Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,
Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS MODERNAS EN LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

INTEGRATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Freskmann Danilo Silva Marin
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD – Colombia

Rodolfo Andrés Villarreal Pazos
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - Colombia

Gina Patricia Cleves Suaza
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD – Colombia

Daniela Fernanda Hueso Garzón
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD – Colombia

Lorena Andrea Perez Hernandez
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22788

Integración de Tecnologías Modernas en la Seguridad y Salud en el Trabajo

Freskmann Danilo Silva Marin[1]
freskdasilva99@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-2033-8408
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

Rodolfo Andrés Villarreal Pazos
rodolfoandresvillarrealpazos@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-2119-9084
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

Gina Patricia Cleves Suaza
gina.cleves@unad.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-4982-4329
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

Daniela Fernanda Hueso Garzón
daniela.hueso@unad.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-2788-7540
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

Lorena Andrea Perez Hernandez
lorena.perez@unad.edu.co
https://orcid.org/0009-0001-9211-4915
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Colombia

RESUMEN

La seguridad y la salud en el trabajo (SST) atraviesan una transformación silenciosa y profundamente humana impulsada por tecnologías que, bien empleadas, amplían nuestra capacidad de cuidar. Como profesionales de la salud ocupacional, no buscamos sustituir el juicio clínico ni la empatía, sino potenciarlos. Este artículo integra evidencia y experiencia clínica para analizar cómo la inteligencia artificial (IA), los sensores portátiles, el internet de las cosas (IoT), la visión por computador, la telemedicina y la simulación inmersiva pueden anticipar riesgos, personalizar intervenciones y garantizar respuestas oportunas, especialmente en entornos con alta variabilidad de exposición. Describimos el uso de wearables que monitorizan fatiga, carga térmica y ergonomía en tiempo real; redes IoT que convierten máquinas y ambientes en fuentes continuas de datos útiles; y algoritmos de aprendizaje automático que detectan patrones sutiles antes de que se materialicen lesiones o brotes. Abordamos, además, la formación mediante realidad virtual/aumentada para entrenar habilidades críticas en escenarios seguros y controlados, y el papel de la telemedicina y la tele rehabilitación para ampliar cobertura, reducir tiempos de incapacidad y sostener el seguimiento clínico. La adopción responsable exige un marco ético claro: protección de datos personales, transparencia algorítmica, equidad en el acceso y participación de trabajadores y empleadores en el diseño de soluciones. Proponemos una ruta de implementación gradual centrada en el problema, guiada por indicadores clínicos y operativos, y evaluada con métodos rigurosos que facilita la integración en pequeñas y medianas empresas. En síntesis, la tecnología no es un fin, sino un medio para lograr trabajos más seguros, saludables y dignos. Cuando los datos se convierten en decisiones prudentes y las pantallas no opacan el encuentro humano, la SST se vuelve más próxima, preventiva y eficaz.

Palabras clave: Seguridad y salud en el trabajo, inteligencia artificial, sensores portátiles, internet de las cosas, ergonomía

[1] Autor principal
Correspondencia: gina.cleves@unad.edu.co

Integration of modern technologies in occupational safety and health

ABSTRACT

Occupational safety and health (OSH) is undergoing a quiet and profoundly human transformation driven by technologies that, when used properly, expand our ability to care. As occupational health professionals, we do not seek to replace clinical judgment or empathy, but rather to enhance them. This article integrates evidence and clinical experience to analyze how artificial intelligence (AI), wearable sensors, the Internet of Things (IoT), computer vision, telemedicine, and immersive simulation can anticipate risks, personalize interventions, and ensure timely responses, especially in environments with high exposure variability. We describe the use of wearables that monitor fatigue, thermal load, and ergonomics in real time; IoT networks that turn machines and environments into continuous sources of useful data; and machine learning algorithms that detect subtle patterns before injuries or outbreaks materialize. We also address training using virtual/augmented reality to practice critical skills in safe, controlled scenarios, and the role of telemedicine and tele-rehabilitation in expanding coverage, reducing disability times, and sustaining clinical follow-up. Responsible adoption requires a clear ethical framework: personal data protection, algorithmic transparency, equitable access, and worker and employer participation in solution design. We propose a gradual, problem-centered implementation path, guided by clinical and operational indicators and evaluated with rigorous methods that facilitate integration in small and medium-sized enterprises. In short, technology is not an end in itself, but a means to achieve safer, healthier, and more dignified jobs. When data is converted into prudent decisions and screens do not overshadow human interaction, OSH becomes more accessible, preventive, and effective.

***Keywords*:** Occupational health and safety; artificial intelligence; portable sensors; Internet of Things; ergonomics

Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026

INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud en el trabajo (SST) enfrenta desafíos crecientes por la complejidad de los procesos productivos, la intensificación del trabajo y la coexistencia de riesgos físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales. En este contexto, la tecnología moderna que incluye sensores corporales y ambientales, plataformas de IoT, inteligencia artificial, analítica avanzada, robótica colaborativa y soluciones de realidad extendida ofrece una oportunidad única para evolucionar desde modelos reactivos hacia una prevención anticipatoria, personalizada y ética. El problema de investigación que guía este artículo es cómo integrar de manera clínicamente pertinente, segura y socialmente aceptable estas tecnologías a los sistemas de gestión de la SST, de modo que reduzcan eventos adversos y mejoren el bienestar sin generar nuevas brechas de inequidad, vigilancia invasiva o sobrecarga de datos. La relevancia del tema es doble: por un lado, la carga de enfermedad y lesión laboral sigue siendo considerable y, por otro, la madurez digital de las organizaciones avanza a ritmos dispares, lo que crea un vacío entre el potencial preventivo y la implementación efectiva. El trabajo se sustenta en un marco teórico sociotécnico que articula tres pilares: (1) la medicina del trabajo y la ergonomía como base clínica para definir indicadores sensibles al cambio; (2) la teoría de organizaciones de alta confiabilidad para diseñar barreras, redundancias y aprendizaje a partir de cuasi-fallas; y (3) los sistemas de gestión basados en riesgo (p. ej., ISO 45001) como columna organizacional para integrar la evidencia en ciclos de mejora continua. La literatura reciente reporta avances en monitoreo fisiológico continuo, modelos predictivos de fatiga y trastornos musculoesqueléticos, detección de condiciones ambientales peligrosas y entrenamiento seguro mediante realidad virtual; no obstante, persisten lagunas en validación clínica, interoperabilidad, explicabilidad de algoritmos y gobernanza de datos. En América Latina, y particularmente en contextos con recursos limitados, el desafío adicional es garantizar accesibilidad, mantenimiento y formación, así como adaptar las soluciones a marcos regulatorios y culturas de seguridad diversas. Este estudio se desarrolla en el marco de programas de SST de sectores con riesgo mediano y alto, considerando factores históricos y legales propios del entorno regional, y adopta un enfoque aplicado orientado a la toma de decisiones clínicas y gerenciales. La hipótesis central plantea que un modelo de integración tecnológica, centrado en la persona y alineado con la gestión del riesgo, mejorará de forma significativa la oportunidad de las alertas, la adherencia a controles y los resultados

clínicos y organizacionales. El objetivo general es diseñar y proponer un marco de integración de tecnologías modernas en SST que, con base en evidencia clínica y principios éticos, permita priorizar casos de uso, definir indicadores de impacto y orientar la adopción responsable en distintos niveles de madurez digital.

METODOLOGÍA

Enfoque y Diseño del Estudio

Se adopta un enfoque mixto con un diseño explicativo secuencial (cuantitativo → cualitativo). En la fase cuantitativa se implementa un ensayo cuasi-experimental, pretest–postest con grupo control no equivalente, para evaluar el efecto de un paquete tecnológico de seguridad y salud en el trabajo (SST) basado en internet de las cosas (IoT), analítica de datos y aprendizaje automático. La fase cualitativa, de corte fenomenológico-interpretativo, profundiza en la experiencia de uso, aceptabilidad y barreras percibidas, con el fin de explicar los hallazgos cuantitativos y enriquecer la implementación.

Contexto y Población de Estudio

El estudio se realiza en MiPymes de los sectores manufactura liviana y servicios de salud ocupacional en Colombia. La población diana son trabajadores operativos y sus supervisores de seguridad industrial. Las unidades de análisis son los trabajadores; las unidades de intervención son los frentes/áreas de trabajo.

Criterios de Inclusión

Trabajadores con ≥18 años y antigüedad ≥3 meses.

Actividades con exposición a riesgos físicos, ergonómicos o químicos clasificados al menos como moderados por la matriz de peligros institucional.

Consentimiento informado digital firmado.

Criterios de Exclusión

Restricciones médicas que impidan portar wearables.

Embarazo en actividades con restricción de exposición específica.

Rotación laboral programada durante el periodo de intervención.

Tamaño Muestral y Muestreo

Se calcula para detectar una reducción absoluta del 20% en la tasa de incidentes registrables

(OSHA-like) entre pre y post, con α=0,05 y potencia=0,80, asumiendo correlación intraclúster ρ=0,02 y tamaño medio de clúster=25; se ajusta por diseño (DEFF) y 15% de pérdidas. El muestreo es bietápico: (1) selección intencional de empresas que acepten la intervención y cuenten con conectividad mínima; (2) muestreo aleatorio simple de trabajadores elegibles dentro de cada frente.

Intervención Tecnológica (Paquete SST-Tech)

1. Sensórica IoT y wearables: bandas/chapas con acelerómetro/giroscopio y sensores ambientales (ruido, temperatura, humedad, COVs), con registro a 1–5 Hz.
2. Visión por computadora in situ: cámaras en puntos críticos con modelos para detección de EPP y posturas de alto riesgo, procesadas en el borde.
3. Aplicación móvil y panel web: reporte de casi-accidentes, listas de verificación digitales, feedback en tiempo real y analítica descriptiva.
4. Modelo predictivo de riesgo: algoritmo supervisado (XGBoost/Random Forest) que integra telemetría, historial de eventos y cumplimiento de EPP para estimar probabilidad diaria de incidente a nivel persona-tarea.
5. Motor de recomendaciones: nudges personalizados (mensajes, micro-capacitaciones de 2–3 min, ajustes de turnos) basados en el score de riesgo y reglas clínicas-ocupacionales.
6. Gemelo digital del puesto: mapa de calor y simulación de carga térmica/ruido/posturas para priorizar controles de ingeniería.

El grupo control continúa con los procedimientos estándar de la empresa sin acceso al feedback en tiempo real ni al modelo predictivo.

Variables y Resultados

Primario: tasa de incidentes y casi-incidentes por 200.000 h-hombre.

Secundarios: cumplimiento de EPP (% detecciones correctas), exposiciones promedio y picos (dB, °C, COVs), métricas de fatiga/postura (área bajo curva de inclinación), ausentismo por causas relacionadas con SST, cultura de reporte (número/mes) y usabilidad (SUS).

Cualitativos: percepción de utilidad, carga de trabajo, confianza en el sistema, factores facilitadores/obstaculizadores.

Procedimientos de Recolección de Datos

Cuantitativo

Línea base (4 semanas): telemetría pasiva, auditorías de EPP, extracción de registros de SST, encuesta SUS y NPS interno.

Intervención (12 semanas): despliegue SST-Tech, feedback y recomendaciones, auditorías quincenales.

Postintervención (4 semanas): medición de resultados, encuesta SUS y NPS.

Cualitativo

Entrevistas semiestructuradas a muestra teórica de trabajadores, supervisores y médicos laborales (n≈30–40, hasta saturación).

Grupos focales (3–4 sesiones) y observación no participante en puntos críticos.

Revisión documental (protocolos, reportes de incidentes, actas de comité).

Instrumentos y materiales

Guías validadas para entrevistas/focales.

Lista de verificación ergonómica breve.

Cuestionarios SUS y NASA-TLX adaptados.

Pipelines ETL encriptados para sensores, logs de la app y registros administrativos.

Modelos de visión (YOLOv8/DETR) entrenados con dataset anonimizado y augmentations.

Repositorio controlado para versiones de modelos y reglas.

Plan de Análisis

- Preprocesamiento: limpieza de outliers, sincronización temporal, imputación múltiple cuando aplique.
- Efecto de la intervención: modelos lineales generalizados mixtos (Poisson/NegBin) con efectos aleatorios por clúster y ajuste por covariables (edad, sexo, turno, experiencia, estación). Análisis de diferencias-en-diferencias.
- Exposición y cumplimiento: series temporales con modelos ARIMA/ETS y comparación de medias robustas.
- Modelo predictivo: validación cruzada estratificada, AUC-ROC/PR, calibración (Brier, curvas de

calibración) y SHAP para interpretabilidad.

- Cualitativo: codificación abierta y axial, análisis temático reflexivo con triangulación de fuentes y analistas.
- Integración mixta: joint display que conecte efectos cuantitativos con explicaciones cualitativas y recomendaciones operativas.

Consideraciones Éticas y de Seguridad de Datos

Aprobación por comité de ética en investigación con seres humanos. Consentimiento informado digital; derecho a retirar datos. Minimización de datos personales, anonimización, seudonimización y cifrado AES-256 en reposo/TLS en tránsito. Gobernanza algorítmica: registro de versiones, evaluación de sesgos (por género/edad/rol), explicación local de predicciones de alto impacto y canal de reclamaciones. No se usan imágenes para identificación personal; las secuencias de video se procesan en el borde y se descartan tras su inferencia, conservando únicamente metadatos anonimizados. Gestión de riesgos de ciberseguridad con copias de seguridad y pruebas de penetración periódicas.

Limitaciones Previstas

Posible efecto Hawthorne, variabilidad entre clústeres y dependencia de la conectividad para la retroalimentación en tiempo real. Se mitiga con periodo de estabilización, modelos mixtos, almacenamiento en el borde y protocolos offline-first.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hallazgos Cuantitativos. Tras seis meses, la intervención se asoció con disminución sostenida de cuasi-accidentes y mejora del cumplimiento de controles críticos. Las curvas de riesgo horario mostraron "picos" previsibles en cambios de turno y olas de calor internas, lo que permitió redistribuir tareas y ajustar pausas activas. El tiempo de respuesta a alertas se acortó progresivamente al integrar notificaciones al flujo de trabajo, y el cierre de acciones correctivas aumentó cuando el tablero priorizó pocos indicadores "vitales" y los vinculó a responsables definidos. La tasa de incidentes con tiempo perdido tendió a la reducción, aunque con variabilidad entre sectores: mayor efecto en logística (exposición a golpes y sobreesfuerzos) y menor en servicios (riesgos más difusos).

Hallazgos Cualitativos. Los trabajadores reportaron que las tecnologías "les cuidaban" cuando las alertas se traducían en pausas o ajustes concretos, y no en vigilancia disciplinaria. Emergieron tres

condiciones de aceptabilidad: (1) transparencia sobre qué se mide y por qué; (2) control local para "posponer" o "explicar" alertas sin penalización automática; (3) devolución periódica de aprendizajes colectivos en un lenguaje claro. La percepción de dignidad aumentó cuando se empleó un diseño no intrusivo (sensores ambientales y visión por computador sin rostros) y cuando los hallazgos se discutieron en el comité paritario, validando el saber práctico del trabajador.

Interpretación. La combinación IA–IoT funciona como "sentidos extendidos" de la organización: detecta patrones débiles y sugiere microdecisiones que previenen eventos sentinela. Su eficacia no reside solo en los algoritmos, sino en la arquitectura socio-técnica: pocas métricas vitales, gobernanza de datos, ciclos de mejora cortos y co-diseño. La reducción de cuasi-accidentes y la mejora del cumplimiento apoyan la hipótesis de que la anticipación basada en datos desplaza a la reacción post-evento. El menor efecto en incidentes con tiempo perdido en algunos entornos sugiere que riesgos complejos (psicosociales, organizacionales) requieren intervenciones complementarias (gestión de cargas, liderazgo saludable, rediseño del trabajo).

Novedad y Controversias. El aporte principal es demostrar factibilidad y aceptabilidad en MiPymes, usualmente rezagadas en transformación digital. Persiste debate sobre privacidad y potencial sesgo algorítmico; este estudio muestra que la minimización de datos y el control humano significativo son condiciones de posibilidad, no adornos.

Aplicaciones Prácticas. Para escalar, proponemos un paquete mínimo viable: (i) mapa de peligros dinámicos; (ii) dos a cuatro sensores por celda de trabajo; (iii) un modelo simple de detección de anomalías con umbrales ajustables; (iv) tablero con tres métricas vitales; (v) rutina diaria de 10 minutos para revisar alertas y decidir acciones. La inversión es moderada cuando se priorizan casos de uso de alto impacto (calor, ruido, ergonomía, segregación hombre–máquina).

Pertinencia y Prospectiva. Integrar tecnologías modernas en SST no es un fin tecnológico, sino un medio para cuidar la vida y hacer el trabajo más humano. Futuros estudios deberían ampliar el seguimiento a 12–24 meses, incorporar desenlaces psicosociales y comparar arquitecturas algorítmicas con evaluación de equidad. La agenda ética —explicabilidad, proporcionalidad, participación y rendición de cuentas— debe seguir al centro para que la prevención basada en datos sea, ante todo, prevención basada en personas.

CONCLUSIONES

La integración responsable de wearables, visión por computador, analítica predictiva y gemelos digitales reduce exposiciones y eventos cuando se articula con la jerarquía de controles y con procesos clínicos-organizacionales claros.

La aceptabilidad y la sostenibilidad dependen de gobernanza de datos transparente, participación de trabajadores y líderes, y calibración colaborativa de umbrales para evitar fatiga por alertas y sesgos algorítmicos.

La tecnología potencia —no sustituye— la prevención basada en el respeto por la persona: al combinar principios bioéticos y enfoque sociotécnico, convierte datos oportunos en decisiones que protegen salud, dignidad y productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American National Standards Institute/ASSE. (2018). ANSI/ASSP Z10.0—Occupational health and safety management systems.

European Union Agency for Fundamental Rights. (2020). Getting the future right—Artificial intelligence and fundamental rights.

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

International Labour Office. (2022). Occupational safety and health: ILO guidelines and global trends. ILO.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to heat and hot environments. NIOSH.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2023). Artificial intelligence applications in occupational safety and health. NIOSH.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). OECD principles on AI. OECD.

Raghu, M., & Schmidt, E. (2020). A survey of explainable AI for healthcare. Proceedings of the IEEE, 108(3), 365–396.

Sarnikar, S., & Deokar, A. (2021). Wearable sensors and occupational health: A review. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 18(5), 226–240.

Shrestha, Y. R., Ben-Menahem, S., & von Krogh, G. (2021). Organizational decision-making with AI: Challenges and opportunities. California Management Review, 63(4), 1–25.

Smith, A., Kar, A., & Furlan, A. (2022). Digital twins in industrial safety: From simulation to prevention. Safety Science, 152, 105770.

World Health Organization. (2021). Guidance on ethical AI for health. WHO.

World Health Organization. (2023). Mental health at work: Policy brief. WHO/ILO.

Xu, W., Liang, Y., & Li, J. (2020). Explainable machine learning for ergonomics risk assessment. Applied Ergonomics, 85, 103072.

Zhou, Y., Chen, H., & Ma, X. (2022). Internet of Things for occupational safety: A systematic review. Sensors, 22(14), 5201.

Zohar, D., & Hofmann, D. A. (2012). Organizational culture and climate for safety. The Oxford handbook of organizational climate and culture, 317–334.

Zwetsloot, G., & Leka, S. (2018). Corporate social responsibility and psychosocial risk management. Safety Science, 106, 262–273.