



REVISTA
INVESTIGACIÓN EN SALUD
UNIVERSIDAD DE BOYACÁ

ISSN: 2389 - 7325 Versión impresa
ISSN: 2539-2018 Versión electrónica en línea

PRÓXIMA PUBLICACIÓN EN LÍNEA

El Comité Editorial de la Revista de Investigación en Salud de la Universidad de Boyacá ha aprobado para publicación este manuscrito, teniendo en cuenta los conceptos de los pares evaluadores y la calidad del proceso de revisión. Se publica esta versión en forma provisional, como avance en línea de la última versión del manuscrito vinculada al sistema de gestión, previa a la estructura y composición de la maquetación y diagramación, como elementos propios de la producción editorial de la revista.

Esta versión se puede descargar, usar, distribuir y citar como versión preliminar tal y como lo indicamos, por favor, tenga presente que esta versión y la versión final digital e impresa pueden variar.

Retos de la seguridad y salud en el trabajo en la era tecnológica. Revisión narrativa

Cristian Alexander Álvarez Ortegata¹; Paola Andrea Barrera Niño²; Brayan Antonio Caro Hernández³; Jegny Fabiana Peña Martínez⁴, Kattya Svetllana Roper Duran⁵,
Sandra Patricia Corredor Gamba^{6*}

1. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1445-2281>

2. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7951-3525>

3. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6856-8099>

4. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7077-4816>

5. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9614-0115>

6. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1382-0986>

***Autor de correspondencia:**

Sandra Patricia Corredor Gamba, Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia.
Correo: sancorredor@uniboyaca.edu.co.

Resumen

Introducción: La seguridad y salud en el trabajo (SST) abarca cultura, clima y gestión de seguridad, influenciada por factores humanos y ambientales. Con la llegada de la Industria 5.0, basada en inteligencia artificial (IA), se anticipan cambios en los puestos de trabajo y desafíos en la automatización y el empleo. Aunque la tecnología avanza, muchas tareas manuales y cognitivas siguen sin poder automatizarse. La Sociedad 5.0 busca fusionar el ciberespacio con el espacio físico para resolver problemas sociales, lo que exige la adaptación de las regulaciones en SST.

Objetivo: describir los retos de la SST en la era tecnológica, analizando sus ventajas y desventajas.

Metodología: se realizó una revisión narrativa bajo la metodología PICO, con una búsqueda en bases de datos como PubMed, ScienceDirect, OVID, ProQuest y SciELO, seleccionando 50 artículos relevantes.

Resultados: indican que la digitalización y la IA optimizan la SST, pero también presentan desafíos regulatorios y de interacción humano-máquina. Mientras que la Industria 4.0 prioriza la tecnología, la Industria 5.0 se centra en el impacto social y el bienestar laboral.

La transición a la Industria 5.0 demanda nuevas estrategias de monitoreo y formación en SST. Herramientas como la realidad virtual y la IA pueden predecir riesgos y mejorar la seguridad, aunque persisten barreras económicas y de privacidad.

Conclusión: a pesar de los desafíos, la correcta implementación de estas tecnologías puede transformar positivamente los entornos laborales, garantizando el bienestar de los empleados en un mundo laboral cada vez más digitalizado.

Palabras clave: programa de salud laboral; ciencia, tecnología y sociedad; transferencia de tecnología; seguridad en el trabajo; programa de salud laboral; seguridad del empleo.

Challenges of occupational safety and health in the technological era. Narrative review

Abstract:

Introduction: Occupational safety and health (OSH) encompass culture, climate and safety management, influenced by human and environmental factors. With the advent of Industry 5.0, based on artificial intelligence (AI), changes in jobs and challenges in automation and employment are anticipated. Although technology is advancing, many manual and cognitive tasks still cannot be automated. Society 5.0 seeks to merge cyberspace with physical space to solve social problems, which requires the adaptation of OSH regulations.

Objective: to describe the challenges of OSH in the technological era, analyzing its advantages and disadvantages.

Methodology: a narrative review was conducted under the PICO methodology, with a search in databases such as PubMed, ScienceDirect, OVID, ProQuest and Scielo, selecting 50 relevant articles.

Results: indicate that digitization and AI optimize OSH but also present regulatory and human-machine interaction challenges. While Industry 4.0 prioritizes technology, Industry 5.0 focuses on social impact and labor welfare.

The transition to Industry 5.0 demands new OSH monitoring and training strategies. Tools such as virtual reality and AI can predict risks and improve safety, although economic and privacy barriers persist.

Conclusion: despite the challenges, the correct implementation of these technologies can positively transform work environments, ensuring the well-being of employees in an increasingly digitized world of work.

Key words: occupational health program; science, technology and society; technology transfer; occupational health; occupational health program, job security.

INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud en el trabajo es un concepto multifacético que abarca dimensiones clave como la cultura de seguridad, el clima organizacional y los sistemas de gestión en este ámbito. Su impacto no solo está vinculado al comportamiento humano, sino también a las condiciones ambientales, incluyendo maquinaria, equipos y objetos en movimiento (6). En este contexto, muchos innovadores empresariales y pioneros tecnológicos ya están proyectando la llegada de la Quinta Revolución Industrial o Industria 5.0 (15.0), la cual integrará la fabricación autónoma con inteligencia artificial (IA) y cognición humana como tecnologías fundamentales, tanto dentro como fuera del circuito productivo. Asimismo, se estima que para 2027 el número de usuarios de redes sociales, que en 2022 alcanzó los 4.590 millones, crecerá significativamente hasta los 5.850 millones, impulsado por la rápida expansión de Internet (2) y sus tecnologías asociadas. Una de las principales limitaciones del debate actual sobre el cambio tecnológico radica en la dificultad de predecir los avances futuros, su impacto en el diseño de los puestos de trabajo y las respuestas del mercado laboral. Hasta el momento, los expertos en informática no pueden determinar con certeza el alcance de estos avances ni la velocidad con la que ocurrirán.

La IA ha avanzado rápidamente, con avances ocasionales seguidos de períodos más lentos en los que los obstáculos han resultado difíciles de superar. Además, se puede sobrestimar los avances probables en su propio campo incluso, si se conociera el alcance de los cambios futuros, la investigación sobre la posible automatización de tareas es especulativa y se encuentra en una etapa temprana. Igualmente, importante, aunque poco estudiada, es la probabilidad de que las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) y el aprendizaje automático puedan complementar aún más las tareas y crear nuevos empleos en lugar de automatizarlas (29). Un concepto similar llamado Sociedad 5.0 (S5.0) aparece para resolver los problemas de la sociedad actual, que es una sociedad futurista superinteligente en la que todos pueden disfrutar de vidas cómodas y de alta calidad a través de la fusión del ciberespacio y el espacio físico mediante el uso completo de las TIC (2). La introducción de un solo robot en una corporación multinacional reduce la tasa de empleo en 0,37 por cada 1.000 trabajadores.

Por sectores, el mayor número de robots se introdujo en la industria del automóvil, seguida de la industria electrónica y la industria de las materias primas. Los robots se adaptaron con mayor frecuencia en los países en desarrollo que en los países desarrollados. En particular, las industrias del caucho y del plástico, que son industrias importantes en los países emergentes, han adaptado diez veces más robots que las naciones desarrolladas. Por lo tanto, en los países emergentes, los empleos de baja cualificación y bajos salarios se verían amenazados por la

automatización (4) sin embargo, la literatura refiere que no todas las tareas manuales han sido fáciles de automatizar.

Las tareas físicas implican coordinación motora fina y destreza, que las máquinas no han podido reproducir fácilmente hasta ahora o el interpretar el entorno físico del trabajador, así como moverse dentro de espacios físicos aleatorios (29). Las tareas cognitivas también han sido difíciles de automatizar, ya que requieren habilidades de pensamiento de orden superior, mientras que las computadoras tendían a realizar solo operaciones específicas programadas. En lugar de automatizarse, los trabajos que implican análisis, toma de decisiones, pensamiento abstracto, aprendizaje, innovación y creatividad a menudo se complementan con nueva tecnología (29), se prevé que las relaciones humanas y tecnológicas seguirán evolucionando en la Sociedad 5.0 a través del Cyber-Physical Systems (Sistemas Ciberfísicos) (CPS) desarrollado en la I4.0 y de manera similar, I5.0 está directamente relacionado con S5.0, y ambos sucederán cuando la IA esté capacitada para pensar y liderar procesos organizacionales de forma independiente, lo que se predice que sucederá en 2030 (2) con tecnología 6G con altas velocidades de datos (hasta 1 Tbps), alta eficiencia energética para dispositivos móviles personales con recursos limitados, red de cobertura universal (espacial, aérea, terrestre y submarina) y conexiones inteligentes y confiables en toda la red (8).

Para abordar los nuevos desafíos en seguridad y salud en el trabajo en la era de la Cuarta Revolución Industrial, es fundamental establecer conceptos actualizados sobre las condiciones laborales óptimas y desarrollar regulaciones estandarizadas aplicables a las empresas de cada país. Además, es necesario fortalecer la salud pública como un servicio integrado a la seguridad y salud en el trabajo, monitorear los eventos y redes emergentes de SST entre los trabajadores independientes y formar expertos capacitados para enfrentar los retos que surgen en este nuevo contexto laboral (4).

Esta investigación aportará a la seguridad y salud en el trabajo sobre los retos tecnológicos en la era de la cuarta revolución industrial, abordando las ventajas y desventajas del uso de tecnología en la Seguridad y Salud en el Trabajo pensando hacia la quinta revolución según lo reportado en la literatura científica.

MÉTODO

Se realizó una revisión narrativa que respondió a la pregunta de investigación PICO: P: (Definición del problema o paciente): Retos de la era tecnológica I: (Interés): Ventajas y desventajas de la seguridad y salud en el trabajo en la era tecnológica y Co: Contexto: Laboral. Como criterios de inclusión se determinaron: Tipos de estudios: estudios observacionales, investigación cualitativa, revisiones de

literatura, revisión de alcance y revisiones sistemáticas. Idioma: español, inglés, portugués. Temporalidad: 5 años. (2020 – 2024).

La búsqueda se llevó a cabo en octubre de 2024 utilizando las bases de datos PubMed, Science Direct, OVID, ProQuest y SciELO. Se emplearon diversas ecuaciones de búsqueda formuladas con palabras clave provenientes de los vocabularios controlados DeCS y MeSH, combinadas mediante operadores booleanos. Además, se considerarán criterios específicos de cada base de datos. Algunas de las ecuaciones son: Science, Technology and Society OR Transferencia de Tecnología AND Seguridad en el Trabajo AND Programa de Salud Laboral OR Occupational Health Policy; Occupational Health AND Programa de Salud Laboral OR Política de Salud Ocupacional; Ciência, Tecnologia e Sociedade OR Transferência de Tecnologia AND Saúde Ocupacional AND Occupational Health Program OR Política de Saúde do Trabalhador. La información recopilada fue seleccionada y depurada en un proceso secuencial que comenzó con la revisión de títulos, seguido por los resúmenes y, finalmente, el texto completo. De la exploración realizada en las bases, utilizando los operadores booleanos definidos, se identificaron 50 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. Posteriormente, se clasificaron las categorías para la extracción de datos, considerando los siguientes criterios de exclusión: país de publicación, año, particularidades de la población, tipos de tecnologías aplicadas en SST, así como las ventajas, desventajas y desafíos que enfrenta la SST de la era tecnológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del gráfico y la Tabla 1 permite identificar la evolución en la cantidad de estudios publicados entre 2020 y 2024, con una tendencia fluctuante. En 2020 se registraron seis publicaciones, seguidas de una disminución en 2021 a tres estudios, posiblemente debido a los efectos de la pandemia en la producción científica. A partir de 2022, se evidencia un incremento constante, alcanzando un pico en 2023 con 17 estudios, lo que sugiere una reactivación y mayor inversión en investigación en esta área. En 2024, aunque la cantidad de estudios disminuye a 14, sigue siendo superior a la de los primeros años analizados, lo que indica estabilidad en la producción científica.

Gráfico 1. Año de publicación de los estudios



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 Número de artículos publicados por país.

País	Número de artículos	País	Número de artículos
Alemania	2	Francia	1
Arabia Saudita	1	Hungría	1
Australia	1	India	3
Brasil	2	Indonesia	1
Canadá	2	Italia	10
Chile	1	Londres	1
República Popular China	1	Malasia	1
Croacia	1	Reino Unido	8
Ecuador	1	Sudáfrica	1
Eslovenia	1	Suecia	2
España	3	Turquía	1
Estados Unidos	4		

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distribución geográfica, Italia lidera la producción académica con 10 estudios, seguida por el Reino Unido con ocho y Estados Unidos con cuatro, reflejando una infraestructura de investigación consolidada en estos países. España e India también presentan una participación significativa con tres publicaciones cada uno. Adicionalmente, Alemania, Brasil, Canadá y Suecia contribuyen con dos

estudios, mientras que el resto de los países analizados aportan un artículo cada uno. Este patrón sugiere que Europa mantiene un dominio en la generación de conocimiento en este campo, aunque países emergentes como India y Brasil están aumentando su participación. Las variaciones en la producción pueden estar influenciadas por factores como el acceso a financiamiento, políticas de incentivo a la investigación y el impacto de nuevas tecnologías en el desarrollo de estudios.

Por otro lado, la Tabla 2 presenta las características metodológicas de los estudios analizados, incluyendo el diseño, el tamaño de la muestra, el entorno laboral y el tipo de tecnología evaluada. Se identifican estudios de enfoque cuantitativo y cualitativo con diversos diseños, tales como observacionales descriptivos, ensayos cruzados, estudios mixtos y revisiones sistemáticas de literatura, además de revisiones bibliográficas, narrativas, históricas e integrativas. La muestra varía según el diseño del estudio, con un máximo de 13.572 encuestados, 5.141 trabajadores, 63 empresas, 130 directivos y/o técnicos, y 100 estudiantes de pregrado. En el caso de las revisiones de literatura, el número de estudios incluidos oscila entre 10 y 278.

Los entornos laborales analizados en los estudios son diversos, ya que algunas investigaciones no especifican un sector concreto, dado que las tecnologías evaluadas pueden aplicarse en múltiples industrias. No obstante, se identifican estudios en sectores como manufactura, construcción, industria en general, transporte, salud, automotriz, construcción civil, calzado, industria petrolera, agroindustria, embotellado de líquidos, electrónica y maquinaria industrial. En relación con las tecnologías abordadas en los artículos, se destacan la Industria 4.0 y 5.0 con un enfoque centrado en el ser humano, el Internet de las Cosas (IoT), la realidad virtual (VR) y aumentada (AR), los cobots, exoesqueletos, sensores portátiles, gemelos digitales humanos, inteligencia artificial (IA), digitalización, robots, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), trabajo digital, sistemas de seguridad en zonas de trabajo (WZST y SWZS), impresión 3D y cadena de bloques. La amplia variedad de tecnologías estudiadas refleja el creciente interés en la digitalización y automatización de los entornos laborales, con un enfoque en la seguridad y eficiencia de los trabajadores.

Tabla 2. Características reportadas en los estudios respecto a diseño de estudio – enfoque, muestra – número de estudios, entorno laboral y tipo de tecnología

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Peruzzini, 2024 (10)	Análisis de soluciones y evidencia de prácticas industriales	de Cuatro y empresas industriales, pertenecientes	Diversos sectores	Relojes inteligentes, guantes inteligentes, gafas inteligentes, altavoces inteligentes, exoesqueletos inteligentes
Vuchkovski, 2023 (11)	Estudio cualitativo - enfoque fenomenográfico	18 entrevistas en profundidad	No reporta	Entorno virtual
Digo, 2022 (12)	Revisión Narrativa	54 artículos	No reporta	Robots, sensores inerciales portátiles
Chulakit, 2024 (13)	Revisión Sistemática	No reporta	Industria manufacturera	Técnicas de monitoreo fisiológico
Babalola.2023 (14)	Revisión Sistemática de la literatura	117 artículos	Sector de construcción	Tecnologías inmersivas (ImTs)
Pribadi, 2024 (15)	Métodos cuantitativos y cuasiexperimentos y enfoque cualitativo con estudios de casos	Estudiantes de posgrado en seguridad y salud ocupacional (SST) y trabajadores eléctricos	No reporta	Realidad Virtual - RV
Shah, 2024 (16)	Revisión	No reporta	No reporta	Inteligencia Artificial - IA
Arana, 2023 (17)	Estudio de caso múltiple	130 directivos y/o técnicos	Mercados pioneros en el adelanto de tecnologías de	Fabricación Aditiva, Inteligencia Artificial, Visión Artificial, Big Data y Análisis Avanzado,

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Filippi, 2023 (18)	Revisión Sistemática de la literatura.	102 publicaciones	la Industria 4.0. Entornos Industriales	Ciberseguridad, Internet de las Cosas, Robótica y Realidad Virtual y Aumentada Robots industriales, tecnologías de automatización, inteligencia artificial, tecnologías de la información y la comunicación, tecnologías digitales basadas en máquinas y otros tipos de máquinas (por ejemplo, sistemas de producción flexible, diseño y fabricación asistidos por computadora, control basado en datos)
Ciccarelli, 2023 (19)	Revisión	No reporta	No reporta	Sensores inerciales portátiles y sistema sin marcadores compuesto por tres cámaras RGB-D.
Hermawati, 2024 (20)	Revisión Sistemática de la literatura	30 publicaciones	Manufacturero	Industria 5.0

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Ergan, 2022 (21)	Estudio descriptivo, mixto	31 participantes	Sector de Conductores	Hardware-in-the-loop (HIL) - Realidad Virtual
Deschênes, 2024 (22)	Estudio Descriptivo	5141 trabajadores	No reporta	Tecnologías de la Información y la Comunicación, o TIC
Cagno, 2024 (23)	Estudio empírico	No reporta	Manufacturero	PYMES, tecnología digital
Paul ,2023 (24)	No reporta	No reporta	Salud	Uso de tecnología
	Revisión Sistemática de la literatura.	68 trabajos	No reporta	Las tecnologías de apoyo para la Industria 5.0 incluyen: edge computing, gemelos digitales, robots colaborativos, Internet de las cosas, cadenas de bloques, biónica, sistemas ciberfísicos, realidad virtual y redes 6G y posteriores. Las posibles aplicaciones incluyen atención sanitaria inteligente, fabricación en la nube, economía circular, gestión de la cadena de suministro y
Kolade, 2022 (25)				

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
				producción manufacturera.
Vitrano, 2024 (26)	Estudio de métodos mixtos	63 empresas. 41 pequeñas empresas, 20 empresas medianas y 2 grandes empresas.	No reporta	Innovación tecnológica y la industria 5.0
Gupta, 2024 (27)	Revisión Sistemática de la literatura.	73 artículos	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Enang, 2023 (28)	Revisión Sistemática de la literatura.	175 estudios	No reporta	la IN 4.0 y la IN 5.0 centradas en el ser humano, IoT, IA, VR, AR, Cobots, exoesqueletos, sensores portátiles, gemelos digitales humanos, IA explicable.
Gibbs, 2022 (29)	Revisión	No reporta	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Passalacqua, 2024 (30)	Revisión Sistemática de la literatura.	67 artículos	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Grosse, 2023 (31)	Revisión	10 artículos	No reporta	Industria 4.0, Industria 5.0.
Robelski, 2020 (32)	Revisión	278 artículos	No reporta	Uso de tecnología
Nnaji, 2020 (33)	Revisión Sistemática de la literatura.	147 artículos	No reporta	Tecnología de seguridad en zonas de trabajo (WZST)
Kővári, 2024 (34)	Revisión	No reporta	No reporta	Uso de tecnología
Bavaresco, 2021 (35)	Mapeo sistemático de la literatura	67 artículos	No reporta	Internet de las cosas (IoT)

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Trstenjak, 2023 (36)	Revisión bibliográfica	No reporta	No reporta	Industria 4.0, Industria 5.0.
Botti, 2022 (37)	Enfoque holístico basado en una metodología participativa	Trabajadores adultos mayores	No reporta	Tecnología en la Industria
Vallejo, 2022 (38)	Revisión	51 artículos	No reporta	Uso de tecnología
Larsson, 2020 (39)	Documento de Debate	No reporta	No reporta	Inteligencia Artificial (IA). Digitalización
Shayesteh, 2023 (40)	Revisión de literatura	No reporta	No reporta	Robots
Giallanza, 2024 (41)	Revisión	No reporta	No reporta	Robots
Adem, 2020 (42)	Estudio Descriptivo	No reporta	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Ávila, 2022 (43)	Revisión histórica	No reporta	No reporta	Uso de tecnología
Rampersad, 2020 (44)	Estudio cuantitativo y longitudinal	100 y estudiantes de pregrado	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Sánchez, 2021 (45)	Estudio de emparejamiento del conjunto	No reporta	No reporta	Uso de tecnología
Vitrano, 2023 (46)	Intervenciones participativas	No reporta	No reporta	Uso de tecnología
Nnaji, 2020 (47)	Estudio Descriptivo	No reporta	Construcción	Uso de tecnología
Hötte, 2023 (48)	Revisión Sistemática de la literatura	127 artículos	Manufacturero	Tecnología TIC, robots, innovación, estilo TFP,
Spencer, 2023 (49)	Revisión de historia de ideas	No reporta	No reporta	Uso de tecnología

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Stadin, 2021 (50)	Estudio Descriptivo	13.572 encuestados	No reporta	Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
Cai, 2024 (51)	Estudios transversales mixtos	Trabajadores de 16 a 64 años	No reporta	Uso de tecnología
Marsh, 2022 (52)	Revisión Integradora de la literatura.	194 estudios	No reporta	Trabajo digital
Basáez, 2022 (53)	Revisión	No reporta	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)
Kraus, 2023 (54)	Revisión	14 artículos	No reporta	la inteligencia artificial, la impresión 3D , la cadena de bloques y la realidad aumentada
Khafaga, 2023 (55)	Revisión Sistemática de la literatura.	No reporta	No reporta	Industria 5.0
Venthuruthiyil 2024 (56)	Revisión	No reporta	Conducción	Sistemas SWZ (SWZS)
Zorzenon, 2022 (57)	Revisión Sistemática de la literatura.	59 artículos	Automotriz, construcción civil, calzado, industria petrolera, agroindustria, embotellado de líquidos, electrónica y maquinaria industrial	Tecnologías IoT, VR, RO y SM orientadas a mejoras ergonómicas y las tecnologías IoT, CPS, VR, AR y SM utilizadas para reducir los accidentes laborales.
Zirar, 2023 (58)	Revisión Sistemática de la literatura.	31 artículos	No reporta	Inteligencia Artificial (IA)

Autor – año	Diseño del estudio - Enfoque	Muestra/ estudios	Entorno Laboral	Tipo de tecnología
Antonaci, 2024 (59)	Revisión Sistemática de la literatura.	65 artículos	No reporta	Industria 5.0

Fuente: Elaboración propia

Ventajas de la tecnología en SST

Respecto a las ventajas de la tecnología en SST, Peruzzini et al. (10) refieren que las Human-Machine Interface (HMI) inteligentes impulsadas por IA podrían desempeñar un papel crucial en la realización de un espacio de trabajo I5.0, donde los usuarios y las máquinas pueden adaptarse entre sí para aumentar la salud, la calidad, seguridad y productividad del trabajo al mismo tiempo (10). Así mismo, Shah et al. (16) consideraron que La inteligencia artificial desempeña un papel crucial en varios aspectos del proceso de trabajo, revolucionando la manera en que se ejecutan y gestionan las tareas, permitiendo acciones específicas que impactan en la dinámica laboral. La IA puede identificar eficazmente posibles riesgos y peligros que pueden pasar desapercibidos para los humanos (16). En la misma línea, Gupta et al. (27) y Passalacqua et al. (30) mencionaron que la IA y la transformación digital están transformando las prácticas de gestión de recursos humanos en diversas industrias, considerando vitales la sostenibilidad y el bienestar de los empleados para integrar nuevas tecnologías que priorizará el desarrollo de habilidades, las relaciones entre humanos y máquinas y el uso ético de la IA (27). Al priorizar el desarrollo de habilidades, gestionar las demandas cognitivas, abordar la seguridad laboral y fomentar un ambiente laboral propicio, los profesionales y los tomadores de decisiones pueden crear una relación simbiótica entre las tecnologías de IA y los trabajadores humanos que mejora no solo la productividad y la innovación, sino que también garantiza el bienestar y la motivación de la fuerza laboral, impulsando el éxito organizacional a largo plazo(30). Adicionalmente, Adem et al. (42) Kraus et al (54) y Zirar et al. (58) confirman lo descrito, refiriendo que La inteligencia artificial puede promover la toma de decisiones (42) y que a través de esta herramienta se pueden identificar y seleccionar trabajadores valiosos mediante el procesamiento de una gran cantidad de datos personales (54) así como conservan habilidades críticas en ellos (58).

Por su parte, Enang et al. (28) mencionan que factores como la crisis financiera, la pandemia, el cambio climático y la decadencia de la población están teniendo un impacto en la sociedad en general y, por extensión, a las empresas dentro de ella y

el impacto negativo de estos problemas se puede mitigar mediante el uso de tecnologías innovadoras, como AR, VR y MR, Cobots / Robótica avanzada, IA avanzada, IoT avanzada, gemelos digitales avanzados (28). Estas nuevas tecnologías como lo mencionan Gibbs et al. (29) y Nnaji et al. (33) integran y generan nuevas ocupaciones cognitivas y sociales no usuales, aumentando la productividad en esas actividades y da lugar a nuevos puestos de trabajo. La tecnología complementa y crea muchas tareas no rutinarias, aumentando la productividad, la calidad y la innovación (29,33).

Por su parte, Digo, et al. (12) refieren que la robótica colaborativa también representa un objetivo frecuente de los estudios de la literatura que utilizan MIMUs/IMUs, para aplicaciones industriales mejorando la interacción humano-robot, en términos de seguridad, efectividad y tiempo (12). Para Babalola et al. (14) La aplicación de varias tecnologías inmersivas potencian la identificación y visualización de peligros, la capacitación en seguridad, el diseño para la seguridad, la percepción de inseguridades y la evaluación en varias construcciones (14) y de acuerdo al estudio de Ciccarelli et al. (19) se puede mejorar el algoritmo para identificar correctamente los puntos de referencia corporales y se implementarán otros ángulos articulares (es decir, ángulos del cuello y la muñeca) que complementen el uso de diferentes estrategias de evaluación de riesgo (19); el uso de esos algoritmos se enmarca dentro de la ergonomía digital y la biomecánica computacional en el contexto de la robótica colaborativa y la seguridad en el trabajo. Esto implica la aplicación de tecnologías inmersivas y algoritmos avanzados para analizar la postura y los movimientos de los trabajadores, optimizando la interacción humano-máquina en entornos laborales. Al mejorar la identificación de estos puntos de referencia corporales, se busca reducir riesgos ergonómicos, prevenir lesiones y diseñar estrategias más precisas para la evaluación y mitigación de peligros en el trabajo colaborativo con robots aplicadas en diferentes contextos como lo mencionan Vitrano et al. (46) y Marsh et al. (52) para determinar si funciona como se espera. La flexibilidad del sistema permite elegir entre distintos escenarios y actores responsables en función de diferentes procesos (46,52)

Otro aspecto relevante es el señalado por Pribadi et al. (15), quienes destacan que la capacitación en SST mediante realidad virtual (VR) es fundamental tanto para estudiantes como para empleados, ya que mejora la comprensión de los procedimientos de trabajo seguros y contribuye a la reducción de incidentes laborales. De manera similar, Arana et al. (17) indican que la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y su aplicación específica influyen directamente en los riesgos asociados a la SST. Desde una perspectiva de ergonomía física, Antonaci et al. (59) enfatizan la importancia de diseñar espacios de trabajo, herramientas y equipos que prioricen el bienestar, la comodidad y la seguridad de

los trabajadores. Con la creciente incorporación de robots colaborativos y procesos automatizados en la Industria 4.0, resulta esencial optimizar los entornos laborales para facilitar una interacción segura y eficiente entre humanos y máquinas, promoviendo condiciones de trabajo más seguras y una mayor productividad. En esta línea, Kolade et al. (25) advierten que estas tecnologías están reemplazando progresivamente tareas rutinarias de baja cualificación, a costos cada vez más reducidos, lo que resalta la necesidad de adaptar los entornos laborales a los nuevos desafíos de la automatización.

Filippi et al. (18) mencionan que las ocupaciones con una baja probabilidad de automatización incluyen: profesionales de la ciencia y la ingeniería, gerentes y administradores, académicos, ocupaciones en educación; profesiones en servicio personal; peluqueros, barberos y esteticistas; enfermeras, policías y agentes de tráfico, electricistas, técnicos, ocupaciones en la cultura. Considerando la probabilidad de automatización de cada ocupación y la educación y salario asociados, donde la probabilidad de automatización disminuye al pasar de ocupaciones de baja calificación y bajos salarios a ocupaciones de alta calificación y altos salarios (18), también la inclusión de aplicaciones y el potencial de estas herramientas biométricas como lo mencionan Chulakit, et al. (13) mejoran el bienestar de los trabajadores, la seguridad, la gestión de la carga de trabajo cognitiva y la optimización de las interacciones hombre-máquina (13). En esta misma línea, Hermawati et al. (20), Deschênes et al. (22) y Vuchkovski, et al. (11) refieren que los humanos y las máquinas deberían tener una relación sinérgica y simbiótica de manera que beneficie a los trabajadores y aumenta la eficiencia del proceso, lo cual se puede lograr mediante un cambio dinámico de la dependencia entre humanos y máquinas según la situación y la tarea (20) y para garantizar que están creando un lugar de trabajo híbrido deben promover el desarrollo del personal, con especial énfasis en las habilidades técnicas (11,22).

Cagno et al. (23) por su parte refieren que, con la evolución de los dispositivos sanitarios, la interconexión en el sistema sanitario ha mejorado. La interconexión tiene numerosas ventajas, entre ellas una mayor eficiencia, la monitorización remota, la automatización y la reducción de errores. (23). Para Paul et al. (24) el Intercambio seguro de información entre proveedores de atención médica, integración con registros médicos electrónicos (EHR) y monitoreo remoto, favorece el análisis predictivo y detección temprana de posibles problemas de salud, elimina la necesidad de una autoridad central para gestionar los datos, el proceso y análisis en tiempo real (24).

El sistema alemán actual de SST está diseñado para ser de aplicación general como lo describen Robelski et al. (32) y, por lo tanto, puede cubrir muchos aspectos del

trabajo móvil. Sin embargo, se podría lograr un mayor nivel de protección si se considera explícitamente el trabajo móvil en las regulaciones. Desde el enfoque del sistema institucional de SST, el trabajo móvil plantea un desafío particular para las políticas y los agentes (32). Para Kővári et al. (34), la Industria 5.0 complementa los logros de la Industria 4.0 y no sustituye necesariamente a los humanos, sino que fomenta la colaboración hombre-máquina. Esto permitirá que los humanos no se centren en realizar partes del control, sino que incorporen el pensamiento crítico y la adaptabilidad, sin dejar de aprovechar la precisión y repetibilidad de las máquinas (34). El enfoque centrado en el ser humano permite evitar la pérdida de puestos de trabajo debido a la digitalización intensiva, mientras que el uso de la inteligencia artificial permite la fabricación flexible y modular mediante la creciente tendencia de productos personalizados y demandas de mercado dinámicas e inestables tal como lo reportan Trstenjak et al. (36).

La Industria 5.0 es consciente del medio ambiente, el aumento de la eficiencia energética y el uso de fuentes energéticas renovables conducen a un impacto positivo en las demandas globales de la industria manufacturera (36). La investigación beneficia a los gerentes y corporaciones al presentar la tecnología disponible y la viabilidad de construir artefactos de software para apoyar la salud psicológica, física y la seguridad de la fuerza laboral tal como lo mencionan Bavaresco et al. (35).

Los trabajadores mayores son a la vez un desafío y una oportunidad. Abordar el envejecimiento de la fuerza laboral y convertirlo en una oportunidad depende que las organizaciones pospongan la jubilación de los trabajadores mayores según Botti et al (37) y la mayoría de los empleadores creen que los trascendentales activos de los trabajadores incluyen la experiencia, las habilidades, la conciencia, el cumplimiento del tiempo, el dinamismo y el control de la ira (37). Chia et al. (38) consideran que sea cual sea el marco específico que se utilice respecto a las tecnologías la comunidad de la SST necesita una estrategia nueva y flexible para preservar la salud y el bienestar de los trabajadores en las generaciones venideras (38).

La transformación digital impulsa cambios ocupacionales significativos y constantes en la vida de las personas. Como señalan Larsson et al. (39), este proceso plantea el desafío de actualizar y fortalecer continuamente las competencias laborales para responder a las nuevas exigencias de la salud ocupacional y garantizar una participación en la sociedad. En este contexto, el uso de cobots requiere actividades formativas continuas tanto para los trabajadores que desempeñan tareas colaborativas como para los programadores, con el fin de prevenir lesiones y evitar fallos en el sistema. Además, los informes europeos destacan el papel central del

factor humano, el cual no puede descuidarse en las aplicaciones robóticas si se busca aumentar la aceptación y la confianza de los trabajadores (40,41).

Ávila et al. (43) por su parte, describen que los elementos más característicos para la transición de la I4.0 a la I5.0 son las tecnologías digitales, la desmaterialización, la ciclicidad y la eficiencia como factores de cambio, que permitirán un acompañamiento de la SST en el diseño y desarrollo del trabajo futuro (43) y que la tendencia ha pasado de considerar la tecnología como un servicio de apoyo a convertirla en el medio para transformar todos los sistemas complejos (45) a través de la adopción de tecnología (47) y no como factor que generaría desempleo tal como lo refieren Hötte et al. (48) argumentando que esto carece de una base empírica (48). Por su parte, Spencer et al. (49) apoyan que la tecnología también debe contribuir al tiempo libre. Se puede justificar una jornada laboral más corta, incluso para quienes tienen empleos aparentemente de alta calidad, sobre la base de que les daría más tiempo y oportunidades para perseguir diferentes objetivos en sus vidas (49). Lo anterior se puede conseguir a través de la economía digital como lo exponen Cai et al. (51) mejorando la construcción de infraestructura digital, impulsando el desarrollo industrial y la conectividad sectorial a través de la tecnología digital y así promover continuamente la construcción de nueva infraestructura como centros de datos, redes 5G, Internet de las cosas e Internet satelital, acelerar la penetración e integración de las tecnologías digitales y la economía real, liberar completamente la productividad expandiendo así aún más los efectos positivos del desarrollo económico digital en el empleo (51).

Otro aspecto relevante descrita por Min et al. (4) es que el trabajo es necesario para el desarrollo de los seres humanos, tanto cultural como psicológico y contribuye a la sociedad y protege la dignidad y el valor de los individuos (4); autores como Khafaga et al. (55) Stadin et al. (50), Venthuruthiyi et al. (56), Grosse et al. (31) y Zorzenon et al. (57) establecen recomendaciones sobre diferentes temáticas con enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios para la investigación centrada en el ser humano, algoritmos centrados en las personas para sistemas ciberfísicos y fabricación centrada en el ser humano (55) posibles recursos específicos que se necesitan tanto a nivel individual como organizacional para equilibrar el entorno de trabajo digitalizado para gerentes y otros profesionales con alta exposición a demandas de las TIC en el trabajo (50), el identificar sistemas de seguridad potenciales para zonas de trabajo inteligentes (56), así como tener en cuenta factores de diversidad de los trabajadores, como el género, el sexo, la edad y una gama más amplia de niveles de capacidad individual, cambios demográficos necesarios para apoyar a los trabajadores de mayor edad en un entorno laboral I5.0 cada vez más digital (31) e Identificar los aspectos positivos y negativos de cada tecnología permite anticipar posibles problemas en la Seguridad y Salud en el

Trabajo, así como aprovechar sus beneficios para fortalecer la protección y el bienestar laboral (57).

Desventajas de la Tecnología en SST

Las tecnologías I4.0 tienen el potencial de permitir procesos centrados en el ser humano, pero su adopción debe centrarse en los operadores humanos, algo que a menudo se subestima como lo refiere Peruzzini et al. (10). Para Vuchkovski, et al. (11) El proceso de transición al entorno virtual también ha impactado las relaciones interpersonales dentro del equipo, lo que ha resultado en una disminución de la capacidad de respuesta, así como en una reducción del nivel de colaboración y del sentido de pertenencia al equipo u organización. Esto ha puesto en entredicho la cohesión del equipo y de la organización. El entorno virtual contiene barreras que no son resultado del proceso de transición, la falta de prácticas de implementación o la falta de recursos (11). Digo, et al. (12) por su parte, menciona que se deben introducir restricciones biomecánicas adicionales y procedimientos de calibración específicos (12).

Babalola, et al. (14) identificó varias limitaciones con respecto al uso de tecnologías inmersivas, que incluyen el bajo nivel de adopción de las tecnologías inmersivas desarrolladas para la gestión de la SST por parte de la industria de la construcción, una investigación muy limitada sobre la aplicación de tecnologías inmersivas para los peligros para la salud y un enfoque limitado en la comparación de la efectividad de varias tecnologías inmersivas para la gestión de la SST en la construcción(14) coincidente con lo reportado por Arana et al. (17) donde los aportes se realizan en un ámbito que requiere cambios cada vez más rápidos en la forma de trabajar y con periodos de adaptación más cortos. (17)

En la misma línea, Filippi et al. (18), mencionan que muchas ocupaciones son potencialmente automatizables, pero en distintos grados y se verán afectadas por la automatización de las actividades laborales y, por lo tanto, los efectos negativos del progreso tecnológico no regulado como la disponibilidad comercial, costos laborales, regulación laboral, precio del capital, preferencias sociales por trabajadores humanos y activismo político (18). Ergan et al. (21) mencionan que al recrear zonas de trabajo físicas en VR, los investigadores enfrentan varios desafíos como problemas de compatibilidad e integración de hardware e inflexibilidad de personalización durante la implementación. Los investigadores, que necesitan desarrollar dichas plataformas para estudios de investigación que involucran exposición de alto riesgo para los participantes, necesitan evaluar las opciones disponibles para unir los componentes de dichas plataformas (21).

Para Deschênes et al. (22) la dimensión técnica de la alfabetización digital está asociada con el uso de tecnologías colaborativas, aunque las dimensiones cognitiva y socioemocional no lo están (22). Por su parte, Cagno et al. (23) refieren que existe una brecha digital basada en el tamaño de la empresa cuando se trata de la adopción de soluciones digitales innovadoras por parte de las pequeñas y medianas empresas. Esta brecha digital podría ampliar la brecha de seguridad. (23). Kolade et al. (25) describen que, hasta ahora, el trabajo humano ha prevalecido gracias a su capacidad inventiva y a la adquisición de nuevas habilidades. Si bien la informatización está entrando en dominios más cognitivos y afectivos, la inteligencia social y las habilidades de comunicación seguirán siendo áreas predominantemente humanas, y la IA no superará en inteligencia al trabajo complejo basado en el conocimiento porque el “saber” es difícil de codificar. Las transformaciones digitales han beneficiado desproporcionadamente a los trabajadores con salarios altos, mientras que han desplazado a los trabajadores poco cualificados. Esto ha creado desempleo masivo, mayor desigualdad y ha aumentado la brecha entre la rentabilidad del trabajo y la rentabilidad del capital (25).

Gupta et al. (27) mencionan que los impedimentos éticos de la privacidad de los empleados, la reducción de los prejuicios y la transparencia se vuelven fundamentales a medida que la IA sigue influyendo en la gestión de recursos humanos. Para garantizar el uso ético de la IA en la gestión de recursos humanos, se deben desarrollar y poner en marcha en el futuro normas éticas y marcos legales sólidos (27). Similar a lo reportado por Passalacqua et al. (30) describiendo que es posible que el enfoque en los sistemas basados en IA dentro de la Industria 4.0 y 5.0 no capture por completo la amplitud de los factores humanos relacionados con otras tecnologías avanzadas (por ejemplo, robots, realidad aumentada), lo que posiblemente limite la aplicabilidad a otros sectores (30).

Enang et al. (28) por su parte, mencionan que los profesionales deben ser conscientes de las tecnologías específicas, así como de su posible impacto o percepción por parte de la fuerza laboral y la sociedad. Cuando se identifican impactos o percepciones negativas, se deben tomar medidas prácticas para superarlos (28) coincidente con lo descrito por Gibbs et al. (29) donde las máquinas reemplazan a las personas en muchas tareas manuales y cognitivas rutinarias, eliminando esos puestos de trabajo. Los mercados laborales se han polarizado, lo que ha incrementado la desigualdad, con una demanda relativamente menor de trabajadores de cualificación media y un mayor valor para los trabajadores de cualificación alta. El ritmo al que las máquinas adquieren la capacidad de realizar tareas cognitivas es más rápido que en el pasado, dificultando la adaptación de los trabajadores (29). El diseño para humanos en I5.0 debe ir más allá de cambios

físicos en el trabajador, se deben considerar los efectos psicosociales del uso de la tecnología y las interacciones generada entre los humanos y la tecnología. Esta es la única manera de evitar aumentos en el estrés y trastornos relacionados con el aspecto psicosocial y salvar los proyectos de implementación de tecnología de un fracaso seguro (31).

A nivel empresarial, las nuevas tecnologías y los acuerdos laborales flexibles heredan una nueva calidad de demandas para los empleados, así como desafíos para los actores corporativos de seguridad y salud en el trabajo, pero también tienen el potencial de convertirse en nuevas soluciones, así como lo refieren Robelski et al. (32) y que a pesar de la utilidad percibida de las tecnologías de seguridad dentro de estas categorías, ciertas tecnologías han mostrado una “transferencia de tecnología” por debajo de la media, como lo pone de relieve la distribución desigual del interés de investigación y la falta de presencia en ciertos estados; la tecnología debe ser fácil de instalar y quitar, debe ser duradera, transmitir eficazmente el mensaje, reutilizable y rentable (33). Esto coincide con lo mencionado por Kővári et al. (34) dejando ver que la Industria 5.0 plantea muchos obstáculos, como la incorporación de tecnología moderna, la gestión de dilemas morales y el mantenimiento de una relación hombre y máquina (34). En este aspecto, Trstenjak et al. (36) refiere que la Industria 4.0 ha exigido una transformación digital drástica de muy alta inversión y beneficios futuros inciertos; por lo tanto, su implementación no siempre se ha proporcionado al máximo(36). Estos hallazgos sugieren que las causas de las condiciones de trabajo inseguras pueden ser el resultado de ineficiencias y déficits en el proceso de trabajo (37,38).

De acuerdo a lo reportado por Shayesteh et al. (40) las restricciones de seguridad deben avanzar al mismo ritmo que los requisitos de rendimiento de los sistemas, abandonando la percepción de la seguridad como un factor limitante del rendimiento (40). Adem et al. (42) identifican que las empresas que están al borde de la transición a la Industria 4.0, deberían considerar seriamente grupos de riesgo, la fatiga mental y la presión psicológica. (42) y a su vez medir el impacto de la inteligencia artificial versus humanos, así como los matices del impacto de la IA y el big data en la innovación (44).

Giallanza et al. (41) apoya esta descripción, afirmando que el futuro de la colaboración en red requiere inevitablemente más investigaciones, que aborden principalmente contextos reales (41). La desconfianza de los trabajadores en la IA en el lugar de trabajo se debe a que la perciben como una amenaza laboral. Los trabajadores pierden habilidades específicas debido a la IA en el lugar de trabajo, pero conservan habilidades críticas (58).

La seguridad y salud en el trabajo es un aspecto esencial para considerar en el diseño de una ciudad inteligente y sus ecosistemas digitales, sin embargo, sigue sin considerarse en la mayoría de los referentes en las ciudades inteligentes, a pesar de la necesidad de un espacio específico para la SST inteligente (45). El efecto de desplazamiento de mano de obra por parte de la tecnología se ve más que compensado por la creación de mano de obra. La creación de mano de obra se produce a través de la reincorporación y los efectos del ingreso real. La tecnología afecta negativamente a los trabajadores poco cualificados (48). En la sociedad contemporánea, la tecnología no es neutral, sino que está sesgada hacia intereses particulares. Su uso como medio para acumular capital y extender el control de la gestión a menudo ha contribuido a la desigualdad y la injusticia en el mundo (49).

Las empresas contaminantes deben hacer pleno uso de las plataformas digitales para obtener información relacionada con la innovación tecnológica, desarrollar métodos de producción limpios, optimizar los procesos de producción empresarial y producir nuevos productos respetuosos con el medio ambiente, y realizar activamente la transformación digital empresarial y el desarrollo verde bajo en carbono para mejorar la calidad del aire, promoviendo así el efecto positivo del desarrollo de la economía digital en el empleo (51). El lado oscuro del trabajo digital incluye el tecnoestrés, la ansiedad por sobrecarga y la adicción. Un enfoque estrecho en ciertas tecnologías oscurece la experiencia holística del empleado en el trabajo digital (52). Además, la dependencia excesiva de las nuevas tecnologías podría dar lugar a accidentes a gran escala o de naturaleza inédita. Las redes empresariales globales afectarán los biorritmos de los trabajadores, aumentando el riesgo de ciertos tipos de cáncer, el exceso de trabajo y la complejidad de las tareas. La desconexión social derivada del trabajo autónomo representará un riesgo para la salud mental de los empleados. Los vínculos sindicales se verán debilitados, lo que dificultará la implementación de normas estandarizadas de SST en las empresas (53).

Al analizar el futuro del trabajo en el ámbito de la gestión y los estudios organizacionales, el factor más crítico a considerar es la gestión del talento humano. La organización, coordinación y administración del personal en la era de la Cuarta Revolución Industrial han adquirido un significado profundamente diferente en comparación con épocas anteriores (54). Además, algunas de estas tecnologías pueden generar nuevos riesgos en el entorno laboral y aumentar el estrés debido a la sobrecarga de información. Cuando los empleados son monitoreados sin una comunicación clara sobre el propósito del uso de sus datos y no perciben beneficios tangibles de la tecnología, es posible que experimenten un incremento en los niveles de estrés (57). Otro aspecto clave es el costo y la portabilidad de la tecnología, así como la ausencia de pautas claras para su implementación, lo que ha dificultado el

uso de sistemas inteligentes en zonas de trabajo. Para una adopción efectiva de estas tecnologías, es fundamental aplicar enfoques más prácticos en la capacitación y adaptación de los trabajadores antes de su implementación. El artículo concluye con un análisis sobre las perspectivas de las zonas de trabajo seguras, destacando que, si bien el concepto es altamente innovador, su aplicación en entornos reales enfrenta desafíos relacionados con los altos costos y la limitada portabilidad (56).

Retos de la Tecnología en SST

A partir de la información reportada, se identifican los principales desafíos de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en la era tecnológica. Se destaca que, debido al impacto en la comunicación entre el ser humano y la máquina, así como a la capacidad de generar una interacción inteligente y fluida en diversos entornos de aplicación, las soluciones tecnológicas deben diseñarse de manera sinérgica con los usuarios y las máquinas. Asimismo, deben estar estrechamente integradas con ambos, consolidándose como un elemento clave en la evolución hacia la Industria 5.0 (10). Los retos que enfrentan las empresas exigen nuevos roles, particularmente para la coordinación, que podría resultar extremadamente difícil de cubrir, especialmente por la menor disponibilidad de recursos humanos y los problemas con la incorporación de nuevos miembros al equipo (11).

Otro desafío clave es el seguimiento en tiempo real del movimiento humano, un requisito fundamental en el entorno industrial. La robótica colaborativa puede beneficiarse significativamente de esta tecnología, optimizando tanto la seguridad como la eficiencia. En efecto, un intercambio de información en línea entre el operador y el robot mejora la interacción y el control del sistema (12). Del mismo modo, la capacidad de identificar condiciones laborales que representen riesgos para la salud permite implementar intervenciones oportunas, contribuyendo a la creación de entornos de trabajo más seguros (13).

Otro escenario que plantean Babalola et al. (14) es el académico, donde mencionan que las tecnologías de la industria 4.0 utilizadas para complementar las ImT para la gestión de la SST en la construcción son los robots, el big data, la analítica y los sensores donde proponen el uso de la simulación de un entorno virtual para el aprendizaje auténtico de la seguridad y la salud en la construcción para estudiantes universitarios y profesionales con random forest, una técnica de aprendizaje automático utilizada para el análisis de los comentarios de los estudiantes universitarios y profesionales (14).

La Industria 4.0 impulsa acciones tecnológicas esenciales para que las empresas fomenten la innovación y respondan con agilidad a mercados volátiles. Estas

tecnologías buscan mejorar la interconectividad, el análisis predictivo, el aprendizaje automático y la digitalización, transformando así la manera en que las organizaciones operan y evolucionan. Algunas de estas herramientas tecnológicas son la inteligencia artificial (IA) y empresarial (BI), el Internet (IoT) y la nube (24). Así mismo, la formación en realidad virtual ha demostrado ser eficaz y eficiente para estudiantes de posgrado y trabajadores experimentados. La realidad virtual se considera un instrumento transformador para potenciar las destrezas, prácticas, los conocimientos y la competencia general en el campo de la SST debido a su capacidad para proporcionar experiencias de aprendizaje realistas, inmersivas y personalizadas. Con el avance continuo de la tecnología de realidad virtual, su papel en la configuración del futuro educativo y la formación en materia de SST es cada vez más prometedor (15).

Los métodos de control tradicionales se están combinando con optimizadores inteligentes o adaptativos para desarrollar sistemas resilientes o híbridos. En los últimos años, los estudios también han explorado la utilización de la IA en el sector manufacturero. Este enfoque basado en datos tiene el potencial de reducir la frecuencia de los incidentes, eventos y las alteraciones concernientes con el trabajo, lo que marca el comienzo de una mejora notable en las condiciones generales del lugar de trabajo. La inteligencia artificial ofrece un futuro prometedor en el que la diversidad lingüística y los múltiples factores de riesgo aumentan la vulnerabilidad a una comprensión deficiente de los riesgos laborales (16).

El siglo XXI ha estado marcado por un aumento de la velocidad de los avances tecnológicos a nivel mundial, creando una mayor necesidad de las empresas de cambiar sus procesos y adaptarse a las nuevas necesidades sociales y del mercado. Sin embargo, en general, las empresas y la literatura académica se han centrado en la influencia de la implementación de las I40T en la competitividad y no en las cuestiones de SST. Además, ya se habla de Industria 5.0 donde parece que las nuevas tecnologías servirán para poner el foco en la ciudadanía. Esto abre nuevas vías de estudio para seguir analizando la inmersión de tecnologías 4.0 como la inteligencia artificial o los robots colaborativos en los entornos de trabajo (17).

En el futuro, la experimentación involucrará una muestra más grande de usuarios. El uso de este enfoque podría permitir una evaluación continua de las posturas ergonómicas, superando las limitaciones del uso de sensores inerciales portátiles, como los altos costos, la calibración, las interrupciones del trabajo y la intrusión (19). En el lugar de trabajo del futuro, los cobots, robots y otros sistemas automatizados necesitarán comunicarse con los humanos de manera natural y comprensible. Pueden analizar las intenciones, los deseos, las necesidades y la seguridad humanas y actuar en consecuencia (20).

Un reto es la comprensión de los vínculos entre la alfabetización digital, el uso de tecnologías colaborativas y la percepción de proximidad social en un contexto de trabajo híbrido, un camino que muchas organizaciones parecen estar priorizando para la próxima década (22). Además, Cagno et al. (23) refieren que las barreras clave para la adopción de soluciones digitales incluyen la falta de beneficios percibidos, las preocupaciones por la privacidad, las dificultades de implementación y el costo, así como la claridad y confiabilidad de los datos recopilados y la facilidad de uso de una solución digital que pueden respaldar la adopción (23).

Por otra parte, Kolade et al. (25) refieren que la tecnología no avanza independientemente de la intervención humana y sus efectos no son inevitables. El futuro del trabajo estará determinado por la comunicación automatizada y colaborativa entre máquinas, seres humanos y sistemas que sustituirán a las actividades tradicionales de gestión, planificación y control. La personalización de las relaciones laborales aumenta el valor humano, el crecimiento de la productividad laboral y la confianza de los empleados a través de las interacciones entre personas y máquinas. Mientras que la industria 4.0 está inducida por la tecnología, la industria 5.0 está promovida por el valor (25), similar a lo reportado por Enang et al. (28) donde las empresas deben considerar cuidadosamente sus desafíos y riesgos actuales basándose en políticas como los objetivos del PNUD y la SST, y priorizarlos para identificar las tecnologías más críticas para abordar los desafíos de la transición de una IN 4.0 tecnocéntrica a una IN 5.0 centrada en el valor como se mencionó (28).

Gupta et al. (27) por su parte refieren que las empresas deben estar preparadas para los requisitos de capacitación continua a fin de garantizar una comunicación fluida entre la IA y los garantes de la toma de decisiones. Las organizaciones deben adoptar una postura proactiva a la hora de gestionar estas posibles consecuencias valorando la innovación y poniendo en primer lugar la moral y el bienestar laboral en el entorno de gestión de recursos humanos impulsado por la IA (27).

La Industria 5.0 marca una evolución significativa en el panorama industrial, enfatizando la sinergia entre la IA avanzada y la creatividad humana para redefinir los procesos de fabricación y operativos. Esta era se extiende más allá de los avances tecnológicos de la Industria 4.0, buscando equilibrar la eficiencia con el enriquecimiento del bienestar psicosocial y cognitivo de la fuerza laboral buscando como que la tecnología y el potencial humano sean sinérgicos, y en última instancia haciendo realidad la promesa plena de ambos (30). El desarrollo tecnológico ya no es el único objetivo de la Industria 5.0, que ahora prioriza los valores sociales y la implicación humana. A través de la colaboración hombre-máquina, los procesos de producción pueden personalizarse para ofrecer experiencias personalizadas a los clientes (34). Para el trabajo futuro, en función de las características específicas de

la Industria 5.0 mencionadas anteriormente, se podría elegir el método de apoyo a la toma de decisiones adecuado para el cálculo del grado de preparación definiendo un plan estratégico transformacional para la implementación óptima de la tecnología digital y los cambios organizacionales (36).

Se necesita estar proactivamente a la vanguardia para cruzar el umbral y aprovechar las posibilidades que la digitalización ofrece para la vida cotidiana de las personas, así como para apoyar la justicia y la salud ocupacional (39). La complejidad y variedad de las tecnologías de automatización, así como la imprevisibilidad humana, generan nuevos peligros y riesgos en los entornos colaborativos, lo que genera nuevos desafíos en el área de la SST (40). En el futuro, habrá una amplia cantidad de amenazas ocupacionales (42).

Los aspectos mencionados previamente indican que la transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 representa un modelo clave para el análisis de los trabajos del futuro, debido al impacto significativo de las tecnologías en su desarrollo. Las investigaciones futuras deberán enfocarse en la creación de una arquitectura de sistemas de información multinivel y multiescala, orientada al cumplimiento de políticas de incentivos en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (43). Además, es fundamental que la SST se integre explícitamente como un aspecto clave en las normativas sobre ciudades inteligentes. Esta brecha debe abordarse a través de la conceptualización de la "Smart OHS" (Seguridad y Salud Ocupacional Inteligente), incorporándola en las regulaciones actuales y futuras para garantizar una integración efectiva de la dimensión digital de la SST en el contexto de las ciudades inteligentes (45).

Dado el significativo ahorro de mano de obra que implica el avance tecnológico, resulta fundamental la capacitación y el reentrenamiento de los trabajadores cuyos empleos son susceptibles de automatización. Más que la desaparición total de ciertos puestos de trabajo, la automatización transforma el contenido de las tareas, lo que exige una actualización constante de habilidades. En este sentido, el reentrenamiento y la mejora de competencias no solo son esenciales para quienes enfrentan un alto riesgo de automatización, sino también para aquellos cuyos empleos evolucionarán con los cambios tecnológicos (48). La tecnología debe ser diseñada y adaptada para responder a las necesidades de los trabajadores, promoviendo tanto la reducción de tareas repetitivas como la mejora en la calidad del empleo. Lograr este equilibrio demandará una transformación profunda en la sociedad. No obstante, esta adaptación es indispensable para garantizar que los avances tecnológicos contribuyan al bienestar de todos (49).

Para abordar los nuevos desafíos de SST, es esencial redefinir el concepto de "trabajo decente" y estandarizar las regulaciones aplicables a las empresas en cada

país. También es necesario desarrollar la salud pública como un servicio de SST, monitorear los eventos y redes emergentes de SST entre los trabajadores independientes, y formar expertos capacitados (53). Las empresas se enfrentan continuamente a la tarea de reconfigurar sus procedimientos de producción, distribución y comercialización en un entorno cada vez más digitalizado. Esto requiere un examen de cómo la proliferación e integración de nuevas tecnologías digitales desafían las rutinas y las prácticas organizativas establecidas (54). Por lo tanto, es necesario que los futuros trabajadores estén capacitados y calificados para operar en un entorno "inteligente" (56) y a la hora de implementar tecnologías I4.0, los responsables de la toma de decisiones deben considerar el factor humano como un elemento clave y destacado y no como un elemento secundario que se deba adaptar posteriormente (57).

CONCLUSIONES

Dado el desarrollo tecnológico, los trabajadores deben prepararse para un mundo en el que será habitual modificar continuamente sus habilidades. Las iniciativas de aprendizaje permanente y los programas de perfeccionamiento serán cruciales para garantizar que la fuerza laboral sea resiliente y adaptable ante los cambios en los puestos de trabajo y los avances tecnológicos y que estas puedan utilizarse para comprender y abordar las necesidades de diversos grupos ocupacionales, fundamentar mejor las políticas y ayudar a formular estrategias para perfeccionar el entorno de salud y seguridad de los trabajadores.

La transición hacia la Industria 5.0 ofrece grandes ventajas para la seguridad y salud en el trabajo (SST), como la mejora en la formación mediante realidad virtual, el uso de IA para predecir y reducir accidentes, y la colaboración eficiente entre humanos y máquinas que optimiza la productividad y el bienestar laboral. Sin embargo, también existen desventajas, como la dificultad para coordinar los recursos humanos en un entorno altamente automatizado, las barreras en la adopción de nuevas tecnologías debido a costos y preocupaciones de privacidad, y la necesidad de reentrenar a los trabajadores para adaptarse a este cambio tecnológico. A pesar de estos retos, la integración adecuada de estas tecnologías puede transformar positivamente los entornos laborales, siempre que se prioricen la seguridad y el bienestar de los empleados.

ASPECTOS ÉTICOS

Se respetó los derechos de autor de las investigaciones revisadas.

LIMITACIONES

Los investigadores consideramos como una limitación del estudio el acceso restringido a bases de datos que no son Open Access.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Boyacá, por ofrecernos la oportunidad de ser parte de esta institución como especialistas en formación en Seguridad y Salud en el Trabajo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores afirman no tener conflictos de interés.

FINANCIACIÓN

Como investigadores, declaramos que las fuentes de financiación fueron recursos propios, destinados a cubrir los costos profesionales, el servicio de energía e internet, así como los medios necesarios para llevar a cabo este artículo de revisión.

REFERENTES

1. Reiman A, Kaivo-oja J, Parviainen E, Takala EP, Lauraeus T. Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context – A scoping review. *Technol Soc.* 2021;65:101572. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101572>
2. Mourtzis D, Angelopoulos J, Panopoulos N. A literature review of the challenges and opportunities of the transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies.* 2022;15(17):6276. <https://doi.org/10.3390/en15176276>
3. Karatas M, Eriskin L, Devenci M, Pamucar D, Garg H. Big data for healthcare Industry 4.0: Applications, challenges and future perspectives. *Expert Syst Appl.* 2022;200:116912. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116912>
4. Min J, Kim Y, Lee S, Jang TW, Kim I, Song J. The Fourth Industrial Revolution and its impact on occupational health and safety, worker's compensation and labor conditions. *Saf Health Work.* 2019;12:400-8. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.09.005>
5. Law Academy. Labour 2030 II International Congress. Work Innovation: are we ready? The future is digital and it's on; 2022.
6. Guo BHW, Zou Y, Fang Y, Goh YM, Zou PXW. Computer vision technologies for safety science and management in construction: A critical review and

- future research directions. Saf Sci. 2021;135:105130. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105130>
7. Gualtieri L, Rauch E, Vidoni R. Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: A systematic literature review. Robot Comput Integr Manuf. 2021;67:101998. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101998>
 8. Quy VK, Chehri A, Quy NM, Han ND, Ban NT. Innovative trends in the 6G era: A comprehensive survey of architecture, applications, technologies, and challenges. IEEE Access. 2023;11:39824-39844. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3269297>
 9. Gibbs M, Bazylik S. How is new technology changing job design? IZA World Labor [Internet]. 2022. Disponible en: <https://wol.iza.org/articles/how-is-new-technology-changing-job-design/long>
 10. Peruzzini M, Prati E, Pelicciari M. A framework to design smart manufacturing systems for Industry 5.0 based on the human-automation symbiosis. Int J Comput Integr Manuf. 2023;36(14-15):1426-1443. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2023.2257634>
 11. Vuchkovski D, Zalaznik M, Mitreĝa M, Pfajfar G. A look at the future of work: The digital transformation of teams from conventional to virtual. J Bus Res. 2023;163:113912. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113912>
 12. Digo E, Pastorelli S, Gastaldi L. A narrative review on wearable inertial sensors for human motion tracking in industrial scenarios. Robotics (Basel). 2022;11(6):138. <https://doi.org/10.3390/robotics11060138>
 13. Chulakit S, Sadun AS, Jalaludin NA, Hashim H, Hassan H, Mahmood S, et al. A review of HRV and EEG technology applications in Industry 5.0: Emphasising manufacturing efficiency and worker well-being. Int J Integr Eng. 2024;16(5):324-40. <https://doi.org/10.30880/ijie.2024.16.05.025>
 14. Babalola A, Manu P, Cheung C, Yunusa-Kaltungo A, Bartolo P. A systematic review of the application of immersive technologies for safety and health management in the construction sector. J Safety Res. 2023;85:66-85. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.01.007>
 15. Pribadi AP, Rahman YMR, Silalahi CDAB. Analysis of the effectiveness and user experience of employing virtual reality to enhance the efficacy of occupational safety and health learning for electrical workers and graduate students. Heliyon. 2024;10(15):e34918. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34918>
 16. Shah IA, Mishra S. Artificial intelligence in advancing occupational health and safety: An encapsulation of developments. J Occup Health. 2024;66(1):uiad017. <https://doi.org/10.1093/joccu/uiad017>
 17. Arana-Landín G, Laskurain-Iturbe I, Iturrate M, Landeta-Manzano B. Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health

- and safety. Heliyon. 2023;9(3):e13720. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13720>
18. Filippi E, Bannò M, Trento S. Automation technologies and their impact on employment: A review, synthesis and future research agenda. *Technol Forecast Soc Change*. 2023;191:122448. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122448>
 19. Ciccarelli M, Scoccia C, Forlini M, Papetti A, Palmieri G, Germani M. Comparison of wearable inertial sensors and RGB-D cameras for ergonomic risk assessment. *Lect Notes Netw Syst*. 2023;6:186-94. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37848-5_21
 20. Hermawati S, Correa R, Mohan M, Lawson G, Houghton R. Defining human-centricity in Industry 5.0 and assessing the readiness of ergonomics/human factors communities in UK. *Ergonomics*. 2024;67(3):397-414. <https://doi.org/10.1080/00140139.2024.2343947>
 21. Ergan S, Zou Z, Bernardes SD, Zuo F, Ozbay K. Developing an integrated platform to enable hardware-in-the-loop for synchronous VR, traffic simulation and sensor interactions. *Adv Eng Inform*. 2022;51:101476. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101476>
 22. Deschênes AA. Digital literacy, the use of collaborative technologies, and perceived social proximity in a hybrid work environment: Technology as a social binder. *Comput Hum Behav Rep*. 2024;13:100351. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100351>
 23. Cagno E, Accordini D, Neri A, Negri E, Macchi M. Digital solutions for workplace safety: An empirical study on their adoption in Italian metalworking SMEs. *Saf Sci*. 2024;177:106598. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106598>
 24. Paul M, Maglaras L, Ferrag MA, Almomani I. Digitization of healthcare sector: A study on privacy and security concerns. *ICT Express*. 2023;9(8):571-88. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2023.02.007>
 25. Kolade O, Owoseni A. Employment 5.0: The work of the future and the future of work. *Technol Soc*. 2022;71:102086. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102086>
 26. Vitrano G, Micheli GJL, Marazzini F, Panio V, Castaldo A, Marrocco A, et al. Examining the complex interaction among technological innovation, company performance, and occupational safety and health: A mixed-methods study. *Int J Environ Res Public Health*. 2024;21(10):1368. <https://doi.org/10.3390/ijerph21101368>
 27. Gupta P, Lakhera G, Sharma M. Examining the impact of artificial intelligence on employee performance in the digital era: An analysis and future research direction. *J High Technol Manag Res*. 2024;35(2):100520. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2024.100520>

28. Enang E, Bashiri M, Jarvis D. Exploring the transition from techno centric industry 4.0 towards value centric industry 5.0: a systematic literature review. *Int J Prod Res.* 2023;61:7866-7902. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2221344>
29. Gibbs M, Bazylik S. How is new technology changing job design? IZA World Labor [Internet]. 2022. Disponible en: <https://wol.iza.org/articles/how-is-new-technology-changing-job-design/long>
30. Passalacqua M, Pellerin R, Magnani F, Doyon-Poulin P, Del-Aguila L, Boasen J, et al. Human-centred AI in industry 5.0: a systematic review. *Int J Prod Res.* 2024;62(7):2120-2140. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2406021>
31. Grosse EH, Sgarbossa F, Berlin C, Neumann WP. Human-centric production and logistics system design and management: transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0. *Int J Prod Res.* 2023;61:7749-59. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2246783>
32. Robelski S, Sommer S. ICT-enabled mobile work: Challenges and opportunities for occupational health and safety systems. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(20):7498. <https://doi.org/10.3390/ijerph17207498>
33. Nnaji C, Gambatese J, Lee HW, Zhang F. Improving construction work zone safety using technology: A systematic review of applicable technologies. *J Traffic Transp Eng (Engl Ed).* 2020;7(1):61-75. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.11.001>
34. Kovari A, Kálmán K. Industry 5.0: Generalized definition, key applications, opportunities and threats. *Acta Polytech Hung.* 2024;21(3):1-18. <https://doi.org/10.12700/APH.21.3.2024.3.17>
35. Bavaresco R, Arruda H, Rocha E, Barbosa J, Li GP. Internet of Things and occupational well-being in industry 4.0: A systematic mapping study and taxonomy. *Comput Ind Eng.* 2021;161:107670. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107670>
36. Trstenjak M, Hegedić M, Tošanović N, Opetuk T, Đukić G, Cajner H. Key enablers of Industry 5.0 - Transition from 4.0 to the new digital and sustainable system. *Lect Notes Mech Eng.* 2023:614-21. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28839-5_69
37. Botti L, Melloni R, Oliva M. Learn from the past and act for the future: A holistic and participative approach for improving occupational health and safety in industry. *Saf Sci.* 2022;145:105475. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105475>
38. Chia G, Lim SM, Sng GKJ, Hwang YFJ, Chia KS. Need for a new workplace safety and health (WSH) strategy for the fourth Industrial Revolution. *Am J Ind Med.* 2019;62:275-81. <https://doi.org/10.1002/ajim.22960>
39. Larsson-Lund M, Nyman A. Occupational challenges in a digital society: A discussion inspiring occupational therapy to cross thresholds and embrace

- possibilities. Scand J Occup Ther. 2020;27(8):550-3. <https://doi.org/10.1080/11038128.2018.1523457>
40. Shayesteh S, Ojha A, Liu Y, Jebelli H. Human-robot teaming in construction: Evaluative safety training through the integration of immersive technologies and wearable physiological sensing. Saf Sci. 2023;159:106019. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106019>
41. Giallanza A, La Scalia G, Micale R, La Fata CM. Occupational health and safety issues in human-robot collaboration: State of the art and open challenges. Saf Sci. 2024;169:106313. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106313>
42. Adem A, Çakit E, Dağdeviren M. Occupational health and safety risk assessment in the domain of Industry 4.0. SN Appl Sci. 2020;2(5):7817. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2817-x>
43. Ávila-Gutiérrez MJ, de Miranda SSF, Aguayo-González F. Occupational Safety and Health 5.0-A model for multilevel strategic deployment aligned with the Sustainable Development Goals of Agenda 2030. Sustainability. 2022;14(11):6741. <https://doi.org/10.3390/su14116741>
44. Rampersad G. Robot will take your job: Innovation for an era of artificial intelligence. J Bus Res. 2020;116:68-74. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.019>
45. Sánchez-Segura MI, Dugarte-Peña GL, De Amescua A, Medina-Domínguez F, López-Almansa E, Reyes EB. Smart occupational health and safety for a digital era and its place in smart and sustainable cities. Math Biosci Eng. 2021;18(6):8831-56. <https://doi.org/10.3934/mbe.2021436>
46. Vitrano G, Micheli GJL, Guglielmi A, De Merich D, Pellicci M, Urso D, et al. Sustainable occupational safety and health interventions: A study on the factors for an effective design. Saf Sci. 2023;166:106249. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106249>
47. Nnaji C, Karakhan AA. Technologies for safety and health management in construction: Current use, implementation benefits and limitations, and adoption barriers. J Build Eng. 2020;29:101212. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101212>
48. Hötte K, Somers M, Theodorakopoulos A. Technology and jobs: A systematic literature review. Technol Forecast Soc Change. 2023;194:122750. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122750>
49. Spencer DA. Technology and work: Past lessons and future directions. Technol Soc. 2023;74:102294. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102294>
50. Stadin M, Nordin M, Broström A, Magnusson Hanson LL, Westerlund H, Fransson EI. Technostress operationalised as information and communication technology (ICT) demands among managers and other

- occupational groups – Results from the Swedish Longitudinal Occupational Survey of Health (SLOSH). *Comput Human Behav.* 2021;114:106486. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106486>
51. Cai Y, Liu S, Zhang X. The digital economy and job quality: Facilitator or inhibitor? Evidence from micro-individuals. *Heliyon.* 2024;10(4):e26536. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26536>
52. Marsh E, Vallejos EP, Spence A. The digital workplace and its dark side: An integrative review. *Comput Human Behav.* 2022;128:107118. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107118>
53. Kraus S, Ferraris A, Bertello A. The future of work: How innovation and digitalization re-shape the workplace. *J Innov Knowl.* 2023;8(4):100438. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100438>
54. Khafaga AAAEMA, Moreira LC, Horan B. Towards Industry 5.0: Augmented reality assistance systems for people-centred digitalisation and smart manufacturing. In: ICAC 2023 - 28th International Conference on Automation and Computing. IEEE; 2023. <https://doi.org/10.1109/ICAC57885.2023.10275290>
55. Venthuruthiyil SP, Thapa D, Mishra S. Towards smart work zones: Creating safe and efficient work zones in the technology era. *J Safety Res.* 2023;87:345-66. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.08.006>
56. Zorzenon R, Lizarelli FL, Daniel DBA. What is the potential impact of industry 4.0 on health and safety at work? *Saf Sci.* 2022;153:105802. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105802>
57. Zirar A, Ali SI, Islam N. Worker and workplace Artificial Intelligence (AI) coexistence: Emerging themes and research agenda. *Technovation.* 2023;124:102747. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102747>
58. Antonaci FG, Olivetti EC, Marcolin F, Castiblanco Jimenez IA, Eynard B, Vezzetti E, et al. Workplace well-being in Industry 5.0: A worker-centered systematic review. *Sensors (Basel).* 2024;24(17):5473. <https://doi.org/10.3390/s24175473>



Esta obra está bajo una licencia internacional
[Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)