el compromiso institucional con el SG-SST, la confianza para detener operaciones ante condiciones inseguras y una percepción favorable del autocuidado y el cuidado mutuo. No obstante, se evidenciaron diferencias significativas entre líderes y operarios respecto a la percepción del liderazgo, la participación, la comunicación y el reconocimiento de comportamientos seguros.

Las principales brechas estuvieron relacionadas con la limitada visibilidad del liderazgo preventivo, la percepción de escasa participación del personal operativo en las decisiones de seguridad, la insuficiente transferencia de aprendizajes derivados de incidentes y la tensión entre productividad y seguridad.

La implementación del proceso facilitó espacios de diálogo, escucha y reflexión que permitieron a los participantes reconocer comportamientos inseguros normalizados y fortalecer el sentido de corresponsabilidad frente a la seguridad. Asimismo, promovió una visión más humana y consciente del liderazgo, fortaleciendo la comunicación, el aprendizaje derivado de incidentes y la construcción de una narrativa compartida sobre la seguridad.

Los participantes identificaron la importancia del liderazgo visible, la necesidad de acompañamiento permanente, la retroalimentación constructiva y el aprendizaje colectivo como elementos fundamentales para fortalecer el cuidado mutuo y consolidar prácticas preventivas sostenibles, teniendo claridad de que el liderazgo en seguridad no es ajeno a las responsabilidades de cada colaborador.

Los resultados cualitativos evidenciaron avances en la percepción del liderazgo visible, la confianza para reportar condiciones inseguras, la disposición de los colaboradores para intervenir frente a comportamientos de riesgo y una mayor apertura a la retroalimentación entre pares. Así mismo, se fortalecieron los procesos de comunicación orientados al aprendizaje y la prevención, favoreciendo una mayor comprensión de cómo las decisiones y comportamientos individuales influyen en la seguridad colectiva. Un resultado relevante fue la vinculación activa de la alta gerencia en los asuntos de SST, integrándolos de manera recurrente en su agenda estratégica y promoviendo una mayor alineación organizacional frente a la gestión de la seguridad.



Los cambios observados sugieren una evolución positiva del clima de seguridad y la aparición de elementos compatibles con niveles más maduros de desarrollo cultural, caracterizados por una mayor autoconciencia del riesgo, fortalecimiento de la responsabilidad compartida y una creciente influencia positiva entre pares. Estos hallazgos son consistentes con los planteamientos de Hudson (2000) y Saik et al. (2025).

La intervención favoreció la apropiación de herramientas de reflexión y diálogo para su incorporación en las dinámicas habituales de liderazgo. Asimismo, los equipos diseñaron iniciativas orientadas a fortalecer la participación, la comunicación, el reconocimiento de prácticas seguras y la visibilidad de los avances del SG-SST.

Estas acciones contribuyeron a establecer condiciones para la sostenibilidad de los aprendizajes obtenidos y para la consolidación progresiva de una cultura de seguridad basada en la participación, el aprendizaje y la responsabilidad compartida.

De manera complementaria, la organización registró accidentalidad cero entre noviembre de 2025 y febrero de 2026, resultado que constituye un indicador favorable del potencial impacto de la intervención sobre el desempeño en seguridad.

Conclusiones

La implementación de un proceso estructurado de *Safety Coaching* favoreció transformaciones positivas en el clima de seguridad de la organización, particularmente en aspectos relacionados con la autoconciencia, el liderazgo compartido, la comunicación y la corresponsabilidad frente al riesgo.

Los resultados sugieren que la transformación de la seguridad requiere intervenciones que trasciendan el cumplimiento normativo y promuevan procesos de reflexión, aprendizaje y participación activa de los trabajadores. La articulación entre *Safety Coaching*, la metodología ARL™ y el Modelo 7D permitió fortalecer prácticas de liderazgo visible, confianza, diálogo y aprendizaje colaborativo, contribuyendo al mejoramiento del clima de seguridad.

Si bien el propósito central de la intervención fue fortalecer el clima de seguridad, los hallazgos evidencian la aparición de dinámicas asociadas a niveles más maduros de desarrollo cultural, particularmente en relación con la responsabilidad compartida, la influencia positiva entre pares y el cuidado mutuo. Estos resultados son consistentes con los modelos de madurez cultural propuestos por Hudson (2000) y con la evolución hacia la interdependencia descrita por Saik et al. (2025).

El estudio aporta evidencia aplicada sobre el potencial del *Safety Coaching* como estrategia complementaria a los sistemas formales de gestión para promover transformaciones sostenibles en la seguridad organizacional.

Palabras clave: *Safety Coaching*; clima de seguridad; cultura de seguridad; liderazgo en seguridad; aprendizaje organizacional; madurez cultural.



Referencias

Anderson, W., Turner, E., & Caldas, O. L. (2026). 7D Model: A consultant's guide: A structured way to deliver higher client impact. ISBN 9798243970846.

Geller, E. S., Perdue, S. R., & French, A. (2004). Behavior-based safety coaching. Journal of Safety Research.

Hale, A. R. (2000). Culture's confusions. Safety Science, 34(1-3), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00003-5](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00003-5)

Hudson, P. (2000). The Hearts and Minds Project: Creating intrinsic motivation for HSE. Shell International Exploration and Production.

Kalteh, H. O., Mortazavi, S. B., Mohammadi, E., & Salesi, M. (2021). The relationship between safety culture and safety climate and safety performance: A systematic review. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 27(1), 206-216. <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1556976>

Rimanoczy, I., & Turner, E. (2012). Action reflection learning: Solving real business problems by connecting learning with earning. John Murray Business.

Saik, P., Tsopa, V., Koriashkina, L., Cheberiachko, S., & Lozynskyi, V. (2025). Influence of occupational safety culture on the occupational risk level in the organization. Frontiers in Public Health, 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1595869>



Vigilancia ergonómica con inteligencia artificial: análisis de 225 inspecciones en 22 empresas del sector productivo colombiano (2023-2026)

José Ignacio Enríquez García¹³; Ana María Rosales Labrada¹⁴; Gilson Fabián Bustamante Vargas¹⁵

Introducción

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen uno de los principales retos en salud ocupacional a nivel global. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) reportó 1710 millones de personas afectadas y 570 millones de casos de dolor lumbar como la condición más prevalente. En Colombia, el 79,2 % de los trabajadores presentan síntomas osteomusculares (Sánchez Medina, 2018), y estudios latinoamericanos recientes señalan que el 70,6 % de los trabajadores se encuentran expuestos a niveles de riesgo biomecánico alto (Ibarra et al., 2024).

Las inspecciones de puesto de trabajo (IPT) son la principal herramienta de vigilancia ergonómica, pero los métodos tradicionales de evaluación con herramientas ergonómicas REBA, OWAS y RULA sin uso de IA, demandan: alta experticia en el talento humano, tiempo para la recolección de datos, el análisis, la interpretación y la definición de conductas, con entrega de informes varios días posterior a la IPT, además por la calidad de fotos y videos la manualidad del análisis de los datos se puede presentar subjetividad ya que depende de la experticia en herramientas ergonómicas y la observación detallada de las evidencias por parte del profesional evaluador para emitir el informe y valoración del riesgo con las recomendaciones.

Ante este escenario, la innovación con inteligencia artificial (IA) emerge como una ayuda para superar estas limitaciones, investigaciones recientes confirman esta transición: Nugroho et al. (2026), en un análisis bibliométrico de 225 estudios publicados entre 2002 y 2024, identificaron un crecimiento exponencial de publicaciones sobre evaluación ergonómica asistida por IA desde 2020, con una fase de integración de sistemas inteligentes consolidada entre 2017 y 2024. Así mismo, Quesada Díaz et al. (2026) demostraron que los sistemas de captura de movimiento basados en visión computacional e IA producen clasificaciones de riesgo ergonómico coherentes con sistemas inerciales de referencia en entornos industriales. Khanagar et al. (2026) validaron un modelo de evaluación ergonómica con IA en el sector salud, con 97 % de sensibilidad y 85,7 % de especificidad, confirmando la objetividad y replicabilidad de estos sistemas frente a los métodos observacionales tradicionales.

En Colombia la evidencia científica sobre los beneficios de la IA en la vigilancia ergonómica es escasa, este estudio se propone dar más conocimientos. Se plantea como pregunta orientadora ¿Las IPT con IA es una innovación que genera beneficios al SGSST y reemplaza al TH especializado en SST?

Objetivo

El objetivo general del estudio es identificar las ventajas estratégicas, operativas y económicas de la vigilancia ergonómica mediante inspecciones de puesto de trabajo con el uso de inteligencia artificial (software Ergo

¹³Médico laboral. Mg. en Salud Ocupacional. Gerente SURETY SST y docente de la Universidad Libre, Cali.

¹⁴Fisioterapeuta. Mg. en Salud Ocupacional, estudiante de Doctorado en Ergonomía. Coordinadora Nacional SST SURETY.

¹⁵Profesional en Salud Ocupacional. Mg. en Pedagogía y especialista en Gerencia del Talento Humano. Consultor Senior SURETY SST. Contacto: jose.enriquez@suretysst.com.co



IA del Instituto Biomecánico de Valencia IBV, España), para la gestión del riesgo biomecánico de postura en empresas colombianas. Los objetivos específicos comprendieron: caracterizar los resultados de 225 IPT asistidas con IA; cuantificar los niveles de riesgo identificados mediante una matriz de homologación unificada para las herramientas REBA, OWAS y RULA y analizar las ventajas frente a los métodos tradicionales de inspección de puesto de trabajo.

Metodología

El presente estudio es descriptivo con enfoque cuantitativo, mediante 225 IPT realizadas entre 2023 y 2026 en 22 empresas de Colombia, ubicadas en siete ciudades: Bogotá, Barranquilla, Buenaventura, Cali, Cartagena, Medellín y Pereira. Los instrumentos de recolección de datos fueron los informes de IPT de riesgo biomecánico de postura, realizadas con herramientas ergonómicas con metodologías REBA (cuerpo completo) OWAS (posturas globales) y RULA (miembros superiores) que mediante toma de vídeo de las posturas del trabajador a través de cualquier dispositivo de grabación, fueron analizados con la innovación de inteligencia artificial mediante el software Ergo IA de IBV, en el cual se sigue el siguiente procedimiento: entrevista al trabajador y firma del consentimiento informado, grabación del vídeo en el puesto de trabajo según guía de IBV, verificación técnica de calidad del vídeo, proceso del video en el software ERGO IA con generación inmediata del informe de evaluación y valoración de riesgo de postura en la herramienta ergonómica seleccionada y la generación del informe. El IBV garantizó el soporte técnico, la seguridad de la información y la protección de datos personales.

Los resultados de los informes de IPT con ERGO IA se sistematizaron en un dashboard de Excel, se obtuvo el nivel de riesgo de acuerdo con cada una de las tres herramientas ergonómicas, las cuales tienen criterios de clasificación de riesgo propios, por ello, con el fin de hacer una estandarización del riesgo los autores desarrollan una matriz de homologación que agrupa los estados de riesgo en seis niveles unificados (Muy Bajo, Bajo, Aceptable, Moderado, Alto y Crítico), permitiendo un análisis integrado del riesgo biomecánico de postura. Se procede al análisis e interpretación de los datos mediante técnica descriptiva y cálculos de razones y proporciones de los datos obtenidos. Se realizó mesas de trabajo focalizadas con los profesionales especializado en IPT con uso de ERGO IA y de empleadores para identificar los beneficios percibidos con la innovación de realizar IPT de riesgo biomecánico de postura mediante una herramienta ergonómica con IA, se tabulan los resultados para validar la actividad en campo, tiempos del procedimiento de IPT y costos.

Resultados

Se realizaron 225 IPT con uso del software de ERGO IA, en trabajadores de 22 empresas ubicadas en siete ciudades de Colombia, sin necesidad de desplazamiento del profesional especializado al puesto de trabajo, los videos fueron remitidos por personal de seguridad y salud en el trabajo previamente entrenado en toma de videos para IPT de riesgo de postura, por lo tanto, de las 225 IPT el 100 % se procesaron de manera remota. Las metodologías ergonómicas realizadas fueron REBA con 130 IPT (57,8 %), OWAS con 50 IPT (22,2 %) y RULA con 45 IPT (20 %), se validan los resultados de nivel de riesgo obtenidos en cada herramienta con un porcentaje de criticidad en OWAS 20 %, REBA 22 % Y RULA 67 %, se procede aplicar la matriz de homologación de nivel de riesgo evidenciando: 74 IPT el 32,9 % fue clasificado en nivel crítico o urgente y 90 IPT el 40 % en nivel de riesgo medio, dando un total de 164 IPT el 72,9 % que requieren



intervención del riesgo de manera inmediata o de corto plazo, evidenciando un alto nivel de riesgo biomecánico de postura en las empresas evaluadas. De las mesas de trabajo focales se evidenció en la dimensión estratégica, la generación inmediata de valoración y evaluación de riesgo de postura para la priorización prioritaria de intervenciones mediante acciones preventivas y correctivas del riesgo, aspecto clave para el cumplimiento del SG-SST. Se evidencia que un profesional especializado requiere dos horas para un análisis con herramientas ergonómicas RULA, REBA, OWAS, con la ayuda del software con IA se logra realizar en media hora, para una reducción en 75 % los tiempos del profesional especializado, esto le permite al profesional dedicar más tiempo a la interpretación y toma de decisiones. Así mismo, realizar el análisis de las IPT de manera remota y la optimización de tiempo en el análisis de las herramientas ergonómicas con IA, logra disminuir en un 40 % el costo frente a IPT con el método tradicional.

En comparación con otros estudios científicos se validan los resultados obtenidos, afirman García Galindo, 2024: la IA elimina sesgos, agiliza informes y permite controles oportunos que previenen enfermedades laborales; Rojas y Del Castro, 2025: la IA facilitaría el seguimiento periódico de las condiciones laborales, potenciaría una cultura de autocuidado y serviría como modelo replicable en otras instituciones. Larez & Maribao, 2025: las dificultades respaldan el enfoque híbrido: IA + ergonomista, donde el profesional valida y contextualiza los resultados generados automáticamente.

Como dificultades en el uso de IA se identificaron dos limitaciones principales: la calidad del video en el encuadre, la dotación (vestuario) del trabajador, la iluminación y la distancia a la cámara y la lectura inadecuada del ángulo por el algoritmo requiriendo profesional especializado para su validación y ajustes requeridos.

Conclusiones

En conclusión, se identificaron ventajas estratégicas con resultados oportunos, operativas con IPT 100 % en remoto, con menos horas de análisis y económicas con un 40 % de ahorro en vigilancia ergonómica mediante IPT con la ayuda del software con IA para la gestión del riesgo biomecánico de postura. La IPT con IA si es una innovación que genera beneficios al SGSST y no reemplaza al TH especializado en SST, se convierte en un apoyo para interpretar el riesgo y emitir informes oportunos, objetivos y con acciones efectivas, contribuyendo a entornos laborales más seguros, confortables y productivos.

Los resultados de este trabajo llenan un vacío en estudios científicos sobre las ventajas cuantificables de la IA en la evaluación ergonómica y es la base de nuevas investigaciones para evaluar los resultados de las IPT con Ergo IA sobre la siniestralidad laboral (accidentes de trabajo, enfermedades laborales y comunes afectadas por el riesgo de postura).

Palabras clave: vigilancia ergonómica, inspecciones de puesto de trabajo IPT, herramientas REBA, RULA, OWAS, inteligencia artificial, Ergo IA IBV



Referencias

García Galindo, C. E. (2024). Inteligencia artificial en la evaluación de riesgos ergonómicos en puestos de trabajo, un enfoque innovador [Tesis]. Universidad Europea de Canarias.

Ibarra Villanueva, C., Astudillo Cornejo, P., Ramos Pisón, M. J., & Aguilera Olivares, F. (2024). Diagnóstico ergonómico del riesgo de trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de micro y pequeñas empresas. Estudio exploratorio. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 1.

Instituto Biomecánico de Valencia. (2023). ErgoIA. <https://ergoia.ibv.org/index.php/es/>

Khanagar, S. B., Alshehri, A., Albalawi, F., Kalagi, S., Alghilan, M. A., Awawdeh, M., & Iyer, K. (2026). Evaluation of ergonomic work postures among dental students during restorative procedures using an artificial intelligence-based assessment model. Frontiers in Oral Health, 7, 1790719. <https://doi.org/10.3389/froh.2026.1790719>

Lafuente Ibáñez, C., & Marín Egoscózábal, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. Revista EAN, 5-18.

Larez, F., & Maribao, Y. (2025). Integración de la inteligencia artificial y métodos clásicos para la evaluación de riesgos ergonómicos. e-Revista Multidisciplinaria del Saber, 10.

Medina, A. F. (2018). Prevalencia de desórdenes músculo-esqueléticos en trabajadores de una empresa de comercio de productos farmacéuticos. Revista Ciencias de la Salud, 203.

Nugroho, B. Y. S., Yuantari, M. G. C., Pramitasari, R., Sifai, I. A., Asfawi, S., Treesak, C., & Fauzi, M. A. (2026). Ergonomics of safety design: Research and implementation: 2002-2024 bibliometric analysis. The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 15(1), 83-100. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v15i1.2026.83-100>

Organización Mundial de la Salud. (2022). Trastornos musculoesqueléticos. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>

Quesada Díaz, R., Iriondo Pascual, A., Högberg, D., Bandaru, S., & Hanson, L. (2026). Supporting ergonomics evaluations in manufacturing: A comparison of computer vision- and IMU-based motion capture. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1342, 012053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1342/1/012053>

Ramón Rojas, J. J., & del Castro Gómez, M. (2025). Análisis de los puestos de trabajo mediante el uso de inteligencia artificial y su relación con la sintomatología osteomuscular en trabajadores de una institución de formación para el trabajo y el desarrollo humano en la ciudad de Barranquilla [Tesis]. Universidad de la Costa.



Recomendaciones para la inclusión laboral de personas con discapacidad auditiva en entornos logísticos: cumplimiento de la Ley 2466 de 2025 desde la fonoaudiología en SST

Sandra Pacheco Pulido¹⁶

Introducción

La inclusión laboral de personas con discapacidad auditiva, personas sordas en sectores de alta demanda operativa como la logística y el almacenamiento ha sido históricamente relegada por barreras actitudinales, comunicativas, normativas y físicas que exceden las capacidades funcionales reales de esta población. En Colombia, la tasa de vinculación laboral formal de personas sordas no supera el 30 % (Federación Nacional de Sordos-FENASCOL, 2024), una cifra que contrasta radicalmente con su potencial productivo documentado en tareas visomotoras de precisión, características de los entornos logísticos.

La promulgación de la Ley 2466 de 2025 constituye un punto de inflexión normativo en el ordenamiento jurídico colombiano. Esta ley establece cuotas obligatorias de contratación de personas con discapacidad para empresas con cien o más trabajadores, exige la implementación de ajustes razonables en el entorno laboral y activa un régimen sancionatorio a partir del 25 de junio de 2026. Sin embargo, el cumplimiento efectivo de esta norma trasciende el registro contable de vinculaciones: demanda un rediseño profundo de los procesos comunicativos, los protocolos de seguridad y los modelos de evaluación de aptitud ocupacional.

Es en este escenario donde la fonoaudiología en seguridad y salud en el trabajo (SST) emerge como disciplina estratégica. Su objeto de estudio la comunicación humana y sus desórdenes en los entornos donde la persona se desempeña la posiciona como el puente técnico entre el mandato legal y la realidad operativa de los almacenes logísticos. La fonoaudiología en SST no rehabilita al trabajador sordo: rediseña el entorno para que la sordera no sea una barrera, tal como lo postula el Modelo Social de Discapacidad adoptado por la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Organización de las Naciones Unidas ONU, 2006) e incorporado al bloque de constitucionalidad colombiano mediante la Ley 1346 de 2009.

La presente ponencia sintetiza el análisis técnico-normativo y la evidencia práctica acumulada en consultoría sobre los aportes fonoaudiológicos al proceso de inclusión laboral de personas con discapacidad auditiva que se postulan al cargo de Auxiliar Logístico, tomando como caso de referencia el contexto de empresas del sector logístico-farmacéutico en Colombia. Los hallazgos evidencian que la intervención fonoaudiológica sistemática en los procesos de selección, adaptación y monitoreo laboral reduce significativamente los riesgos de accidente por barreras comunicativas, incrementa la permanencia laboral y garantiza el cumplimiento genuino de la Ley 2466 de 2025.

Objetivo

Establecer las recomendaciones fonoaudiológicas más idóneas para la inclusión laboral segura, efectiva y con cumplimiento normativo de personas con discapacidad auditiva en el área logística, articuladas

¹⁶Fonoaudióloga. Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Asociación de Fonoaudiólogas Especialistas en Seguridad, Salud y Trabajo de Colombia-ASOFOESSTCO.
Contacto: asfoesstco@gmail.com



al marco de la Ley 2466 de 2025 y a los estándares del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) colombiano.

Metodología

La ponencia se fundamenta en una revisión documental crítica de carácter analítico-propositivo, complementada con el análisis de experiencia aplicada en consultoría SST. Las fuentes consultadas incluyeron tres categorías:

- Normativa vigente: Ley 2466 de 2025, Ley 1346 de 2009 (CDPD), Ley 361 de 1997, Resolución 1197 de 2024 (Ministerio de Salud), Resolución 1843 de 2025 (Ministerio de Trabajo), Resolución 0312 de 2019 (estándares mínimos SG-SST) y Decreto 1072 de 2015.
- Literatura técnico-científica sobre fonoaudiología laboral, barreras comunicativas en entornos industriales y logísticos, ajustes razonables para personas sordas y modelos de evaluación de aptitud ocupacional.
- Evidencia acumulada en programas de consultoría con empresas del sector logístico y farmacéutico, incluyendo análisis de perfiles de cargo, evaluaciones de aptitud, diseño de ajustes razonables y registro de indicadores de permanencia laboral.

El análisis se estructuró en torno a dos ejes: (a) la identificación de las barreras comunicativas específicas del cargo Auxiliar Logístico que representan riesgos para la seguridad y la inclusión efectiva de personas sordas; y (b) la definición de los aportes fonoaudiológicos concretos evaluación, diseño, capacitación y monitoreo que contrarrestan dichas barreras y generan condiciones de trabajo accesibles y seguras.

Resultados

El cargo de auxiliar logístico es funcionalmente viable para personas con discapacidad auditiva

El análisis fonoaudiológico funcional del cargo de Auxiliar Logístico reveló que entre el 70 y el 85 % de sus funciones esenciales, recepción y verificación de mercancía, picking, manejo de sistemas WMS, cargue y descargue, control de inventarios son predominantemente visomotoras y no dependen de la comunicación auditivo-verbal espontánea. Las barreras reales no residen en la condición auditiva del trabajador, sino en la ausencia de diseño accesible en el entorno: señales de emergencia exclusivamente sonoras, instrucciones operativas transmitidas únicamente de manera oral y protocolos de seguridad no adaptados. Esta distinción es el punto de partida para todo el proceso de inclusión.

Diferenciación diagnóstica como requisito de cumplimiento normativo

Un hallazgo crítico del análisis fue la confusión generalizada entre limitación de salud (condición transitoria, Resolución 1239 de 2022) y discapacidad auditiva legal (deficiencia permanente validada mediante Certificado de Discapacidad según Resolución 1197 de 2024). El fonoaudiólogo en SST es el profesional idóneo para establecer esta diferencia en el examen preocupacional y en la documentación de inclusión. Certificar a un trabajador reubicado por patología auditiva adquirida como persona con



discapacidad para efectos de la cuota de la Ley 2466 constituye, según la jurisprudencia reciente (SU-111/2025), un riesgo de fraude normativo y vulneración del derecho a la intimidad.

Aportes fonoaudiológicos específicos al proceso de inclusión

Se identificaron ocho aportes fonoaudiológicos con evidencia de impacto en la inclusión efectiva:

- Evaluación fonoaudiológica funcional orientada al cargo: análisis del perfil comunicativo del puesto, no del grado de pérdida auditiva, para determinar aptitud con criterio funcional.
- Rediseño del perfil de cargo con enfoque inclusivo: eliminación de requisitos comunicativos innecesarios y formulación de criterios funcionales medibles, cumpliendo el principio de no discriminación de la Ley 361 de 1997.
- Diseño de ajustes razonables comunicativos en tres dimensiones: ergonómicos (campo visual amplio, señalización luminosa estroboscópica), tecnológicos (wearables vibro táctiles, aplicaciones de texto en tiempo real, WMS con interfaz visual clara) y organizacionales (compañero-enlace comunicativo, protocolos escritos, briefing visual de turno).
- Revisión y adaptación del Plan de Emergencias del SG-SST: inclusión de señalización luminosa autónoma, procedimiento de verificación visual de presencia en punto de encuentro y capacitación de la brigada en comunicación con personas sordas.
- Elaboración del concepto de aptitud fonoaudiológica funcional como documento de referencia para la evaluación médica preocupacional, reorientando el enfoque del médico hacia la aptitud para las funciones esenciales con ajustes, no hacia la detección de razones para la no aptitud.
- Diseño e implementación de programa de Lengua de Señas Colombiana (LSC) funcional-laboral: vocabulario operativo mínimo para supervisores y pares directos, reduciendo el aislamiento social como factor de riesgo psicosocial.
- Propuesta de indicadores de seguimiento diferenciados: tasa de implementación de ajustes en los primeros 30 días, número de incidentes relacionados con barreras comunicativas, calificación de accesibilidad comunicativa del puesto y permanencia laboral a 12 meses.

El “ecosistema inclusivo”: articulación interdisciplinar como condición de éxito

Los resultados evidencian que la inclusión laboral exitosa de personas sordas en entornos logísticos no puede ser responsabilidad exclusiva de un área. Requiere un ecosistema inclusivo articulado en cuatro nodos: (a) Recursos Humanos, que diseña perfiles funcionales y recluta talento con discapacidad certificada real; (b) el equipo SST, liderado por el fonoaudiólogo, que diseña ajustes razonables e implementa el monitoreo; (c) medicina ocupacional, que realiza la evaluación preocupacional con criterio funcional sin juicios de valor auditivos; y (d) jurídico y dirección, que garantiza el reporte al Ministerio de Trabajo dentro de los 15 días siguientes a la vinculación y la gestión estratégica del cumplimiento de la Ley 2466 de 2025.



Conclusiones

La Ley 2466 de 2025 no es solo una norma de cuotas de contratación: es un mandato de rediseño organizacional que exige a las empresas colombianas transformar sus procesos de selección, sus entornos físicos y sus protocolos comunicativos para hacerlos funcionalmente accesibles a personas con discapacidad. En el caso de los entornos logísticos, la fonoaudiología en SST es la disciplina técnica que hace posible este rediseño con rigor, precisión y fundamento normativo.

El cargo de Auxiliar Logístico es, por su naturaleza funcional predominantemente visomotora, uno de los cargos con mayor viabilidad de inclusión para personas sordas profundas en el sector privado colombiano, siempre que se implementen los ajustes razonables comunicativos identificados.

La evaluación fonoaudiológica funcional orientada al cargo y no al grado de pérdida auditiva es el instrumento técnico que transforma el examen preocupacional de un filtro discriminatorio en un proceso de diseño inclusivo, en plena coherencia con el enfoque de la Ley 2466 de 2025.

Los ajustes razonables comunicativos en sus tres dimensiones (ergonómicos, tecnológicos y organizacionales) son proporcionales, viables económicamente y de alto impacto en la reducción de riesgos de accidente por barreras comunicativas en entornos logísticos con alta exposición a señales sonoras críticas.

La diferenciación rigurosa entre limitación de salud y discapacidad legal auditiva no solo es una obligación normativa sino una garantía de cumplimiento genuino de la Ley 2466: el “falso cumplimiento” mediante la certificación de trabajadores reubicados expone a las empresas a riesgos legales, éticos y reputacionales documentados.

La fonoaudiología en SST genera valor estratégico en las organizaciones al articular el mandato legal, la seguridad del trabajador y la productividad operativa en un mismo proceso de diseño accesible, transformando el cumplimiento de la Ley 2466 de 2025 de una obligación administrativa en una ventaja competitiva sostenible.

Palabras clave: discapacidad auditiva, inclusión laboral, fonoaudiología SST, entornos logísticos, ajustes razonables, modelo social, lengua de señas colombiana.



Referencias

Congreso de la República de Colombia. (2025). Ley 2466 de 2025 “Por medio de la cual se modifica parcialmente normas laborales y se adopta una Reforma Laboral para el trabajo decente y digno en Colombia”. Colombia. Diario Oficial No. 53160 del 25 de junio del 2025. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=181933>

Congreso de la República. (2009). Ley 1346 de 2009. “Por medio de la cual se aprueba la “Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad”, adoptada por la Asamblea General de la Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006. Diario Oficial No. 53.497 - 21 de mayo. Disponible en: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1346_2009.html

García-Machado, W., & Ospina-Fuentes, L., & Roa, M. (2025). ABC de la inclusión laboral de las personas con discapacidad en la reforma laboral. Fundación Saldarriaga Concha. Disponible en: https://www.saldarriagaconcha.org/wp-content/uploads/2025/12/2025-12-Diciembre04_ABC-de-la-inclusion-laboral-de-las-personas-con-discapacidad-en-la-reforma-laboral-Col.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). Resolución 1197 de 2024. Resolución 1197 de 2024 “Por la cual se dictan disposiciones en relación con el procedimiento de certificación de discapacidad y el Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad y se deroga la Resolución 1239 de 2022”. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No%201197%20de%202024.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2006). Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. (CDPD). Adoptada mediante resolución A/RES/61/106. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-persons-disabilities>



El riesgo que no se ve: predictibilidad de la accidentalidad laboral mediante detección de co-falla de barreras en sistemas de trabajo

Catherine Guzmán Tejeda¹⁷

Introducción

Los sistemas de gestión de SST han avanzado significativamente en el control de condiciones físicas, pero la accidentalidad laboral persiste: Fasecolda (2024) reportó más de 580.000 accidentes calificados en Colombia. Esta paradoja sugiere que los modelos convencionales —centrados en cumplimiento normativo— no capturan adecuadamente la dimensión humana del riesgo. El modelo del Queso Suizo (Reason, 1990) plantea que los accidentes ocurren cuando fallan simultáneamente múltiples barreras. En entornos industriales, tres de esas barreras son fundamentalmente humanas: el autocuidado del operario, el liderazgo en seguridad del supervisor, y el clima de seguridad del equipo. Su deterioro convergente genera una condición de co-falla latente que raramente detectan los indicadores tradicionales.

Objetivo

Presentar el diseño, la evaluación psicométrica inicial y la aplicación de un modelo de detección temprana de co-falla de barreras humanas en dos plantas industriales del sector alimentario colombiano, evaluando su potencial para identificar zonas de vulnerabilidad humana no visibles mediante indicadores convencionales de SST.

Metodología

Diseño: estudio descriptivo transversal con análisis multinivel. Medición simultánea en dos plantas del sector alimentario (Planta A y Planta B), primer semestre de 2026. Datos agregados y anonimizados con autorización institucional.

Muestra: 735 participantes: 667 operarios (Planta A n=503, Planta B n=164) y 68 supervisores (Planta A n=44, Planta B n=24), resultado de los criterios de elegibilidad aplicados sobre la población objetivo. Participación voluntaria, anónima y con consentimiento informado, sin presencia de supervisores directos para mitigar sesgo de deseabilidad social.

Instrumentos: IASH V5.2 (30 ítems, 7 dimensiones de autocuidado operativo, escala Likert 5 puntos, $\alpha=0,87$, n=667) e IPRA V3.3 (43 ítems, 8 dimensiones de liderazgo en seguridad, evaluación 360°, $\alpha=0,94$, n=68). Normalización: $((media-1)/4) \times 100$. El Safety NPS se obtiene de la pregunta de recomendación del IPRA 360°, utilizado como indicador sintético de clima de seguridad percibido, análogo a las medidas de Zohar (2000) y Luria (2010).

Índice de Co-falla Latente (ICL — equivalente al IVC descrito en la postulación, con umbrales empíricamente calibrados): operacionaliza el modelo de barreras mediante deterioro convergente en

¹⁷Psicóloga Organizacional. Especialista en Gerencia de Mercadeo. MBA Founder & GM — Talenhta® / Mentoring Consultores SAS. Cali, Colombia.
Contacto: gtcathe@hotmail.com



capas independientes. Los puntos de corte se establecieron a partir de la distribución empírica de la muestra piloto: IASH<65 corresponde al percentil 5 (n=667), IPRA<70 al decil inferior (n=68). ICL Nivel 1: IPRA<70 o IASH<65. ICL Nivel 2: IPRA<65 y IASH<60 concurrentes. ICL Nivel 3 (componente exploratorio): Safety NPS negativo. Umbrales preliminares, sujetos a refinamiento.

Análisis: distribución de riesgo por semáforo de cuatro niveles, comparación interplanta (t-test, Mann-Whitney, X^2), correlaciones de Pearson entre barreras, y análisis temático de 1244 respuestas abiertas del IPRA.

Declaración de conflicto de interés:

Los instrumentos IASH V5.2 e IPRA V3.3 son de propiedad intelectual de la autora (Talentha® / Mentoring Consultores SAS). Estudio sin financiación externa.

Resultados

IASH (n=667): índice global Planta A M=82.75 (SD=10,05) y Planta B M=82,05 (SD=9,69), ambos en riesgo bajo. La diferencia entre plantas no fue significativa (t=0,78, p=0,44, d=0,07, IC95 % [-1,06, 2,46]), lo que indica que el patrón de deterioro es compartido y no atribuible al contexto de planta. El análisis dimensional reveló que el 47,4 % de los operarios presenta deterioro en al menos una dimensión por debajo del umbral de alerta, evidencia de vulnerabilidad latente no capturable por el índice global. El 37,2 % se ubica en algún nivel de riesgo en el índice compuesto. Las dimensiones D1 Bienestar Físico y D2 Manejo Emocional fueron las únicas en Riesgo Moderado en ambas plantas (D1: 73,09/70,43; D2: 72,95/72,03). El 20,4 % de los operarios presenta D2<60 y el 15,6 % D1<60 — señales activas de estrés y fatiga operativa. El 6,9 % concentra ambas simultáneamente, configurando el perfil de mayor exposición individual. El ítem más crítico fue 'Noto cuando el estrés o la rabia me hacen trabajar más rápido o descuidado' (Planta A=49,50, Planta B=42,84).

IPRA (n=68): planta A M=91,9 (SD=9,5, Riesgo Bajo); Planta B M=80,8 (SD=12,7, riesgo moderado). Diferencia estadísticamente significativa (t=4,09, p<0,001, Mann-Whitney p<0,001). El 16,2 % de supervisores presenta IPRA<75 (zona alto + crítico) y el 13,2 % combina IPRA<80 con Safety NPS<65 — dos barreras simultáneamente comprometidas. El 33,3 % de supervisores de Planta B se ubicó en riesgo alto o crítico vs. 6,8 % en Planta A ($X^2=6,22$; p=0,013). Las dimensiones más débiles fueron D5 Aprendizaje de Incidentes y D2 Planeación y Arranque Seguro. El 14,7 % de los supervisores fue clasificado como detractor de seguridad por su propio equipo (Safety NPS<50), independientemente de su puntuación cuantitativa.

Safety NPS: planta A +45 (54,5 % Promotores, 9,1 % Detractores); Planta B +4 (39,3 % Promotores, 35,7 % Detractores). Se identificó correlación positiva significativa entre IPRA y Safety NPS (r=0,37, p=0,002, n=68), aportando evidencia preliminar de convergencia entre ambas medidas. Una anomalía metodológicamente relevante: supervisores con IPRA alto, pero Safety NPS bajo, sugiriendo que la percepción del equipo captura dimensiones no completamente recogidas por los ítems estructurados.

ICL y triangulación: en Planta B se identificaron 5 supervisores con IPRA<70 (ICL Nivel 1) y 3 operarios con IASH<60 en áreas con supervisores críticos (señal ICL Nivel 2 latente). El análisis temático de las



respuestas abiertas mostró convergencia con los hallazgos cuantitativos: en las dimensiones más débiles (D2 y D5), los evaluadores reportaron necesidades de mayor presencia en campo, seguimiento a reportes de actos inseguros, y respuesta efectiva ante alertas del equipo. En Planta A emergió el tema 'liderazgo por convicción versus por miedo', indicador de clima que trasciende los ítems estructurados.

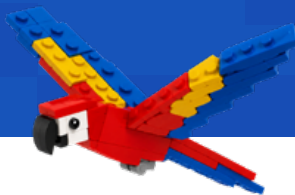
Conclusiones

Los resultados sugieren que el modelo tiene potencial para identificar zonas de vulnerabilidad humana no evidentes en los indicadores convencionales de SST. En ambas plantas el IASH global indica Riesgo Bajo, lectura que en un sistema de gestión tradicional podría interpretarse como ausencia de riesgo. El análisis multinivel reveló que entre el 28 % y el 42 % de los operarios presenta deterioro en D1 y D2, y que en Planta B el 33 % de los supervisores opera en zona de riesgo alto o crítico. La consistencia del patrón D1-D2 entre plantas ($d=0,07$) sugiere una señal sistémica independiente del contexto organizacional específico.

La diferencia significativa en liderazgo ($p<0,001$) y la correlación IPRA-Safety NPS ($r=0,37$, $p=0,002$) aportan evidencia preliminar de que las barreras del modelo son sensibles a variaciones reales del sistema de trabajo. En términos de aplicación, el modelo permitió priorizar unidades específicas para intervención preventiva, evitando intervenciones masivas no focalizadas.

Limitaciones: diseño transversal sin validación causal ni contra accidentalidad histórica (fase en curso). Umbrales ICL preliminares, sujetos a refinamiento. Generalización limitada al sector alimentario industrial colombiano.

Palabras clave: indicadores líderes; co-falla de barreras; modelo del queso suizo; psicometría aplicada a SST; índice de co-falla latente.



Referencias

Reason, J. (1990). Human error. Cambridge University Press.

Dekker, S. (2014). The field guide to understanding 'human error' (3rd ed.). CRC Press.

Fasecolda (2024). Estadísticas del ramo de riesgos laborales 2024.

Reason, J. (1997). Managing the risks of organizational accidents. Ashgate.

Hollnagel, E. (2014). Safety-I and Safety-II. CRC Press.

Ministerio del Trabajo (2015). Decreto 1072 de 2015.

ICONTEC (2012). GTC-45: Guía para la identificación de peligros y valoración de riesgos en SST.

Zohar, D. (2000). A group-level model of safety climate. Journal of Applied Psychology, 85(4), 587-596.

Luria, G. (2010). The social aspects of safety management. Safety Science, 48(8), 1103-1108.

Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2001). Managing the unexpected. Jossey-Bass.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.

Heinrich, H. W. (1931). Industrial accident prevention. McGraw-Hill.

Línea temática:

Gestión del riesgo químico





Creación del protocolo de emergencias para la prevención de riesgos en los procesos de refrigeración en empresas de alimentos dado el uso de amoníaco

Javier Mauricio Morales Calero¹⁸

Introducción

Los procesos industriales agudizan los riesgos ocupacionales, desafío alineado con los ODS 2030: ODS 3 (*Salud y bienestar*), ODS 8 (*Trabajo decente*), ODS 12 (*Producción responsable*) y ODS 15 (*Protección de ecosistemas terrestres*) (Naciones Unidas, 2015). El amoníaco, ampliamente usado en refrigeración industrial, representa un contaminante de alta toxicidad con impactos severos sobre la salud y el entorno ambiental ante liberaciones accidentales (ATSDR, 2017).

Objetivo

Este estudio, desarrollado en una empresa de alimentos del Valle del Cauca, diseñó y validó un protocolo de emergencias para fugas de NH_3 en el sector alimentario.

El diagnóstico aplicado a 75 participantes (50,7 % masculino; 48,0 % femenino) reveló déficits críticos: 65,3 % desconocía protocolos de emergencia, 61,3 % ignoraba capacidades de protección del EPP, y 53,3 % no interpretaba correctamente el TLV-STEL (35 PPM), evidenciando la necesidad urgente de formación técnica. El presente artículo expone con detalle las distintas fases de ejecución del protocolo, así como las experiencias obtenidas durante su implementación.

Metodología

Se empleó una metodología descriptiva no probabilística con observación directa, sobre una muestra de 75 participantes, conformada por operarios de planta, técnicos especializados y personal SST. Mediante un cuestionario digital (Google Forms) se diagnosticaron conocimientos previos sobre emergencias químicas, evaluando variables como identificación de riesgos, uso correcto de máscaras **fullface** y procedimientos de respuesta ante fugas de amoníaco.

Los criterios de inclusión consideraron personal directamente vinculado a actividades de refrigeración industrial con amoníaco. Posteriormente, se desarrolló un proceso de capacitación en manejo seguro de la sustancia, seguido de simulacros bifásicos progresivos: primero con gases no tóxicos y luego con amoníaco real. Los procedimientos se fundamentaron en guías internacionales GRE y PRIMAP (Emergency Management Australia, 2020; Johnson & Lee, 2020; Martínez & Peters, 2018).

Resultados

La muestra estuvo conformada por 75 participantes (50,7 % masculino; 48,0 % femenino; 1,3 % prefirió no indicarlo). El diagnóstico inicial evidenció déficits significativos en competencias técnicas: el 61,3 %

¹⁸Profesional en Salud Ocupacional, especialista en Gestión ambiental. Mg. en Dirección de proyectos e innovación y docente del programa ASST de la Universidad Minuto de Dios.
Contacto : Javier.morales.c@uniminuto.edu



desconocía la capacidad de protección de la máscara fullface expresada en PPM; el 65,3 % no identificaba protocolos de respuesta ante emergencias por NH₃; el 53,3 % presentó dificultades en la interpretación del valor límite TLV-STEL (35 PPM); el 49,3 % no reconocía la sección GRE aplicable al amoniaco; y el 54,7 % desconocía el factor de expansión líquido-gas. Ante estos hallazgos, se implementaron ciclos de formación continua y monitoreo permanente (Chen & Williams, 2022; García & Delgado, 2021).

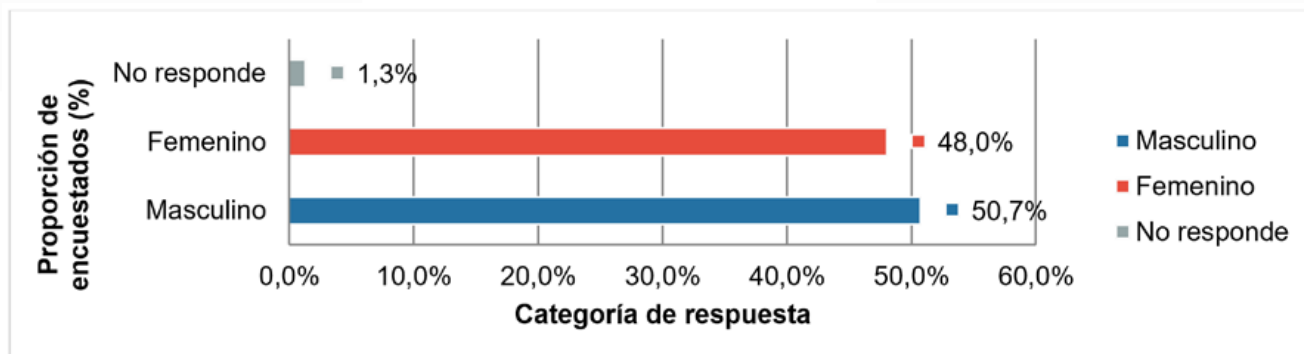
Tabla 1. Género de los encuestados

Categoría de respuesta	Frecuencia	(%)	Frecuencia	(n)	Tipo de respuesta
Masculino	50,7 %		38		—
Femenino	48,0 %		36		—
No responde	1,3 %		1		—

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Género de los encuestados' (n=75).

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Género de los encuestados



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Peso atmosférico del amoniaco respecto al aire (1 atm)

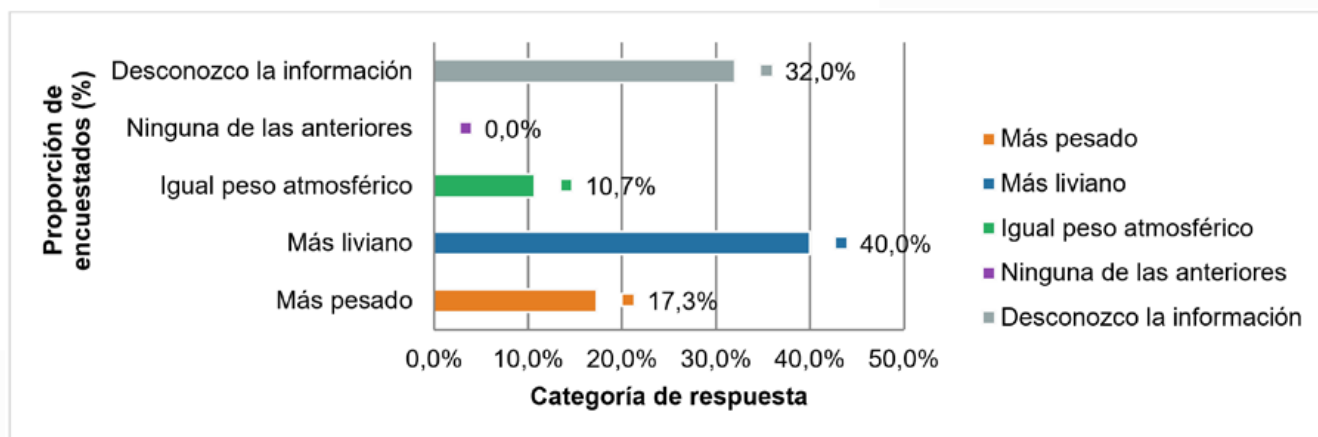
Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
Más pesado	17,3 %	13	Incorrecta / No sabe
Más liviano	40,0 %	30	Correcta
Igual peso atmosférico	10,7 %	8	Incorrecta / No sabe
Ninguna de las anteriores	0,0 %	0	Incorrecta / No sabe
Desconozco la información	32,0 %	24	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Peso atmosférico del amoniaco respecto al aire (1 atm)' (n=75). La respuesta correcta es: Más liviano.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Peso atmosférico del amoniaco respecto al aire (1 atm)



Fuente: elaboración propia.

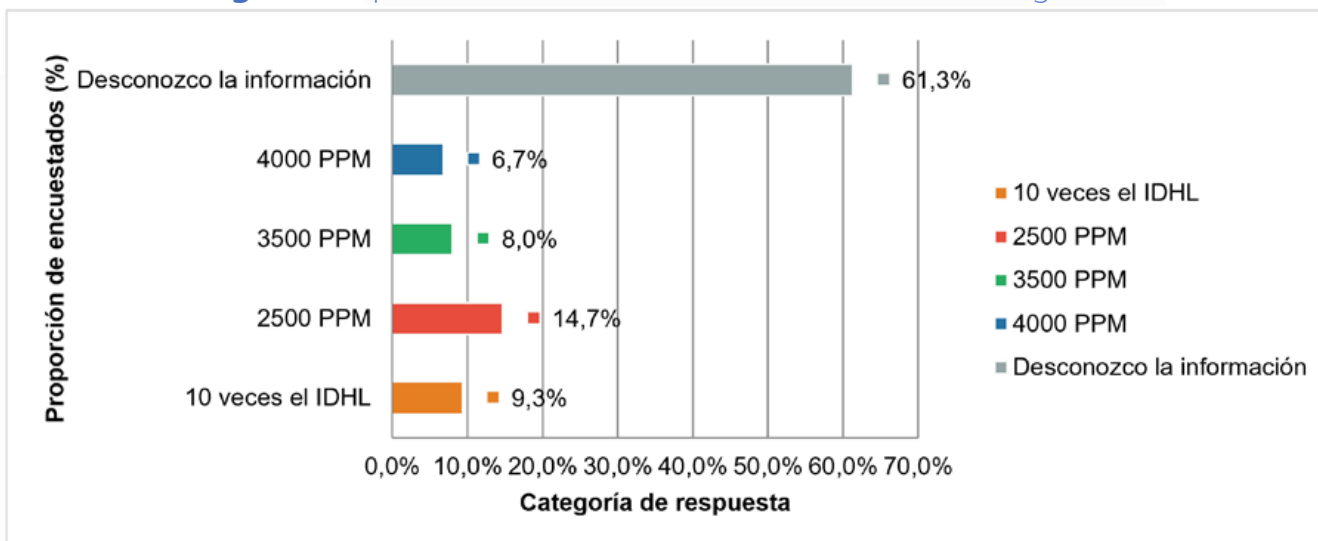
Tabla 3. Capacidad máxima (PPM) de máscara fullface ante fuga de NH_3

Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
10 veces el IDHL	9,3 %	7	Correcta
2500 PPM	14,7 %	11	Incorrecta / No sabe
3500 PPM	8,0 %	6	Incorrecta / No sabe
4000 PPM	6,7 %	5	Incorrecta / No sabe
Desconozco la información	61,3%	46	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Capacidad máxima (PPM) de máscara fullface ante fuga de NH_3 ' (n=75). La respuesta correcta es: 10 veces el IDHL.

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Capacidad máxima (PPM) de máscara Fullface ante fuga de NH_3



Fuente: elaboración propia.



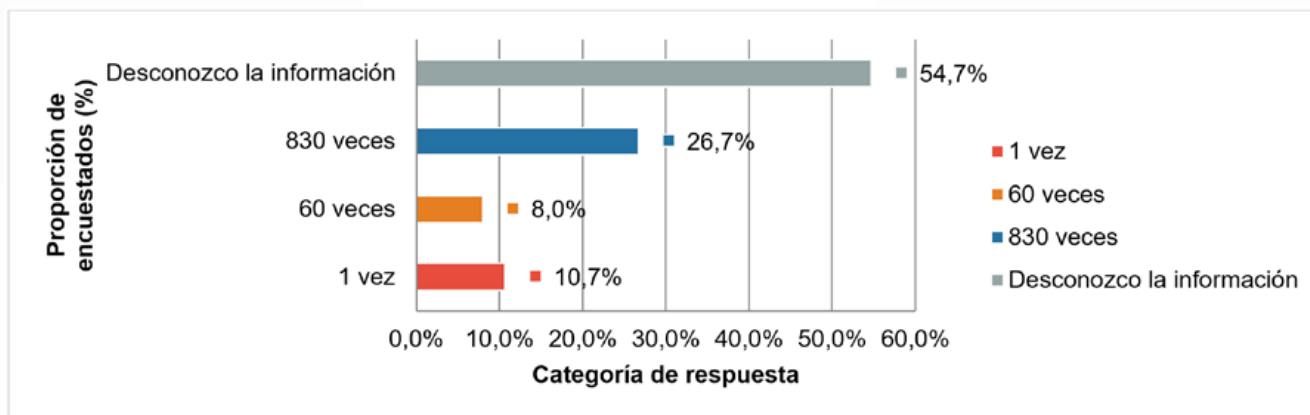
Tabla 4. Multiplicación de una gota de NH_3 líquido al vaporizarse

Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
1 vez	10,7 %	8	Incorrecta / No sabe
60 veces	8,0 %	6	Incorrecta / No sabe
830 veces	26,7 %	20	Correcta
Desconozco la información	54,7 %	41	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Multiplicación de una gota de NH_3 líquido al vaporizarse' (n=75). La respuesta correcta es: 830 veces.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Multiplicación de una gota de NH_3 líquido al vaporizarse



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Caracterización del NH_3 según placa DOT 1005 / número 268

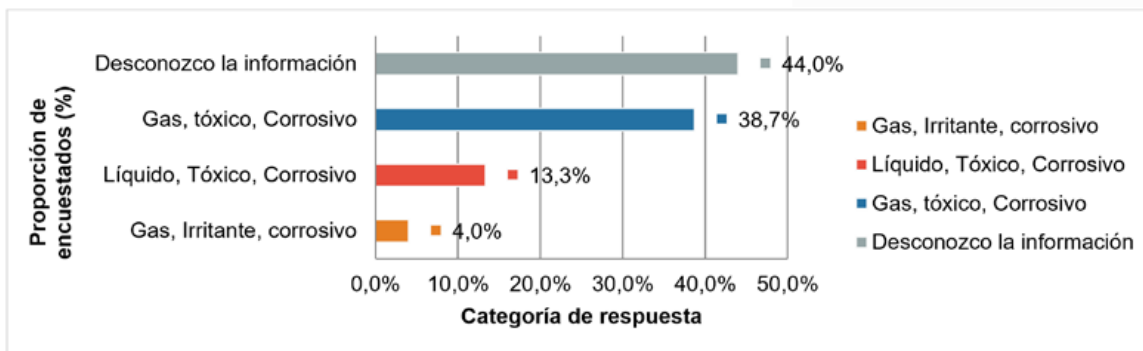
Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
Gas, irritante, corrosivo	4,0 %	3	Incorrecta / No sabe
Líquido, tóxico, corrosivo	13,3 %	10	Incorrecta / No sabe
Gas, tóxico, corrosivo	38,7 %	29	Correcta
Desconozco la información	44,0 %	33	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Caracterización del NH_3 según placa DOT 1005 / número 268' (n=75). La respuesta correcta es: gas, tóxico, corrosivo.

Fuente: elaboración propia.



Figura 5. Caracterización del NH₃ según placa DOT 1005 / número 268



Fuente: elaboración propia.

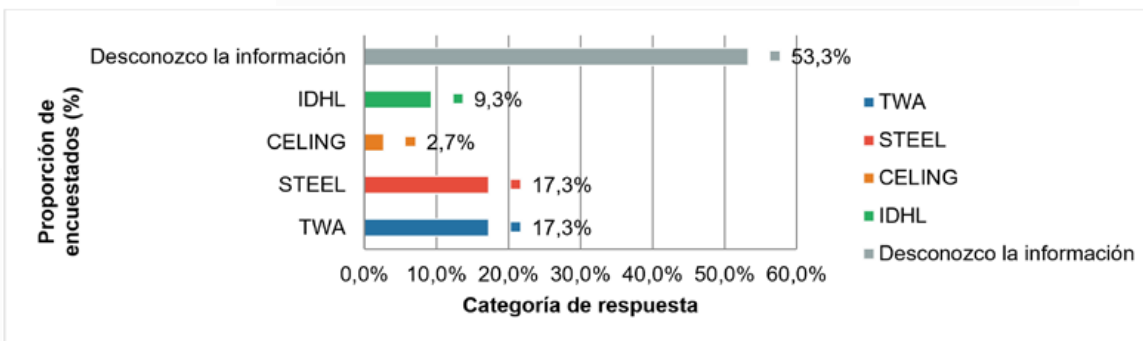
Tabla 6. Categoría TLV para medición de 35 PPM de NH₃

Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
TWA	17,3 %	13	Correcta
STEEL	17,3 %	13	Incorrecta / No sabe
CELING	2,7 %	2	Incorrecta / No sabe
IDHL	9,3 %	7	Incorrecta / No sabe
Desconozco la información	53,3 %	40	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Categoría TLV para medición de 35 PPM de NH₃' (n=75). La respuesta correcta es: TWA.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Categoría TLV para medición de 35 PPM de NH₃



Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Conocimiento de protocolo para emergencias con NH₃

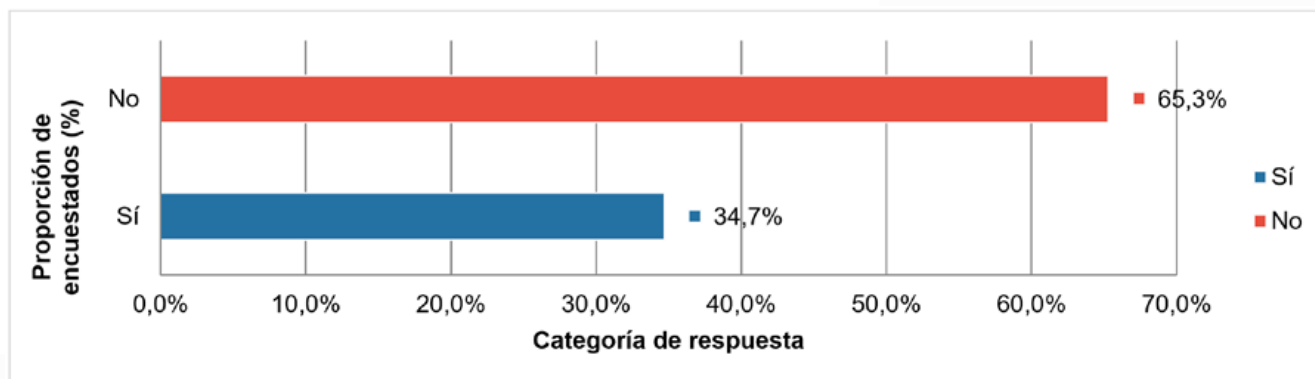
Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
Sí	34,7 %	26	—
No	65,3 %	49	—

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Conocimiento de protocolo para emergencias con NH₃' (n=75).

Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Conocimiento de protocolo para emergencias con NH_3



Fuente: elaboración propia.

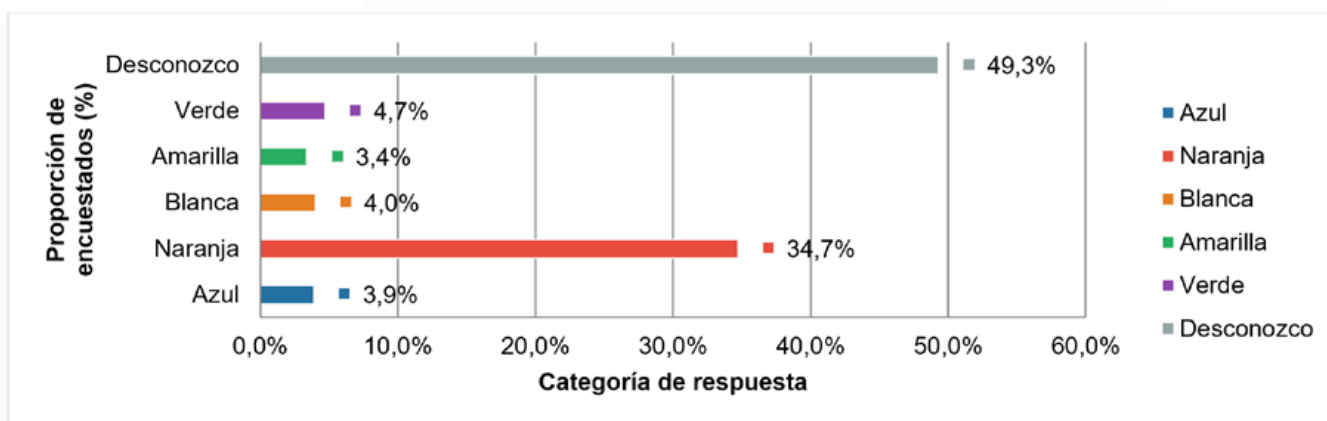
Tabla 8. Página de la GRE utilizada para guía de atención de emergencias

Categoría de respuesta	Frecuencia (%)	Frecuencia (n)	Tipo de respuesta
Azul	3,9 %	3	Incorrecta / No sabe
Naranja	34,7 %	26	Correcta
Blanca	4,0 %	3	Incorrecta / No sabe
Amarilla	3,4 %	3	Incorrecta / No sabe
Verde	4,7 %	4	Incorrecta / No sabe
Desconozco	49,3 %	37	Incorrecta / No sabe

Nota. Distribución porcentual de respuestas para la pregunta 'Página de la GRE utilizada para guía de atención de emergencias' (n=75). La respuesta correcta es: naranja.

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Página de la GRE utilizada para guía de atención de emergencias



Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Procedimiento operativo. Atención de emergencias con NH₃



Fuente: elaboración propia.

Los hallazgos confirman deficiencias críticas en formación técnica para el manejo seguro del Amoníaco. El 65,3 % del personal desconoce protocolos de emergencia, resultado consistente con la literatura sobre el impacto positivo de la capacitación en respuesta a incidentes (Johnson & Lee, 2020), lo que justifica implementar procedimientos basados en el Protocolo PRIMAP y la GRE (Emergency Management Australia, 2020). El 61,3 % ignora las limitaciones técnicas en PPM de la máscara Fullface, cuya protección es efectiva hasta 2,500 PPM (10 veces el IDLH del NH₃ = 3000 PPM, con margen de seguridad del 20 %), exponiendo potencialmente a trabajadores a concentraciones inmediatamente peligrosas para la vida. Adicionalmente, el 54,7 % desconoce la relación de expansión líquido-gas del amoníaco, dato esencial para estimar la magnitud de fugas y establecer perímetros de seguridad confiables, comprometiendo la gestión eficaz de emergencias.

Tabla 9. Variable evaluada con porcentaje de error

Variable evaluada	Respuesta correcta/Conocimiento esencial	Frecuencia de desconocimiento/Respuesta incorrecta	Porcentaje de desconocimiento/Error
Protocolo de Emergencia	Sí conoce algún protocolo	No conoce (65,3 %)	65,3 %



Capacidad Máx. EPP (fullface)	Conoce la capacidad en PPM	Desconoce la información	61,3 %
Interpretación de TLV (35 PPM)	STEL	Desconoce la información	53,3 %
Expansión líquido a gas (830 veces)	Conoce el factor de multiplicación	Desconoce la información	54,7 %
Identificación DOT/GRE (268 - GTC)	Gas, tóxico, corrosivo	Desconoce la información	44,0 %
Uso de la GRE (Página naranja)	Naranja	Desconoce la información	49,3 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Variable evaluada con porcentaje de acierto y nivel de dominio

Variable evaluada	Respuesta correcta esperada	Frecuencia de acierto (n)	Porcentaje de acierto (%)	Nivel de dominio
Protocolo de emergencia	Sabe que conoce un protocolo	26	34,7 %	Bajo
Capacidad Máx. EPP (fullface)	Responde 2500 PPM ó 10 veces IDLH	18	24,0 %	Crítico
Interpretación de TLV (35 PPM)	STEL	13	17,3 %	Crítico
Expansión líquido a gas (830 veces)	Responde 830 veces	20	26,7 %	Crítico
Identificación DOT/GRE (268)	Gas, tóxico, corrosivo	29	38,7 %	Bajo



Uso de la GRE (Página naranja)	Naranja	26	34,7 %	Bajo
Propiedad física (Peso atmosférico)	Más liviano	30	40,0 %	Moderado

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El análisis cuantitativo revela deficiencias críticas en competencias de seguridad industrial. El dominio en interpretación de TLV y especificaciones técnicas del EPP (máscara Fullface) resultó crítico (17,3 % y 24,0 % de acierto, respectivamente), comprometiendo la toma de decisiones ante exposición a amoníaco. El desconocimiento del STEL (35 PPM) limita la interpretación eficaz de detectores multigas. Paralelamente, los protocolos de respuesta inicial y el uso de la GRE presentaron dominio bajo (34,7 %), evidenciando insuficiente preparación para la primera respuesta ante emergencias. Se recomienda implementar capacitación técnica estructurada y simulacros sistemáticos basados en el Protocolo PRIMAP y la GRE.

Palabras clave: amoníaco, protocolo de emergencias, seguridad industrial, TLV, PRIMAP

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2017). Perfil toxicológico del amoníaco. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2022). Amoníaco (anhidro): Temas de seguridad y salud.

Arboleda, M. L., & Martínez, P. J. (2023). Modelos de dispersión de amoníaco en atmósferas confinadas: Un enfoque de ingeniería de seguridad. *Revista de Ingeniería Química*, 18(2), 88-101.

Barros, F. A., & Silva, R. J. (2022). Evaluación de riesgos por corrosión en sistemas de amoníaco anhidro. *Journal of Chemical Engineering and Safety*, 45(3), 150-162.

Chen, L., & Williams, D. A. (2022). Uso de detectores multigas portátiles en entornos peligrosos: Una evaluación de campo. *Salud Industrial*, 60(1), 12-20. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2021-0071>

Emergency Management Australia. (2020). Guía de respuesta a emergencias (ERG) para incidentes químicos.

European Maritime Safety Agency (EMSA). (2025). Safety of ammonia as a fuel in shipping: Hazard and Operability Analysis. [Tercera parte de la serie de estudios].



Environmental Protection Agency (EPA). (2025). Safety Standards for Ammonia Refrigeration. U.S. EPA. de refrigeración por amoníaco. Ingeniería Química Aplicada, 14(4), 210-225.

García, L. F., & Delgado, M. (2021). Eficacia de los protocolos PRIMAP en la respuesta a incidentes químicos de emergencia. Journal of Chemical Safety, 54(6), 333-341. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103238>

Global Centre for Maritime Decarbonisation (GCMD). (2024). Competency Framework for Safe Ammonia Bunkering Operations.

Hammad, S., & Gad, Y. (2021). Equipos de protección respiratoria y su eficacia contra la exposición al amoníaco. Revista de Salud Ocupacional, 63(1), 45-52.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2022). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR). (2021). ANSI/IIAR 9-2020: Minimum System Safety Requirements for Existing Closed-Circuit Ammonia Refrigeration Systems.

Johnson, M. E., & Lee, S. K. (2020). El impacto de la capacitación en respuesta a emergencias en incidentes de derrames químicos. Journal of Hazardous Materials, 388, 121773. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121773>

MSA Safety Incorporated. (2023). Manual del usuario y especificaciones técnicas del detector multigas Altair 5X.

Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Resolución A/RES/70/1). Asamblea General de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Ozturk, G. M., & Ozkan, M. (2024). Investigation on toxicity of ammonia releasing from storage tank onboard through CFD simulations. Journal of Coastal Research.

Plaza Fernández, J. F., Álvarez Abad, J., Carneros Lozano, A. M., & Durango, J. A. (2025). Amoníaco seguro: como superar su toxicidad facilitando el almacenamiento, manejo y utilización de forma completamente segura. Ingeniería naval, (1044), 276-285.

Veerappan, P., & Dhole, J. (2024). Process Safety Management (PSM) for Ammonia Refrigeration Systems: A Review of Incident Prevention Strategies. International Journal of Refrigeration, 155, 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.07.009>



El riesgo químico ocupacional como amenaza multidimensional a la seguridad humana de trabajadores de tratamiento químico en operaciones del sector hidrocarburos

John Alexander Sánchez Martínez¹⁹

Introducción

El tratamiento químico constituye una actividad esencial para garantizar la continuidad operacional en la industria de hidrocarburos. A lo largo de todas las etapas de producción, los trabajadores interactúan de manera permanente con sustancias químicas utilizadas para controlar corrosión, incrustaciones, bacterias, emulsiones y otras variables del proceso. Esta interacción ocurre durante actividades como almacenamiento, transporte, preparación de mezclas, trasiego, muestreo y dosificación, lo que implica una exposición constante a sustancias clasificadas como corrosivas, inflamables, tóxicas, cancerígenas o peligrosas para el ambiente.

Tradicionalmente, el riesgo químico se ha abordado desde el cumplimiento normativo y la seguridad y salud en el trabajo, privilegiando controles administrativos y el uso de elementos de protección personal. Sin embargo, este enfoque resulta insuficiente para comprender la complejidad de un riesgo cuyos efectos pueden manifestarse muchos años después de la exposición y extenderse más allá del trabajador directamente involucrado. Por ello, el presente ensayo plantea que el riesgo químico debe analizarse desde la seguridad humana, entendiéndolo como una amenaza multidimensional capaz de afectar simultáneamente la salud, la estabilidad económica, el ambiente, la comunidad y la sostenibilidad de las organizaciones.

Fundamentos técnicos y normativos del riesgo químico: comprender el riesgo químico requiere diferenciar conceptos como peligro, riesgo, toxicidad y vías de ingreso al organismo. El daño no depende únicamente de las propiedades de la sustancia, sino también de variables como la concentración, el tiempo de exposición, la frecuencia del contacto, las condiciones operacionales y la efectividad de los controles implementados.

En el tratamiento químico convergen diferentes escenarios donde el trabajador interactúa continuamente con sustancias peligrosas durante procesos de almacenamiento, manipulación, preparación y dosificación. Por esta razón, la gestión preventiva debe apoyarse en herramientas técnicas como el Sistema Globalmente Armonizado (SGA), las fichas de datos de seguridad, la identificación de peligros, la evaluación del riesgo y la aplicación de controles jerárquicos.

En Colombia existe un marco regulatorio que fortalece esta gestión mediante instrumentos como la Ley 55 de 1993, el Decreto 1496 de 2018, la Resolución 773 de 2021 y el Decreto 1477 de 2014, complementados con referentes técnicos internacionales como ACGIH, NFPA y las guías del Center for Chemical Process Safety (CCPS). No obstante, el cumplimiento documental por sí solo no elimina la exposición, especialmente en actividades de campo donde el factor humano continúa desempeñando un papel determinante.

¹⁹ Universidad Militar Nueva Granada. PECOM Energía Colombia S.A.S.
Contacto: John.Sanchez@pecomenergia.com.co



Riesgo químico y seguridad humana: el enfoque de seguridad humana propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo amplía la visión tradicional de la seguridad al centrar la atención en la protección integral de las personas frente a amenazas que afectan diferentes dimensiones de su bienestar.

Aplicado al riesgo químico, este enfoque permite comprender que las consecuencias de una exposición no se limitan al ámbito ocupacional. Un evento químico puede comprometer la salud del trabajador, generar pérdidas económicas por incapacidades o disminución de productividad, afectar el ambiente mediante derrames o emisiones, impactar a las comunidades cercanas y comprometer la continuidad del negocio.

Desde esta perspectiva, el riesgo químico deja de ser un problema exclusivamente técnico para convertirse en una situación que involucra dimensiones sanitarias, económicas, ambientales, comunitarias, alimentarias y de gobernanza. Esta visión facilita comprender que proteger al trabajador también significa proteger su familia, el entorno donde opera la empresa y la sostenibilidad de la organización.

Resultados

Uno de los principales hallazgos corresponde a la normalización del riesgo químico. La exposición repetitiva y la ausencia de consecuencias inmediatas pueden generar una falsa percepción de control, llevando a considerar como rutinarias actividades que continúan representando peligros importantes.

En muchas operaciones, la prevención sigue dependiendo principalmente del comportamiento humano mediante procedimientos y uso de elementos de protección personal. Aunque estos controles son necesarios, resultan menos robustos que las soluciones basadas en seguridad de procesos, como la gestión del cambio, los sistemas cerrados de transferencia, las barreras de protección y los controles de ingeniería.

La experiencia demuestra que numerosos incidentes se originan por cambios no controlados, fallas en la gestión operacional o pérdida de contención, más que por el desconocimiento de los peligros de las sustancias. Esto evidencia la necesidad de integrar la seguridad de procesos con la seguridad y salud en el trabajo para reducir la probabilidad de exposición y no únicamente sus consecuencias.

Así mismo, el análisis permitió identificar que la exposición crónica constituye uno de los mayores desafíos preventivos, ya que enfermedades respiratorias, dermatológicas, neurológicas o incluso algunos tipos de cáncer pueden desarrollarse progresivamente y dificultar la percepción del riesgo tanto por parte de trabajadores como de empleadores.

Reflexión propositiva: frente a esta realidad, resulta necesario avanzar hacia modelos de gestión que integren la prevención técnica con un enfoque centrado en las personas. Esto implica fortalecer la identificación de peligros desde las primeras etapas del proceso, priorizar controles de ingeniería sobre controles administrativos, implementar sistemas cerrados de transferencia cuando sea técnicamente viable y fortalecer la gestión del cambio dentro de las operaciones.



De igual manera, la formación del personal debe ir más allá del cumplimiento de requisitos legales y orientarse al desarrollo de una verdadera cultura preventiva donde cada trabajador comprenda los efectos acumulativos de la exposición química y participe activamente en la identificación de oportunidades de mejora.

El uso de indicadores de desempeño, auditorías, monitoreo continuo y aprendizaje organizacional permite evaluar la efectividad de los controles implementados y fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia. Todo ello contribuye a reducir incidentes, proteger la salud de los trabajadores y generar valor sostenible para las organizaciones.

Conclusiones

El análisis desarrollado demuestra que el riesgo químico presente en las actividades de tratamiento químico en hidrocarburos constituye una amenaza multidimensional que trasciende el enfoque tradicional de seguridad y salud en el trabajo. Sus consecuencias pueden afectar simultáneamente a las personas, la operación, el ambiente, las comunidades y la sostenibilidad del negocio.

También se evidenció que la exposición crónica y la normalización del riesgo representan desafíos importantes para la prevención, ya que muchas de sus consecuencias aparecen años después del contacto inicial con las sustancias químicas. Esta condición exige fortalecer la percepción del riesgo y evitar que la rutina disminuya la disciplina operacional.

Finalmente, integrar la seguridad humana, la seguridad de procesos y la gestión del riesgo químico permite construir estrategias preventivas más completas y sostenibles. Proteger a las personas implica también proteger el ambiente, garantizar la continuidad operacional y fortalecer la resiliencia de las organizaciones frente a uno de los riesgos más complejos presentes en la industria de hidrocarburos.

Palabras clave: hidrocarburos; sustancias peligrosas; exposición ocupacional; gestión de riesgos; salud laboral.



Referencias

Ecopetrol S.A. (s.f.). Conozca nuestros crudos. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/multisitios/comercial/es/portafolio/productos-y-servicios/crudos>

Informe sobre Desarrollo Humano 1994 – PNUD

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (1994). Informe sobre Desarrollo Humano 1994: Nuevas dimensiones de la seguridad humana. PNUD.

Center for Chemical Process Safety. (2019). Examples of process safety incidents.

American Institute of Chemical Engineers.

International Agency for Research on Cancer. (2024). Agents classified by the IARC monographs. <https://monographs.iarc.fr>

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>

Organización Internacional del Trabajo. (2022). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. <https://www.ilo.org>

Organización Mundial de la Salud. (2023). Chemical safety. <https://www.who.int> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (1994). Informe sobre desarrollo humano 1994. Fondo de Cultura Económica.

PECOM, Proveedor químico industrial. (2024). Ficha de datos de seguridad – Desemulsificante para tratamiento químico de crudo. Documento técnico de seguridad química.

PECOM, Proveedor químico industrial. (2024). Ficha de datos de seguridad – Inhibidor de corrosión para sistemas de producción. Documento técnico de seguridad química.

PECOM, Proveedor químico industrial. (2024). Ficha de datos de seguridad – Solvente aromático inflamable utilizado en tratamiento químico. Documento técnico de seguridad química.

PECOM, Proveedor químico industrial. (2024). Ficha de datos de seguridad – Biocida de uso industrial para tratamiento de agua producida. Documento técnico de seguridad química.

Pontificia Universidad Javeriana. (2020). Normas APA: Séptima edición. Centro de Escritura Javeriano.

Occupational Safety and Health Administration. (s.f.). Chemical hazards and toxic substances. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/chemical-hazards>



Evaluación del riesgo por exposición al polvo de carbón en trabajadores de minería en la vereda Pueblo Viejo - Cucunubá

Leslly Paola Álvarez Enciso²⁰

Introducción

La minería es una actividad industrial orientada a la extracción selectiva de recursos minerales presentes en los tres estados de la materia: sólido (minerales metálicos y no metálicos, así como combustibles fósiles), líquido (petróleo) y gaseoso (gas natural). En Colombia, esta actividad constituye un sector estratégico para la economía nacional; de acuerdo con los datos reportados por la Agencia Nacional de Minería (ANM) para el año 2025, “el carbón se mantuvo como el grupo con mayor participación en las exportaciones mineras del país, alcanzando el 44,2 % del valor total exportado, seguido de cerca por el oro con el 38,2 %, otros minerales (incluye platino) con el 12,2 %, ferroníquel con el 4,2 % y esmeraldas con el 1,2 %.” (Unidad de Planeación Minero-Energética, 2025, p2).

A pesar de su importancia económica, la actividad minera genera diversos impactos ambientales y laborales, entre ellos la emisión de material particulado representa uno de ellos principales factores para la salud humana de los trabajadores y las comunidades cercanas a las explotaciones mineras; la contaminación atmosférica ocurre cuando en el aire se encuentran partículas suspendidas o contaminantes en concentraciones capaces de producir efectos adversos sobre los seres humanos, la flora y la fauna.

En el departamento de Cundinamarca, la explotación de carbón constituye una de las principales actividades extractivas, según la Agencia Nacional de Minería (ANM), de los 2,45 millones de toneladas de carbón producidas en el departamento, más de 700.000 toneladas correspondieron al municipio de Cucunubá (Agencia Nacional de Minería, 2023). Durante los procesos de extracción, transporte y almacenamiento del mineral se liberan al ambiente diferentes contaminantes, entre ellos material particulado respirable, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, metales pesados y otros compuestos nocivos para la salud humana.

La exposición continua a estos contaminantes se asocia con diversas afectaciones en la salud según Casas (2025) indicó que las actividades mineras pueden relacionarse con una mayor prevalencia de enfermedades cardiopulmonares crónicas, hipertensión arterial, enfermedad pulmonar obstructiva y enfermedad renal; de manera particular, la inhalación de polvo generado durante la explotación de carbón ha sido identificada como uno de los principales factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades respiratorias laborales.

Diversos estudios han documentado que los trabajadores mineros representan una mayor probabilidad de desarrollar patologías respiratorias como la neumoconiosis del trabajador del carbón, asma ocupacional y enfermedad obstructiva crónica (EPOC) debido a la exposición prolongada a material particulado respirable. Así mismo, Rodríguez y Torres (2024) señala que la exposición permanente al polvo de carbón incrementa el riesgo de alteraciones pulmonares que pueden afectar la calidad de vida y la capacidad laboral.

La contaminación del aire constituye actualmente uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Según el Ministerio de Salud y Protección Social, la exposición a contaminantes atmosféricos

¹⁸ Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Magíster en Gestión y Evaluación Ambiental. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Profesora de tiempo completo e investigadora - Programa Administración en Seguridad y Salud en el trabajo - Zipaquirá. Contacto: leslly.alvarez.e@uniminuto.edu



puede generar efectos agudos y crónicos que afectan pulmones, corazón, cerebro y aparato reproductor; en Colombia el Instituto Nacional de Salud reportó que 17.549 muertes son atribuibles a factores de riesgos ambiental, de las cuales 15.681 se relacionan con la mala calidad del aire, principalmente por enfermedades isquémicas del corazón y enfermedad pulmonar obstructiva crónica. (Bernal & Álvarez, 2022).

En concordancia, la evaluación de la exposición ocupacional al polvo de carbón constituye una herramienta fundamental para la prevención de enfermedades laborales en el sector minero; para la determinación de los niveles de exposición se emplean como referencia los valores límites permisibles establecidos por la Conferencia Americana de Higienista Industriales Gubernamentales (ACGIH), la cual establece para la fracción respirable de polvo de carbón un valor límite de exposición ocupacional de 2,7475 mg/m³ para jornada de trabajo de ocho horas; la comparación de las concentraciones medidas con estos valores permite establecer el nivel de riesgo ocupacional y definir las medidas de control orientadas a la protección de la salud de los trabajadores.

Objetivo

Evaluar el riesgo por exposición al polvo de carbón en los trabajadores de minera en la vereda pueblo viejo - Cucunubá.

Metodología

Se realizó un estudio con un enfoque observacional, descriptivo de corte transversal, en el cual se evaluó el nivel de riesgo por la exposición al polvo de carbón mediante el método NIOSH 0600, basado en el análisis gravimétrico de la fracción respirable, para la recolección de muestras se emplearon bombas de muestreo personal marca GilAir Plus, previamente calibrada, cada medición correspondió a una evaluación ambiental unipersonal, en la que el equipo fue portado por el trabajador durante una fracción representativa de la jornada laboral. Se seleccionó una muestra representativa de 42 trabajadores pertenecientes a la población total de la unidad minera, garantizando la cobertura de los diferentes cargos involucrados en la exposición a material particulado.

Resultados

Se evidenció que durante las diferentes actividades asociadas a la extracción de carbón, el material particulado predominante correspondió a polvo de carbón, lo cual indica una exposición directa de los trabajadores al agente evaluado; la concentración promedio del material particulado fue 0,764 mg/m³, con valores mínimo y máximo de 0,198 mg/m³ y 1,52 mg/m³, respectivamente.

Al aplicar el método de ajuste en la escala de Brief, se obtuvo un TLV-TWA ajustado diario de 1,9 mg/m³ y un ajuste semanal de 2,4 mg/m³, evidenciado que las concentraciones medias se encuentran por debajo de los valores de exposición establecidos; en este sentido, no se supera los niveles permisibles de referencia, lo que indica una condición en general de exposición controlada; así mismo, el límite de exposición ocupacional para partícula respirable establecido por la ACGIH corresponde a 3,0 mg/m³ para una jornada de 8 horas diarias y 40 horas semanales; por lo tanto, las concentraciones registradas se encontraron por debajo de este valor de referencia. (NIOSH 600, s.f.)



No obstante, el análisis de índice de riesgo por cargo evidenció una variabilidad significativa de la exposición: en el caso de piquero presentó un IR de 1,12 (Riesgo Alto), seguido de Descargue (IR= 0,62) y malacatero (IR= 0,57) con riesgo medio, mientras que el reforzado (IR= 0,23) y Frentero (IR= 0,18) se clasificaron con riesgo bajo; estos resultados indican, aunque las concentraciones globales se encuentran dentro de los límites permisibles, existen grupos laborales con mayor vulnerabilidad debido a la naturaleza de sus tareas y mayor cercanía a la fuente generadora de polvo de carbón.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que la exposición ocupacional a material particulado en la minería subterránea de carbón no se distribuye de manera homogénea entre los diferentes cargos evaluados, presentándose variaciones importantes en función de las actividades desarrolladas y la proximidad a las fuentes de generación de polvo. El cargo de Piquero registró el mayor Índice de Riesgo (IR = 1,12), clasificándose en un nivel alto, mientras que los cargos de Descargue y Malacatero presentaron niveles medios, y los cargos de Reforzador y Frentero niveles bajos. Estos hallazgos sugieren que las tareas relacionadas directamente con el arranque, fragmentación y manipulación del carbón generan mayores condiciones de exposición a polvo respirable.

La presencia de material particulado que se ve en el aire recalca la importancia de considerar no solo los límites permisibles, sino también la percepción subjetiva del riesgo; aunque los niveles de exposición pueden estar dentro de los estándares, la visibilidad de partículas en suspensión sugiere que la calidad del aire puede afectar la comodidad y la salud del trabajador.

Desde un enfoque epidemiológico, esta distribución del riesgo es consistente con modelos de exposición ocupación en minería, donde la variabilidad por tarea es un determinante clave en la carga de exposición por inhalación, esto refuerza la importancia de no basar la evaluación únicamente en promedios ambientales, sino en análisis diferenciados por cargo.

Palabras clave: carbón mineral; riesgo; exposición; higiene laboral; salud.

Referencias

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2025). Minería en cifras. Boletín No. 23. Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) Disponible en: https://docs.upme.gov.co/SIMEC/SIMCO/Cifras-Sectoriales/BoletinMinerales/Boletin_23_mineria_en_cifras_noviembre_2025.pdf

Bernal Quintero, V., Álvarez, L. I., & Buitrago Urrea, N. (2022). Rehabilitación en trabajadores con neumoconiosis.

Casas Cavello, C. (2025). Neumoconiosis y enfermedades pleurales benignas por polvo inorgánico. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12866/17981>

NIOSH. (1998). Manual of Analytical Methods (NMAM). Fourth Edition, Method O600 "Particulates not Otherwise Regulated, Respirable": 1 – 6.

Rodríguez, B. H., & Torres, B. H. (2024). Neumoconiosis más frecuentes en México. Temas selectos en medicina interna 2022, 375.

Línea temática:

Gestión del riesgo de desastres





Integración de la educación en gestión de riesgos de procesos en plantas piloto mediante una metodología basada en HIRA: un caso de estudio

Daniel Felipe Borda López²¹; Mario Andrés Noriega Valencia²¹; Iván Darío Gil Chaves²¹.

Introducción

Las plantas piloto ocupan un lugar intermedio entre la experimentación de laboratorio y la producción industrial a escala completa. En el ámbito académico, permiten a los estudiantes acercarse a equipos reales, operaciones unitarias y esquemas de proceso. Sin embargo, su operación implica riesgos considerables, agravados por la inexperiencia de los estudiantes y la frecuente ausencia de estándares de seguridad estructurados. Se estima que el número de incidentes en instalaciones de planta piloto puede ser entre 10 y 50 veces mayor que en industrias de referencia como Dow o DuPont.

Frente a esta realidad, los marcos normativos más comunes en laboratorios académicos –como el estándar de laboratorio de OSHA o el de Comunicación de Peligros– se limitan a facilitar el acceso a información de seguridad mediante Hojas de Datos de Seguridad, sin incorporar un sistema continuo de reconocimiento y análisis de riesgos. El estándar de Gestión de Seguridad de Procesos (PSM) de OSHA, diseñado para la industria, ofrece un marco más robusto, pero no suele aplicarse en plantas piloto porque estas no alcanzan los umbrales de cantidad de sustancias peligrosas que lo hacen obligatorio.

Objetivo

El presente estudio propone adaptar el PSM de OSHA a escala de planta piloto universitaria, integrándolo con una metodología de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (HIRA) basada en puntos ponderados, con el objetivo de mejorar la cultura de seguridad y orientar la asignación de recursos en la Planta Piloto del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

Metodología

La Planta Piloto de la Universidad Nacional de Colombia tiene una superficie construida de más de 3000 metros cuadrados e incluye múltiples subunidades que realizan operaciones unitarias básicas orientadas a la enseñanza e investigación. Desde su inauguración en 1987, es considerada como el mejor laboratorio de ingeniería química del país por su variedad, tamaño y capacidades de investigación. A diferencia de otras plantas piloto universitarias, no está construida alrededor de un único proceso químico, sino que reúne unidades independientes para que los estudiantes aprendan operaciones unitarias diversas.

Para el estudio se identificaron 59 subunidades dentro del edificio, distribuidas en cuatro zonas según su disposición espacial y funcional: la Zona 1 agrupa equipos simples para sólidos y dinámica de fluidos; la Zona 2 reúne operaciones de reacción y separación como columnas de destilación y evaporadores; la Zona 3 incluye equipos más especializados como tanques de fermentación y evaporadores de película delgada; y la Zona 4 alberga equipos orientados a la investigación y al control de procesos.

²¹Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Contacto: dborda@unal.edu.co



El método parte de la identificación de ocho categorías de peligro aplicables a las subunidades de la Planta Piloto: vapor a alta presión, uso de combustibles, alto voltaje o peligro eléctrico, alta temperatura, alta presión, trabajo en altura, daño mecánico y uso de sustancias químicas peligrosas. Estas categorías fueron validadas por los propios participantes durante los talleres.

La recolección de datos se llevó a cabo en dos talleres, cada uno con 20 participantes. El primer taller involucró a docentes y personal técnico con experiencia; el segundo, a estudiantes de pregrado y posgrado en distintos niveles de formación. Cada taller se desarrolló en dos fases:

En la primera fase, los participantes ordenaron las ocho categorías de peligro dos veces: primero según el impacto que podrían tener y luego según la frecuencia de exposición en la planta. A partir de estas ordenaciones se calcularon porcentajes ponderados sobre el total de puntos disponibles, y se obtuvo un coeficiente de peso promedio para cada categoría, combinando los resultados de impacto y frecuencia con igual relevancia.

En la segunda fase, los participantes, organizados en grupos de dos personas, evaluaron 20 subunidades seleccionadas por su relevancia y uso frecuente. Para cada subunidad, asignaron una puntuación de 0 a 5 a cada categoría de peligro según su prevalencia. Con esas puntuaciones y los coeficientes de peso obtenidos en la primera fase, se calculó un Índice de Peligro (HI) para cada subunidad. Se estableció un Límite Superior de Peligro (UHL) de 0,8 como umbral: los equipos con HI superiores a 1, calculados usando este UHL, se consideraron no operativos en condiciones normales. Los valores de HI se agruparon en cinco categorías de peligro, desde la Categoría 1 (bajo riesgo) hasta la Categoría 5 (riesgo elevado), más una condición de “no operativo” para los que superan el UHL.

Para verificar la reproducibilidad del método, una misma subunidad —la Destilación en Etapas— fue asignada a dos grupos distintos en cada taller, lo que permitió comparar directamente sus respuestas. Además, se realizó un análisis de perturbación variando individualmente los coeficientes de peso en ± 3 puntos porcentuales, constatando que el HI resultante variaba en menos de $\pm 0,05$ y la categoría de peligro permanecía invariable.

Resultados

Los resultados de la evaluación de impacto y frecuencia mostraron patrones consistentes entre docentes/ personal técnico y estudiantes. Ambos grupos coincidieron en señalar el vapor a alta presión como el peligro más crítico, seguido de la alta temperatura. Sin embargo, se observaron diferencias sistemáticas: los estudiantes tendían a sobrestimar el riesgo de las sustancias químicas peligrosas, posiblemente por su formación teórica y su limitada exposición práctica, mientras que los docentes y el personal técnico percibían con mayor claridad la frecuencia real de los peligros asociados al vapor y a la alta temperatura.

En cuanto a la evaluación de las subunidades, los estudiantes asignaron índices de peligro sistemáticamente más altos. Equipos como la Planta de Esterificación, la Extracción Sólido-Líquido y el Sistema de Secado por Aspersión mostraron diferencias de hasta 0,56 unidades entre los resultados de ambos grupos. Esta sobreestimación refleja la falta de experiencia práctica de los estudiantes con estos equipos y refuerza la recomendación del PSM de OSHA de que los análisis de peligros sean conducidos por personal calificado y con experiencia.



De las subunidades analizadas, tres alcanzaron puntajes críticos de Índice de Peligro y una superó el UHL establecido: la columna de Destilación Extractiva, que fue clasificada como no operativa por el grupo de docentes y personal técnico con un HI de 1,06. Las columnas de destilación en general obtuvieron los puntajes más altos en ambos talleres, lo que se explica por la confluencia de múltiples factores: la presencia simultánea de vapor a alta presión, alta temperatura, alta presión y trabajo en altura durante su operación normal; el envejecimiento de algunos equipos instalados desde la inauguración en 1987; la intensidad operativa que requieren, con regulación manual de variables críticas; y su uso frecuente en cursos de laboratorio con estudiantes sin experiencia.

El análisis de la subunidad de control confirmó la alta reproducibilidad del método cuando es aplicado por personal con experiencia: ambos grupos de docentes obtuvieron exactamente el mismo HI de 0,54 y la misma categoría de peligro 3, con solo diferencias menores en las puntuaciones individuales por categoría. En contraste, los estudiantes que evaluaron la misma subunidad obtuvieron resultados que oscilaron entre HI de 0,30 y 0,63, con categorías de peligro distintas, lo que evidencia mayor variabilidad y menor consistencia.

El mapa de calor de riesgos construido a partir de los resultados permite visualizar la distribución de peligros en toda la Planta Piloto, identificando las zonas de mayor concentración de riesgo —especialmente las áreas con columnas de destilación— y orientando la priorización de intervenciones de seguridad, mantenimiento e inspección.

Conclusiones

El estudio confirma que la metodología HIRA adaptada al PSM de OSHA es un enfoque cuantitativo, reproducible y efectivo para la gestión de seguridad en plantas piloto académicas. La metodología ya ha generado impacto real: a partir de sus resultados, el Departamento priorizó mejoras concretas como la actualización de los sistemas eléctricos de las columnas de destilación y la instalación de líneas de vida en sistemas a más de un metro de altura. Adicionalmente, se ha incorporado un curso específico de Seguridad de Procesos en la malla curricular de pregrado y se han diseñado cursos de certificación para el personal del departamento.

Se recomienda la repetición anual de los talleres para monitorear la evolución de los riesgos y alimentar la planificación de inversiones en seguridad de cada año. Los análisis deben ser liderados por personal con experiencia, aunque la participación guiada de estudiantes puede fortalecer su formación y convertirlos progresivamente en conocedores del sistema de gestión de seguridad.

Palabras clave: plantas piloto; seguridad industrial; gestión de riesgos; prevención de accidentes; estudiantes



Referencias

Al-Dahhan, M. (n.d.). Integration of Design and Selected Process Engineering Components into the Unit Operations Laboratory. Washington University, Session.

Andrew, M. (2022). Treating uncertainty in sociotechnical systems. In Ergonomics & Human Factors 2022 (Eds. N. Balfe & D. Golightly). CIEHF.

Aziz, H. A., Shariff, A. M., & Roslan, M. R. (2012). Managing process hazards in a lab-scale pilot plant for safe operation. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 5, 84-88.

Aziz, H. A., Shariff, A. M., & Rusli, R. (2013). Managing process safety information based on process safety management requirements. Process Safety Progress, 00, 1-8.

BahooToroody, A., Abaei, M. M., Zarei, E., Bolbot, V., Basnet, S., & Valdez Banda, O. A. (2024). Enhancing System Safety Through System Dynamics: A Case Study on Ship Remote Pilotage. In E. Zarei (Ed.), Safety Causation Analysis in Sociotechnical Systems: Advanced Models and Techniques (Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 541). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-62470-4>

Banerjee, S. (2002). Industrial Hazards and Industrial Safety. CRC Press.

Banderly, B. L. (2009). Taken for Granted: The Burning Question of Laboratory Safety. AAS & Science, Washington, DC.

Crawley, F., & Brian, T. (2003). Hazard Identification Methods. IChemE.

Kerin, T. (2019). Options for Teaching Operational Process Safety. MKORSC Process Safety Symposium.

Langerman, N. (2009). Lab-scale process safety management. Journal of Chemical Health & Safety, July/August, 22-28.



Implementación de un sistema de alerta temprana hidrometeorológica para la mitigación del riesgo por inundaciones en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Sede Medellín

Duber Rojas Posada²²; Luis Miguel Callejas Rave²²; Catalina Hincapié Gallego²³.

Introducción

Las inundaciones urbanas constituyen una problemática creciente asociada al incremento de eventos de precipitación intensa, las limitaciones en la infraestructura de drenaje y la interacción con cuerpos hídricos urbanos, generando afectaciones sobre la seguridad, continuidad operativa e infraestructura institucional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

En el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Sede Medellín se ha identificado una problemática relacionada tanto con condiciones internas del sistema de drenaje como con factores externos asociados al desbordamiento de la quebrada “La Presidenta” durante eventos de alta precipitación. Estas condiciones favorecen procesos de acumulación de agua y aumentan la exposición al riesgo de inundación.

Como respuesta a esta situación, el proyecto planteó desde su formulación la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) hidrometeorológica orientado al monitoreo de variables ambientales, fortalecimiento de acciones preventivas y apoyo en la toma de decisiones frente a eventos hidrometeorológicos, en concordancia con los principios de gestión del riesgo establecidos en Colombia (República de Colombia, 2012; UNGRD, 2020).

Objetivo

Implementar e instalar dos prototipos como sistema de alerta temprana hidrometeorológica para la Sede Medellín del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, con el fin de monitorear y anticipar eventos climáticos adversos, facilitando la toma de decisiones preventivas que reduzcan riesgos, protejan la vida humana y salvaguarden los bienes materiales.

Metodología

La metodología del proyecto se desarrolló mediante un proceso de diagnóstico, caracterización, implementación tecnológica y articulación con mecanismos institucionales de respuesta.

Inicialmente, se realizó una evaluación de las condiciones climáticas e hidrometeorológicas presentes en la institución para identificar escenarios de riesgo asociados a inundaciones y reconocer factores internos y externos que afectan el comportamiento del drenaje.

Posteriormente, se efectuó el levantamiento de información y caracterización de la infraestructura hidráulica existente dentro de la sede, incluyendo alcantarillas, rejillas, cajas de inspección y demás elementos relacionados con el manejo de aguas lluvias.

²²Estudiantes de Ingeniería en Seguridad y Salud en el trabajo. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

²³Ingeniera en Higiene y Seguridad Ocupacional. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Contacto: duber_rojas87212@elpoli.edu.co



De manera paralela, se desarrolló la implementación de dos prototipos como parte del Sistema de Alerta Temprana, incorporando mecanismos de monitoreo hidrometeorológico y seguimiento de condiciones de inundación, de acuerdo con criterios de sistemas de alerta temprana orientados a prevención y reducción del riesgo (Organización Meteorológica Mundial, 2018).

Como complemento del sistema, se estructuró un protocolo institucional de actuación ante inundaciones basado en una secuencia de monitoreo, emisión de alertas, comunicación y activación de medidas preventivas para proteger la comunidad educativa.

Finalmente, se contempló el análisis de la información obtenida para consolidar resultados y establecer oportunidades de mejora del sistema implementado.

Resultados

Como resultado del proyecto se avanzó en la implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) hidrometeorológica para la sede Medellín del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid mediante el desarrollo de estrategias orientadas al monitoreo, prevención y respuesta frente a eventos de inundación.

Durante las actividades realizadas se consolidó información sobre el comportamiento del sistema de drenaje institucional y se identificaron condiciones asociadas al riesgo hidrometeorológico.

Entre los hallazgos obtenidos se evidenciaron alcantarillas y rejillas con acumulación de sedimentos, presencia de raíces y material terroso en algunos tramos del sistema, condiciones que disminuyen la capacidad hidráulica y favorecen procesos de rebosamiento durante eventos de precipitación intensa.

Asimismo, se identificó que el desbordamiento de la quebrada La Presidenta constituye un factor externo que incrementa el riesgo de inundación dentro de la institución durante periodos de alta precipitación.

Como parte del sistema implementado se incorporaron limnímetros para el seguimiento del comportamiento del nivel del agua y el monitoreo de condiciones asociadas al riesgo de desbordamiento. Adicionalmente, se contempló la construcción de un filtro francés como medida complementaria orientada al mejoramiento del drenaje y manejo del agua en zonas críticas.

De igual manera, se estructuró un protocolo institucional de inundación que define una secuencia de actuación basada en monitoreo, emisión de alertas, comunicación y activación de acciones preventivas para disminuir afectaciones sobre la comunidad educativa y la infraestructura, alineado con lineamientos nacionales de gestión del riesgo (UNGRD, 2020).

Conclusiones

- La problemática de inundaciones en la sede Medellín responde a la interacción entre condiciones internas del sistema de drenaje y factores externos relacionados con el comportamiento hidrológico de la quebrada La Presidenta.



- La implementación del Sistema de Alerta Temprana permitió integrar procesos de monitoreo, seguimiento y fortalecimiento institucional para mejorar la capacidad de anticipación y respuesta frente a eventos hidrometeorológicos.
- La incorporación de herramientas complementarias como limnímetros, medidas de drenaje y protocolos de actuación evidencia la importancia de combinar soluciones tecnológicas con estrategias preventivas para fortalecer la gestión del riesgo dentro del entorno universitario (Villagrán de León, 2012).

Palabras clave: sistema de alerta temprana, inundaciones, gestión del riesgo, monitoreo hidrometeorológico, caracterización.

Referencias

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Política nacional de cambio climático. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/politica-nacional-de-cambio-climatico/>

Ministerio de vivienda y desarrollo sostenible. (2012). Ley 1523 de 2012 Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/>

Organización Meteorológica Mundial. (2018). Multi-hazard early warning systems: A checklist. Disponible en: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20131

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2020). Guía metodológica para la implementación de sistemas de alerta temprana comunitarios. Disponible en: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/SAT-comunitarios.aspx>

Villagrán de León, J. C. (2012). Sistemas de alerta temprana: Conceptos y elementos básicos. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La RED). Disponible en: <https://www.desenredando.org/public/libros/2012/sat/>

Línea temática:

Sostenibilidad





Evolución de la contaminación atmosférica por vehículos livianos y motocicletas en Bogotá: análisis quinquenal

Michell Tatiana Taborda Quitian²⁴; Heidi Marcela Suárez Robayo²⁵; Óscar Arnulfo Fajardo Montaña²⁴.

Introducción

La contaminación atmosférica, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), constituye una de las principales amenazas ambientales a nivel global, afectando la salud humana, los ecosistemas y el equilibrio climático. En Bogotá, esta problemática se encuentra estrechamente relacionada con las emisiones generadas por fuentes móviles, en particular vehículos livianos y motocicletas, los cuales representan un porcentaje significativo de la carga contaminante urbana.

Objetivo

Este trabajo de grado analiza la evolución de la contaminación atmosférica por estos vehículos en los últimos cinco años, considerando la influencia de factores como el crecimiento del parque automotor, el tipo de combustible utilizado y las normativas vigentes. A través de una metodología basada en el análisis de datos proporcionados por entidades locales (Secretarías de Ambiente y Movilidad) y el caso de estudio de un Centro de Diagnostico Automotor (CDA), se identifican tendencias, se comparan estándares internacionales y se evalúa el impacto ambiental de las emisiones vehiculares, con el fin de proponer estrategias para la mejora de la calidad del aire en la ciudad.

El rápido aumento del número de vehículos en Bogotá ha intensificado la presión sobre las políticas ambientales y la movilidad sostenible de la ciudad. Aunque se han implementado medidas como las normas de emisiones Euro 4, aún persisten importantes retos para minimizar el impacto de los vehículos en el medio ambiente. En contraste con otras partes del mundo, países como Alemania, China y Estados Unidos han adoptado estándares más rigurosos, como Euro 6, GB 18352.6 y EPA Tier 3, logrando así reducir de manera significativa las emisiones provenientes de sus parques automotores.

La Resolución 2703 de 2023 menciona que para 2021 “respecto a las emisiones totales de PM_{2.5} por categoría vehicular generadas a partir de la metodología Bottom-Up se evidencia que corresponden a 1373 toneladas, teniendo la siguiente participación de generación de emisiones: el sector de carga (49,4 %), camperos y camionetas (18 %), motocicletas (12,6 %), transporte especial (8,7 %), automóviles (7,6 %), SITP-Zonal y Provisional (2,1 %), SITP-Troncal (1,3 %) y taxis (0,3 %). De tal forma que, los vehículos con motor de encendido por compresión aportan 1035 toneladas de PM_{2.5} lo que representa el 75,4 % del total” (James Eduardo Sabala Ríos, 2023).

En relación con el Decreto 1076 del 2015 en su título 5 “Aire”, capítulo 1 ‘Reglamento de protección y control de la calidad del aire’, se establecen las disposiciones generales sobre las normas de calidad del aire, así como los niveles de contaminación, emisiones contaminantes y de ruido, brindando información sobre los tipos de contaminantes del aire, entre otras disposiciones generales. Del mismo modo, se habla

²⁴Universidad Central

²⁵Universidad Militar

Contacto: mquitiant@gmail.com



de las emisiones contaminantes por fuentes móviles, por lo cual se prohíbe la descarga al aire por parte de cualquier fuente móvil en concentraciones superiores a las establecidas en las normas de emisión, de contaminantes como CO, HC, NOX, PM, entre otros, y se especifican las funciones a cargo de las autoridades ambientales para la protección de la calidad del aire y en control de la contaminación del mismo, con la obligación de definir los programas regionales de prevención y control ambiental.

Metodología

Para estudiar la evolución de la contaminación del aire generada por vehículos livianos y motocicletas en Bogotá, se utilizó el método MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación). Esta herramienta permitió identificar y analizar cómo las variables clave relacionadas con las emisiones vehiculares interactúan entre sí.

Identificación y selección de variables: el primer paso fue seleccionar las variables más relevantes para el análisis, como el tamaño del parque automotor, las normativas de emisiones, el tipo de combustibles utilizados, las tecnologías vehiculares y las condiciones de las inspecciones técnicas. Estas variables se definieron a partir de la revisión de literatura, consultas con expertos y el análisis de datos oficiales.

Construcción de la matriz de impactos cruzados: posteriormente, se creó una matriz de impactos cruzados para evaluar cómo cada variable influye de manera directa e indirecta en las demás. Con base en la metodología MICMAC, las variables fueron clasificadas según su grado de dependencia e influencia utilizando una escala cualitativa.

Análisis y clasificación de variables: después de construir la matriz, se analizaron los resultados para clasificar las variables en estratégicas, dependientes, de enlace y autónomas. Esto ayudó a identificar los factores clave que afectan la evolución de la contaminación vehicular y las interacciones entre ellos.

Interpretación y aplicación de resultados: finalmente, los resultados se interpretaron considerando la normativa ambiental vigente y las tendencias en movilidad sostenible. Se discutieron implicaciones para el diseño de políticas públicas orientadas a reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire en Bogotá.

El análisis MICMAC brindó un entendimiento más profundo de los elementos que determinan la contaminación vehicular en la ciudad y proporcionó insumos valiosos para la toma de decisiones en movilidad y control de emisiones.

1. Evolución de la flota vehicular y su impacto en la contaminación atmosférica en Bogotá (últimos 5 años)

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo basado en bases de datos obtenidas de la Secretaría de Movilidad y la Secretaría de Ambiente de Bogotá, que registraron información sobre el parque automotor y sus emisiones entre 2019 y 2024. Los datos fueron depurados y procesados con Python, eliminando variables irrelevantes para enfocarse exclusivamente en vehículos livianos y motocicletas. Se evaluaron las emisiones de contaminantes clave (NOx, CO, VOC, PM10, y CO₂), correlacionando el impacto ambiental con el tipo de vehículo y combustible empleado. Este análisis permitió observar la influencia de eventos externos, como



la pandemia de COVID-19, en las tendencias de emisiones, destacando los cambios en la intensidad del uso de ciertos vehículos y combustibles. En total, se obtuvieron 480,844 datos depurados, para análisis de las emisiones contaminantes.

2. Comparativa de metodologías para el análisis de emisiones vehiculares a nivel internacional y latinoamericano

Se realizó una comparación de los estándares y metodologías empleadas para medir emisiones vehiculares en Europa, Asia, Norteamérica y Latinoamérica. Este análisis incluyó la recopilación de información sobre normativas específicas, como los estándares Euro 6 en Europa y las regulaciones GB 18352.6 en China. Se utilizaron datos de fuentes oficiales y traducciones de documentos normativos en diferentes idiomas. Los criterios evaluados incluyeron periodicidad de inspección técnico-mecánica, límites de emisiones permitidos y tecnologías empleadas en las mediciones, como contadores de partículas y analizadores espectroscópicos. Este enfoque comparativo permitió identificar brechas entre las normativas de Bogotá y estándares internacionales más estrictos, subrayando la necesidad de adoptar regulaciones más avanzadas.

3. Selección de criterios ambientales relevantes para la inspección vehicular en el diseño de un modelo multicriterio de evaluación

Se estudió un Centro de Diagnóstico Automotor (CDA) para obtener datos detallados sobre las inspecciones técnico-mecánicas realizadas a vehículos livianos y motocicletas. Se filtraron los datos para centrarse en vehículos que utilizan gasolina, gas-gasolina y diésel. Se analizaron los criterios de rechazo de las inspecciones, clasificándolos en tipologías A (críticos) y B (menos relevantes), en cumplimiento de la normativa NTC 5375. Para evaluar las relaciones entre variables ambientales, como tipos de combustibles y emisiones generadas, se aplicó la metodología MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación). Este método permitió identificar variables clave con alta influencia en el sistema de emisiones vehiculares y proponer estrategias de mitigación, tales como la adopción de combustibles limpios y tecnologías más eficientes.

Resultados

Entre 2019 y 2024, la flota vehicular en Bogotá mostró un crecimiento constante, especialmente en vehículos a gasolina y diésel, mientras que el uso de gas natural vehicular (GNV) permaneció limitado. Este aumento contribuyó al incremento de emisiones de NOx, CO, VOC, PM10 y CO₂, con vehículos particulares y motocicletas como los principales emisores. La pandemia de COVID-19 redujo temporalmente las emisiones en 2020 debido a restricciones de movilidad, pero estas aumentaron nuevamente en 2022 con la reactivación económica. Los vehículos a gasolina fueron los mayores contribuyentes de CO₂ y VOC, mientras que los que utilizan diésel destacaron en emisiones de NOx y PM2.5, mostrando un impacto significativo en la calidad del aire urbano.

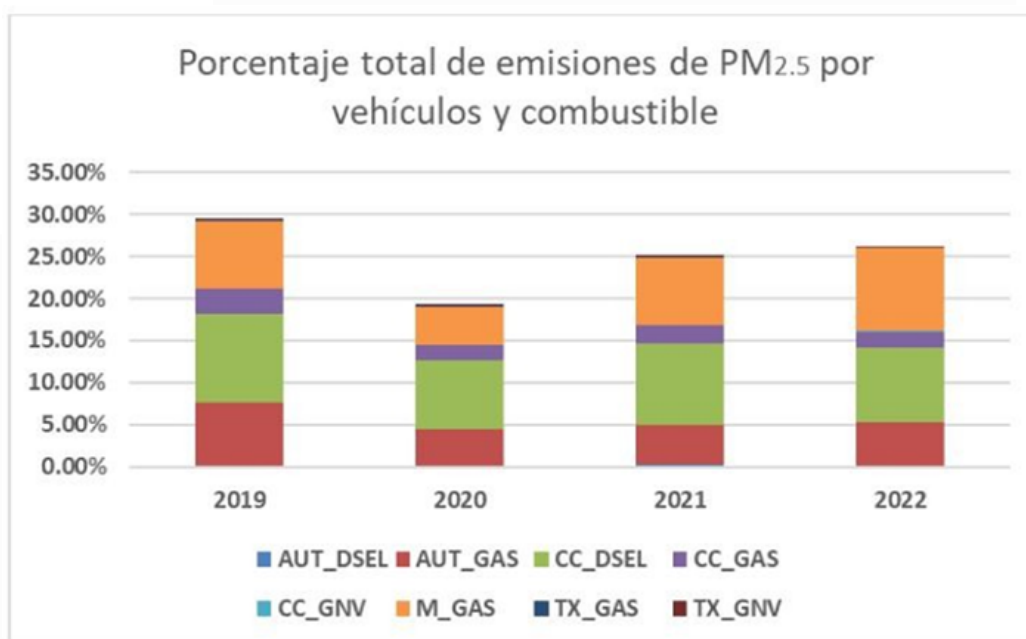
Las metodologías para el análisis de emisiones vehiculares presentan diferencias significativas a nivel internacional. En Europa, países como Alemania, Reino Unido y España aplican inspecciones periódicas ajustadas a la antigüedad del vehículo, adoptando los estándares Euro 6, que establecen límites estrictos



para contaminantes como CO y NOx. Además, emplean tecnologías avanzadas como el contador de partículas Bosch y el MET 6.1. En Asia, países como China y Japón implementan límites similares y utilizan equipos como el analizador Foshan Nanhua NHA-406 y el UREX-5000VII. Norteamérica destaca por el uso de dispositivos como el MEXA-1300R en Estados Unidos y el MEXA-584L en Canadá, con normativas estrictas para vehículos diésel y gasolina. En Latinoamérica, países como Argentina y Brasil realizan inspecciones basadas en la antigüedad de los vehículos, utilizando equipos como el Bosch ETT 008.41 y límites específicos para CO y HC. Bogotá, en contraste, sigue regulaciones Euro 4, menos estrictas, lo que evidencia la necesidad de actualizar normativas locales y adoptar tecnologías de medición más avanzadas para mitigar el impacto ambiental y cumplir con estándares internacionales.

En el diseño del modelo multicriterio se seleccionaron 26 criterios, agrupados en categorías visuales, ambientales, sociales y económicas. Los criterios visuales evaluaron defectos físicos, como fugas de humo, mientras que los ambientales se enfocaron en contaminantes clave como CO y CO₂. Los criterios sociales midieron el impacto en salud pública y la efectividad de campañas de concientización, y los económicos consideraron costos de mantenimiento y antigüedad del vehículo. Con herramientas como MICMAC, se identificaron variables clave como la calidad del aire, que presenta alta dependencia de otras variables, y las fugas en el sistema de escape, con alta influencia y baja dependencia. Este análisis sugiere que la regulación de las fugas y la promoción de combustibles más limpios deberían priorizarse, junto con la actualización de normativas y el fortalecimiento de las campañas de concientización para reducir el impacto ambiental y mejorar la salud pública.

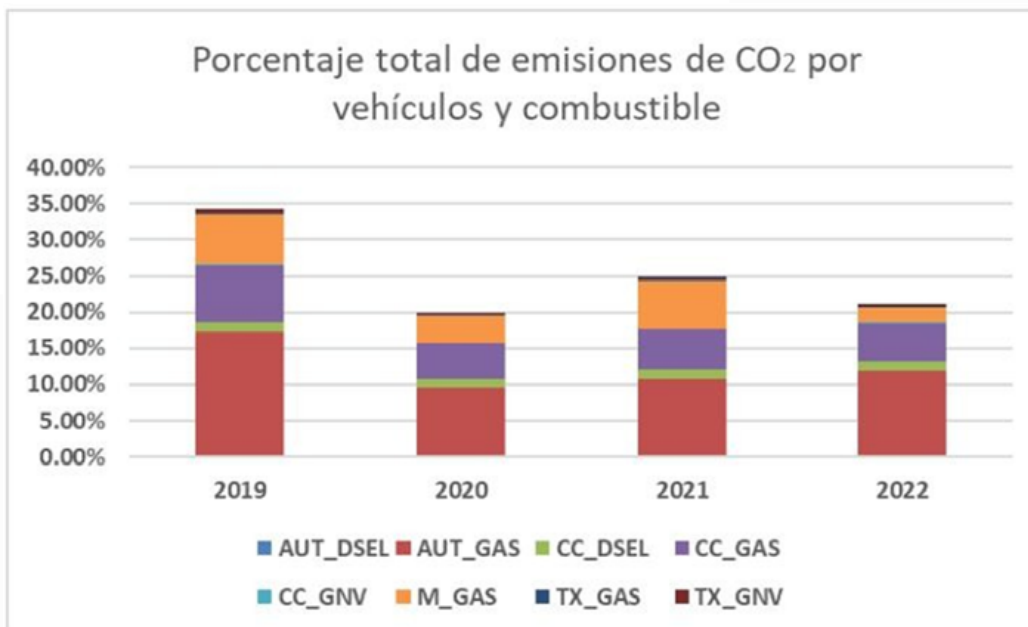
Figura 1. Evolución de las emisiones de PM_{2.5} en los años 2019, 2020, 2021 y 2022, categorizada por tipo de vehículos y combustible



Fuente: elaboración propia, 2024.

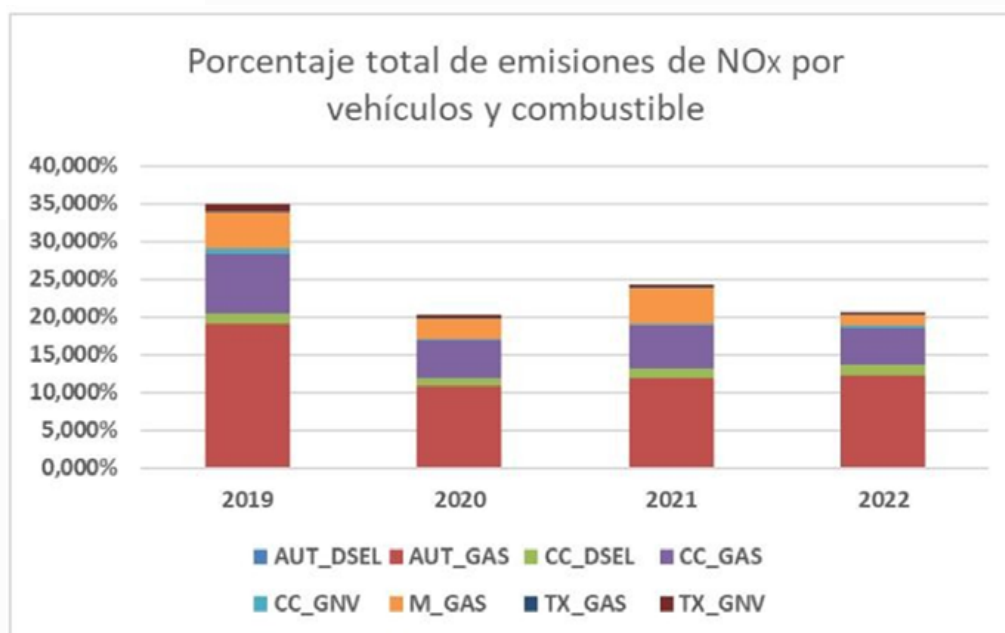


Figura 2. Evolución de las emisiones de CO₂ en los años 2019, 2020, 2021 y 2022, categorizada por tipo de vehículos y combustible



Fuente: elaboración propia, 2024.

Figura 3. Evolución de las emisiones de NO_x en los años 2019, 2020, 2021 y 2022, categorizada por tipo de vehículos y combustible

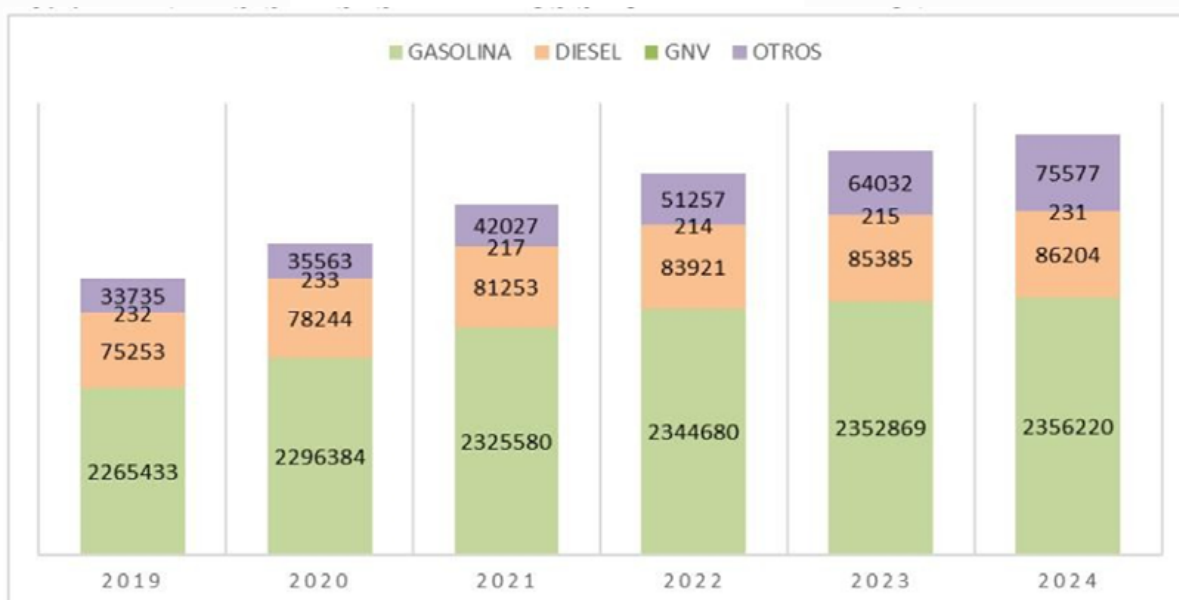


Fuente: elaboración propia, 2024.



En las anteriores graficas se observan los comportamientos de los combustibles de gasolina, diesel y GNV, en donde se evidencian como las emisiones han cambiado al pasar el tiempo, donde se dividen por categorías de vehículos como lo son automóviles, camionetas, camperos y motocicletas, en relación al CO₂ este suele tener una relación directamente proporcional con el consumo de combustible, en donde se logra observar que los vehículos que funcionan a gasolina son los que mayor emisiones generan también se evidencian pequeñas reducciones con el pasar de los años lo cual puede ser a causa de más mejoras en las eficiencias de los motores; en relación al NO_x este contaminante tiene mayor relevancia en los vehículos que usan diesel, también se observa algunas pequeñas reducciones en estas emisiones debido a la nueva implementación de nuevas tecnologías.

Figura 4. Evolución de la flota vehicular entre los años 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024



Fuente: elaboración propia, 2024.

En la anterior imagen se logra identificar que los vehículos que utilizan gasolina muestran un incremento en el total de las emisiones a lo largo del periodo de estudio, esto puede indicar un mayor uso de vehículos a gasolina, lo cual radica en el incremento de las emisiones; respecto a las emisiones de diesel, estas también muestran un incremento de manera constante lo cual indica que aunque ese trata de una fuente de emisiones, muestra un incremento menos acelerado, las emisiones generadas por GNV, son muy bajas en comparación con las generada por gasolina y diesel, las cuales se han mantenido bastante estables en el tiempo.

Conclusiones

La relación entre los resultados del análisis de emisiones vehiculares y las implicaciones en políticas públicas y para la práctica radica en la necesidad de fortalecer y ajustar las políticas de control de emisiones vehiculares para mejorar la calidad del aire y la salud pública. Los hallazgos revelan que, a pesar de algunos



avances, las emisiones de contaminantes como NO_x, CO₂ y PM siguen siendo altas, especialmente por los vehículos a gasolina y los buses SITP. Este escenario implica que las políticas públicas deben enfocarse en:

1. Fortalecer las regulaciones de emisiones: es fundamental implementar y hacer cumplir estándares más estrictos de emisiones, como los ya adoptados en otras regiones (Euro 6 en Europa), y promover el uso de tecnologías más limpias como el GNV (gas natural vehicular) en Bogotá.
2. Ajustar la periodicidad y alcance de las inspecciones: basado en la experiencia internacional, las políticas públicas deben revisar y ajustar la frecuencia de las inspecciones técnicas vehiculares, considerando la antigüedad del vehículo, la tecnología de medición y los estándares de emisión adecuados para cada tipo de motor.
3. Incentivar el uso de vehículos más eficientes: los datos sugieren que las políticas deben incentivar la renovación de la flota vehicular, promoviendo vehículos más modernos y eficientes que generen menos emisiones. Esto podría incluir incentivos económicos o subsidios para vehículos eléctricos o de bajas emisiones.
4. Promover la concientización pública: las campañas de sensibilización sobre los impactos de las emisiones vehiculares y la importancia del mantenimiento adecuado de los vehículos (especialmente la regulación de fugas en el sistema de escape) son cruciales para involucrar a la comunidad en la mejora de la calidad del aire.
5. Fomentar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías: el análisis de las tecnologías de medición de emisiones utilizadas en otros países (como el analizador Foshan Nanhua en China o el MEXA-584L en Canadá) puede ser un modelo para mejorar las capacidades de monitoreo y control en Bogotá.



Referencias

Abraham Hernando Castelblanco Muñoz. (2012). Norma Técnica Colombiana NTC 5375.

Andre, N., & Kraftfahrzeugtechnik, S. (2000). Diplomarbeit: Untersuchungen zu Prüfverfahren des Abgasverhaltens von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren im Rahmen der Hauptuntersuchung. Tesis. Disponible en: https://libdoc.fh-zwickau.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/16102/file/Diplomarbeit_Niclas-Gusko_40440.pdf

Bernard, S. M., Samet, J. M., Grambsch, A., Ebi, K. L., & Romieu, I. (2001a). The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 109(SUPPL. 2), 199-209. <https://doi.org/10.2307/3435010>

Bundesministerium der Justiz. (2024). Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung. Leyes/Reglamentos.

Bundsministerium der Justiz. (2024). Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) Anlage XXIV (zu § 47) Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Gase von Kraftfahrzeugen mit Fremd- und Selbstzündungsmotoren. *Boletín Oficial Federal I* 2012, 888 - 897.

Carlos Alberto Frasser Arrieta. (2022). Resolución 0762 del 2022. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/09/Resolucion-762-de-2022.pdf>

Clean Air Asia India - Prarthana Borah and Gitanjali Sreedhar. (2021). Level of Air Pollution. *Climate Centre for Cities*, NIUA in Association with Clean Air Asia Author, 1-76.

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2015). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Departamento Administrativo de La Función Pública, 1-447.

DieselNet. (2024). China: Heavy-Duty Engines. Available from: <https://Dieselnet.Com/Standards/Cn/Hd.Php#cn6>.

Driver & Vehicle Standards Agency, U. G. (2024). Guidance Car parts checked at an MOT Published 21 May 2015. Available from: <https://Www.Gov.Uk/Government/Publications/Car-Parts-Checked-at-an-Mot/Car-Parts-Checked-at-an-Mot>.

James Eduardo Sabala Ríos. (2023). Resolución 2703 de 2023 Secretaría Distrital de Ambiente.



Estudio de viabilidad técnica y económica para implementar un sistema de energía a través de polímeros piezoeléctricos en un sendero peatonal del municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia

Eric Orozco Suárez²⁶; Lorenzo Antonio Ballesteros Carreño²⁶; Juan Felipe Puentes Ramírez²⁶; Jesús David Burbano Martínez²⁷; Angélica María Contreras Jáuregui²⁸; Luis Felipe González Archila²⁹; Diego Armando Mejía Bugallo³⁰.

Introducción

Hoy en día, buscar energías limpias y renovables es una prioridad global si queremos combatir el cambio climático y reducir el uso de combustibles fósiles. En el día a día de nuestras ciudades, este desafío se nota mucho en el espacio público. Cuando las calles y los senderos peatonales están a oscuras, la sensación de inseguridad crece y la comunidad deja de habitar sus propios espacios. Pamplona, en Norte de Santander, es un escenario ideal para buscar alternativas tecnológicas debido al constante movimiento de su población universitaria. De ahí nace la hipótesis de este proyecto: si tanta gente camina a diario por puntos estratégicos de la ciudad, ¿por qué no transformar la energía de sus pasos en electricidad útil? Usando polímeros piezoeléctricos, buscamos diseñar sistemas de iluminación autónomos y sostenibles. Este documento presenta los avances de una investigación que responde a una doble necesidad: mejorar la infraestructura energética y hacer de las calles un lugar más seguro.

Objetivo

Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar baldosas tecnológicas basadas en polímeros piezoeléctricos en un sendero peatonal del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

Metodología

Para este estudio combinamos herramientas cuantitativas y cualitativas bajo un diseño transversal no experimental. La investigación se construye directamente con la comunidad local: estudiantes, profesores, personal administrativo de la Universidad de Pamplona y los propios vecinos del municipio. Como el proyecto sigue en marcha, organizamos el trabajo de manera cronológica y ya completamos las dos primeras etapas planificadas:

Fase I. Diagnóstico y localización en el territorio. Con el objetivo de encontrar los mejores puntos para instalar el sistema, evaluamos las zonas con mayor movimiento peatonal en Pamplona. Así, seleccionamos

²⁶Estudiante del programa de Ingeniería Civil e integrante del Semillero de Seguridad y Salud en el Trabajo SEISSAT. Universidad de Pamplona.

²⁷Estudiante del programa de Ingeniería Industrial e integrante del Semillero de Seguridad y Salud en el Trabajo SEISSAT. Universidad de Pamplona.

²⁸Ingeniera Industrial. Candidata a Doctorado en Investigación y Docencia de la Universidad Americana de Europa (UNADE). Docente de planta del programa de Ingeniería Industrial y coordinadora del Semillero de Seguridad y Salud en el Trabajo SEISSAT de la Universidad de Pamplona.

²⁹Ingeniero eléctrico e industrial y estudiante de Maestría en Controles. Docente de tiempo completo ocasional del programa de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Pamplona.

³⁰Ingeniero mecatrónico. Candidato a Doctor en Automática. Universidad de Pamplona. Director del Departamento de Mecánica, Mecatrónica e Industrial MMI de la Universidad de Pamplona.
Contacto: angelicac@unipamplona.edu.co.



tres lugares clave: el Pasaje Faría (incluyendo sus accesos y escaleras), la Calle Real (en los tramos que conectan con el parque principal y la plazuela Almeyda) y las entradas principales al campus universitario. En estos puntos aplicamos encuestas semiestructuradas para conocer el perfil sociodemográfico, los horarios habituales, las rutas de movilidad y el peso corporal promedio de los transeúntes. Esta información se complementó con observaciones en el terreno y conteos directos de peatones durante las horas pico de mayor flujo.

Fase II. Factibilidad técnica y prototipado preliminar. A partir de los datos recolectados sobre el peso y volumen de los transeúntes, se avanzó en el diseño del circuito eléctrico y la configuración de los captadores piezoeléctricos comerciales adecuados para las condiciones de tránsito. En esta etapa, se formularon los esquemas técnicos y simulaciones analíticas preliminares para evaluar el comportamiento del sistema ante condiciones estimadas de flexión y compresión, validando teóricamente la generación de tensión eléctrica inicial ante cargas dinámicas.

Resultados parciales

Los avances que hemos logrado hasta el momento nos aportan datos clave para cumplir con los objetivos generales del proyecto:

1. Perfil de movilidad y potencial de la población (Fase I): gracias al diagnóstico social y demográfico, pudimos entender a fondo cómo se mueven las personas en la zona. Encuestamos a una muestra de 222 usuarios cerca del área de Registro y Control, descubriendo que el 82,9 % de los peatones son jóvenes de entre 14 y 24 años. Para el diseño técnico de las baldosas, el peso corporal fue un dato crucial: el 73,4 % de la población pesa entre 50 y 70 kg, lo que nos permitió fijar un peso promedio de diseño de 60 kg.

Por otro lado, los conteos en el terreno mostraron que los días de mitad de semana (sobre todo los martes) son los de mayor movimiento. Las horas pico quedaron muy claras: en la mañana, de 7:00 a.m. a 8:00 a.m. (coincidiendo con el traslado de escolares con sus padres y la llegada masiva a la universidad bajo el característico clima frío de Pamplona), y al final de la tarde, de 5:30 p.m. a 6:30 p.m. En estos momentos, el flujo superó las 440 personas por hora tanto en el Pasaje Faría como en las entradas del campus. Esto confirma que contamos con un tránsito constante y con el potencial mecánico necesario para generar energía.

2. Laboratorio y primeros bocetos (Fase II): en la sección de ingeniería nos enfocamos en estructurar el circuito eléctrico y la distribución de los polímeros piezoeléctricos a partir de una plantilla conceptual. Para probarlo, simulamos el comportamiento eléctrico usando cargas que replicaban nuestro peso promedio de 60 kg. ¿El resultado? El principio físico se validó por completo al registrar pulsos eléctricos claros con cada presión.

El reto a solucionar: al examinar a fondo este circuito preliminar, encontramos que se pierde algo de energía en las conexiones base. Más que un contratiempo, este detalle técnico nos cayó de maravilla: nos da las pistas exactas que necesitábamos para optimizar el sistema de almacenamiento definitivo antes de pasar a la fabricación real.



Conclusiones preliminares

Todo lo que hemos encontrado hasta ahora nos confirma que el lugar elegido es perfecto para el proyecto. Pamplona tiene un tránsito peatonal tan masivo, constante y con un perfil de peso tan uniforme, que el estímulo mecánico sobre las baldosas está prácticamente garantizado de forma continua.

Además, los ensayos en el laboratorio demostraron que el circuito con polímeros piezoeléctricos realmente funciona como una alternativa para generar microenergía limpia en plena calle. Al ser un proyecto que sigue vivo y en desarrollo, este primer análisis nos da el margen ideal para corregir los puntos débiles y las fugas que encontramos en el diseño base. Así, nos quedan las bases más que listas para arrancar la Fase III: construir el prototipo físico real de las baldosas y calcular qué tan rentable será su salida al mercado.

Palabras clave: estudios de viabilidad; energía renovable; electricidad; peatones; cambio climático.

Referencias

Cárdenas, J. A., & Silva, M. E. (2021). Sistemas piezoeléctricos como alternativa de energía renovable en infraestructura vial: Una revisión. *Revista de Ingeniería Sostenible*, 15(2), 45-58.

García, R., & Martínez, L. (2019). Energías limpias y ciudades inteligentes: Retos para los municipios en desarrollo. Editorial Tecnológica Universitaria.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 1). McGraw-Hill.

López, A. M., & Contreras, J. F. (2022). Evaluación del flujo peatonal y la percepción de seguridad urbana nocturna en ciudades universitarias. *Bitácora Urbano Territorial*, 32(1), 112-125.

Ramírez, F., & Torres, P. (2023). Generación de energía por pisada utilizando polímeros piezoeléctricos PVDF: Diseño y simulación de prototipos modulares. *Ingeniería e Investigación*, 43(3), e201.

Ponencia ganadora

Modalidad oral





Escuelas seguras y resilientes: gestión del riesgo escolar como estrategia para fortalecer la cultura preventiva desde la educación básica en Colombia

Pedro Elías Noriega Guerrero³¹; Julio César Urueta Atencio³¹; Magda Carolina Reyes Rincón³¹

Introducción

La ocurrencia de emergencias y desastres en entornos educativos representa un desafío creciente para los sistemas de gestión del riesgo a nivel mundial, especialmente en contextos donde convergen amenazas naturales, tecnológicas y antrópicas capaces de afectar la integridad física, emocional y social de la comunidad educativa. En este escenario, las instituciones educativas no solo cumplen una función académica, sino también un papel estratégico en la protección de la vida, la reducción de vulnerabilidades y la formación de capacidades para la prevención y la respuesta ante situaciones de emergencia. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 reconoce a la educación como un componente fundamental para fortalecer la resiliencia de las comunidades y promover una cultura de prevención sostenible en el tiempo (United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR, 2015).

En concordancia con lo anterior, el Comprehensive School Safety Framework plantea que la seguridad escolar debe abordarse de manera integral mediante la gestión del riesgo, la protección de la infraestructura educativa y la educación para la resiliencia, involucrando activamente a estudiantes, docentes, directivos, familias y actores institucionales del territorio (Global Alliance for Disaster Risk Reduction and Resilience in the Education Sector - GADRRRES y Inter-Agency Network for Education in Emergencies - INEE, 2022). En Colombia, estos lineamientos encuentran sustento en la Ley 1523 de 2012, que establece la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y orienta la incorporación de procesos de conocimiento, reducción y manejo del riesgo en los diferentes sectores, incluido el educativo (Congreso de la República de Colombia, 2012).

A pesar de los avances normativos y técnicos, diversas instituciones educativas continúan enfrentando dificultades para implementar de manera efectiva los Planes Escolares de Gestión del Riesgo, evidenciándose brechas relacionadas con la identificación de amenazas, la evaluación de vulnerabilidades, la preparación operativa y la consolidación de una cultura preventiva de seguridad. Esta situación resulta especialmente relevante en la educación básica primaria, etapa en la cual se forman hábitos, comportamientos y actitudes que pueden influir en la construcción de ciudadanos más conscientes frente a la seguridad, la prevención y el autocuidado. En este contexto, surge la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales para avanzar hacia escuelas más seguras y resilientes, capaces de responder adecuadamente a las emergencias y contribuir al desarrollo de comunidades más preparadas frente al riesgo.

Objetivo

Formular una estrategia de fortalecimiento del Plan Escolar de Gestión del Riesgo (PEGR) en una institución de educación básica primaria del municipio de Piedecuesta, Colombia

³¹Corporación Escuela Tecnológica del Oriente.
Contacto: noriegapedro93@tecnologicadelorientedu.co



Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con un diseño descriptivo-aplicado, no experimental y de corte transversal, orientado a caracterizar el estado de la gestión del riesgo escolar y formular una estrategia de fortalecimiento del Plan Escolar de Gestión del Riesgo (PEGR) en una institución de educación básica primaria del municipio de Piedecuesta, Colombia. Este enfoque permitió integrar información cualitativa y cuantitativa para comprender de manera integral las condiciones institucionales relacionadas con la prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

El estudio se estructuró en tres fases. La primera correspondió al diagnóstico institucional, mediante la identificación de amenazas y la revisión de las condiciones físicas, organizacionales y operativas relacionadas con la gestión del riesgo escolar. La segunda, consistió en la evaluación del estado actual del PEGR, tomando como referencia los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración del Plan Escolar de Gestión del Riesgo de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2018). Y la tercera fase, que estuvo orientada a la formulación de una estrategia de fortalecimiento basada en los hallazgos obtenidos durante el proceso de evaluación.

Para la recolección de información se emplearon técnicas de observación directa, revisión documental y una lista de verificación estructurada a partir de los componentes establecidos en la guía oficial del PEGR. La observación permitió identificar condiciones relacionadas con rutas de evacuación, señalización, recursos para emergencias y medidas de protección existentes. La revisión documental incluyó el análisis de planes, protocolos, registros de simulacros y demás instrumentos institucionales asociados a la gestión del riesgo. Por su parte, la lista de verificación fue validada por expertos en gestión del riesgo escolar y aplicada para determinar el nivel de cumplimiento de los diferentes componentes evaluados.

La información recopilada fue sistematizada y analizada mediante herramientas de Microsoft Excel, calculando porcentajes de cumplimiento para los componentes de prevención, preparación y respuesta ante emergencias. Los resultados obtenidos permitieron identificar fortalezas, brechas y oportunidades de mejora, constituyendo la base para la estructuración de un modelo de fortalecimiento del PEGR conformado por veinticuatro acciones estratégicas orientadas a consolidar la seguridad escolar, la cultura preventiva y la resiliencia institucional.

Resultados

La evaluación del Plan Escolar de Gestión del Riesgo (PEGR) permitió establecer un nivel global de cumplimiento del 74 %, correspondiente a un nivel medio de implementación institucional. Este resultado evidenció la existencia de avances significativos en la incorporación de acciones relacionadas con la prevención, preparación y respuesta ante emergencias; sin embargo, también permitió identificar brechas que limitan la consolidación de una gestión integral del riesgo escolar.

El análisis por componentes mostró que la dimensión de prevención presentó el mayor nivel de cumplimiento (78 %), favorecida principalmente por la identificación de amenazas relevantes para el contexto institucional, la existencia de señalización en rutas de evacuación y la implementación de medidas básicas de protección. Estos resultados evidencian un compromiso institucional inicial con la seguridad escolar y la reducción de vulnerabilidades. No obstante, se identificaron oportunidades de mejora asociadas a la actualización periódica del análisis de vulnerabilidad y a la identificación de recursos críticos necesarios para la atención de emergencias.



Por su parte, el componente de preparación alcanzó un cumplimiento del 72 %, reflejando una adecuada disposición de docentes y personal administrativo para participar en actividades relacionadas con la gestión del riesgo. Sin embargo, se evidenciaron debilidades en la capacitación sistemática del personal, la asignación formal de responsabilidades, la frecuencia de los simulacros y el fortalecimiento de las brigadas escolares, aspectos que inciden directamente en la capacidad institucional para responder de manera oportuna y coordinada ante eventos adversos.

El componente de respuesta registró el menor nivel de cumplimiento (68 %), constituyéndose en el área de mayor vulnerabilidad. Entre las principales brechas identificadas se encontraron la ausencia de mecanismos formales de seguimiento y evaluación posterior a los simulacros, la limitada articulación con organismos externos de socorro y gestión del riesgo, y la insuficiente documentación de protocolos específicos para escenarios como incendios, movimientos sísmicos y emergencias médicas. Asimismo, se evidenció una participación limitada de las familias y otros actores comunitarios en las actividades de preparación y respuesta (ver figura 1).

A partir de los hallazgos obtenidos se estructuró un modelo de fortalecimiento del PEGR compuesto por veinticuatro acciones estratégicas distribuidas en los diferentes componentes evaluados. Estas acciones estuvieron orientadas a fortalecer la planificación institucional, actualizar protocolos, consolidar responsabilidades, mejorar los procesos de capacitación y simulación, optimizar la coordinación con actores externos y promover una mayor participación de la comunidad educativa. En conjunto, los resultados permitieron evidenciar que el fortalecimiento de la gestión del riesgo escolar requiere intervenciones integrales que trasciendan el cumplimiento documental y favorezcan la construcción de capacidades institucionales orientadas a la prevención, la seguridad y la resiliencia.

Figura 1. Principales hallazgos de la investigación por componente



Fuente: elaboración propia.



Conclusiones

La evaluación del Plan Escolar de Gestión del Riesgo permitió establecer que la institución educativa presenta un nivel medio de implementación, evidenciando fortalezas en aspectos relacionados con la prevención y la organización institucional, así como oportunidades de mejora en componentes asociados a la preparación y respuesta ante emergencias. Estos hallazgos confirman, que la existencia de un plan formal es insuficiente para garantizar por sí solo una gestión efectiva del riesgo, siendo necesario fortalecer su implementación, actualización y seguimiento permanente.

La investigación también evidenció, que la gestión del riesgo escolar constituye una herramienta estratégica para la protección de la comunidad educativa y para la consolidación de procesos de prevención orientados a la reducción de vulnerabilidades y al fortalecimiento de la resiliencia institucional. En este sentido, la evaluación sistemática del PEGR facilita la identificación de brechas y la definición de acciones de mejora ajustadas a las necesidades del contexto educativo.

Es así, que el principal aporte del estudio es la formulación de un modelo de fortalecimiento del PEGR basado en veinticuatro acciones estratégicas orientadas a mejorar los procesos de prevención, preparación y respuesta ante emergencias; que ofrece una ruta práctica para fortalecer la seguridad escolar y apoyar la toma de decisiones institucionales, con potencial de replicabilidad en instituciones con características similares y de contribuir al desarrollo de una cultura preventiva de seguridad desde la educación básica.

Palabras clave: gestión de desastres; reducción del riesgo de desastres; preparación en desastres; educación en desastres; planes de emergencia.

Referencias

Global Alliance for Disaster Risk Reduction and Resilience in the Education Sector (GADRRRES), y Inter-Agency Network for Education in Emergencies (INEE). (2022). Comprehensive School Safety Framework (CSSF) 2022-2030. GADRRRES. Disponible en: <https://www.gadrrres.net>

Ministerio de Educación Nacional. (2018). Lineamientos para la gestión del riesgo en el sector educativo. Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2018). Guía para la elaboración del Plan Escolar de Gestión del Riesgo. UNGRD.

United Nations Children's Fund. (2022). Disaster Risk Reduction in Schools: Lessons Learned in Latin America and the Caribbean. UNICEF.

World Bank. (2021). Safe and Resilient Schools in Developing Countries. World Bank

Presentaciones

Modalidad póster

INVESTIGACIÓN
DE SEGURIDAD
LABORAL
GOBERNANZA
SOSTENIBILIDAD



Línea temática:

Seguridad y Salud en el Trabajo



Nuevas tecnologías: una estrategia dinámica en la prevención de la accidentalidad laboral en la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm Montería

Mariangel Guzmán Barrera³²; Joaquín Canabal Guzmán³³; Cindy Bedoya Negrette³⁴.

Introducción

Las nuevas tecnologías y la innovación han transformado profundamente los procesos organizacionales, ofreciendo soluciones ágiles y eficientes ante situaciones que antes requerían recursos humanos y materiales considerables. La seguridad y salud en el trabajo no ha sido ajena a esta revolución, hoy en día, herramientas digitales, sistemas de información en tiempo real y dispositivos inteligentes permiten prevenir accidentes, identificar peligros y gestionar riesgos con una rapidez y precisión sin precedentes. En este contexto, los entornos académicos representan espacios particularmente dinámicos, donde confluyen diariamente cientos o miles de personas con perfiles diversos, desde estudiantes, docentes, personal administrativo, visitantes y proveedores. Esta diversidad, sumada a la variedad de instalaciones físicas como laboratorios, aulas, cafeterías, pasillos, zonas deportivas y parqueaderos, convierten a la universidad en un escenario complejo desde el punto de vista de la gestión de riesgos. La oportunidad y la eficiencia en el reporte de condiciones inseguras son determinantes para prevenir incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Ante este panorama, el proyecto SCANSAFE surge como una respuesta innovadora a una necesidad crítica identificada en la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm, la ausencia de un canal ágil, inclusivo y tecnológico que permita a toda la comunidad universitaria reportar condiciones inseguras en tiempo real.

Antes de la implementación de SCANSAFE, el reporte de condiciones inseguras en la Universidad del Sinú estaba limitado, solo al equipo de Seguridad y Salud en el Trabajo. Esta restricción operativa generaba dos consecuencias negativas fundamentales, por un lado, demoras significativas en la identificación y atención de situaciones de riesgo y por otro, una baja participación de la comunidad universitaria en la construcción de un entorno seguro. El sistema dependía del contacto directo con el personal de SST, lo que implicaba trámites administrativos, pérdida de información valiosa y, en muchos casos, la normalización de condiciones inseguras que nunca llegaban a ser reportadas formalmente.

Esta situación resulta especialmente preocupante en el contexto de la legislación colombiana vigente. El Decreto 1072 de 2015, que consolida el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), establece como uno de sus pilares la participación de los trabajadores y demás integrantes de la organización en la identificación de peligros y la valoración de riesgos. Asimismo, la Resolución 0312 de 2019, fija los estándares mínimos que deben cumplir las instituciones, entre ellos la implementación de mecanismos efectivos de reporte y comunicación de situaciones de riesgo. SCANSAFE responde directamente a estos mandatos normativos, alineando la gestión de SST de la Universidad con las exigencias del marco regulatorio nacional.

³²Ingeniera Industrial de la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm; estudiante de la Especialización en Sistemas Integrados de Gestión QHSE. Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm.

³³Ingeniero Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Magister en Administración de Negocios MBA de la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm.

³⁴Ingeniera Industrial de la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm. Estudiante del Máster Universitario en Sistemas Integrados de gestión de la prevención de riesgos laborales, la calidad, el medio ambiente y la responsabilidad social corporativa en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

Contacto: joaquinacanabal@unisinu.edu.co



Desde una perspectiva global, la adopción de tecnologías digitales en la gestión de riesgos ha demostrado ser una estrategia eficaz en múltiples contextos. Un estudio realizado en Perú evidenció cómo la implementación de un sistema de control con código QR en una institución educativa optimizó el registro y la trazabilidad de procesos (Torres, 2019). En México, investigaciones similares demostraron que los códigos QR aplicados al control de inventarios reducen errores y mejoran la precisión de la información (Hernández, Gutiérrez, Sánchez y Zapata, 2021). En Colombia, experiencias como la desarrollada en Bogotá mostraron cómo la codificación QR agiliza la gestión de inventarios y reduce tiempos operativos (Vargas y León, 2017). SCANSAFE es pionero en adaptar esta tecnología al ámbito específico de la gestión de riesgos en entornos universitarios colombianos, lo que lo convierte en una propuesta de alto valor científico e innovador.

Objetivo

Diseñar e implementar un sistema de gestión de riesgos en la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm, basado en el uso innovador de códigos QR, con el fin de mejorar la seguridad institucional y promover un entorno de trabajo y aprendizaje saludable para toda la comunidad. Para alcanzarlo, se plantearon tres objetivos específicos: implementar una herramienta tecnológica para el reporte de condiciones inseguras mediante códigos QR instalados en puntos estratégicos del campus; mejorar los tiempos de respuesta frente a situaciones de riesgo identificadas, logrando una atención oportuna que reduzca la probabilidad de accidentes; y evaluar la funcionalidad y efectividad del sistema mediante indicadores de gestión cuantitativos y cualitativos, así como la percepción de los usuarios, con miras a su mejora continua y escalabilidad.

Metodología

La investigación es de tipo cuantitativa experimental con diseño de caso aplicado, desarrollada en cuatro fases interrelacionadas. En la primera fase se diseñó el sistema, se creó un formulario digital estructurado que recoge los datos esenciales de cada condición insegura tipo de riesgo, ubicación, descripción, nivel de urgencia y datos del Identificador del riesgo y se vinculó a los códigos QR mediante una plataforma accesible desde cualquier dispositivo móvil sin necesidad de instalar aplicaciones adicionales. El diseño priorizó la simplicidad de uso para garantizar la participación de personas con distintos niveles de competencia digital. En la segunda fase se instalaron diez códigos QR en áreas estratégicas del campus, seleccionadas en base en los registros históricos de accidentalidad y mayor flujo de personas: pasillos principales, laboratorios, zonas deportivas, cafetería, biblioteca y accesos al campus. Cada código QR está vinculado a la ubicación específica donde fue instalado, lo que permite al equipo de SST identificar con precisión el lugar del reporte. En la tercera fase, de pruebas piloto y monitoreo, los reportes generados por la comunidad llegaron en tiempo real al equipo de Seguridad y Salud en el Trabajo, que los analiza, clasifica según el nivel de riesgo bajo, medio o alto y asigna responsables para su atención. Cada reporte sigue un ciclo completo de gestión: identificación, categorización, asignación, intervención y verificación de la efectividad de la medida correctiva. En la cuarta fase, actualmente en curso, se analizan indicadores clave como el número de reportes por semana, el tiempo promedio de respuesta, la distribución de riesgos por tipo y ubicación, y el nivel de participación de los distintos estamentos universitarios.

Resultados

Los resultados obtenidos durante el primer mes de implementación superaron las expectativas iniciales. Se registraron 25 reportes de condiciones inseguras, evidenciando una adopción activa de la herramienta



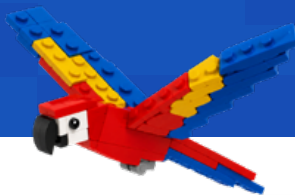
por parte de la comunidad. De estos reportes, el 80 % fueron atendidos en un plazo menor a 24 horas, lo que representa una reducción drástica en los tiempos de respuesta respecto al sistema anterior. Entre las condiciones reportadas se identificaron problemas estructurales como pisos en mal estado, iluminación deficiente en pasillos, obstáculos en rutas de evacuación y equipos de laboratorio con señalización inadecuada. Desde el punto de vista tecnológico, el sistema demostró alta disponibilidad y facilidad de uso: al estar basado en tecnología web y no requerir instalación de aplicaciones, su acceso es universal desde cualquier teléfono inteligente con cámara. Adicionalmente, se observó un impacto positivo en la cultura organizacional: la participación de estudiantes, docentes y personal administrativo refleja un cambio de mentalidad en el que la seguridad ya no es percibida como responsabilidad exclusiva del área de SST, sino como un valor compartido por toda la comunidad.

Conclusiones

El proyecto realiza contribuciones significativas en tres dimensiones. En primer lugar, desde la innovación tecnológica, propone una aplicación original de los códigos QR en la gestión de riesgos universitarios, campo donde su uso no había sido explorado previamente de manera sistemática en Colombia. En segundo lugar, demuestra empíricamente que la incorporación de tecnologías digitales accesibles puede transformar los indicadores de gestión de SST sin requerir grandes inversiones, lo que lo hace replicable en instituciones educativas con recursos limitados. En tercer lugar, contribuye al fortalecimiento de la cultura preventiva institucional, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 3 (Salud y Bienestar) y el ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico).

El proyecto SCANSAFE ha transitado exitosamente desde su formulación conceptual hasta su implementación funcional, demostrando en la práctica la viabilidad de integrar tecnologías digitales accesibles en la gestión de riesgos universitarios. Los resultados de la fase piloto confirman que la herramienta cumple su objetivo principal y validan la hipótesis central de la investigación: que la tecnología, cuando se diseña con enfoque centrado en el usuario y se adapta al contexto específico, transforma significativamente los procesos de gestión de SST. De cara al futuro, se proyecta ampliar la cobertura del sistema a todas las instalaciones del campus, integrarlo con alertas automáticas vía correo electrónico o mensaje de texto, desarrollar un panel de control con visualización de indicadores en tiempo real y publicar los resultados en una revista científica indexada. SCANSAFE no es únicamente un proyecto de innovación tecnológica es una apuesta por una cultura universitaria en la que la seguridad sea responsabilidad de todos, donde la tecnología actúe como puente entre la identificación de peligros y la acción preventiva oportuna.

Palabras clave: tecnología de la información; gestión de riesgos; prevención de accidentes; salud laboral; universidades.



Referencias

Hernández, C., Gutiérrez, S., Sánchez, W., & Zapata, A. (2021). Sistema de control de inventarios aplicando códigos QR. Revista interdisciplinaria de ingeniería sustentable y desarrollo social, 287-296.

Torres, E. (2019). Implementación de un sistema de control de asistencia con código QR para la institución educativa Ricardo Palma – Carhuaz; 2019. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero de sistemas, Universidad católica de los Ángeles Chimbote]. Repositorio digital, Chimbote.

Vargas, K., & León, D. (2017). Implementación de código QR como método de codificación para sistemas de inventario a través de un aplicativo móvil y servicios web. [Trabajo para optar el título de Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio digital, Bogotá.



Seguridad y Salud en el Trabajo con impacto real. Articulación universidad-empresa que transforma a las mipyme

Yohanna Milena Rueda-Mahecha³⁵; Julián Andrés Martínez-Rincón³⁶.

Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas (mipyme) constituyen uno de los principales motores de generación de empleo y desarrollo económico en Colombia y América Latina. No obstante, estas organizaciones enfrentan importantes desafíos asociados a la sostenibilidad organizacional, la gestión del talento humano y la implementación de sistemas de gestión que permitan mejorar las condiciones de trabajo y la productividad (Superintendencia de Sociedades, 2025).

En materia de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), las limitaciones técnicas, financieras y administrativas dificultan la implementación efectiva de estrategias preventivas y del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). En Colombia, este sistema se encuentra regulado por el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019, los cuales establecen los requisitos mínimos para la gestión de los riesgos laborales en las organizaciones (Ministerio del Trabajo, 2015, 2019).

En este contexto, las instituciones de educación superior han asumido un papel cada vez más relevante como agentes de transformación social y desarrollo empresarial. La articulación universidad-empresa se ha consolidado como una estrategia que favorece la transferencia de conocimiento, el fortalecimiento de capacidades organizacionales y la solución de problemáticas reales mediante procesos de acompañamiento técnico especializado (Alpaydın & Fitjar, 2024; Betancur-Amariles et al., 2023).

Las consultorías en Seguridad y Salud en el Trabajo desarrolladas por estudiantes y docentes representan una oportunidad para acercar el conocimiento académico a las necesidades empresariales. Estas intervenciones permiten identificar condiciones de riesgo, fortalecer la implementación del SG-SST, promover la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, y contribuir a la construcción de entornos laborales seguros y saludables. Simultáneamente, constituyen escenarios de aprendizaje experiencial que fortalecen las competencias profesionales de los futuros especialistas en riesgos laborales (Kolb, 1984).

Objetivo

Analizar el impacto de las consultorías en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) como estrategia de articulación universidad-empresa para el fortalecimiento de la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en micro, pequeñas y medianas empresas (mipyme), promoviendo la prevención de accidentes de trabajo, enfermedades laborales y la salud integral de los trabajadores.

³⁵Fonoaudióloga, especialista en Administración en Salud Ocupacional, magíster en Educación. Docente de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

³⁶Ingeniero electrónico, máster universitario en Dirección y Administración de Empresas, especialista en Gerencia de Proyectos, especialista en Salud Ocupacional. Docente de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

Contacto: ymrueda@poligran.edu.co



Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado con alcance descriptivo, orientado a analizar los resultados obtenidos a partir de la ejecución de consultorías empresariales en Seguridad y Salud en el Trabajo realizadas por estudiantes de especialización con el acompañamiento de docentes expertos en el área.

El proceso metodológico inició con la realización de diagnósticos organizacionales para determinar el nivel de implementación del SG-SST en cada empresa participante. Posteriormente, se efectuó la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos mediante metodologías reconocidas y alineadas con la normatividad colombiana vigente.

Con base en los resultados obtenidos, se diseñaron planes de intervención que incluyeron acciones preventivas, correctivas y de mejora continua dirigidas al fortalecimiento de la gestión preventiva. Las consultorías se desarrollaron en mipyme pertenecientes a diferentes sectores económicos y ubicadas en diversas regiones del país, permitiendo analizar realidades organizacionales heterogéneas y formular propuestas ajustadas a las necesidades particulares de cada contexto empresarial.

La articulación universidad-empresa se materializó mediante la participación activa de estudiantes y docentes, quienes actuaron como consultores y asesores técnicos. Esta dinámica facilitó la transferencia de conocimiento académico hacia las organizaciones y promovió la aplicación práctica de herramientas de gestión de riesgos laborales en escenarios reales.

El análisis de la información se realizó a partir de los diagnósticos empresariales, matrices de peligros, planes de mejora, productos generados durante las consultorías y evidencias de intervención desarrolladas en cada organización.

Resultados

Durante el periodo analizado se desarrollaron 196 consultorías en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en micro, pequeñas y medianas empresas (mipyme) de diferentes sectores económicos y regiones de Colombia. Las intervenciones incluyeron diagnósticos del SG-SST, identificación y valoración de riesgos, formulación de planes de mejora y diseño de estrategias preventivas orientadas al fortalecimiento de la gestión organizacional.

La distribución geográfica de las consultorías evidenció un alcance nacional. Bogotá concentró el 29 % de las intervenciones, seguida por Medellín con el 9 %, Itagüí con el 3 %, mientras que Bucaramanga, Cali, Chía y Duitama representaron cada una el 2 % de las consultorías. El porcentaje restante se distribuyó entre municipios como Arauca, Armenia, Barrancabermeja, Barranquilla, Cartagena, Cúcuta, Floridablanca, Funza, Guamal, Ibagué, Mapiripán, Montelíbano, Mosquera, Pasto, Pereira, Rionegro, Sabaneta, San Luis, Santa Marta, Soacha, Suesca, Valledupar, Villavicencio, Villapinzón, Yotoco y Zipaquirá, cada uno con una participación cercana al 1 %. Estos resultados demuestran la capacidad de la estrategia para responder a necesidades empresariales en diversos contextos territoriales.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la diversidad de contextos empresariales intervenidos. El 48 % de las consultorías se desarrolló en el sector servicios, seguido por comercio (8 %), construcción (5 %), industria



(4 %), agricultura (3 %), sector financiero (2 %) y transporte (1 %). Esta distribución refleja la necesidad creciente de fortalecer la gestión preventiva en sectores económicos diversos y no exclusivamente en aquellos tradicionalmente catalogados como de alto riesgo.

Los diagnósticos realizados evidenciaron brechas recurrentes relacionadas con la identificación y valoración de peligros, actualización documental, definición de indicadores de gestión, ejecución de programas de capacitación y establecimiento de controles para la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Como resultado de las consultorías, se elaboraron y actualizaron matrices de peligros, planes anuales de trabajo, programas de capacitación, procedimientos operativos y estrategias de promoción de la salud laboral.

En términos de impacto social, las intervenciones beneficiaron de manera directa e indirecta a más de 3000 trabajadores, fortaleciendo la cultura preventiva, mejorando las condiciones laborales y promoviendo ambientes de trabajo más seguros y saludables.

Adicionalmente, la participación conjunta de estudiantes y docentes permitió consolidar escenarios de aprendizaje aplicado, favoreciendo el desarrollo de competencias profesionales relacionadas con la gestión de riesgos laborales, la interpretación normativa y la solución de problemáticas organizacionales reales.

Los resultados evidencian que las consultorías en SST constituyen una estrategia efectiva para fortalecer la implementación del SG-SST en las mipyme colombianas y, simultáneamente, consolidar procesos de transferencia de conocimiento entre la universidad y el sector productivo.

La ejecución de 196 consultorías en más de 30 municipios del país demuestra que las necesidades de fortalecimiento de la gestión preventiva no son exclusivas de los grandes centros urbanos. La participación de municipios con características económicas y sociales diversas, evidencia la capacidad del modelo para adaptarse a distintos contextos organizacionales y territoriales, ampliando el acceso al conocimiento especializado en SST.

La alta participación del sector servicios resulta consistente con la estructura empresarial colombiana, donde predominan las mipyme dedicadas a actividades de prestación de servicios. Sin embargo, la intervención en sectores como construcción, industria, agricultura y transporte confirma que los desafíos asociados a la gestión de riesgos laborales son transversales a las diferentes actividades económicas.

Los hallazgos sugieren que muchas organizaciones continúan abordando la SST desde una perspectiva centrada principalmente en el cumplimiento normativo. No obstante, el proceso de consultoría permitió avanzar hacia una visión estratégica del SG-SST, reconociéndolo como una herramienta que contribuye a la productividad, la sostenibilidad empresarial y el bienestar integral de los trabajadores. Estos resultados coinciden con lo planteado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2022), que reconoce la seguridad y salud en el trabajo como un principio y derecho fundamental en el trabajo.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional del Trabajo destacan la necesidad de integrar la salud física y mental dentro de las estrategias organizacionales orientadas al bienestar laboral, promoviendo entornos de trabajo saludables y sostenibles (World Health Organization & International Labour Organization, 2022).



La experiencia también confirma el valor de la articulación universidad-empresa como mecanismo para generar impacto social y empresarial. Mientras las organizaciones reciben acompañamiento técnico especializado para fortalecer sus sistemas de gestión, los estudiantes desarrollan competencias profesionales mediante experiencias de aprendizaje basadas en problemas reales, fortaleciendo su capacidad de análisis, intervención y toma de decisiones (Tereshchenko et al., 2024; Cao & Verreynne, 2024).

Conclusiones

Las consultorías en Seguridad y Salud en el Trabajo desarrolladas durante los tres años analizados demostraron ser una estrategia efectiva para fortalecer la implementación del SG-SST en las mipyme colombianas, promoviendo mejoras en la identificación de peligros, valoración de riesgos, planificación preventiva y gestión documental.

La intervención de 196 empresas ubicadas en más de 30 municipios del país evidencia la capacidad del modelo para generar impacto en organizaciones con diferentes características productivas, económicas y territoriales, ampliando el acceso a procesos de acompañamiento especializado en SST.

El beneficio alcanzado sobre más de 3000 trabajadores confirma el potencial de las estrategias de articulación universidad-empresa para contribuir al mejoramiento de las condiciones laborales, fortalecer la cultura preventiva y promover entornos de trabajo más seguros y saludables.

Adicionalmente, la experiencia permitió consolidar escenarios de formación práctica para futuros especialistas en Seguridad y Salud en el Trabajo, fortaleciendo competencias profesionales relacionadas con la gestión de riesgos, la aplicación normativa y la solución de problemáticas organizacionales reales.

Finalmente, se recomienda fortalecer mecanismos de seguimiento que permitan evaluar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y avanzar en el desarrollo de herramientas tecnológicas e inteligencia artificial que faciliten el monitoreo continuo del desempeño del SG-SST en las mipyme. Estas acciones contribuirán a consolidar procesos de mejora continua alineados con estándares internacionales de gestión de la seguridad, salud y bienestar laboral (ISO, 2018; WHO, 2022).

Palabras clave: salud laboral; gestión de riesgos; prevención de accidentes; universidades; pequeña empresa.

Referencias

Alpaydın, U. A. R., & Fitjar, R. D. (2024). How do university-industry collaborations benefit innovation? Direct and indirect outcomes of different collaboration types. *Growth and Change*, 55(3). <https://doi.org/10.1111/grow.12721>

Betancur-Amariles, J. H., Rodríguez-Santana, G. D., & Garcés-Bolívar, J. F. (2023). Transferencia de conocimiento desde las universidades a las empresas. *Tecnología en Marcha*, 36(Extra 7), 34-44. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6857>

Cao, Z., & Verreynne, M. L. (2024). Reflecting back and looking forward: A systematic literature review of SME-University collaborations. *Academy of Management Proceedings*, 2024(1). <https://doi.org/10.5465/AMPROC.2024.17884abstract>



Cohen, M., Fernandes, G., & Godinho, P. (2025). Measuring the impacts of university-industry R&D collaborations: A systematic literature review. *The Journal of Technology Transfer*, 50(1), 345–374. <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10114-5>

Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1562 de 2012 “Por la cual se modifica el Sistema General de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional”. Colombia.

International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use. ISO.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015 “Por el cual se reglamenta el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo”. Colombia.

Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019 “Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)”. Colombia.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023*. OECD Publishing.

Organización Internacional del Trabajo. (2022). *Entornos de trabajo seguros y saludables: Principio y derecho fundamental en el trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo.

Organización Mundial de la Salud. (2010). *Entornos laborales saludables: fundamentos y modelo de la OMS. Contextualización, prácticas y literatura de apoyo*. OMS.

Salas Narváez, L. C., Viera Romero, A. M., Brito Ochoa, M. P., & Vásquez Luna, L. E. (2024). Transferencia de conocimiento en instituciones de educación superior y empresas: Un análisis bibliométrico entre 2014–2024. *Revista Perspectiva Empresarial*, 11(1), 44–58.

Tereshchenko, E., Salmela, E., Melkko, E., Phang, S. K., & Happonen, A. (2024). Emerging best strategies and capabilities for university-industry cooperation: Opportunities for MSMEs and universities to improve collaboration. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(28). <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00386-4>

World Health Organization. (2022). *WHO guidelines on mental health at work*. World Health Organization.

World Health Organization, & International Labour Organization. (2022). *Mental health at work: Policy brief*. World Health Organization.



Riesgos psicosociales, estrés laboral y ausentismo en teleoperadores: una revisión sistemática de la literatura

Paula Tatiana Calle Rivera³⁷; Laura Patricia Retavisca Amaya³⁸.

Introducción

La transformación digital y la expansión de modalidades de trabajo como la teleoperación, el teletrabajo y el trabajo remoto han modificado las dinámicas organizacionales y las condiciones laborales, generando nuevos desafíos para la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Aunque estas modalidades han favorecido la flexibilidad y la continuidad de las operaciones, también han incrementado la exposición a factores de riesgo psicosocial asociados con elevadas demandas laborales, presión por el cumplimiento de indicadores, exigencias emocionales, hiperconectividad y dificultades para la desconexión digital.

Diversos estudios han señalado que estas condiciones favorecen la aparición de estrés laboral y afectan tanto la salud de los trabajadores como la productividad organizacional (Antunes et al., 2023; Wöhrmann & Ebner, 2021).

La evidencia científica muestra que los riesgos psicosociales constituyen uno de los principales determinantes del ausentismo y de las alteraciones en la salud mental relacionadas con el trabajo. Duchaine et al. (2020), en una revisión sistemática y metaanálisis, identificaron una asociación consistente entre los estresores psicosociales y el incremento del riesgo de ausencia laboral por trastornos mentales.

Asimismo, Andersen et al. (2022), en un estudio prospectivo desarrollado con 69.371 trabajadores, evidenciaron que la combinación de múltiples factores psicosociales desfavorables incrementa significativamente la probabilidad de ausentismo prolongado.

A pesar del crecimiento de la literatura sobre teletrabajo y trabajo remoto, la evidencia específica sobre teleoperadores y trabajadores de centros de contacto continúa siendo limitada, observándose una predominancia de investigaciones desarrolladas en contextos ocupacionales más amplios. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de profundizar en las particularidades de los riesgos psicosociales y sus consecuencias en este sector económico.

Objetivo

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la evidencia científica disponible sobre la relación entre los riesgos psicosociales, el estrés laboral y el ausentismo en trabajadores

³⁷Profesional en Salud Ocupacional, candidata a Doctora en Psicología Empresarial. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.

³⁸Profesional en Salud Ocupacional. Magíster en Prevención de Riesgos Laborales. Docente universitaria y auditora líder en ISO 9001:2015 y SG-SST.

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Contacto: paula.calle@uniminuto.edu



vinculados a actividades de teleoperación y trabajo remoto, mediante una revisión sistemática de la literatura basada en las directrices PRISMA 2020.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de literatura con enfoque descriptivo y analítico, siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020. La búsqueda bibliográfica se efectuó entre enero y marzo de 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science, PubMed/MEDLINE, ScienceDirect y Google Scholar, complementándose con búsqueda manual de referencias y revisión de literatura gris.

La estrategia de búsqueda se construyó a partir de descriptores DeCS y MeSH relacionados con riesgos psicosociales, estrés laboral, burnout, ausentismo, teleoperación, teletrabajo y trabajo remoto, combinados mediante operadores booleanos AND y OR. Inicialmente se identificaron 1.248 registros. Después de eliminar duplicados y aplicar los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, se evaluaron 144 artículos a texto completo y finalmente se incluyeron 82 estudios para la síntesis cualitativa, de los cuales 16 aportaron información susceptible de síntesis cuantitativa.

La extracción de información contempló variables relacionadas con país, diseño metodológico, población estudiada, factores psicosociales evaluados, estrés laboral, ausentismo y principales hallazgos. La calidad metodológica fue valorada mediante las herramientas propuestas por el Joanna Briggs Institute, utilizando listas de verificación específicas para cada diseño de investigación.

Resultados

En conjunto, los estudios revisados evidencian que la coexistencia de múltiples factores psicosociales desfavorables produce efectos sinérgicos sobre la salud y el bienestar laboral, incrementando el riesgo de estrés laboral, agotamiento emocional y ausentismo.

La producción científica sobre riesgos psicosociales y nuevas modalidades de trabajo presentó un incremento sostenido durante los últimos años, especialmente después de la pandemia por COVID-19 y la consolidación de los modelos de trabajo remoto. Predominaron los estudios observacionales, las cohortes y las revisiones sistemáticas, desarrollados principalmente en Europa y América del Norte.

Los hallazgos evidenciaron una asociación consistente entre la exposición a factores de riesgo psicosocial y la aparición de estrés laboral, agotamiento emocional y alteraciones en la salud mental. Las elevadas demandas laborales, la baja autonomía y el escaso apoyo organizacional fueron identificados como factores determinantes del deterioro del bienestar y del incremento del ausentismo. Estos resultados son coherentes con los hallazgos reportados por Duchaine et al. (2020) y Andersen et al. (2022).

Se observaron diferencias relevantes entre las modalidades de trabajo. Los teleoperadores y trabajadores de centros de contacto presentaron una mayor exposición a demandas emocionales, presión por indicadores y supervisión continua. Por el contrario, en el teletrabajo y trabajo remoto adquirieron mayor relevancia la hiperconectividad, el aislamiento social y las dificultades para la desconexión digital (Antunes et al., 2023; Wöhrmann & Ebner, 2021).



Asimismo, la evidencia permitió identificar que el deterioro de las condiciones psicosociales no solo incrementa el ausentismo, sino que también favorece fenómenos como el presentismo, la disminución del rendimiento laboral y el aumento de la rotación de personal.

Los resultados obtenidos son consistentes con los postulados del modelo Demanda-Control-Apoyo de Karasek y Theorell (1990), según el cual la combinación de altas demandas y bajo control favorece la aparición de estrés laboral y sus consecuencias sobre la salud. De igual manera, los hallazgos respaldan el modelo Esfuerzo-Recompensa de Siegrist (1996), que plantea que el desequilibrio entre el esfuerzo invertido y las recompensas percibidas constituye un factor generador de estrés y enfermedad.

Desde la perspectiva del modelo Demandas-Recursos Laborales, Bakker y Demerouti (2017) señalan que las elevadas demandas laborales, cuando no son compensadas por recursos organizacionales suficientes, favorecen el agotamiento y el deterioro del bienestar. En consecuencia, los resultados obtenidos sugieren que el estrés laboral actúa como un mecanismo intermedio entre los riesgos psicosociales y el ausentismo.

Las consecuencias derivadas de los riesgos psicosociales trascienden el ámbito individual y repercuten sobre la productividad, la calidad del servicio, el presentismo, la rotación del personal y la sostenibilidad organizacional, aspectos especialmente relevantes en sectores caracterizados por elevadas exigencias emocionales y una intensa interacción con usuarios y clientes.

Las repercusiones derivadas de estos factores trascienden el ámbito individual y afectan la productividad, la calidad del servicio, el clima laboral y la sostenibilidad organizacional. En este sentido, las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (2022) resaltan la necesidad de fortalecer las estrategias de promoción de la salud mental y de implementar intervenciones organizacionales orientadas a mejorar las condiciones de trabajo y prevenir los efectos del estrés laboral.

En consecuencia, la implementación de programas de vigilancia epidemiológica para riesgos psicosociales, el fortalecimiento del liderazgo saludable, la promoción de la desconexión digital y el desarrollo de climas de seguridad psicosocial constituyen estrategias fundamentales para prevenir los efectos adversos del estrés laboral y promover entornos de trabajo saludables.

No obstante, la evidencia disponible presenta una considerable heterogeneidad metodológica y una predominancia de estudios observacionales, lo que limita el establecimiento de relaciones causales. Además, se identificó una escasez de investigaciones específicas en teleoperadores y trabajadores de centros de contacto, en comparación con la abundante literatura existente sobre teletrabajo y trabajo remoto.

Conclusiones

La evidencia científica disponible confirma la existencia de una relación consistente entre los riesgos psicosociales, el estrés laboral y el ausentismo en trabajadores vinculados a actividades de teleoperación y trabajo remoto.

El estrés laboral emerge como un mecanismo mediador entre las condiciones psicosociales desfavorables y los efectos sobre la salud y el trabajo, en concordancia con los modelos teóricos de Karasek y Theorell (1990), Siegrist (1996) y Bakker y Demerouti (2017).



Los teleoperadores presentan una mayor exposición a demandas emocionales y presión por indicadores, mientras que en el teletrabajo y trabajo remoto adquieren mayor importancia fenómenos relacionados con hiperconectividad y fatiga digital.

Las consecuencias derivadas de estos factores repercuten negativamente sobre la salud mental, la productividad y la sostenibilidad organizacional. Por ello, resulta necesario fortalecer los programas de vigilancia epidemiológica, promover estrategias de liderazgo saludable y desarrollar intervenciones orientadas a la prevención de los riesgos psicosociales, en concordancia con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (2022).

Finalmente, la limitada disponibilidad de estudios longitudinales y de intervención, especialmente en teleoperadores y trabajadores de centros de contacto, evidencia la necesidad de fortalecer la producción científica en este ámbito y evaluar la efectividad de las estrategias preventivas implementadas.

Palabras clave: factores psicosociales; estrés laboral; absentismo; teletrabajo.

Referencias

Andersen, L. L., Vinstrup, J., Thorsen, S. V., Pedersen, J., Sundstrup, E., & Rugulies, R. (2022). Combined psychosocial work factors and risk of long-term sickness absence in the general working population: A prospective cohort study among 69,371 workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 48(7), 549-558. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4035>

Antunes, E. D., Bridi, L. R. T., Santos, M., & Fischer, F. M. (2023). Part-time or full-time teleworking? A systematic review of the psychosocial risk factors of telework from home. *Frontiers in Psychology*, 14, 1065593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1065593>

Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2017). Job demands-resources theory: Taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 273-285. <https://doi.org/10.1037/ocp0000056>

Duchaine, C. S., et al. (2020). Psychosocial stressors at work and the risk of sickness absence due to a diagnosed mental disorder: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 77(8), 842-851. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2020.0322>

Karasek, R., & Theorell, T. (1990). Healthy work: Stress, productivity and the reconstruction of working life. Basic Books.

Organización Mundial de la Salud. (2022). WHO guidelines on mental health at work. World Health Organization.

Siegrist, J. (1996). Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. *Journal of Occupational Health Psychology*, 1(1), 27-41. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.1.1.27>

Wöhrmann, A. M., & Ebner, C. (2021). Understanding the bright side and the dark side of telework: An empirical analysis of working conditions and psychosomatic health complaints. *New Technology, Work and Employment*, 36(3), 348-370. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12208>



Modelos de evaluación del riesgo cardiovascular en trabajadores en Colombia

Óscar Vergara-García³⁹; Diana Villalobos-Pérez³⁹; Natalia Piraquive-Peña³⁹; Francisco Palencia-Sánchez³.

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan la principal causa de mortalidad y de años de vida perdidos por discapacidad en Colombia. Dado el preocupante aumento de los factores de riesgo en adultos jóvenes, surge la necesidad de evaluar nuevos modelos de tamizaje que incluyan a esta población. Actualmente, en algunas organizaciones y entornos laborales, la evaluación del riesgo cardiovascular se realiza de forma anual en trabajadores mayores de 35 años utilizando la escala de Framingham y FINDRISC. Esta práctica genera un sesgo de selección, ya que excluye a los empleados menores de 35 años de las estrategias de prevención primaria.

Objetivo

El objetivo principal de este estudio fue evaluar los diferentes modelos de estratificación del riesgo cardiovascular para su posible aplicación en la población trabajadora mayor de 18 años durante actividades y semanas de promoción de hábitos de vida saludable.

Metodología

Se llevó a cabo una búsqueda de literatura en bases de datos científicas como PubMed, Google Scholar, Embase y TripDataBase, así como en repositorios académicos. La búsqueda abarcó publicaciones entre los años 2014 y 2024, utilizando términos clave como enfermedades cardiovasculares, Diabetes Mellitus, Colombia y tamizaje. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo de las diferentes escalas y métodos para el tamizaje de riesgo cardiovascular.

Resultados

La revisión identificó seis métodos principales de evaluación del riesgo cardiovascular ajustados o aplicables en Colombia. En primer lugar, el perímetro abdominal y el Índice de Masa Corporal (IMC) son métodos prácticos y accesibles en atención primaria, pero presentan limitaciones, ya que el IMC no distingue entre masa muscular y grasa visceral, y el perímetro abdominal carece de puntos de corte exactos y específicos validados para toda América Latina. En segundo lugar, aunque la escala de Framingham es un instrumento ampliamente validado en Colombia, tiende a sobreestimar el riesgo cardiovascular en aproximadamente un 30 % en personas sin antecedentes, requiriendo un factor de corrección de 0.75. Por su parte, el puntaje AHA/ASCVD ofrece una mejor estimación para la población colombiana, con una sobreestimación mucho menor del 5 %, logrando precisión con un factor de corrección de 0.95. Adicionalmente, las tablas de riesgo cardiovascular de la OMS destacan por ser una

³⁹Estudiantes en formación de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana.

Contacto: fpalencia@javeriana.edu.co

³Ph. D. en Salud Pública. Docente de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana.

Contacto: fpalencia@javeriana.edu.co



herramienta accesible que permite clasificar el riesgo en poblaciones jóvenes e incluso sin necesidad de realizar pruebas de laboratorio, aunque su mayor barrera es la falta de estudios de validación en la población colombiana. Asimismo, la escala FINDRISC cuenta con una adecuada validez en Colombia, alcanzando una sensibilidad del 74 % y especificidad del 60 % con un puntaje mayor a 12, para evaluar la probabilidad de desarrollar diabetes tipo 2 a 10 años. Finalmente, se destaca la Resolución 3280 de 2018, mediante la cual el Ministerio de Salud en Colombia establece que la clasificación y tamizaje del riesgo cardiovascular deben realizarse contemplando el curso de vida empleando herramientas validadas.

Conclusiones

Se recomienda realizar el tamizaje de riesgo cardiovascular en todas las personas mayores de 18 años, seleccionando el instrumento ideal basándose en la edad del paciente y la disponibilidad de pruebas bioquímicas. En este sentido, el uso de la escala FINDRISC es ampliamente recomendado para toda la población trabajadora, sin importar si cuentan o no con exámenes de laboratorio, para determinar el riesgo de padecer DM2. Para los adultos menores de 40 años, así como para toda la población a la que no se le realicen exámenes de laboratorio, se recomienda utilizar las tablas de estratificación de riesgo de la OMS. Por el contrario, para los adultos mayores de 40 años que cuentan con resultados de pruebas bioquímicas, se sugiere aplicar la escala AHA/ASCVD. Es indispensable la realización de nuevos estudios primarios para validar y ajustar los modelos predictivos de riesgo a las características específicas de la población colombiana, tales como etnicidad, estilo de vida y origen geográfico.

Palabras clave: factores de riesgo cardiovascular; tamizaje masivo; infarto de miocardio; accidente cerebrovascular; salud ocupacional.

Referencias

Álvarez-Ceballos, J. C., Álvarez-Múñoz, A. M., Carvajal-Gutiérrez, W., González, M. M., Duque, J. L., & Nieto-Cárdenas, O. A. (2017). Determination of cardiovascular risk in a population. *Colombian Journal of Cardiology*, 24(4), 334-341.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). Evaluación del riesgo cardiovascular y metabólico.

Muñoz, O. M., Rodríguez, N. I., Ruiz, Á., & Rondón, M. (2014). Validation of the Framingham and PROCAM prediction models as estimators of cardiovascular risk in a Colombian population. *Colombian Journal of Cardiology*, 21(4), 202-212.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). Cardiovascular diseases. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-cvds>

Rodríguez-Ariza, C. D., Cabrera-Villamizar, A., Rodríguez-Pulido, A. L., Callegari, S., Ossa Rodríguez, N. A., Pinilla-Roncancio, M., et al. (2023). External validation of the ACC/AHA ASCVD risk score in a Colombian population cohort. *Scientific Reports*, 13(1).



Estrategia preventiva para la discopatía lumbar en soldados profesionales del departamento del Caquetá

Mildred Alexandra Losada Ceballos⁴⁰

Introducción

La discopatía lumbar constituye una de las afecciones musculo esqueléticas de mayor prevalencia e impacto funcional en poblaciones laborales sometidas a altas exigencias físicas. A nivel mundial, los trastornos de la columna lumbar representan una de las principales causas de incapacidad laboral, generando consecuencias no solo en la salud individual de los trabajadores, sino también en la productividad, el desempeño y la sostenibilidad operativa de las organizaciones (Muñoz Poblete et al., 2012). Debido a su carácter multifactorial y a las limitaciones funcionales que puede ocasionar, esta condición se ha consolidado como un importante problema de salud ocupacional que requiere estrategias integrales de prevención e intervención temprana.

En el contexto militar, esta problemática adquiere una relevancia particular debido a que las actividades operativas exigen esfuerzos físicos continuos, transporte de cargas pesadas, desplazamientos prolongados en terrenos irregulares y la adopción de posturas forzadas durante extensas jornadas de trabajo. Estas condiciones incrementan la carga biomecánica sobre la columna vertebral y favorecen la aparición de lesiones musculo esqueléticas que pueden afectar la capacidad física y operativa del personal militar.

Diversos estudios han documentado una incidencia significativa de lesiones osteomusculares asociadas a las exigencias propias del entrenamiento y de las operaciones militares. Valero Capilla et al. (2014) encontraron que durante la fase inicial de formación militar una proporción considerable del personal presentó lesiones relacionadas principalmente con esguinces, tendinitis y sobrecargas derivadas de actividades físicas intensas. De manera similar, Rodríguez et al. (2016), en el contexto colombiano, caracterizaron las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar en cadetes, evidenciando que la exposición constante a altas cargas físicas constituye un factor determinante en la aparición de lesiones, especialmente en las extremidades inferiores y la región lumbar. Asimismo, Arellano-Hidalgo et al. (2020) identificaron que variables como el sobrepeso, la dislipidemia, el tiempo de servicio y los factores ergonómicos propios de la actividad operativa incrementan significativamente el riesgo de desarrollar lumbalgia en personal militar.

El departamento del Caquetá, caracterizado por su geografía selvática, condiciones climáticas exigentes y escenarios operacionales de alta complejidad, representa un entorno donde convergen múltiples factores de riesgo para la salud musculo esquelética. El transporte de cargas superiores a los límites recomendados, las marchas prolongadas con equipamiento militar completo, la adopción de posturas forzadas durante actividades tácticas y la limitada disponibilidad de espacios destinados

⁴⁰Estudiante del Programa Profesional en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Perteneció a la Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA), al Grupo de Investigación de la Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA) y es integrante del Semillero de Investigación INNOVASAFE.
Contacto: malosadace@unadvirtual.edu.co



a la recuperación física aumentan considerablemente la exposición a factores de riesgo ergonómico asociados con la discopatía lumbar. Estas condiciones, sumadas a la necesidad de fortalecer las acciones preventivas desde el enfoque de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), configuran un contexto que demanda intervenciones orientadas a la protección de la salud y el bienestar del personal militar.

Ante este panorama, resulta fundamental diseñar estrategias preventivas sustentadas en evidencia científica que permitan reducir la exposición a los factores de riesgo identificados y fortalecer la cultura del autocuidado dentro de las unidades militares. En este sentido, el presente trabajo propone una estrategia preventiva integral orientada a disminuir el riesgo de discopatía lumbar en soldados profesionales que desarrollan actividades operativas en el departamento del Caquetá. Adicionalmente, busca aportar herramientas prácticas y técnicamente fundamentadas que apoyen la toma de decisiones en los programas de Seguridad y Salud en el Trabajo, contribuyendo a la prevención de trastornos musculoesqueléticos, al mejoramiento de la calidad de vida del personal y al fortalecimiento de la capacidad operativa institucional.

Objetivo

Diseñar una estrategia preventiva desde el enfoque de Seguridad y Salud en el Trabajo, orientada a disminuir el riesgo de discopatía lumbar en soldados profesionales que desarrollan actividades operativas en el departamento del Caquetá, mediante la identificación de los principales factores de riesgo ergonómico asociados y la formulación de acciones de educación, prevención y promoción de la salud aplicables al contexto militar.

Metodología

La presente investigación se desarrolló mediante un estudio descriptivo con enfoque cualitativo, sustentado en una revisión documental de literatura científica y normativa relacionada con los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral, los factores de riesgo ergonómico y las estrategias de prevención aplicables a poblaciones sometidas a altas exigencias físicas. Este enfoque permitió recopilar, analizar e interpretar evidencia científica relevante para la comprensión de la discopatía lumbar como problema de salud ocupacional en el contexto militar.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos académicas reconocidas, entre ellas SciELO, Dialnet y repositorios institucionales universitarios, utilizando descriptores como discopatía lumbar, lumbalgia ocupacional, factores de riesgo ergonómico, personal militar y Seguridad y Salud en el Trabajo, combinados mediante operadores booleanos para optimizar la recuperación de información pertinente y actualizada.

Como criterios de inclusión se consideraron artículos científicos publicados en español e inglés, investigaciones relacionadas con trastornos musculoesqueléticos en trabajadores expuestos a alta carga física, estudios realizados en contextos militares o similares (fuerzas armadas, cuerpos de seguridad, bomberos y personal naval), así como documentos normativos vigentes en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo aplicables al contexto colombiano. Se excluyeron publicaciones sin soporte metodológico verificable, documentos duplicados y aquellos que no contaban con acceso al texto completo.



Posteriormente, se realizó un análisis crítico de la información recopilada con el propósito de identificar los principales factores de riesgo asociados a la aparición de discopatía lumbar en soldados profesionales. De manera complementaria, se examinaron las características operativas propias del departamento del Caquetá, tales como el transporte frecuente de cargas pesadas, los desplazamientos prolongados en terrenos irregulares, las posturas forzadas y las condiciones ambientales adversas, factores que incrementan la carga biomecánica sobre la columna vertebral y favorecen el desarrollo de alteraciones musculo esqueléticas.

Con base en la evidencia analizada y en las condiciones particulares del contexto militar, se diseñó una estrategia preventiva integral orientada a la reducción de los factores de riesgo ergonómico identificados. La propuesta se estructuró en componentes de educación, fortalecimiento físico, pausas activas, vigilancia de la salud musculo esquelética y promoción del autocuidado, con el propósito de ofrecer una alternativa práctica, viable y adaptable a los programas de Seguridad y Salud en el Trabajo de las unidades militares, contribuyendo a la protección de la salud, el bienestar y la capacidad operativa de los soldados profesionales.

Resultados

El análisis documental permitió identificar que los factores ergonómicos con mayor asociación al desarrollo de discopatía lumbar en soldados profesionales corresponden al transporte frecuente de cargas superiores a los límites recomendados, las marchas prolongadas con equipamiento militar completo, la adopción de posturas forzadas durante actividades operativas y la limitada implementación de pausas activas durante la jornada laboral. Estas condiciones generan una sobrecarga biomecánica constante sobre la columna vertebral, aumentando el riesgo de alteraciones musculo esqueléticas que pueden afectar el desempeño físico y la capacidad operativa del personal militar.

Los hallazgos obtenidos son consistentes con lo reportado por Escudero-Sabogal y Borre-Ortiz (2021), quienes señalan que el levantamiento manual de cargas, las posturas forzadas de la columna vertebral y los movimientos repetitivos de flexión y rotación del tronco constituyen factores de riesgo ergonómico con sólida evidencia científica para el desarrollo de trastornos lumbares. De igual manera, Muñoz Poblete et al. (2012) determinaron que la exposición a movimientos repetitivos y a vibración corporal incrementa significativamente la probabilidad de presentar dolor musculo esquelético en la columna vertebral, condiciones que se encuentran presentes en las actividades militares relacionadas con el desplazamiento en vehículos tácticos, el transporte de equipos y el cumplimiento de operaciones en terrenos de difícil acceso.

A partir de la evidencia recopilada y del análisis de las condiciones operativas propias del departamento del Caquetá, se diseñó una estrategia preventiva integral orientada a disminuir la exposición a los factores de riesgo identificados. La propuesta se estructuró en cuatro componentes fundamentales.

El primer componente corresponde a la educación en higiene postural, orientada a fortalecer los conocimientos del personal militar sobre técnicas seguras para el levantamiento, transporte y manejo de cargas, así como la adopción de posturas adecuadas durante el desarrollo de actividades operativas. El segundo componente contempla el fortalecimiento muscular de la región lumbar y abdominal, con



el propósito de mejorar la estabilidad de la columna vertebral y aumentar su capacidad de respuesta frente a las exigencias físicas propias del servicio militar.

El tercer componente propone la implementación de pausas activas programadas, dirigidas a disminuir la fatiga muscular acumulada, favorecer la movilidad articular y reducir la exposición continua a posturas estáticas o forzadas. Finalmente, el cuarto componente promueve el autocuidado y la adopción de hábitos saludables, incluyendo recomendaciones relacionadas con el descanso adecuado, la hidratación, el control del peso corporal y la realización de actividad física complementaria orientada al mantenimiento de la salud musculo esquelética.

Adicionalmente, la estrategia incorpora acciones de sensibilización y capacitación permanente dirigidas al personal militar, con el fin de fortalecer la cultura preventiva y fomentar conductas orientadas al cuidado de la salud. Asimismo, se propone la utilización de instrumentos validados de vigilancia epidemiológica, como el cuestionario Nórdico de Kuorinka, para la identificación temprana de síntomas musculo esqueléticos y la intervención oportuna desde los servicios de sanidad militar.

Finalmente, se plantea la articulación de estas acciones con los programas institucionales de acondicionamiento físico y Seguridad y Salud en el Trabajo, permitiendo que la prevención de la discopatía lumbar se integre de manera transversal a las actividades operativas habituales. Esta integración favorece la sostenibilidad de la estrategia y contribuye al fortalecimiento de la salud, el bienestar y la capacidad operativa de los soldados profesionales desplegados en el departamento del Caquetá.

Conclusiones

La discopatía lumbar representa un problema relevante de salud ocupacional en contextos laborales que implican altas exigencias físicas, como ocurre en las actividades operativas desarrolladas por los soldados profesionales en regiones de difícil acceso como el departamento del Caquetá. La evidencia científica revisada confirma que esta condición no es exclusiva de las Fuerzas Militares colombianas, sino que constituye una problemática ampliamente documentada en diferentes cuerpos armados y organismos de seguridad a nivel internacional (Arellano-Hidalgo et al., 2020; Valero Capilla et al., 2014), lo que evidencia la necesidad de abordarla de manera integral desde el enfoque de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Los resultados obtenidos permitieron identificar qué factores como el transporte frecuente de cargas pesadas, las marchas prolongadas con equipamiento militar completo, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos constituyen elementos determinantes en la aparición de trastornos lumbares. Estas condiciones, inherentes a muchas de las actividades operativas militares, generan una sobrecarga biomecánica constante que incrementa el riesgo de afectación musculo esquelética y puede comprometer el bienestar, la capacidad funcional y el desempeño físico del personal militar.

La estrategia preventiva propuesta demuestra que es posible intervenir de manera efectiva sobre los factores de riesgo identificados mediante acciones de educación en higiene postural, fortalecimiento muscular, implementación de pausas activas, promoción del autocuidado y vigilancia de la salud musculo esquelética. Estas medidas contribuyen a disminuir la exposición a riesgos ergonómicos, fortalecer las capacidades individuales de prevención y promover una cultura institucional orientada al cuidado de la salud y la prevención de lesiones.



Asimismo, se concluye que la prevención de la discopatía lumbar no depende exclusivamente de la modificación de las condiciones operativas, muchas de las cuales son inherentes al cumplimiento de la misión militar, sino también de la incorporación de estrategias sostenibles que fortalezcan el autocuidado, la preparación física y la detección temprana de síntomas musculoesqueléticos dentro de los programas institucionales de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Finalmente, se destaca la necesidad de desarrollar investigaciones de carácter empírico que permitan evaluar la efectividad de las estrategias preventivas propuestas en escenarios reales de operación. Estudios futuros orientados a determinar la prevalencia de discopatía lumbar en soldados profesionales y a medir el impacto de las intervenciones preventivas contribuirán a la generación de evidencia científica local que fortalezca la toma de decisiones en materia de salud ocupacional militar. La sostenibilidad y el éxito de la estrategia planteada dependerán del compromiso institucional para incorporarla de manera permanente dentro de la planificación operativa, garantizando así la protección de la salud, el bienestar y la capacidad operativa del personal militar.

En conclusión, invertir en la prevención de la discopatía lumbar no solo representa una acción de protección de la salud del soldado profesional, sino también una estrategia institucional que contribuye al fortalecimiento de la capacidad operativa, la reducción del ausentismo laboral y el cumplimiento eficiente de la misión militar en territorios de alta complejidad como el departamento del Caquetá.

Palabras clave: seguridad en el trabajo; trastornos musculoesqueléticos; prevención de riesgos laborales; factores de riesgo ergonómico; personal militar.

Referencias

Arellano-Hidalgo, R., Mendoza-Cernaqué, S., & Luna-Muñoz, C. (2020). Factores de riesgo asociados a la lumbalgia en marinos atendidos por consultorio externo del centro médico naval. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 20(1), 82-87. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v20i1.2550>

Escudero-Sabogal, I. del R., & Borre-Ortiz, Y. M. (2021). Riesgos ergonómicos de carga física y lumbalgia ocupacional en una institución de educación superior en Cartagena, Colombia. *Revista Libre Empresa*, 18(1), 73-91. <https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempresa.2021v18n1.8704>

Muñoz Poblete, C., Vanegas López, J., & Marchetti Pareto, N. (2012). Factores de riesgo ergonómico y su relación con dolor musculoesquelético de columna vertebral: basado en la primera encuesta nacional de condiciones de empleo, equidad, trabajo, salud y calidad de vida de los trabajadores y trabajadoras en Chile (ENETS) 2009-2010. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 58(228), 194-204. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2012000300004>

Rodríguez, J. S., Valenzuela, J. A., Velasco, J. D., Castro, L. E., & Melo, P. J. (2016). Caracterización de las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. *Revista Cuidarte*, 7(1), 1219-1226. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.v7i1.301>

Valero Capilla, F. A., Franco Bonafonte, L., & Rubio Pérez, F. J. (2014). Lesiones de los sargentos alumnos del Ejército de Tierra y factores de riesgo lesional. *Sanidad Militar*, 70(4), 263-269.



Factores relacionados con estrés, ansiedad, depresión, trastornos del sueño, lesiones osteomusculares y resiliencia en trabajadores del sector salud - Barranquilla, 2025

Adriana María Torres Cadena⁴¹; Jesús Eduardo Ríos Ávila⁴¹; Martha Mercado Coronado⁴¹.

Introducción

Los trastornos mentales como la ansiedad y la depresión generan una importante carga económica y social a nivel mundial, afectando la productividad y el bienestar de los trabajadores. En el sector salud, estas problemáticas presentan alta prevalencia, agravadas por condiciones laborales exigentes y la limitada implementación de estrategias de promoción y prevención en salud mental dentro de los entornos laborales. Esta situación incrementa el ausentismo, disminuye el desempeño y compromete la seguridad laboral, evidenciando la necesidad de fortalecer los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo mediante la evaluación e intervención de riesgos psicosociales.

Objetivo

Analizar los factores asociados con estrés, ansiedad, depresión, trastornos del sueño, lesiones osteomusculares y resiliencia en trabajadores del sector salud en Barranquilla en el periodo 2025. Metodología: Estudio cuantitativo, de paradigma positivista y diseño transversal de prevalencia, realizado en 72 trabajadores seleccionados mediante muestreo aleatorio simple. Se aplicaron instrumentos validados: inventarios de Beck (ansiedad y depresión), escala de estrés, escala breve de resiliencia, cuestionario nórdico y cuestionario de trastornos del sueño de Monterrey. Se emplearon análisis descriptivos e inferenciales (chi cuadrado, t de Student) y regresión multinomial en SPSS v26. Resultados: Predominó el sexo femenino (63 %) con edad media de 36 años. Se evidenció alta prevalencia de ansiedad moderada, asociada con antigüedad laboral ($p=0,045$) y uso de dispositivos electrónicos ($p<0,001$). El estrés fue mayor en mujeres, constituyéndose como factor de riesgo significativo ($OR=7,04$; $p=0,002$). La depresión se presentó en niveles leves a moderados sin asociaciones significativas. La resiliencia mostró niveles medios y altos, actuando como factor protector. Conclusiones: Se evidencian alteraciones en la salud mental del personal sanitario, especialmente ansiedad y estrés, asociadas a factores laborales y sociodemográficos. Se resalta la necesidad de fortalecer estrategias de prevención del riesgo psicosocial y promoción del bienestar.

Metodología

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, paradigma positivista y diseño transversal de prevalencia. Su alcance fue correlacional, orientado a identificar relaciones entre estrés, ansiedad, depresión, resiliencia, trastornos del sueño y lesiones osteomusculares en trabajadores del sector salud de Barranquilla. La población estuvo conformada por 70 trabajadores que cumplían criterios de inclusión establecidos. Se utilizaron instrumentos psicométricos validados internacionalmente, entre ellos el Inventario de Ansiedad de Beck, Inventario de Depresión de Beck, Escala Breve de Resiliencia,

⁴¹Corporación Universitaria Minuto De Dios (Colombia).
Contacto: jesus.rios@uniminuto.edu.co



Escala de Estrés Percibido, Cuestionario Nórdico Modificado y el Cuestionario de Trastornos del Sueño de Monterrey.

Resultados

Los resultados mostraron que la mayoría de los trabajadores utilizaba dispositivos electrónicos durante la jornada laboral y realizaba pausas activas. Predominó la contratación fija y la vinculación a instituciones privadas. Respecto a la ansiedad, se identificó asociación significativa con la antigüedad laboral y el tiempo de uso de dispositivos electrónicos, indicando que una mayor exposición laboral y tecnológica incrementa el riesgo de síntomas ansiosos.

En depresión, solo se identificó un caso moderado sin asociaciones estadísticas relevantes. La resiliencia presentó niveles predominantemente moderados y mostró relación significativa con las horas de trabajo y la carga laboral, evidenciando influencia de las condiciones organizacionales en la capacidad de afrontamiento de los trabajadores.

En cuanto al estrés, las mujeres presentaron mayores niveles moderados y altos en comparación con los hombres, encontrándose asociación estadísticamente significativa entre sexo femenino y estrés laboral. Asimismo, se identificaron lesiones musculoesqueléticas principalmente en tronco superior, tronco inferior y zona lumbar, relacionadas con posturas prolongadas, movimientos repetitivos y carga física en áreas operativas, administrativas y asistenciales.

Los trastornos del sueño también mostraron asociación significativa con el área de trabajo, especialmente en personal asistencial, servicios generales y laboratorio, evidenciando influencia del tipo de labor desempeñada. Además, la resiliencia se relacionó significativamente con edad, nivel educativo y carga laboral, encontrándose mayor probabilidad de resiliencia alta en trabajadores con posgrado.

Conclusiones

La investigación analizó factores asociados al estrés, ansiedad, depresión, trastornos del sueño, lesiones osteomusculares y resiliencia en trabajadores de salud de Barranquilla en 2025. Los resultados evidenciaron alta prevalencia de ansiedad moderada, relacionada con antigüedad laboral y uso de dispositivos electrónicos, mientras que el estrés laboral tuvo mayor incidencia en mujeres. La depresión se presentó en niveles leves y moderados. La resiliencia predominó en niveles medios y altos, actuando como factor protector. También se identificaron alteraciones del sueño y lesiones osteomusculares vinculadas a carga física, posturas prolongadas y turnos rotativos. El estudio concluye que existen múltiples riesgos biopsicosociales que afectan el bienestar y desempeño laboral, resaltando la necesidad de estrategias institucionales de prevención, promoción de la salud mental y fortalecimiento de la resiliencia.

Palabras clave: estrés psicológico; trastornos de ansiedad; trastornos del sueño-vigilia; enfermedades musculoesqueléticas; resiliencia de los sistemas de la salud.



Referencias

Agyapong, B., Brett-MacLean, P., Burbback, L., Agyapong, V. I. O., & Wei, Y. (2023). Interventions to Reduce Stress and Burnout among Teachers: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph20095625>

Agyapong, B., Obuobi-Donkor, G., Burbback, L., & Wei, Y. (2022). Stress, Burnout, Anxiety and Depression among Teachers: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17). <https://doi.org/10.3390/ijerph191710706>

Aldrete-Rodríguez, M. G., Navarro-Meza, C., González-Baltazar, R., Contreras-Estrada, M. I., & Pérez-Aldrete, J. (2015). Factores psicosociales y síndrome de burnout en personal de enfermería de una unidad de tercer nivel de atención a la salud. *Ciencia & Trabajo*, 17(52), 32-36. <https://doi.org/10.4067/S0718-24492015000100007>

Amaya A, A. C. (2024). Análisis de Situación de la Salud Mental con Énfasis en Determinantes Sociales. Colombia, 2024.

Arrieta-Vergara, K., Cárdenas, S. D., & Martínez, F. G. (2013). Síntomas de depresión, ansiedad y estrés en estudiantes de odontología: prevalencia y factores relacionados. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 42(2), 173-181. [https://doi.org/10.1016/S0034-7450\(13\)70004-0](https://doi.org/10.1016/S0034-7450(13)70004-0)

Arroyo, R., Cruz, D., & Restrepo, J. (2021). Sistema Nacional de Formación para el Trabajo y desarrollo humano en Colombia: consideraciones finales. *Revista Venezolana de Gerencia*, (93), 158-177.

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia.

Aust, B., Leduc, C., Cresswell-Smith, J., O'Brien, C., Rugulies, R., Leduc, M., Dhalaigh, D. N., et al. (2024). The effects of different types of organisational workplace mental health interventions on mental health and wellbeing in healthcare workers: a systematic review. In *International Archives of Occupational and Environmental Health* (Vol. 97, Number 5). <https://doi.org/10.1007/s00420-024-02065-z>

Barreto-Andrade, J. A., Aldas-Arcos, H. G., Abril-Ulloa, S. V., Cobos-Bermeo, N. A., & Calle-Estrella, A. S. (2024). Factores determinantes y métodos de diagnóstico de los trastornos musculoesqueléticos de la columna vertebral en administrativos. Revisión bibliográfica. *Retos*, 63, 165-176. <https://doi.org/10.47197/retos.v63.105501>

Barreto-Andrade, J. A., Aldas-Arcos, H. G., Abril-Ulloa, S. V., Cobos-Bermeo, N. A., & Calle-Estrella, A. S. (2025). Determining factors and diagnostic methods of musculoskeletal disorders related to the spine in administrative workers. *Bibliographical Review. Retos*, 63, 165-176.

Línea temática:

Gestión del riesgo químico





Gradiente de exposición ocupacional a solventes y efectos neurotóxicos tempranos en trabajadores de la industria del calzado en Bucaramanga, Colombia: un estudio de corte transversal

Liliana Margarita Pérez Olmos⁴²; Pedro Emilio Jaimes Delgado⁴³; Wilman Yesid Ardila Barbosa⁴⁴; Hermes Ramón González Acevedo⁴⁵; Fredy Angarita Reina⁴⁶.

Introducción

La industria del calzado constituye uno de los sectores manufactureros con mayor exposición ocupacional a compuestos orgánicos volátiles (COV), particularmente durante actividades de pegado, acabado, limpieza y ensamblaje. Los trabajadores se encuentran expuestos de manera rutinaria a mezclas complejas de solventes orgánicos provenientes de adhesivos, limpiadores y diluyentes, lo que representa un riesgo importante para la salud ocupacional (Abouee-Mehrizi et al., 2024; Vermeulen et al., 2004).

Tradicionalmente, el benceno ha recibido especial atención debido a su potencial carcinogénico. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que otros solventes, especialmente el tolueno, pueden desempeñar un papel predominante en la aparición de efectos neurotóxicos tempranos en poblaciones expuestas (Dick, 2006). La exposición prolongada a mezclas de solventes se ha asociado con cefalea, irritabilidad, alteraciones cognitivas, trastornos del sueño, fatiga y deterioro neuroconductual (Jiménez-Barbosa et al., 2011).

El sector calzado de Bucaramanga representa un escenario relevante para el estudio de estos efectos debido al uso intensivo de productos químicos y a la heterogeneidad de las condiciones de trabajo. En este contexto, resulta necesario identificar tempranamente posibles alteraciones neurotóxicas y fortalecer las estrategias de prevención y vigilancia epidemiológica.

Objetivo

Evaluar la asociación entre el gradiente de exposición ocupacional a solventes orgánicos y la presencia de efectos neurotóxicos tempranos en trabajadores del sector calzado de Bucaramanga, Colombia, contextualizando los hallazgos mediante monitoreo ambiental, biomonitoreo urinario y análisis citogenético exploratorio.

Metodología

Se realizó un estudio analítico de corte transversal utilizando bases de datos archivadas correspondientes al trabajo de campo desarrollado entre 2019 y 2020 en empresas del sector calzado de Bucaramanga,

⁴²Ph. D. (c) en Dirección de Proyectos. Investigadora asociada (I) reconocida por MinCiencias. Docente investigadora de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), Colombia.

⁴³Ph. D. (c) en Educación, magíster en Prevención de Riesgos Laborales. Investigador asociado (I) reconocido por MinCiencias. Docente investigador de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO).

⁴⁴Doctor en Educación. Docente investigador de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia.

⁴⁵Magíster en Prevención de Riesgos Laborales. Docente investigador de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia.

⁴⁶Doctor en Proyectos. Investigador senior (IS) reconocido por MinCiencias. Docente investigador de la Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia.

Contacto: liliana.perez@uniminuto.edu



Colombia. El proyecto contempló inicialmente una muestra de 450 trabajadores; sin embargo, el archivo final incluyó información de 469 trabajadores con clasificación por grupos de exposición ocupacional.

La caracterización de la exposición se realizó mediante dos estrategias complementarias: la clasificación de trabajadores según grupos de exposición definidos en el proyecto y el monitoreo ambiental de compuestos orgánicos volátiles en diez fábricas de calzado.

La evaluación de los efectos neurotóxicos se efectuó mediante el cuestionario modificado Q16, ampliamente utilizado para la detección temprana de síntomas neurotóxicos asociados a la exposición ocupacional a solventes (Jiménez-Barbosa et al., 2011). Adicionalmente, se analizaron biomarcadores urinarios de exposición al benceno (ácido S-fenilmercaptúrico, S-PMA) y el ensayo de micronúcleos como indicador de daño genotóxico temprano.

Se aplicaron análisis descriptivos e inferenciales mediante pruebas ANOVA, MANOVA y Kruskal-Wallis, considerando un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$.

Resultados

El grupo de exposición ocupacional más frecuente correspondió al Grupo 2 (42,6 %), seguido por el Grupo 1 (36,2 %) y el Grupo 3 (21,1 %). La edad promedio aumentó progresivamente entre grupos de exposición.

El monitoreo ambiental realizado en diez fábricas evidenció que las concentraciones de benceno se encontraron dentro de los límites legales establecidos. Sin embargo, el tolueno superó los valores ocupacionales recomendados en todas las fábricas evaluadas, registrando concentraciones entre 43,15 y 101,43 ppm.

Los resultados del cuestionario Q16 mostraron que el 37,85 % de los trabajadores presentó riesgo de neurotoxicidad. Asimismo, el Grupo 2 presentó la mayor carga de síntomas neurotóxicos ($33,61 \pm 11,32$), seguido del Grupo 3 ($30,99 \pm 10,54$) y del Grupo 1 ($29,06 \pm 12,30$), evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre grupos (ANOVA $p = 0,005$; Kruskal-Wallis $p < 0,001$).

En contraste, el biomonitoreo urinario mediante S-PMA mostró una señal mínima de exposición específica al benceno, mientras que el análisis de micronúcleos no evidenció diferencias significativas entre grupos de exposición.

Los hallazgos sugieren que el principal riesgo ocupacional en el sector calzado estudiado se encuentra asociado a la exposición a mezclas de solventes, particularmente al tolueno, más que al benceno de forma aislada.

Conclusiones

La carga de síntomas neurotóxicos constituyó el indicador más consistente de afectación temprana en los trabajadores del sector calzado de Bucaramanga. El monitoreo ambiental evidenció un escenario



de exposición ocupacional dominado por el tolueno y otros compuestos orgánicos volátiles, más que por el benceno específicamente.

Los resultados respaldan la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención mediante sustitución de solventes, implementación de controles de ingeniería, mejora de los sistemas de ventilación, uso adecuado de elementos de protección personal y vigilancia epidemiológica orientada a la detección temprana de efectos neurotóxicos.

Asimismo, se recomienda profundizar futuras investigaciones relacionadas con biomarcadores moleculares, susceptibilidad genética y alteraciones epigenéticas asociadas a la exposición ocupacional a solventes orgánicos.

Palabras clave: exposición ocupacional; solventes orgánicos; industria del calzado; neurotoxicidad; compuestos orgánicos volátiles.

Referencias

Abouee-Mehrizi, A., Soltanpour, Z., Mohammadian, Y., Sokouti, A., & Barzegar, S. (2024). Health risk assessment of exposure to benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene in shoe industry-related workplaces. *Toxicology and Industrial Health*, 40(1-2), 33-40. <https://doi.org/10.1177/07482337231212693>

Dick, F. D. (2006). Solvent neurotoxicity. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(3), 221-226. <https://doi.org/10.1136/oem.2005.022400>

Heuser, V. D., Erdtmann, B., Kvitko, K., Rohr, P., & da Silva, J. (2007). Evaluation of genetic damage in Brazilian footwear workers: Biomarkers of exposure, effect, and susceptibility. *Toxicology*, 232(3), 235-247. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2007.01.011>

Jiménez-Barbosa, Í., Khuu, S., & Ying Boon, M. (2011). Modificación del cuestionario de síntomas neurotóxicos (Q16). *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 9(1), 19-37. <https://doi.org/10.19052/sv.182>

Lundberg, I., Högberg, M., Michélsen, H., Nise, G., & Högstedt, C. (1997). Evaluation of the Q16 questionnaire on neurotoxic symptoms and a review of its use. *Occupational and Environmental Medicine*, 54(5), 343-350. <https://doi.org/10.1136/oem.54.5.343>

Vermeulen, R., Lan, Q., Zhang, L., Li, G., Chen, S., Song, Z., Shen, M., Alter, B. P., Smith, M. T., Rothman, N., & Hayes, R. B. (2004). Detailed exposure assessment for a molecular epidemiology study of benzene in two shoe factories in China. *Annals of Occupational Hygiene*, 48(2), 105-116. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh005>

Zhou, Y., Wang, K., Wang, B., Pu, Y., & Zhang, J. (2020). Occupational benzene exposure and the risk of genetic damage: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 20(1), 1113. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09215-1>



Tipologías de agricultores según prácticas seguras en el manejo de agroquímicos en El Santuario, Antioquia

Óscar Quirós-Gómez⁴⁷; Cristina Zuluaga⁴⁸; Cristina Vélez⁴⁸; Gustavo Velázquez⁴⁹; Sonia Margarita Gómez Zuluaga⁴⁸.

Introducción

La exposición ocupacional a plaguicidas continúa siendo un problema relevante de salud pública, especialmente en países de ingresos medios donde persisten limitaciones en la adopción de prácticas seguras. En Colombia, existe escasa evidencia sobre perfiles o tipologías de agricultores según sus comportamientos preventivos frente al uso de agroquímicos. La identificación de estos perfiles puede aportar información útil para diseñar intervenciones focalizadas en salud ocupacional rural.

Objetivo

Caracterizar las prácticas de manejo seguro de agroquímicos e identificar tipologías de agricultores según su adherencia a medidas preventivas en una población rural del municipio de El Santuario, Antioquia.

Metodología

Se realizó un estudio transversal de línea basal en 2024 con 70 agricultores adultos residentes en las veredas Las Lajas y Valle María, en El Santuario (Antioquia, Colombia). Los participantes fueron seleccionados mediante convocatoria comunitaria y debían contar con al menos seis meses de experiencia en labores relacionadas con agroquímicos. La información se obtuvo mediante una encuesta estructurada que recopiló variables sociodemográficas, ocupacionales, de exposición y prácticas seguras. Se evaluaron indicadores como uso de equipo de protección personal (EPP), almacenamiento seguro, disposición de envases, seguimiento de recomendaciones del fabricante y registro de uso de agroquímicos. Además, se midieron biomarcadores séricos (ALT, AST, colinesterasa eritrocitaria y proteína C reactiva). Las tipologías de agricultores se identificaron mediante análisis de conglomerados K-means (k=3), utilizando variables estandarizadas relacionadas con prácticas preventivas.

Resultados

La edad promedio fue de 47,8 años y el tiempo medio de exposición ocupacional a pesticidas fue de 31 años. El 97,1 % de los participantes eran hombres y el 64,3 % reportó haber recibido capacitación en manejo seguro de plaguicidas. Sin embargo, las prácticas preventivas mostraron importantes brechas: el 45,7 % indicó no usar nunca EPP y solo el 21,4 % afirmó utilizarlo siempre. Asimismo, el 85,7 % no realizaba registros del uso de agroquímicos y únicamente el 12,9% reportó una disposición adecuada de envases. Aunque el 74,3 % manifestó almacenar los pesticidas de forma segura, persistieron deficiencias en otras medidas de protección.

⁴⁷Estancia posdoctoral MinCiencias ⁹³⁴. Universidad CES. Laboratorio Clínico Santa Teresa de Ávila.

⁴⁸Laboratorio Clínico Santa Teresa de Ávila, Santuario, Antioquia.

⁴⁹Secretaría de Agricultura de El Santuario, Antioquia.

Contacto: gustavovelasquezalzate@gmail.com



En términos de salud, el 21,4 % reportó al menos una enfermedad crónica y el 12,9% sufrió accidentes laborales relacionados con plaguicidas durante el último año. Los biomarcadores evaluados se encontraron, en general, dentro de rangos esperados, aunque la proteína C reactiva presentó alta variabilidad.

El análisis de conglomerados identificó tres tipologías: (1) “cumplidores parciales” (38,6 %), caracterizados por alta adherencia a prácticas seguras, pero baja capacitación; (2) “capacitados con adherencia parcial” (21,4 %), con alta capacitación, pero menor cumplimiento preventivo; y (3) “capacitados con mayor frecuencia de accidentes” (40,0 %), quienes presentaron alta capacitación y adherencia parcial, pero la mayor frecuencia de accidentes laborales. Estas diferencias evidencian la heterogeneidad de los comportamientos preventivos y de los riesgos ocupacionales.

Conclusiones

Los agricultores evaluados presentaron limitaciones importantes en la adopción sostenida de prácticas seguras, especialmente en el uso de EPP, el manejo de envases y el registro de actividades. La capacitación, por sí sola, no garantiza cambios conductuales sostenidos. La identificación de tipologías de agricultores permite comprender mejor la heterogeneidad de la exposición ocupacional y facilita el diseño de estrategias preventivas diferenciadas que incorporen factores conductuales, estructurales y organizacionales. La integración de biomarcadores y perfiles conductuales puede fortalecer los sistemas de vigilancia e intervención en salud ocupacional rural.

Palabras clave: plaguicidas; salud ocupacional; agricultores; equipo de protección personal; análisis de conglomerados.

Referencias

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Pesticides use and trade, 1990-2023. Rome: FAO; 2025. <https://doi.org/10.4060/cd5968en>

Caro Gamboa LJ, Cortés Puentes PT. Estado del arte de los efectos de plaguicidas de uso agrícola para la salud y el ambiente en Colombia (2007-2019) [Internet]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2020 [citado 2026 Jun 18]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/6cb741b7-ba51-4033-a918-5970bf8f5bb6/content>

Sapbamrer R, Thammachai A. (2020). Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. Environ Res. 185:109444. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109444>

Meneses Cabrera LM. (2022). Consumo e impactos de los agrotóxicos en Colombia: comunidades envenenadas. Saúde debate. 46(spe2):e205. <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E205>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Buenas prácticas agrícolas para la protección de los cultivos y la salud de los consumidores. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1085s/a1085s.pdf>

Línea temática:

Gestión del riesgo de desastres





Aplicación de la metodología semicuantitativa GHA para la evaluación y priorización de riesgos en la gestión de la seguridad hospitalaria de la Fundación Hospital San Pedro de Pasto

James Iván Rojas Santacruz⁵⁰

Introducción

Los hospitales constituyen infraestructura crítica para la sociedad, debido a su papel esencial en la atención de la población durante situaciones normales y de emergencia. Sin embargo, estas instituciones se encuentran expuestas a múltiples amenazas de origen natural, tecnológico y antrópico que pueden afectar la continuidad de los servicios, la seguridad de pacientes y trabajadores, así como la sostenibilidad institucional. En Colombia, la gestión del riesgo hospitalario está respaldada por un amplio marco normativo que incluye la Ley 1523 de 2012, el Decreto 2157 de 2017 y la Resolución 3100 de 2019, entre otras disposiciones que exigen fortalecer las capacidades de preparación, respuesta y recuperación frente a emergencias y desastres.

La Fundación Hospital San Pedro de Pasto, institución de alta complejidad y referencia para el suroccidente colombiano, se ubica en una región caracterizada por amenazas sísmicas y volcánicas asociadas a la influencia del volcán Galeras. Adicionalmente, su complejidad operativa y dependencia de sistemas críticos como energía eléctrica, gases medicinales y tecnologías de información incrementan su vulnerabilidad ante eventos adversos.

Aunque existen herramientas reconocidas internacionalmente para evaluar la seguridad hospitalaria, como el Hospital Safety Index (HSI), estas presentan limitaciones para priorizar escenarios específicos de riesgo y orientar decisiones de inversión y mitigación. Frente a esta necesidad, la metodología Gross Hazard Analysis (GHA) surge como una alternativa semicuantitativa que permite identificar, analizar y jerarquizar riesgos mediante la valoración de la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de sus consecuencias, facilitando la toma de decisiones basada en criterios objetivos.

Objetivo

Aplicar la metodología semicuantitativa Gross Hazard Analysis (GHA) para identificar, analizar y priorizar los escenarios de riesgo hospitalario en la Fundación Hospital San Pedro de Pasto, con el propósito de proponer medidas que fortalezcan la gestión institucional del riesgo de emergencias y desastres, contribuyendo a la resiliencia organizacional y a la continuidad de los servicios de salud.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con alcance descriptivo y aplicado, mediante un diseño no experimental de corte transversal. El estudio se ejecutó en la Fundación Hospital San Pedro durante el periodo 2024-2025.

⁵⁰Profesional Universitario de Emergencias y Desastres, Fundación Hospital San Pedro, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Contacto: emergencias.sst@hospitalsanpedro.org



La metodología se estructuró en cuatro fases: planeación y diagnóstico institucional; recolección de información cualitativa y cuantitativa; análisis y priorización de riesgos; y validación de resultados con formulación de propuestas de mejora. El proceso se apoyó en la revisión documental de normatividad nacional e internacional, análisis del Plan Hospitalario de Emergencias, observación institucional y entrevistas semiestructuradas dirigidas a integrantes del Comité Hospitalario de Emergencias y responsables de los factores de impacto.

La aplicación de la metodología GHA fue adaptada al contexto hospitalario mediante la incorporación de cinco factores de impacto: humano, ambiental, operacional, económico e imagen institucional. Para cada uno de ellos se definieron criterios específicos de severidad ajustados a la realidad de la institución.

La valoración de los escenarios se realizó mediante la combinación de frecuencia de ocurrencia y gravedad de las consecuencias, generando índices comparables que permitieron establecer niveles de aceptabilidad y criticidad. Los riesgos fueron clasificados en categorías aceptables, tolerables e inaceptables, facilitando la priorización de medidas correctivas, prospectivas y de protección financiera.

Resultados

La aplicación de la metodología permitió identificar 31 escenarios de riesgo con potencial de afectar la operación institucional. Estos escenarios incluyeron amenazas naturales, tecnológicas, sanitarias y sociales, reflejando la complejidad del entorno hospitalario.

Del total de escenarios identificados, 17 fueron clasificados como significativos o muy significativos, lo que permitió focalizar el análisis sobre aquellos con mayor capacidad de generar afectaciones a la continuidad de los servicios de salud y a la seguridad de pacientes, trabajadores y visitantes.

La evaluación de riesgos evidenció que el 29 % de los escenarios correspondían a riesgos inaceptables, el 48 % a riesgos tolerables y el 23 % a riesgos aceptables.

Estos resultados demostraron la existencia de amenazas que requieren intervenciones prioritarias para disminuir su frecuencia de ocurrencia y reducir sus consecuencias potenciales.

Los escenarios con mayor nivel de criticidad fueron con calificación Inaceptables: Sismo, Incendio estructural, Fuga de medicamento peligroso, fuga de gas medicinal, afluencia masiva de lesionados, desabastecimiento de agua. Y con calificación Tolerables: Erupción volcánica, fuga de GLP, Pérdida de red eléctrica, epidemias y pandemias. Estos eventos se destacaron por su capacidad de afectar simultáneamente múltiples dimensiones institucionales, incluyendo la seguridad humana, la operación hospitalaria, las finanzas institucionales y la imagen corporativa.

La adaptación de la metodología permitió validar los cinco factores de impacto definidos para el estudio. La participación de los responsables de cada área contribuyó a establecer criterios de severidad acordes con la realidad hospitalaria, fortaleciendo la pertinencia y aplicabilidad de los resultados obtenidos.



La matriz GHA facilitó la construcción de un sistema objetivo de priorización, permitiendo jerarquizar los riesgos según su criticidad y orientar la asignación de recursos hacia aquellos escenarios con mayor impacto potencial. Asimismo, el análisis generó insumos técnicos para la actualización del Plan Hospitalario para la Gestión del Riesgo de Emergencias y Desastres, incorporando medidas de reducción del riesgo clasificadas en acciones correctivas, prospectivas y mecanismos de protección financiera.

Desde una perspectiva institucional, la aplicación de la metodología fortaleció las capacidades analíticas del hospital y promovió una cultura de gestión del riesgo basada en evidencia. Adicionalmente, permitió desarrollar un modelo metodológico replicable para otras instituciones de salud interesadas en fortalecer sus procesos de identificación y priorización de riesgos.

Conclusiones

La aplicación de la metodología Gross Hazard Analysis (GHA) demostró ser una herramienta eficaz para la identificación, análisis y priorización de riesgos hospitalarios en la Fundación Hospital San Pedro de Pasto, permitiendo superar las limitaciones de los enfoques exclusivamente cualitativos utilizados tradicionalmente en la gestión hospitalaria del riesgo.

El estudio evidenció que la institución presenta una exposición significativa a amenazas naturales y tecnológicas, particularmente asociadas a sismos, erupciones volcánicas, incendios estructurales y fallas en servicios críticos. La priorización de 17 escenarios como significativos y muy significativos permitieron construir una visión integral de las vulnerabilidades institucionales.

La incorporación de los factores de impacto humano, ambiental, operacional, económico e imagen institucional enriqueció el análisis y facilitó una comprensión multidimensional del riesgo, favoreciendo procesos de toma de decisiones más completos y ajustados a la realidad hospitalaria.

La clasificación de los riesgos en categorías de aceptabilidad permitió identificar que cerca de una tercera parte de los escenarios evaluados requieren acciones inmediatas de mitigación. Este resultado constituye un insumo fundamental para orientar inversiones, fortalecer la preparación institucional y mejorar la continuidad de los servicios de salud.

La metodología GHA mostró una adecuada compatibilidad con los lineamientos de la gestión integral del riesgo establecidos por la normativa colombiana y los estándares internacionales, especialmente los principios contenidos en la ISO 31000 y las orientaciones de la OPS sobre hospitales seguros.

Finalmente, la investigación aporta un modelo metodológico innovador y replicable para instituciones hospitalarias colombianas, contribuyendo al fortalecimiento de la resiliencia organizacional, la protección de la vida, la reducción de vulnerabilidades y la sostenibilidad de los servicios de salud frente a emergencias y desastres.

Palabras clave: gestión del riesgo hospitalario; Gross Hazard Analysis (GHA); priorización de riesgos; seguridad hospitalaria; resiliencia institucional.



Referencias

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Resolución 3100 de 2019. “Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud”. Colombia. Disponible en: <https://scare.org.co/wp-content/uploads/resolucion-3100-de-2019-versi%C3%B3n-copias-y-pegar.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2024). Hospitales resilientes. Guía interregional para fortalecer la resiliencia ante emergencias y desastres sanitarios en los centros de salud. Washington, DC: OPS. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/61339>

Presidente de la República. (2017). Decreto 2157 de 2017. “Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012”. Colombia. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=199583>

Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012. “Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”. Colombia. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

NFPA 101. (2020). Código de seguridad humana. Disponible en: <https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/psst/wp-content/uploads/sites/217/2023/12/NFPA-101Codigo-de-Seguridad-Humana.pdf>

Ponencia ganadora

Modalidad póster





Estudio del riesgo biomecánico del sector de transporte de pasajeros del municipio de Pamplona en Norte de Santander

Gissell Patricia Prato Velaides⁵¹; Edder Erney Gómez González⁵¹; Jenny Paola Silva Caro⁵¹; José Miguel Escalante Sepúlveda⁵¹; Angélica María Contreras Jáuregui⁵².

Introducción

Hoy en día, cuidar de la salud y seguridad de las personas en sus lugares de trabajo es vital, no solo por su bienestar, sino también para que las empresas funcionen bien. Entre todos los peligros a los que nos enfrentamos al trabajar, los riesgos biomecánicos —es decir, el esfuerzo físico, las malas posturas o los movimientos repetitivos— son de los más comunes y problemáticos. Cuando estos factores se descuidan, aparecen dolores y problemas osteomusculares que dañan la calidad de vida de la gente y provocan que falten al trabajo con frecuencia.

En Colombia, quienes se dedican al transporte de pasajeros viven esto en carne propia debido a la naturaleza de su labor. Por un lado, los conductores pasan horas y horas sentados frente al volante haciendo los mismos movimientos; por el otro, el personal de oficina sufre de fatiga postural por estar todo el día frente a la computadora usando escritorios y sillas poco cómodos. Esta realidad motivó un estudio en el municipio de Pamplona, Norte de Santander, específicamente dentro de la empresa Transportes Especiales Santurbán S.A.S. El objetivo es responder a una pregunta clave: ¿cuáles son los principales riesgos biomecánicos que afectan a los empleados del área operativa y administrativa, y qué podemos hacer para evitar que sufran lesiones en su cuerpo?

Objetivo

Evaluar a fondo el riesgo biomecánico en el sector del transporte de pasajeros en Pamplona, Norte de Santander, enfocando el análisis directamente en la empresa Transportes Especiales Santurbán S.A.S.

Objetivos específicos:

- Conocer el perfil sociodemográfico y las características físicas de los trabajadores bajo estudio.
- Identificar cómo son los puestos y las condiciones ergonómicas en las áreas de oficina y de conducción.
- Analizar con precisión el nivel de peligro biomecánico al que se expone el equipo de trabajo.
- Diseñar propuestas reales y adaptadas al entorno para reducir el impacto de estos riesgos.

⁵¹Estudiante del Programa de Ingeniería Industrial e integrante del Semillero de Seguridad y Salud en el Trabajo SEISSAT. Universidad de Pamplona.

⁵²Ingeniera industrial. Universitaria de Santander (UDES). Candidata a doctorado en Investigación y Docencia de la Universidad Americana de Europa (UNADE). Docente de planta del programa de Ingeniería Industrial y coordinadora del Semillero de Seguridad y Salud en el Trabajo SEISSAT. Universidad de Pamplona.

Contacto: angelicac@unipamplona.edu.co



Metodología

Para este proyecto decidimos usar un enfoque mixto (combinando números y estadísticas con observaciones cualitativas), a través de un diseño descriptivo y transversal. El estudio se está realizando con el personal administrativo y los conductores de la empresa en la terminal de Pamplona. Para que los datos sean confiables, elegimos una muestra representativa con el 95 % de confianza y solo un 5 % de margen de error.

El proceso se divide en varias etapas y actualmente nos encontramos en plena recolección de información en el sitio:

Fase cuantitativa e higiénica (ya ejecutada y en análisis): aplicamos una encuesta detallada de 60 preguntas para conocer la realidad demográfica de los empleados, sus hábitos cotidianos y cómo sienten su entorno laboral. Para medir el estrés físico en las oficinas usamos las metodologías ergonómicas ROSA y RULA, mientras que en la parte operativa nos apoyamos en los métodos REBA u OWAS. Además, fuimos a las instalaciones a medir el confort del ambiente mediante luxometrías (calidad de la luz) y sonometrías (niveles de ruido en oficinas y rutas).

Fase instrumental de vibraciones (pendiente por realizar): tenemos programada y lista la etapa para medir físicamente la Vibración de Cuerpo Entero (VCE) a la que se exponen los conductores utilizando acelerómetros especiales. Este paso es fundamental para completar el mapa de riesgos del transporte.

Fase cualitativa: observamos de cerca y de forma participativa cómo trabajan los empleados tanto en los escritorios como en las cabinas de los vehículos durante sus jornadas reales.

Resultados parciales

Los datos que hemos recopilado hasta el momento nos han permitido avanzar de forma preliminar en las metas propuestas:

1. ¿Cómo es el entorno y qué siente el trabajador?

Al revisar la organización de la empresa, notamos que se trabaja en turnos rotativos y jornadas largas. Un punto crítico es que no existe un programa oficial de pausas activas; los trabajadores se estiran o descansan solo cuando lo consideran necesario. En las oficinas, las personas pasan casi todo el tiempo sentadas tecleando. Aunque afortunadamente no registran accidentes graves ni enfermedades laborales diagnosticadas formalmente, casi todos coincidieron en algo: al terminar el día, sienten molestias y cansancio en el cuello, los hombros y la espalda baja. El clima laboral y de convivencia se reportó como muy bueno.

2. Evaluación a fondo de las oficinas

Revisamos detalladamente los puestos administrativos y encontramos alertas importantes. Tomando como ejemplo la estación de un auxiliar administrativo, observamos lo siguiente:



El mobiliario: la silla no tiene apoyabrazos (lo que obliga a tensar los hombros y apoyar los brazos directo en la mesa), está demasiado alta (las rodillas pierden el ángulo ideal de 90° y los pies no asientan bien en el piso) y el respaldo no se aprovecha correctamente por la profundidad del asiento.

Pantalla y periféricos: la pantalla está muy baja, obligando a doblar el cuello hacia el frente. Al usar el teclado y el ratón (que es demasiado pequeño), las muñecas se desvían y se extienden más de lo recomendado, provocando tensión muscular.

Diagnóstico ergonómico: tras procesar estos datos, el método ROSA dio una puntuación de 6 (riesgo muy alto) y el método RULA una calificación crítica de 7. Ambos indicadores nos dicen con claridad que es urgente rediseñar este puesto de trabajo para proteger la salud del usuario.

3. Primeros pasos con los conductores y mediciones del entorno

Riesgo en la conducción: las primeras observaciones con el método REBA muestran un nivel de riesgo medio (paso de acción 2), lo que significa que es aconsejable intervenir debido a las posturas fijas en cabina y al movimiento constante con el volante y las palancas. Aclaración importante: Este resultado es parcial, ya que aún falta cruzarlo con el análisis instrumental de vibraciones.

Iluminación (luxometrías): con las luces encendidas, las oficinas cumplen bien con las normas de confort visual (registrando entre 392 y 716 lux según el puesto). Sin embargo, si se apagan las lámparas, la luz natural es insuficiente, lo que genera una dependencia total del sistema eléctrico.

Ruido (sonometrías): en las oficinas y dentro de los vehículos en movimiento, los niveles de ruido se mantuvieron por debajo de los 80 decibeles, lo que se considera un riesgo bajo según la ley.

Conclusiones preliminares

Aunque todavía estamos a mitad de camino y los resultados son parciales, este estudio ya está siendo de gran utilidad para mejorar el Sistema de Gestión de la empresa. Los datos actuales en el área de oficinas son tan claros y contundentes que justifican hacer cambios ergonómicos en el mobiliario de inmediato, sin necesidad de esperar a que termine toda la investigación.

En el caso de los conductores, la evidencia nos obliga a avanzar con paso firme hacia la siguiente etapa del proyecto: realizar los análisis de Vibración de Cuerpo Entero (VCE) con los equipos de medición. Solo así podremos entender la relación exacta entre la vibración del vehículo y los dolores de espalda que manifiesta el personal operativo. Con lo que hemos descubierto hasta hoy, confirmamos que es urgente empezar a diseñar rutinas de pausas activas guiadas y capacitar al equipo en higiene postural para cuidar su salud día a día.

Palabras clave: ergonomía; evaluación de riesgos; trastornos musculoesqueléticos; vibración; salud laboral.



Referencias

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. (2023). Repositorio institucional. Disponible en: <https://www.uniminuto.edu>

Ergonautas. (2015). Ergonautas. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: www.ergonautas.com

Eslava, L., & Galvis, Y. (2018). Riesgos biomecánicos en conductores de buses que conllevan a lesiones musculoesqueléticas (Trabajo de grado). Aplicaciones Unipamplona. Repositorio Institucional Universidad de Pamplona. Disponible en: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/>

Marras, W. S., & Karwowski, W. (Eds.). (2006). The Occupational Ergonomics Handbook (2nd ed.). CRC Press.

Silva, L. F., & Figueiredo, M. A. M. (2023). Low back pain in bus drivers and fare collectors: Study of association with exposure to whole-body vibration. Revista Sustinere, 11(1). <https://doi.org/10.12957/sustinere.2023.54608>

Aseguramos Abrazos





Aseguramos Abrazos

