



Organización
Internacional
del Trabajo

Informe global

revolución de la *seguridad y la salud*

Papel de la IA y
la digitalización en el trabajo.



Informe global

revolución de la *seguridad y la salud*

Papel de la IA y
la digitalización en el trabajo.



Copyright © Organización Internacional del Trabajo 2025

Primera edición 2025



Esta es una obra de acceso abierto distribuida bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>). Los usuarios pueden reproducir, distribuir, adaptar y desarrollar el contenido de la obra original, conforme a los términos de la licencia mencionada. La OIT debe ser claramente reconocida como titular de la obra original. Los usuarios no están autorizados a reproducir el logo de la OIT en sus obras.

Atribución de la titularidad - La obra debe citarse como sigue: Revolución de la seguridad y salud: Papel de la IA y la digitalización en el trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 2025.

Traducciones - En caso de que se traduzca la presente obra, deberá añadirse, además de la atribución de la titularidad, el siguiente descargo de responsabilidad: *La presente traducción no es obra de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ni debe considerarse una traducción oficial de la OIT. La OIT no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción.*

Adaptaciones - En caso de que se adapte la presente obra, deberá añadirse, además de la atribución de la titularidad, el siguiente descargo de responsabilidad: *La presente publicación es una adaptación de una obra original de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Las opiniones y puntos de vista expresados en esta adaptación son responsabilidad exclusiva de su autor o autores, y en ningún caso de la OIT.*

Esta licencia CC no se aplica a los materiales protegidos por derechos de autor incluidos en esta publicación que no son pertenecientes a la OIT. Si el material se atribuye a una tercera parte, la parte que utilice dicho material será la única responsable de obtener las autorizaciones necesarias por parte del titular de los derechos

Todo litigio que resulte de la presente licencia o en relación con ésta, que no pueda ser resuelto de manera amistosa será sometido a arbitramento de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). Las partes quedarán vinculadas por cualquier laudo arbitral resultante de dicho arbitraje el cual constituirá la resolución definitiva de dicho litigio.

Todas las consultas sobre derechos y licencias deberán dirigirse a la Unidad de Publicaciones de la OIT (Derechos de autor y licencias), CH-1211 Ginebra 22 (Suiza) o por correo electrónico a rights@ilo.org.

ISBN 9789220417751 (pdf web)
9789220417744 (impreso)

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OIT, que están en concordancia con la práctica seguida en las Naciones Unidas, y la forma en que aparecen presentados los datos no implican juicio alguno por parte de la OIT sobre la condición jurídica de ninguno de los países, zonas o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La responsabilidad de las opiniones expresadas en los artículos, estudios y otras colaboraciones firmados incumbe exclusivamente a sus autores, y su publicación no significa que la OIT las suscriba.

Las referencias a firmas o a procesos o productos comerciales no implican aprobación alguna por la OIT, y el hecho de que no se mencionen firmas o procesos o productos comerciales no implica desaprobación alguna.

Para más información sobre las publicaciones y los productos digitales de la OIT, visite nuestro sitio web: www.ilo.org/publns.

Impreso en Suiza.



Agradecimientos

El presente informe ha sido elaborado por Manal Azzi, jefa de equipo, y Dafne Papandrea, con el apoyo de Lacye Groening. Agradecemos a Natasha Scott la investigación inicial y su propuesta de borrador preliminar del informe. Merecen un reconocimiento especial Balint Nafradi, Wafaa Alzaanin, Nour Kabbara y Lucía Risueño Navarro por su apoyo.

La investigación del informe se ha basado en el trabajo realizado en los dos últimos años por la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA). El informe también ha contado con las contribuciones y revisiones de los expertos Vibe Westh, Maurizio Curtarelli, y Emmanuelle Brun de la EU-OSHA.

Hacemos extensivo nuestro reconocimiento a Ignacio González Vázquez y Enrique Fernández-Macías (Centro Común de Investigación, Comisión Europea), Sarah Copsey y Cesira Urzi (expertos independientes), Dr. Alessio Bertolini (Universidad de Oxford), Kyrillos Spyridopoulos (Ecorys), Aude Cefaliello (Instituto Sindical Europeo), Sascha Wischniewski y Patricia Helen Rosen (Instituto Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, BAuA, Alemania), Nadia Echchihab (SafetyTech Accelerator), Theo Bodin, Virginia Gunn, y Ruben Lind (Karolinska Institutet) por sus valiosas aportaciones.

Agradecemos asimismo la revisión y las contribuciones de los colegas de la Oficina de Actividades para los Trabajadores (ACTRAV), la Oficina de Actividades para los Empleadores (ACT/EMP), el Departamento de Investigaciones y Publicaciones de la OIT (RESEARCH), el Servicio de Mercados Laborales Inclusivos, Relaciones Laborales y Condiciones de Trabajo (INWORK), y el Servicio de Diálogo Social, Relaciones Laborales y Gobernanza del Trabajo (LABGOV). Queremos transmitir nuestra gratitud especialmente a Uma Rani, Janine Berg, Catherine Saget, Daniel Samaan, Tahmina Karimova y Sevane Ananian (RESEARCH), Anarosa Pesole y Nuno Meira Simoes Cunha (INWORK) y Tvisha Shroff (LABGOV) por sus valiosas aportaciones y su apoyo.

También damos las gracias a los especialistas en seguridad y salud en el trabajo de la sede y en el terreno, en particular a Claude Loïselle, Félix Martín Daza, Carmen Bueno, Tzvetomira Radoslavova, Yuka Ujita y Tsuyoshi Kawakami, por su revisión, sus comentarios y sus ejemplos prácticos.

Por último, agradecemos a los colegas del Vision Zero Fund (Ockert Dupper, Paul Wallot, Yessica Calvario y Schneider Guataqui Cervera) sus aportaciones y su apoyo.



Índice

Agradecimientos	iii
Lista de abreviaturas	v
Resumen ejecutivo	1
► 1. Cómo la digitalización está transformando la seguridad y salud en el trabajo	5
1.1 Automatización y robótica avanzada	6
1.2 Herramientas y sistemas de vigilancia inteligentes de SST	15
1.3 Realidad extendida y virtual	22
1.4 Gestión algorítmica del trabajo	27
1.5 La transformación de las modalidades de trabajo mediante la digitalización	29
► 2. La SST en la era digital: Políticas, lagunas y medidas de colaboración	37
2.1 Medidas adoptadas a escala mundial con objeto de garantizar un trabajo seguro y saludable en la transición digital	37
2.2. Iniciativas regionales para mejorar la SST a través de la digitalización	41
2.3 Marcos nacionales que regulan la SST y la digitalización	46
2.4 Gestión de la digitalización y la SST en el lugar de trabajo	60
Conclusiones principales	64
Bibliografía	68



Lista de abreviaturas

cobot	robot colaborativo
EPP	equipos de protección personal
EU-OSHA	Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo
FMI	Fondo Monetario Internacional
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
IA	inteligencia artificial
IoT	internet de las cosas
NIOSH	Instituto Nacional de Seguridad y la Salud en el Trabajo de los Estados Unidos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).
OIE	Organización Internacional de Empleadores
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
pymes	pequeñas y medianas empresas
SST	seguridad y salud en el trabajo





Resumen ejecutivo



Cómo la digitalización está transformando la seguridad y salud en el trabajo

La digitalización y la automatización están impactando a millones de empleos en todo el mundo, presentando oportunidades sin precedentes para mejorar la seguridad y la salud en el trabajo. La automatización, junto con herramientas y sistemas de vigilancia inteligentes, pueden reducir la exposición a entornos peligrosos, prevenir lesiones en el lugar de trabajo y, en general, mejorar las condiciones laborales. No obstante, se necesitan políticas proactivas para abordar los riesgos potenciales.

- La **automatización y la robótica avanzada** están racionalizando las tareas físicas y cognitivas, reduciendo la exposición a entornos peligrosos y a lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos, y mejorando con ello la seguridad y salud en el lugar de trabajo. Cabe señalar asimismo que también pueden introducir riesgos como los relacionados con los fallos mecánicos, la ergonomía, el ruido y los factores psicosociales.
- Las **herramientas inteligentes de SST y los sistemas de vigilancia**, incluidos los sensores y los dispositivos portátiles basados en la IA, permiten la detección de peligros en tiempo real, la evaluación predictiva de riesgos y la adopción de medidas de seguridad proactivas. Velar por la facilidad de uso, la adaptación adecuada a los distintos tipos de trabajadores, la protección de la privacidad y la prevención del estrés derivado de la vigilancia continua son retos fundamentales que es preciso abordar.
- La **realidad extendida y virtual** están transformando la formación de los trabajadores con simulaciones inmersivas para el reconocimiento de peligros y la respuesta a emergencias. Sin embargo, es preciso gestionar riesgos potenciales, como la visibilidad bloqueada, los problemas de equilibrio, la fatiga visual y la sobrecarga cognitiva.
- La **gestión algorítmica del trabajo** utiliza sistemas basados en la IA o programados con IA para coordinar la fuerza de trabajo en una organización, optimizar la asignación de tareas, mejorar el compromiso y el equilibrio entre la vida laboral y la vida personal y abordar los déficits de competencias. No obstante, es preciso tener en cuenta riesgos potenciales, como la vigilancia excesiva y la intensificación del trabajo.
- La **transformación de las modalidades de trabajo mediante la digitalización**, incluidos el teletrabajo y las plataformas de trabajo digitales, ofrecen flexibilidad, pero plantean posibles retos tanto físicos como psicosociales en materia de SST.

Para maximizar los beneficios de la digitalización en materia de SST, y al mismo tiempo, mitigar los riesgos, es esencial adoptar un enfoque proactivo, participativo y basado en evidencia. Esto requiere la participación activa de los gobiernos, los empleadores y los trabajadores, junto con los profesionales de la SST y otros grupos de interés para garantizar que la transformación digital refuerce, y no comprometa, la seguridad y la salud en el trabajo.



Cómo garantizar la SST en la era digital

Los marcos existentes de SST, incluidos los estándares de la OIT, siguen siendo fundamentales para salvaguardar el derecho a un entorno laboral seguro y saludable en la era digital.

Reconociendo la naturaleza interdisciplinaria de la SST y la digitalización, algunos países están incorporando consideraciones de SST en políticas más amplias sobre la IA y transición digital. Por otra parte, algunos países integran la digitalización en los marcos de política de SST con el objetivo de mejorar la prevención de riesgos, la supervisión y la protección de los trabajadores.

Asimismo, varios países han comenzado a revisar y adaptar sus marcos legales. Entre las áreas clave de desarrollo normativo se encuentran la actualización de los reglamentos sobre seguridad en robótica y los protocolos de interacción humano-robot para mitigar los riesgos en entornos de trabajo colaborativo. También se están estableciendo derechos como el derecho a la desconexión para prevenir el agotamiento digital y la sobrecarga laboral. Además, las protecciones en materia de SST se están ampliando para cubrir el trabajo a distancia y el trabajo en plataformas, reconociendo la evolución de las formas de empleo.

Como complemento a estas medidas políticas, los estándares voluntarios, las guías prácticas, las campañas de concienciación, las iniciativas de formación y los programas de investigación están desempeñando un papel crucial para orientar a las empresas y dotar a los trabajadores de las competencias necesarias para utilizar las nuevas tecnologías de forma segura. No obstante, se necesita más investigación para comprender mejor las repercusiones a largo plazo de las tecnologías digitales en la SST y garantizar una implementación informada.

En el lugar de trabajo, la evaluación y la gestión regular de los riesgos siguen siendo esenciales para abordar de manera proactiva los nuevos riesgos digitales. Esto implica evaluar periódicamente los riesgos asociados con nuevas tecnologías, aplicar medidas preventivas de acuerdo con la jerarquía de controles en SST, y adaptar continuamente las políticas de SST para que sigan siendo eficaces a medida que evolucionan las tecnologías, incorporando las opiniones de los trabajadores y los últimos avances en materia de seguridad.

Las herramientas digitales como la analítica basada en IA, el monitoreo en tiempo real y los modelos predictivos pueden mejorar las evaluaciones de riesgos y las estrategias de seguridad, pero deben complementar —no reemplazar— el juicio humano en las prácticas de SST.

Los trabajadores y sus representantes deben participar activamente en todas las etapas de implementación de tecnologías digitales, incluyendo el diseño, la operación y la supervisión, garantizando que estas tecnologías fortalezcan, y no debiliten, la seguridad y la salud en el trabajo.

Adoptando un enfoque colaborativo, con visión de futuro y centrado en las personas trabajadoras, los actores involucrados pueden asegurar que la innovación digital conduzca a lugares de trabajo más seguros, saludables y sostenibles, en beneficio de todos.

Sobre este informe

A partir de un estudio documental exhaustivo, entrevistas a informadores clave y una revisión de las políticas y las prácticas, el presente informe analiza los cambios que las tecnologías digitales están aportando a la SST y la necesidad de garantizar que estos cambios no se traduzcan en riesgos potenciales.

Al aportar ideas sobre políticas, prácticas óptimas y estudios de casos reales, este informe sirve de orientación para ayudar a Gobiernos, empleadores, trabajadores y expertos en SST a transitar por un panorama de la seguridad digital en el trabajo en constante evolución.

La primera parte del informe examina de qué modo la automatización y la robótica avanzada, las herramientas inteligentes de SST y los sistemas de vigilancia, la realidad extendida y la realidad virtual, la gestión algorítmica del trabajo y la transformación de las modalidades de trabajo mediante la digitalización están reconfigurando la seguridad y salud en el lugar de trabajo, teniendo en cuenta tanto las oportunidades que brinda como los riesgos potenciales que conlleva.

La segunda parte examina las políticas a nivel mundial, regional y nacional que rigen la SST en los lugares de trabajo digitalizados, destacando las lagunas normativas y las respuestas en materia de políticas. También analiza la evaluación de riesgos, la participación de los trabajadores y las estrategias de prevención para integrar las herramientas digitales de forma segura y eficaz en el lugar de trabajo.

Por último, las Conclusiones principales resumen los aspectos más destacados, haciendo hincapié en las medidas más importantes que es necesario adoptar para garantizar una transición digital responsable, inclusiva y centrada en los trabajadores.





1

Cómo la digitalización está transformando la seguridad y salud en el trabajo

La digitalización¹ está reconfigurando el mundo del trabajo, introduciendo prácticas innovadoras, fomentando nuevas industrias y transformando los entornos de trabajo tanto físicos como psicosociales.

La IA² y las herramientas digitales proporcionan a las empresas importantes oportunidades para mejorar la SST. Cuando se diseñan y aplican eficazmente, estas tecnologías contribuyen a mitigar los riesgos profesionales, reducir los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales, y mejorar la eficiencia, la productividad y el desempeño general (Sun et al. 2022). Una de las principales ventajas de la digitalización es alejar a los trabajadores de entornos y exposiciones peligrosos, como productos químicos, temperaturas extremas, radiaciones, espacios confinados y maquinaria de alto riesgo. También optimiza la organización del trabajo, agilizando los procesos, automatizando las tareas repetitivas y físicamente exigentes y mejorando la distribución de la carga de trabajo, reduciendo el esfuerzo tanto físico como mental (EU-OSHA 2019). Los sistemas y herramientas basados en la IA mejoran la seguridad en el lugar de trabajo detectando peligros, controlando las condiciones ambientales y prediciendo fallos de los equipos. Además, la digitalización apoya el desarrollo profesional a través de oportunidades personalizadas de mejora y perfeccionamiento de las competencias, garantizando que los trabajadores puedan adaptarse a la evolución de la demanda de empleo y estar adecuadamente preparados para hacer frente a nuevos riesgos en materia de SST (EU-OSHA 2019). No obstante, es importante señalar que los beneficios de la digitalización no son universales.³

Aunque la digitalización ofrece numerosos beneficios para la SST, puede introducir riesgos significativos que pueden prevenirse y deben gestionarse con especial cuidado. Los fallos en la interacción humano-robot, los problemas ergonómicos y la exposición a ruidos y vibraciones son algunos de los riesgos potenciales asociados a las tecnologías digitales (EU-OSHA 2009). Los dispositivos ponibles e inteligentes, si no están bien diseñados, pueden provocar tensiones físicas, mientras que los vehículos aéreos no tripulados, como los drones, y las pantallas montadas en la cabeza pueden plantear riesgos de lesiones, pérdida de equilibrio y peligros visuales. Los avances tecnológicos también pueden conducir a la intensificación del trabajo, la inseguridad laboral y el «tecnoestrés⁴», ya que los trabajadores se enfrentan a una presión cada vez mayor para adaptarse a herramientas y procesos en rápida evolución (OIT 2022). La difuminación de los límites entre la vida laboral y la vida personal debido al trabajo móvil y en línea puede contribuir al agotamiento, mientras que la vigilancia intrusiva y la supervisión constante pueden vulnerar la privacidad y reducir la autonomía laboral (OIT 2018). A medida que los trabajadores pasan más tiempo utilizando herramientas digitales, pueden verse cada vez más expuestos al ciberacoso. La toma de decisiones basada en la IA conlleva el riesgo de fragmentación de tareas, pérdida de satisfacción

¹ Según la OIT, la digitalización se entiende en términos generales como la aplicación de las tecnologías digitales y, por consiguiente de información o datos digitalizados, en la economía y la sociedad (GB.350: Grupo de Trabajo sobre la Dimensión Social de la Mundialización. Desafíos y oportunidades que plantea la digitalización). En el mundo del trabajo, la digitalización conlleva la transformación de las estructuras y procesos organizativos con el objetivo de mejorar la eficiencia, los ingresos y la resiliencia. Al reconfigurar la organización del trabajo, repercute en la cantidad y el tipo de empleo que se ofrece, así como en las condiciones de trabajo y la protección de los trabajadores.

² La IA es un componente esencial de la digitalización. Los sistemas de IA pueden estar basados únicamente en programas informáticos o estar integrados en dispositivos físicos (Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial 2019). Pueden complementar y apoyar las tareas humanas, sustituir funciones existentes o crear otras nuevas (Selenko et al. 2022).

³ Las disparidades surgen debido a las limitaciones en las infraestructuras, el acceso desigual a las competencias digitales y la discriminación implícita o explícita basada en factores como la ubicación, el origen étnico, la religión o el género (Graham et al. 2017). Las pequeñas y medianas empresas, sobre todo en los países en desarrollo, tienen dificultades para adoptar herramientas digitales debido a la escasez de recursos (FMI 2024a). Por lo tanto, la tecnología no debe considerarse una solución única. Su eficacia depende del contexto en el que se aplique y del grado de participación de los trabajadores en su diseño, funcionamiento y control.

⁴ <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/intr-03-2022-0214/full/html>

en el trabajo y parcialidad, lo que puede marginar a determinados grupos y agravar las desigualdades en el lugar de trabajo.

Abordar estos retos requiere un enfoque proactivo de la SST, garantizando que la transformación digital mejore la seguridad y el bienestar de los trabajadores en lugar de comprometerlos (González Vázquez et al. 2024).

Este capítulo analiza el impacto de la digitalización en la SST, agrupando las tecnologías y los procesos de trabajo en cinco categorías: **automatización y robótica avanzada; herramientas inteligentes de SST y sistemas de vigilancia; realidad extendida y virtual; gestión algorítmica del trabajo y la transformación de las modalidades de trabajo mediante la digitalización.** Para cada una de estas tecnologías y procesos, las investigaciones destacan cómo pueden mejorar la SST al mitigar los riesgos físicos, organizativos y psicosociales, además de analizar los posibles riesgos conexos. Las conclusiones subrayan la necesidad de adoptar un planteamiento equilibrado y proactivo para garantizar entornos de trabajo seguros y saludables para todos.



1.1 Automatización y robótica avanzada

La automatización y la robótica avanzada⁵ están impulsando profundos cambios en la seguridad y salud en el lugar de trabajo, introduciendo formas innovadoras de mejorar la eficiencia y reducir los riesgos en todos los sectores (EU-OSHA 2024a; Petersen et al. 2023). Estas tecnologías automatizan tanto las tareas físicas, véase el montaje, la manipulación de materiales y las operaciones peligrosas, como los procesos cognitivos, incluida la toma de decisiones y el análisis de datos, redefiniendo cómo se realiza, supervisa y gestiona el trabajo (Wang 2019; Chen et al. 2023).

La robótica avanzada se refiere a tecnologías diseñadas para realizar tareas que requieren gran precisión, adaptabilidad y autonomía, tecnologías que pueden mejorar la productividad y la seguridad en el lugar de trabajo reduciendo la exposición de los trabajadores a actividades físicamente exigentes o peligrosas. Estos sistemas incluyen robots industriales, como los brazos robóticos utilizados para tareas repetitivas y peligrosas, así como innovaciones modernas como robots móviles autónomos, drones, exoesqueletos y robots colaborativos (cobots) que trabajan junto a los humanos para mejorar la eficiencia y la seguridad (EU-OSHA 2022b). Los robots se utilizan en diversos sectores. Por ejemplo, se encargan de tareas peligrosas y repetitivas en la manufactura, ayudan en diagnósticos y cirugías en la atención de salud, mejoran la precisión en la agricultura, optimizan la logística, apoyan la recuperación en caso de catástrofes y realizan operaciones militares de importancia crítica como el reconocimiento y la desactivación de bombas (EU-OSHA 2022b).

La IA desempeña un papel fundamental en la automatización de tareas tanto cognitivas como físicas, permitiendo aplicaciones como la vigilancia de la salud, los sistemas de conducción autónoma, los *chatbots* y los robots industriales (EU-OSHA 2022f). También facilita funciones como la atención al cliente, la traducción y las operaciones de caja, reduciendo la carga de trabajo de las personas y mejorando la productividad (Petersen et al. 2023; Kjellstrom et al. 2024). Estos avances están transformando casi todas las industrias, incluso las consideradas tradicionalmente de baja tecnología (OIT 2023).

La repercusión mundial de la automatización y la IA en los puestos de trabajo es significativa. La OIT (2023) calcula que la automatización podría, como mínimo, sustituir parcialmente casi 75 millones de puestos de trabajo en todo el mundo, mientras que la IA podría generar 427 millones de puestos de trabajo, en diversos sectores. Los efectos varían según la región y la demografía. Europa y América del Norte, con mercados de trabajo diversificados, son las regiones más expuestas a la automatización (Naciones Unidas/OIT 2024), mientras que Asia, África y América Latina se enfrentan a una menor exposición debido a la prominencia de la agricultura y los sectores informales menos afectados por la IA generativa (Naciones Unidas/OIT 2024). En China, las tecnologías de IA, como los grandes modelos lingüísticos, pueden desplazar a los puestos de trabajo mejor remunerados y que requieren mucha experiencia, invirtiendo las tendencias anteriores de la demanda de mano de obra (Chen et al. 2023).

⁵ La robótica avanzada, término surgido en el decenio de 1980, se refiere a robots equipados con sofisticados programas y equipos informáticos capaces de tomar decisiones inteligentes, a diferencia de las máquinas tradicionales (Robotnik 2022). La integración de tecnologías de IA permite a estos robots interactuar de forma independiente con su entorno y realizar tareas complejas (Licardo et al. 2024).

Las mujeres se ven desproporcionadamente afectadas por la IA generativa, ya que su exposición a la automatización es más del doble que la de los hombres en la mayoría de las regiones (Naciones Unidas/OIT 2024). La subcontratación de procesos operativos, como el trabajo en centros de llamadas, una importante fuente de empleo formal y relativamente bien remunerado para las mujeres en varios países en desarrollo, corre especial peligro (Naciones Unidas/OIT 2024).

1.1.1 Cómo la automatización y la robótica están mejorando la seguridad y salud en el trabajo

► Retirando a los trabajadores de entornos y exposiciones de alto riesgo

Los robots se utilizan cada vez más para sustituir a los trabajadores en realización de tareas peligrosas y entornos de alto riesgo (trabajos considerados sucios, peligrosos y degradantes). En la minería, la construcción y la manufactura, permiten a los trabajadores supervisar operaciones peligrosas a distancia, reduciendo la exposición a riesgos como los humos de soldadura cancerígenos, la desactivación de bombas y los vertidos químicos (Robots.com 2017; CCOHS 2022b). En la recuperación después de catástrofes, los robots terrestres, aéreos y marinos soportan condiciones adversas como el calor intenso, la humedad, la suciedad y la radiación (Guizzo 2023; Soori et al. 2023). Del mismo modo, en la atención de salud los robots reducen la exposición de los trabajadores a la radiación durante las resonancias magnéticas y las radiografías, ayudan con la desinfección ultravioleta y, durante la COVID-19, minimizaron los riesgos al ocuparse del transporte de pacientes y del saneamiento (Deo y Anjankar 2023; Mehta et al. 2023; Su et al. 2021). Los robots también ayudan en entornos de temperaturas extremas, como en el funcionamiento de hornos que se utilizan en la manufactura o en el trabajo en campos petrolíferos helados (A3 Marketing Team, 2019).

► Cinco tareas peligrosas que los robots pueden realizar de forma segura (Owen-Hill 2022)

- **Levantar objetos muy pesados y de peso medio:** Los robots pueden levantar objetos demasiado pesados para las personas. También pueden levantar objetos más ligeros cuyo levantamiento diario repetido puede suponer, con el tiempo, un riesgo para los trabajadores.
- **Remover metal fundido a 2 000 ° C:** Los robots pueden utilizarse para el «roscado del horno», proceso que consiste en remover el metal fundido para eliminar un subproducto residual llamado escoria. Este proceso requiere que los trabajadores remuevan el metal con una larga lanza de oxígeno, lo que puede empapar al trabajador con una cascada de chispas ardientes. Los brazos de los robots pueden envolverse en una cubierta resistente al calor que les permite soportar el entorno de altas temperaturas.
- **Recoger y envasar residuos radiactivos:** La manipulación de materiales radiactivos plantea riesgos inherentes para la salud de las personas. Para tareas como la manipulación de residuos radiactivos de centrales nucleares, la robótica ofrece la solución más segura y viable.
- **Trabajar en entornos contaminados y polvorientos:** Los robots pueden mejorar la seguridad de los trabajadores en entornos de trabajo inseguros, como los contaminados con polvo o sustancias químicas tóxicas.
- **Hacer movimientos físicos repetidos:** Los robots son idóneos para realizar tareas repetitivas que pueden entrañar riesgos importantes para los trabajadores, pudiendo provocar graves trastornos musculoesqueléticos.



Los vehículos aéreos no tripulados, como los drones autónomos, pueden utilizarse para realizar operaciones de forma autónoma en zonas donde la intervención humana es peligrosa, difícil, costosa o físicamente intensiva (Kanellakis y Nikolakopoulos 2017). Pueden ayudar en situaciones de emergencia, recopilar datos y realizar tareas peligrosas para las personas, como trabajar en altura o en entornos extremos, incluidos los peligrosos o tóxicos (HSE Network 2020). En la agricultura, los drones se utilizan cada vez más para la aplicación de plaguicidas, reduciendo la exposición de los operarios a productos químicos nocivos que se han relacionado con cánceres, intoxicaciones y daños neurológicos (OIT 2021b). Por ejemplo, en China, se han utilizado drones de forma generalizada para fumigar pesticidas. En 2021 más de 200 000 drones realizaron operaciones de este tipo (Ozkan 2024). Cabe señalar, no obstante, que la formación adecuada de los operadores de drones es fundamental para evitar daños a los trabajadores y al medio ambiente (Amarasinghe et al. 2019; Yan et al. 2021; Kuster et al. 2023).

Aplicación de sistemas de drones para la pulverización de plaguicidas en la agricultura avanzada

Los agricultores corren el riesgo de sufrir efectos nocivos para la salud cuando pulverizan manualmente plaguicidas sobre los campos de cultivo. El uso de drones para la pulverización de plaguicidas es una alternativa prometedora a la pulverización manual y representa un importante fenómeno emergente en la India. Un estudio de Borikar et al. (2022) analizó los últimos avances tecnológicos y aplicaciones en equipos informáticos, controladores de vuelo y controladores electrónicos de velocidad, sensores agrícolas inteligentes y sistemas de pulverización. Los principales avances en los sistemas de drones incluyen cámaras multispectrales para la vigilancia de los cultivos, pulverización mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) activada por imágenes en tiempo real, ajustes de boquillas controlados por un teléfono inteligente y control automático de la cantidad de pesticida mediante IA en función de la velocidad y la trayectoria del dron. El estudio concluye que los drones pueden llevar a cabo tareas de fumigación con plaguicidas de forma rápida y precisa, sin plantear riesgos para la salud de las personas.

► Ayudando a los trabajadores a reducir el esfuerzo físico

Los sistemas robóticos se utilizan cada vez más para reducir las tareas repetitivas o extenuantes en diversos sectores. Estas tecnologías ayudan a aliviar la exposición a fuerzas intensas, posturas incómodas y movimientos repetitivos, factores clave relacionados con los trastornos musculoesqueléticos (EU-OSHA 2021; 2022a). Al llevar a cabo las tareas repetitivas, manuales y mentalmente poco estimulantes, los robots permiten a los trabajadores concentrar su energía en aspectos más estratégicos y creativos del trabajo (Timbó 2023).

Los exoesqueletos son dispositivos robóticos ponibles que se utilizan para mejorar, aumentar o ayudar a la postura, el movimiento o la actividad física del usuario en trabajos que implican trabajo manual o esfuerzo físico (CCOHS 2022a). Se utilizan cada vez en sectores como la construcción, la manufactura, la agricultura y la atención de salud (Flor-Unda et al. 2023; Ekso Bionics 2022). Los estudios demuestran que los exoesqueletos reducen significativamente la actividad muscular y la tensión, especialmente en la espalda y las piernas, durante las tareas de manipulación de materiales (Bär et al. 2021; Kjellstrom et al. 2022). Por ejemplo, se ha demostrado que los exoesqueletos eléctricos de cuerpo entero reducen la actividad muscular de la espalda hasta en un 53 por ciento y la tensión de las piernas en un 63 por ciento, lo que disminuye el riesgo de lesiones y contribuye al ahorro a largo plazo en atención de salud y a la productividad (Zelik et al. 2022; Kirpestein et al. s.f.). Al minimizar el esfuerzo físico y la fatiga, los exoesqueletos también pueden aliviar el estrés y mejorar el bienestar psicológico general (Vallée 2024).

Robótica en la atención de salud: más seguridad y menos riesgos

Desde el diagnóstico y la desinfección hasta la cirugía y la asistencia al paciente, la robótica está desempeñando un papel muy importante en la protección de los profesionales de la atención de salud.

Los robots ayudan a proteger a los trabajadores reduciendo la exposición a la radiación durante las resonancias magnéticas y las radiografías y minimizando los riesgos de infección al ocuparse del transporte de pacientes, el saneamiento y las pruebas autónomas de diagnóstico de enfermedades (Su et al. 2021; Deo y Anjankar 2023). Durante la COVID-19, Haddadin et al. (2024) desarrollaron un robot hisopo autónomo que realizaba cribados de forma segura sin intervención humana. Probado en 52 pacientes en Alemania, el robot demostró una gran precisión, unos elevados índices de aceptación y la capacidad de realizar hasta 300 pruebas diarias. El hisopado automatizado o asistido por robot puede mejorar significativamente la capacidad de las pruebas, protegiendo al mismo tiempo al personal (Yang et al. 2020).

En funciones físicamente exigentes, los robots y exoesqueletos ayudan a reducir el esfuerzo físico y el riesgo de lesiones, sobre todo en enfermería, cuidado de ancianos y cirugía. Al ayudar en los movimientos del paciente, alivian la carga de los cuidadores y reducen el riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Richarz et al. 2023; Persson et al. 2021). Esta tecnología también ayuda a prevenir el agotamiento y el estrés, sobre todo en entornos de alta exigencia (O'Connor 2021).

La cirugía robótica ha revolucionado los procedimientos quirúrgicos, aumentando la precisión, reduciendo la carga de trabajo y mejorando la ergonomía en comparación con la cirugía laparoscópica y la cirugía abierta tradicional (Wee et al. 2020). Sin embargo, las molestias en el cuello, los hombros y la espalda siguen siendo un problema debido al diseño de las consolas, lo que pone de relieve la necesidad de mejorar las prácticas ergonómicas y la formación formal para minimizar la tensión (Patel et al. 2023).

Aunque los robots pueden ayudar al personal de atención de salud reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia, no pueden sustituir a las personas en las funciones que requieren empatía, criterio y toma de decisiones (Witkowski et al. 2024).

► **Reduciendo las tareas repetitivas y rutinarias**

La automatización puede eliminar tareas administrativas repetitivas y rutinarias, como la cumplimentación de formularios y la tramitación de solicitudes o documentos legales (EU-OSHA 2022e). En atención al cliente, por ejemplo, los *chatbots* y asistentes virtuales basados en la IA pueden gestionar consultas complejas, reduciendo la carga de trabajo del personal (Babashahi et al. 2024). Según un estudio reciente, la IA podría ayudar a automatizar alrededor del 84 por ciento de las transacciones repetitivas en 400 servicios de la administración pública del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (The Alan Turing Institute 2024). En la atención de salud, los robots «sociales» o interactivos alivian la carga de trabajo al recoger las constantes vitales y los datos de los pacientes, lo que permite a los profesionales centrarse en tareas complejas y en atender a los pacientes (Ragno et al. 2023). En educación, los robots pueden utilizarse para calificar tareas, controlar la asistencia y programar reuniones, permitiendo a los educadores concentrarse más en la calidad de la enseñanza y menos en el papeleo (Jose 2023).

Los sistemas de IA pueden liberar a los trabajadores de tener que planificar y realizar determinadas tareas y, en algunos casos, pueden reducir su necesidad de anticipar procesos o gastar energía en controlar mentalmente su seguridad durante los procedimientos (EU-OSHA 2023a). Una encuesta realizada a 34 000 trabajadores de 18 países de todo el mundo reveló que el 64 por ciento de los participantes estaba de acuerdo en que la tecnología de automatización ayudaba a reducir tanto la carga de trabajo como

el estrés y, en el caso de los trabajadores que disfrutaban de lugares de trabajo poco estresantes, el 72 por ciento lo atribuía en parte al acceso a herramientas y tecnología para trabajar de forma productiva (McKendrick 2019).

La automatización y los sistemas de IA tienen el potencial de hacer que el trabajo tenga más sentido para algunos trabajadores, por ejemplo mejorando el aprendizaje, las competencias y el desarrollo de las personas y concediendo más control y poder a los trabajadores gracias a un mayor acceso a la información (Bankins y Formosa 2023). El control del puesto de trabajo tiende a aumentar cuando se introducen sistemas autónomos en un lugar de trabajo, ya que aumentan la capacidad de los trabajadores para distribuir el tiempo (EU-OSHA 2022a). En el caso de algunos trabajadores, la automatización de tareas puede hacer que pasen a ocupar puestos de supervisión más elevados, incidiendo en mayor medida en la toma de decisiones (EU-OSHA 2023a). Un estudio reveló que el 92 por ciento de los trabajadores del conocimiento encuestados⁶ estaban de acuerdo en que la automatización mejoraba sus vidas en el lugar de trabajo (Zapier 2021).

1.1.2 Riesgos potenciales asociados a la automatización y la robótica avanzada

Al introducir robots o exoesqueletos en el lugar de trabajo, hay varios riesgos que se deben tomar en consideración y gestionar con especial cuidado para garantizar la seguridad de los trabajadores. Si bien los robots son eficaces para sustituir a las personas en tareas peligrosas, los trabajadores encargados de mantener o reparar estas máquinas pueden verse expuestos a nuevos riesgos. Del mismo modo, la automatización de tareas, tanto cognitivas como físicas, puede mejorar significativamente las condiciones de SST, pero si no se evalúa y gestiona adecuadamente, también puede introducir nuevos peligros. Un resumen de los posibles riesgos asociados a la automatización y la robótica avanzada, puestos de relieve por estudios disponibles al respecto, incluye los siguientes:

Riesgos para la seguridad. Entre los riesgos de seguridad habituales asociados a los robots en el lugar de trabajo se encuentran los problemas de interacción humano-robot, las medidas de seguridad inadecuadas, los fallos mecánicos y de programación, y los errores humanos, que pueden provocar accidentes y aumentar la tensión de los trabajadores (Ken Institute 2024). Los accidentes del trabajo pueden deberse al comportamiento imprevisible de los robots. Los fallos de los programas informáticos, los fallos de los sensores o las interpretaciones erróneas de la IA pueden provocar movimientos inesperados o fallos mecánicos, causando lesiones por aplastamiento, fracturas o laceraciones, especialmente en entornos industriales (EU-OSHA 2022a). Los vehículos aéreos no tripulados plantean el riesgo de traumatismos por objeto contundente o laceraciones, especialmente para los operadores o el personal de servicio, debido a fallos repentinos de funcionamiento o a pérdida de control (Smith 2019; Arterburn et al. 2017; Campolettano et al. 2017).

Los exoesqueletos con un ajuste o diseño deficientes, especialmente en el caso de las trabajadoras, pueden provocar lesiones, restricciones de la movilidad y un mayor riesgo de caídas (CCOHS 2022a; Flor 2023). En situaciones de emergencia, estos dispositivos pueden impedir evacuaciones rápidas o provocar lesiones relacionadas con un mal funcionamiento (Akyıldiz 2023; IOSH 2023). Además, su uso en entornos de altas temperaturas puede provocar un aumento del riesgo de problemas relacionados con el calor, ya que los exoesqueletos retienen el calor corporal y los robots generan un exceso de calor durante la carga (Mikołajczyk et al. 2023).

La dependencia excesiva en la automatización, incluidos los sistemas robóticos y los exoesqueletos, puede contribuir a la pérdida de cualificaciones, reduciendo la capacidad de los trabajadores para responder eficazmente a situaciones inesperadas (Tegtmeier et al. 2022). Además, las vulnerabilidades de ciberseguridad en estos sistemas plantean riesgos de seguridad funcional, ya que los ciberataques pueden anular los mecanismos de protección, pudiendo provocar operaciones peligrosas e involuntarias de la máquina (Korfmacher 2019).

⁶ Entre los trabajadores del conocimiento se incluyen, por ejemplo, los trabajadores de alto nivel que aplican conocimientos teóricos y analíticos, adquiridos mediante formación formal, «para desarrollar productos y servicios» que asistan al ciudadano de a pie.



Riesgos ergonómicos. Una mala postura durante la interacción hombre-máquina y el uso de exoesqueletos puede provocar tensión postural y trastornos musculoesqueléticos (OIT 2019; Costantino et al. 2021). La colaboración con cobots puede provocar tensiones ergonómicas derivadas de tareas repetitivas, ya que los trabajadores deben mantener posturas específicas o realizar continuamente pequeños ajustes para guiar a la máquina o interactuar con ella. Con el tiempo, estos movimientos repetitivos pueden contribuir a la fatiga, la tensión muscular y el dolor crónico (Tegtmeier et al. 2022). Aunque los exoesqueletos están diseñados para reducir el esfuerzo físico, también pueden agravar los trastornos musculoesqueléticos si son demasiado pesados o si obligan al cuerpo a realizar movimientos antinaturales o repetitivos. Estos riesgos aumentan cuando los dispositivos no se diseñan o ajustan adecuadamente a la forma del cuerpo, el tamaño y los requisitos específicos de la tarea de cada trabajador. Además, tanto los sistemas robóticos como los exoesqueletos a menudo carecen de un diseño que tenga en cuenta el género, lo que los hace menos ergonómicos para las mujeres, que pueden experimentar una mayor tensión y una menor facilidad de uso debido a las diferencias en el tamaño de la mano y el agarre y los requisitos de fuerza (Hislop et al. 2024).

Riesgos derivados del ruido y las vibraciones. Si no están bien diseñados, los robots y los exoesqueletos pueden introducir riesgos de ruido y vibración, que pueden contribuir a daños auditivos y molestias musculoesqueléticas (Costantino et al. 2021).

Riesgos químicos. Las baterías de estas tecnologías pueden sobrecalentarse o liberar materiales corrosivos, provocando riesgos de quemaduras y exposición química para los trabajadores (Costantino et al. 2021). Además, el contacto prolongado con componentes plásticos y metálicos puede provocar irritación cutánea o reacciones alérgicas, sobre todo en los trabajadores que utilizan exoesqueletos ponibles o que trabajan en condiciones de altas temperaturas o humedad elevada. En determinadas industrias, la automatización puede agravar los riesgos químicos existentes. Por ejemplo, la minería mecanizada puede aumentar el riesgo de silicosis debido a la generación de un polvo más peligroso (Hoy et al. 2022).

Riesgos organizativos y psicosociales. La introducción de la automatización y la robótica avanzada puede introducir nuevos factores de riesgo psicosocial que pueden repercutir en la salud mental, la satisfacción laboral y el bienestar general de los trabajadores. Algunos riesgos clave se refieren a los siguientes factores:

- **El control del puesto de trabajo.** La utilización de sistemas robóticos puede reducir significativamente el control del puesto de trabajo, limitando la capacidad de los trabajadores para tomar decisiones o demostrar su creatividad y actuar con criterio. Ello puede conducir al agotamiento emocional, la irritabilidad y la pérdida de sentido del trabajo, especialmente en sectores como la manufactura y los servicios (EU-OSHA 2022a; Smids et al. 2020).
- **El ritmo de trabajo y la carga de trabajo.** La automatización suele intensificar el trabajo al imponer calendarios ajustados y aumentar el ritmo, lo que puede provocar un mayor estrés, tasas de error y fatiga. Los trabajadores que realizan tareas de mantenimiento o trabajan junto a robots deben adaptarse al ritmo de la máquina, a menudo con una flexibilidad limitada y sin tiempo de recuperación suficiente, lo que aumenta el riesgo de agotamiento físico y mental (EU-OSHA 2022b). Esta necesidad de igualar la eficiencia robótica mantiene la presión sobre los trabajadores, especialmente en entornos de ritmo rápido como la manufactura y la logística, donde la alineación continua con los sistemas robóticos puede provocar fatiga, estrés y, con el tiempo, una menor satisfacción laboral (Smids et al. 2020). La sobrecarga cognitiva es otro motivo de preocupación, ya que los trabajadores deben controlar e interactuar con sistemas robóticos complejos al tiempo que garantizan que sus tareas se ajustan a los flujos de trabajo automatizados, lo que reduce el equilibrio entre tareas rutinarias y avanzadas, aumentando más, si cabe, la tensión mental (EU-OSHA 2024b).
- **El diseño de las tareas.** La automatización puede segmentar el trabajo en tareas pequeñas y repetitivas, reduciendo la sensación de realización y autonomía de los trabajadores. En algunos casos, los sistemas avanzados de robótica e IA crean «microtareas» monótonas que afectan negativamente a la satisfacción y el estado de ánimo en el trabajo, a la vez que restringen la autonomía y reducen la relevancia del trabajo (Bérestégui 2021; Tegtmeier et al. 2022; Bankins y Formosa 2023). Además, la división del trabajo en

pequeñas tareas externalizadas puede dar lugar a carreras fragmentadas, empleo vulnerable y menor satisfacción laboral (EU-OSHA 2023g).

- **El aislamiento social.** A medida que los lugares de trabajo se automatizan cada vez más, suelen disminuir las interacciones entre los trabajadores, así como el apoyo de compañeros o directivos, dejando a los trabajadores más inmersos en las tecnologías y los datos. Este aislamiento puede afectar al bienestar social y crear un entorno de trabajo menos estimulante (Marsh, E., Vallejos, E. P., y Spence, A. 2022).
- **Las desigualdades y la discriminación.** La aplicación de la automatización y la robótica avanzada puede agravar involuntariamente las desigualdades en el lugar de trabajo. Por ejemplo, el diseño y la aplicación de tecnologías robóticas pueden pasar por alto las necesidades de determinados grupos, como las mujeres o los trabajadores con diferencias físicas, lo que puede dar lugar a problemas ergonómicos o a su exclusión de determinadas tareas (Flor 2023; CCOHS 2022a). Los trabajadores de edad también pueden enfrentarse a mayores retos a la hora de adaptarse a las nuevas tecnologías, ya que pueden tardar más tiempo en adquirir las competencias necesarias para su uso eficaz, lo que puede dejarlos en desventaja frente a sus colegas más jóvenes (FMI 2024a). Además, los trabajadores que desempeñan funciones menos cualificadas o los que trabajan en sectores con acceso limitado a la formación pueden correr un mayor riesgo de perder su empleo, lo que aumenta aún más la brecha entre las ocupaciones de altas y bajas cualificaciones (Murray 2024).
- **La inseguridad en el empleo y el desarrollo profesional.** Una de las principales preocupaciones respecto de la automatización y las tecnologías digitales es su impacto en el empleo y la desigualdad. Los trabajadores que desempeñan funciones menos cualificadas o no están familiarizados con las tecnologías pueden experimentar mayor estrés y ansiedad debido al riesgo de que se supriman sus de puestos de trabajo; el 21 por ciento de los trabajadores europeos (EU-OSHA 2023b) y el 22 por ciento de los estadounidenses manifiestan estas preocupaciones debido a la mayor posibilidad de pérdida del empleo, reducción salarial y estrés psicológico (Saad 2023). La incertidumbre en torno a los cambios impulsados por la automatización puede contribuir a la tensión mental a largo plazo, en particular para los trabajadores que carecen de oportunidades de perfeccionamiento de las competencias o de progresión profesional. Con el tiempo, estos temores suelen disminuir, ya que las pérdidas de puestos de trabajo no son sistemáticas y varían significativamente entre sectores y funciones (Tamers et al. 2020; Dekker et al. 2017). El mayor impacto suele producirse en la calidad del empleo, repercutiendo en la intensidad del trabajo, la autonomía y las necesidades en materia de competencias (OIT 2023).

► **Tecnoestrés: un reto emergente**

El «tecnoestrés» ha surgido como consecuencia del cambio tecnológico continuo y es probable que siga aumentando. Se trata de una forma de estrés causada por la dificultad para adaptarse a las nuevas tecnologías informáticas, incluida la demanda tecnológica de trabajar más tiempo y más rápido, la dificultad para comprender ciertas tareas o la incertidumbre en torno a los sistemas de IA, ya que se actualizan constantemente (Rohwer et al. 2022).



© iStock/gorodenkoff



1.2 Herramientas y sistemas de vigilancia inteligentes de SST

Las tecnologías de vigilancia digital proporcionan un seguimiento continuo de los peligros en el lugar de trabajo, lo que permite la activación de alertas inmediatas y la aplicación oportuna de medidas de prevención y de control. Estos sistemas integran tecnologías basadas en sensores, dispositivos portátiles inteligentes, vehículos aéreos no tripulados, análisis basados en IA y tecnologías inalámbricas convencionales⁷ para evaluar los riesgos ergonómicos, los niveles de ruido, la calidad del aire, las temperaturas extremas y los parámetros fisiológicos de los trabajadores (EU-OSHA 2022g; Sabino et al. 2024; Brous et al. 2020). Mediante el control de los movimientos, la postura, la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y los niveles de fatiga de los trabajadores, estas herramientas generan datos fundamentales sobre exposición y salud, que contribuyen a la prevención de lesiones, la detección precoz de riesgos para la salud y a un entorno de trabajo más seguro y saludable (Aksüt et al. 2024; Costantino et al. 2021).

Los sistemas digitales inteligentes se utilizan cada vez más en sectores de alto riesgo, como la minería, la construcción, la agricultura, los textiles y los productos químicos, donde el trabajo físicamente exigente y las condiciones peligrosas aumentan el riesgo de accidentes. Estas tecnologías proporcionan una supervisión continua, mejorando la protección de los trabajadores y reduciendo los riesgos (Aksüt et al. 2024). Además de establecer alertas inmediatas de riesgos potenciales, pueden recopilar datos pertinentes en todos los sectores, apoyando la adopción de medidas de prevención basadas en pruebas (O'Brien 2023).

⁷ Las tecnologías inalámbricas convencionales de apoyo a los sistemas de vigilancia incluyen Bluetooth, identificación por radiofrecuencia, Wi-Fi, infrarrojos y sistemas de cámaras.

Sistema inteligente de gestión de la seguridad en Seúl (Corea del Sur)

El Gobierno Metropolitano de Seúl ha puesto en marcha un sistema inteligente de gestión de la seguridad para mejorar la SST en las construcciones de obras pequeñas y medianas (Gobierno Metropolitano de Seúl 2021). Esta iniciativa utiliza IA, sensores de Internet de las Cosas (IoT) y monitorización en tiempo real para detectar posibles peligros—como riesgos estructurales o incumplimiento de los protocolos de seguridad por parte de los trabajadores—y enviar alertas inmediatas a los supervisores. El sistema permite la identificación temprana de factores de riesgo y facilita intervenciones rápidas para prevenir accidentes, especialmente en entornos de alto riesgo. También integra datos para el análisis de tendencias, lo que ayuda a mejorar la planificación de la seguridad a largo plazo. Utilizando estas tecnologías, la ciudad pretende reducir los accidentes y mejorar la supervisión de la seguridad, especialmente en las obras que tradicionalmente reciben menos atención normativa.

1.2.1 Cómo la vigilancia inteligente de la SST está mejorando la seguridad y salud en el trabajo

► **Sensores ambientales en el lugar de trabajo y sistemas basados en la IA**

Los sensores ambientales controlan la calidad del aire, los niveles de ruido, la temperatura y la humedad, lo que ayuda a detectar riesgos en el lugar de trabajo⁸. Pueden detectar contaminantes atmosféricos, gases y vapores peligrosos, y activar alertas para avisar a los trabajadores de condiciones inseguras antes de que se vuelvan peligrosas (Zamanian 2023). Los sistemas inteligentes de control climático ajustan los parámetros de calefacción, ventilación y aire acondicionado para mantener unas condiciones de trabajo seguras, mitigando los riesgos derivados del calor o el frío excesivos (OIT 2024).

Los drones equipados con cámaras, sensores de temperatura y gases, y los GPS revisten especial importancia en entornos remotos o peligrosos, como lugares donde se han producido catástrofes o espacios confinados, donde el acceso humano es limitado (Kanellakis y Nikolakopoulos 2017). La videovigilancia impulsada por IA mejora la seguridad mediante el control de los movimientos y comportamientos de los trabajadores, emitiendo alertas en tiempo real de acciones inseguras, como el levantamiento inadecuado, y detectando peligros como resbalones, tropiezos, caídas y el mal uso de los equipos de protección personal (EPP) (Katwala 2017; O'Brien 2023). Además, los sistemas de mantenimiento predictivo impulsados por IA detectan de signos de mal funcionamiento de la maquinaria, lo que evita fallos en los equipos y reduce los riesgos de accidente (O'Brien 2023).

Reducción de los accidentes mediante el análisis de vídeos sobre SST con IA

En 2022, la Confederación Turca de Asociaciones de Empresarios (TİSK) se asoció con una start-up tecnológica para poner en marcha el proyecto «Türkiye's Journey to Zero Accidents», que utiliza análisis de vídeos sobre SST impulsado por la IA para detectar peligros en una fase temprana y prevenir accidentes (TİSK 2022). Intenseye, desplegado en más de 25 países, ha detectado más de 15 millones de actos y condiciones inseguros. El objetivo de esta tecnología es mejorar la seguridad, la productividad y la calidad del trabajo. El proyecto apoya a 200 empresas de 21 organizaciones sectoriales. El sistema de IA se ha integrado en sus instalaciones y las empresas han notificado una disminución de los accidentes del trabajo.

⁸ El Internet de las Cosas (IoT) mejora las capacidades de vigilancia al permitir la medición remota de las condiciones ambientales, como la temperatura, el sonido y la humedad, en entornos industriales.

A partir de estas capacidades, las herramientas basadas en IA integran datos de múltiples fuentes para apoyar la gestión proactiva de la SST mediante la identificación y mitigación de riesgos antes de que se conviertan en accidentes. Más allá de los peligros físicos, la vigilancia digital puede realizar un seguimiento de las horas de trabajo excesivas, las pausas no realizadas y los signos de estrés emocional, permitiendo las intervenciones oportunas para evitar el exceso de trabajo y el agotamiento (EU-OSHA 2023h). Al analizar los patrones de fatiga y estrés, los sistemas basados en la IA proporcionan recomendaciones personalizadas y apoyo específico, mejorando aún más el bienestar y la seguridad general de los trabajadores (Vorecol 2024). Así, por ejemplo, los *chatbots* de salud mental basados en la IA pueden analizar patrones de comunicación para identificar riesgos psicosociales y ofrecer apoyo (Cameron et al. 2017).

Herramienta basada en la IA para prevenir accidentes del trabajo entre los trabajadores temporeros⁹

En octubre de 2024, una empresa líder en la selección de personal introdujo en sus operaciones en Francia una herramienta digital de vanguardia impulsada por la IA, con el objetivo de predecir y mitigar los accidentes laborales, con especial atención a los trabajadores temporeros. Los trabajadores temporeros se enfrentan a menudo a mayores riesgos de seguridad debido a su escasa familiaridad con las funciones del puesto y a la diversidad de los entornos de trabajo. La nueva herramienta utiliza la IA para analizar una amplia gama de datos, incluidos los perfiles de los trabajadores, los requisitos de las tareas y los patrones de incidentes pasados. Mediante el examen de más de treinta factores clave, como la carga física de trabajo, el entorno de trabajo y los riesgos específicos del puesto, el sistema identifica las condiciones que pueden dar lugar a accidentes. Este enfoque basado en datos permite a los empleadores abordar los riesgos antes de que se agraven. Por ejemplo, pueden introducirse iniciativas de seguridad específicas, como sesiones de formación adaptadas, inspecciones *in situ* o programas de incorporación al puesto de trabajo personalizados, a fin de preparar mejor a los trabajadores para el desempeño de sus tareas.

Mejorar la seguridad de los conductores con tecnología basada en la IA¹⁰

Los sistemas de cámaras para flotas terrestres con tecnología de IA están transformando la seguridad de las flotas al proporcionar información en tiempo real sobre situaciones viales complejas y reforzar los comportamientos de conducción segura. Mediante la visión por computadora avanzada y la «edge computing», el sistema captura y analiza vídeos en tiempo real, enviando alertas a los conductores. Ayudan a mitigar riesgos como la conducción distraída, la somnolencia y las condiciones inseguras de la carretera. Algunos sistemas también incluyen herramientas de orientación para conductores que utilizan los análisis para reforzar las prácticas seguras y abordar los comportamientos de riesgo. Estos sistemas se utilizan ampliamente en sectores como la construcción, el reparto, el transporte por camión, la logística y la alimentación, en los que la seguridad de la flota es fundamental.

⁹ <https://www.groupe-adecco.fr/adecco/securete-au-travail-et-prevention-des-accidents-du-travail-adecco-developpe-le-premier-outil-predictif-base-sur-lintelligence-artificielle/>

¹⁰ <https://www.powerfleet.com/ai-video-telematics-for-safe-fleets/>

► Dispositivos inteligentes ponibles

Colocados sobre el cuerpo o cerca de él, **los dispositivos ponibles inteligentes controlan la salud y seguridad de los trabajadores y detectan riesgos en tiempo real.** Estos dispositivos registran **constantes fisiológicas** como la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal y los niveles de estrés, así como factores ambientales como la calidad del aire y los niveles de ruido. Proporcionan alertas inmediatas sobre riesgos potenciales, lo que permite responder a tiempo (Tucker et al. 2024).

Un ejemplo concreto de tecnología ponible son los EPP inteligentes, que combinan EPP tradicionales, como prendas de protección, con sensores, baterías, módulos de transferencia de datos y otros elementos tecnológicos (EU-OSHA 2020).

El gráfico 1 ilustra varios tipos de tecnologías ponibles.

► Gráfico 1 - Ejemplos de tecnologías ponibles



Cascos inteligentes

Controlan activamente la frecuencia cardíaca, la temperatura corporal, la ubicación y el entorno de trabajo de los usuarios.



Cámaras ponibles

Hacen fotos y vídeos en tiempo real en primera persona para utilizarlos en la gestión de la cadena de suministro y el control de la seguridad, el control del nivel de polvo, el control de procesos y la inspección en el terreno.



Información médica de emergencia (Emitags)

Dispositivos inteligentes que salvan vidas y pueden fijarse a un casco u otra superficie plana y limpia. Conservan la información de emergencia del trabajador, incluidas alergias, problemas de salud, medicación y datos de contacto en caso de emergencia.



Sensores de carga física y ergonomía

Se llevan en la cadera, la espalda o el brazo, y pueden alertar a un usuario cuando realiza movimientos o tareas potencialmente inseguros (por ejemplo, levantar objetos de forma incorrecta) y apoyar la evaluación de riesgos en entornos de trabajo poco ergonómicos,



Guantes inteligentes

Los guantes que contienen material cromógeno cambian de color cuando entran en contacto con sustancias peligrosas.



«Life Bands»

Se trata de unos cordones flexibles que pueden llevarse solos o colocados dentro del casco del usuario, que se utilizan para supervisar y para alertar a los operarios en caso de fatiga aparente y disminución del estado de alerta.



Ropa inteligente (chalecos, ...)

Equipadas con sensores para detectar riesgos ambientales y cambios meteorológicos, así como peligros potenciales relacionados con la visibilidad reducida, estas prendas controlan las constantes vitales en tiempo real, previenen el estrés térmico y mejoran la visibilidad.



Gafas inteligentes

Ofrecen, sin intervención manual, información de seguridad, realidad aumentada para tareas y asistencia remota, abordando los problemas de fatiga visual y las posibles distracciones.

Los dispositivos portables ayudan a mitigar los riesgos habituales en el lugar de trabajo, como resbalones, tropiezos, caídas y exposición a sustancias nocivas. Los dispositivos equipados con acelerómetros detectan posturas y movimientos inadecuados, alertando a los trabajadores de técnicas de elevación inseguras y riesgos ergonómicos (Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H., y Dong, X. 2021). Los sensores de calidad del aire portables controlan los compuestos orgánicos volátiles, el monóxido de carbono y otros gases tóxicos, proporcionando alertas de exposición en tiempo real para proteger a los trabajadores de los riesgos respiratorios (EU-OSHA 2022g; DHS 2023). En trabajos de alto riesgo, como la lucha contra incendios, los sensores químicos ayudan a controlar la calidad del aire y a detectar condiciones peligrosas, reduciendo los riesgos de exposición (EU-OSHA 2022g).

Uso de sensores portables para la detección temprana y el tratamiento de las caídas de altura en el trabajo

Una de las principales causas de mortalidad en las obras de construcción son las caídas desde altura. Las publicaciones médicas destacan que el tiempo transcurrido inmediatamente después del accidente es un factor crítico para la supervivencia del trabajador y para evitar una discapacidad permanente. Un estudio realizado por Dogan y Akcamete (2019) analizó el uso de dispositivos portables para detectar accidentes causados por caídas de altura en obras de construcción y proporcionar una notificación en tiempo real al equipo médico de urgencias. La evaluación del sistema reveló que las caídas se detectaban correctamente y que se enviaba un mensaje de alerta a los destinatarios designados con una precisión del 100 por ciento.

Un casco inteligente para mejorar la seguridad en la industria minera

Se ha desarrollado un casco inteligente que incluye varias funciones, como la comunicación bidireccional, la detección de gases peligrosos, la notificación en caso de retirar el casco o de colisión, un botón antipánico para situaciones de emergencia y un GPS para rastrear la ubicación del minero (Dhanalakshmi et al. 2017). Si se detecta un gas venenoso, la abertura del casco se cierra y se realiza un suministro de oxígeno mediante la apertura de una válvula en el cilindro de oxígeno. También se utilizan sensores de temperatura y presión para controlar de forma continuada las condiciones ambientales. La información se envía a la sala de control a través de una red inalámbrica.

Otro ejemplo es un sensor portable de análisis del polvo, desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad y la Salud en el Trabajo (NIOSH)¹¹ de los Estados Unidos de América. El sistema Helmet-CAM combina una cámara corporal ligera con un monitor de polvo para evaluar cuándo, dónde y cómo se exponen los mineros al polvo peligroso. El software que lo acompaña, EVADE (Enhanced Video Analysis of Dust Exposure, por sus siglas en inglés), sincroniza las imágenes de vídeo con los datos de polvo registrados para identificar las tareas y los entornos de alto riesgo. Esto genera información valiosa y conduce a intervenciones para reducir la exposición y mejorar la seguridad in situ.

¹¹ <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2024/11/04/monitoring-rcts-mining/>

Sistema ponible de alerta de movimiento en tiempo real para prevenir trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de la construcción

Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, especialmente en la zona lumbar y cervical, son frecuentes en los trabajadores de la construcción debido a la exposición prolongada a posturas inseguras. Yan et al. (2017) desarrollaron un sistema de alerta de movimiento en tiempo real utilizando unidades de medición inercial ponibles para ayudar a los trabajadores a supervisar y corregir posturas de riesgo. El sistema envía alertas a través de una aplicación de teléfono inteligente cuando se detectan movimientos peligrosos, lo que ayuda a prevenir lesiones sin distraer a los trabajadores. Probado tanto en condiciones de laboratorio como en el terreno en una obra en Hong Kong (China), este sistema ofrece una forma eficaz y no intrusiva de reducir los riesgos musculoesqueléticos en las obras de construcción. No obstante, es preciso tener en cuenta que las malas posturas pueden ser consecuencia de la fatiga, la presión del trabajo y las lesiones derivadas de otras tareas, que deberían tomarse en consideración en las evaluaciones de riesgos.

En sectores ruidosos o con vibraciones intensas, como la construcción y la manufactura, los dispositivos ponibles evalúan los niveles de ruido y vibración, garantizan el cumplimiento de los umbrales de seguridad y emiten alertas cuando la exposición supera los límites de seguridad. Del mismo modo, los sensores ponibles registran la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, lo que ayuda a prevenir enfermedades relacionadas con el calor o la hipotermia señalando la necesidad de descansos o hidratación a tiempo (Evalan 2025).

Reducción de la exposición al ruido en el lugar de trabajo con dispositivos inteligentes de protección de los oídos

La tecnología inteligente de protección auditiva puede proporcionar información a los trabajadores sobre los niveles de ruido perjudiciales y detectar peligros acústicos que se pasan por alto en las evaluaciones de riesgos convencionales. En 2021, una prueba de 12 meses realizada en una obra de construcción ferroviaria en el Reino Unido demostró cómo los protectores auditivos inteligentes recopilan datos sobre la exposición al ruido en el oído, los niveles de ruido ambiental y el uso de protección auditiva personal, lo que permite la supervisión en tiempo real y la elaboración de mapas de ruido en el lugar de trabajo (British Safety Council 2024). Este sistema no solo protege a los trabajadores de los ruidos nocivos, sino que también ayuda a adaptar los métodos de trabajo y elimina los peligros del ruido en su origen.

Los resultados revelaron riesgos del ruido no reconocidos previamente y casos en los que la exposición prolongada, incluso con protección auditiva, superaba los umbrales de seguridad. Los cambios realizados a partir de los datos recogidos por esta tecnología contribuyeron a reducir en un 50 por ciento la exposición global al ruido, lo que pone de relieve su eficacia para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo y perfeccionar los métodos tradicionales de evaluación del ruido en sectores de alto riesgo, como la construcción ferroviaria.

A raíz del éxito de la prueba, se introdujo un nuevo requisito dentro del sitio de construcción. Se exigió a los contratistas que, en caso de que los trabajadores estuvieran expuestos a niveles de ruido peligrosos (80 dB o más), utilizaran protección auditiva activa con monitoreo integrado.

Más allá de la salud física, los dispositivos ponibles pueden contribuir al bienestar mental controlando el estrés, la fatiga y el estado emocional, permitiendo realizar intervenciones tempranas para prevenir el agotamiento (Yorita et al. 2023).

Además, las funciones de localización mejoran la respuesta ante emergencias y la seguridad de los trabajadores, dado que permiten a los supervisores detectar la ubicación de los trabajadores durante evacuaciones o incidentes críticos, garantizando una respuesta más rápida (BIS 2024).

1.2.2 Riesgos potenciales asociados a los sistemas de vigilancia inteligentes

Si bien los dispositivos ponibles y los sistemas de vigilancia inteligentes ofrecen importantes ventajas para la seguridad de los trabajadores, también introducen riesgos potenciales que deben evaluarse y gestionarse con especial cuidado. Cabe señalar que es preciso que la **jerarquía de los controles**¹² oriente el uso de los EPP inteligentes, que deben considerarse el último recurso. Estos dispositivos no sustituyen a la eliminación de los peligros en su origen y pueden fomentar inadvertidamente la tolerancia al riesgo, especialmente cuando los resultados adversos de la biovigilancia no son evidentes de forma inmediata. Además, centrarse en los riesgos graves puede desviar la atención de problemas crónicos, como los problemas de salud a largo plazo o las lesiones repetitivas que se desarrollan con el tiempo. Aunque los dispositivos ponibles pueden controlar eficazmente afecciones como la fatiga o el estrés térmico, no abordan factores subyacentes como las horas excesivas de trabajo u otros factores de riesgo psicosocial.

Los principales retos en materia de SST asociados a estas tecnologías, tal y como se destacan en la bibliografía existente, se describen a continuación.

Riesgos para la seguridad. La filtración de agua en los dispositivos ponibles con sensores puede provocar cortocircuitos o descargas eléctricas (EU-OSHA 2022g). Los fallos del sistema o los errores de transmisión de datos pueden retrasar las alertas y aumentar el riesgo de accidentes si los trabajadores confían excesivamente en las alertas automáticas en lugar de mantener su atención en la situación en la que se encuentran (EU-OSHA 2023f). Los campos electromagnéticos generados por estos dispositivos también pueden interferir con implantes médicos, como los marcapasos (EU-OSHA 2020). Aunque poco frecuentes, algunos estudios sugieren que la exposición prolongada a la radiación emitida por los dispositivos ponibles puede plantear riesgos superficiales para la salud (Costantino et al. 2021).

Comodidad y aceptación del usuario. La eficacia de las tecnologías ponibles depende en gran medida de la comodidad y aceptación del usuario. Los dispositivos complicados, mal diseñados o incómodos pueden no utilizarse debidamente (GAO 2024). Los problemas relacionados con el tamaño, sobre todo en lo que respecta a las diferencias de género y tipo de cuerpo, complican aún más su funcionalidad. El uso prolongado de estos dispositivos puede provocar malestar físico, fatiga o sentimientos de impotencia, especialmente durante los fallos o interrupciones de la tecnología (Patel et al. 2022).

Riesgos organizativos y psicosociales. Los dispositivos ponibles, por ejemplo los relojes inteligentes, pueden distraer a los trabajadores, mermando su concentración y su desempeño. Además, las funciones de vigilancia de estos dispositivos pueden provocar estrés al crear entornos de trabajo de alta presión (Star Knowledge 2022). En algunos casos, al abordar solo los síntomas en lugar de las causas profundas, las tecnologías de supervisión pueden perpetuar inadvertidamente un ciclo de estrés y sobreesfuerzo que, en última instancia, puede afectar al bienestar general de los trabajadores. El control constante de los datos fisiológicos y biométricos también puede provocar ansiedad, ya que los trabajadores se sienten presionados para mantener unos parámetros específicos de desempeño o salud. Este estrés puede verse agravado por alertas de seguridad complejas que requieren una interpretación frecuente, lo que añade tensión cognitiva a las tareas cotidianas (EU-OSHA 2022g).

Vida privada y cuestiones éticas. Las tecnologías de vigilancia plantean importantes cuestiones éticas y de privacidad al recurrir a la vigilancia para hacer un seguimiento de los movimientos y los datos fisiológicos de los trabajadores. Aunque su objetivo es mejorar la seguridad, en ocasiones los sistemas pueden derivar en una vigilancia constante, en la que el comportamiento de los trabajadores se comunica a los jefes, lo que puede dar lugar a reprimendas automáticas o sanciones por incumplimiento de los objetivos de desempeño. Este cambio de la mejora de la seguridad a la vigilancia de los trabajadores puede fomentar la desconfianza y crear un entorno de trabajo de alta presión y estrés (Internet Society 2015). También surgen problemas éticos en relación con el uso, el almacenamiento y el intercambio de los datos recogidos. Los trabajadores pueden tener un control limitado sobre su información personal en lo referente a su salud, lo que plantea interrogantes sobre el consentimiento, la seguridad de los datos y el posible uso indebido por parte de empleadores o terceras partes (EU-OSHA 2024f).

¹² Véase el recuadro de la página 50.



© iStock/EvgeniyShkolenko



1.3 Realidad extendida y virtual

La realidad extendida¹³ y, en particular, la realidad virtual, están emergiendo como herramientas eficaces de formación en materia de SST en todos los sectores. Estas tecnologías permiten a los trabajadores practicar tareas en un entorno controlado, lo que reduce los riesgos de accidente durante la formación y mejora la retención de las competencias.

Más allá de la formación, la realidad virtual y la realidad extendida pueden contribuir a la identificación de riesgos y a la planificación de la seguridad en el lugar de trabajo. Por ejemplo, en la manufactura y la construcción, permiten crear prototipos virtuales, probar proyectos y visualizar modelos tridimensionales, lo que ayuda a detectar peligros antes de iniciar el trabajo físico. En los sectores de la logística y la automoción, las instrucciones en tiempo real y la superposición de datos ayudan a reducir los errores y el esfuerzo físico (Williams 2019). En la atención de salud, las simulaciones inmersivas permiten a los profesionales médicos ensayar procedimientos complejos con seguridad, mejorando la toma de decisiones y la precisión sin poner en peligro a los pacientes.

¹³ Realidad Extendida (RX) es un término genérico que engloba tecnologías inmersivas, como la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM). La RV crea una experiencia inmersiva en un espacio tridimensional visualmente aislado, que se experimenta normalmente a través de hardware especializado. La RA es una experiencia que integra elementos virtuales en el espacio físico del usuario. La RM mezcla entornos digitales y físicos, permitiendo la interacción entre objetos reales y virtuales.

1.3.1 Cómo la realidad extendida y virtual están mejorando la seguridad y salud en el trabajo

► Transformación de la formación en SST

La realidad virtual está transformando la formación al proporcionar experiencias inmersivas e interactivas para entornos de alto riesgo que son difíciles de simular teóricamente, como la respuesta a emergencias, la formación contra incendios y el trabajo en altura (EU-OSHA 2024d). Esta tecnología permite a los trabajadores experimentar situaciones realistas y practicar procedimientos de seguridad y respuestas de emergencia en un entorno controlado. Contribuye a mejorar el desarrollo de competencias y la toma de decisiones, al tiempo que reduce los accidentes, las lesiones y la exposición a materiales peligrosos en el mundo real (O'Brien 2023). Se utiliza ampliamente en sectores como la construcción, la minería, la energía, los laboratorios y las fábricas para potenciar las competencias y mejorar los comportamientos de seguridad, incluidos los procedimientos de respuesta ante emergencias (Akyıldız 2020; Srinivasan et al. 2022).

Los entornos virtuales inmersivos permiten a los trabajadores adquirir nuevas competencias rápidamente y retener los conocimientos con mayor eficacia, lo que proporciona una fuerza de trabajo mejor formada y más competente. La tecnología presenta una importante oportunidad para mejorar la eficacia en términos de seguridad y respecto de la formación relevante para la seguridad debido a su capacidad para contemplar que los trabajadores en formación puedan equivocarse sin correr riesgos y para presentar escenarios que son difíciles de reproducir en el mundo real, ya sea por limitaciones económicas o por cuestiones de seguridad (Stefan et al. 2023). Estudios han revelado que el 40 por ciento de los alumnos que utilizaban la realidad virtual declararon tener más confianza en sí mismos en comparación con los alumnos presenciales, y que el 35 por ciento de los alumnos que utilizaban la enseñanza en línea mejoraron capacidad de poner en práctica lo aprendido (PWC 2020). Otro estudio realizado en Chile reveló que los trabajadores formados en SST con tecnología de realidad virtual declararon niveles de satisfacción más elevados que los formados con métodos tradicionales. Los trabajadores valoraron especialmente el realismo y la interactividad, así como los aspectos estimulantes, sorprendentes y novedosos de la formación con realidad virtual.

Formación con tecnología de realidad virtual para bomberos

Algunos cuerpos de bomberos de Australia han adoptado, con el apoyo de empresas de tecnología australianas, simuladores de realidad virtual para preparar a los bomberos para situaciones de alto riesgo. Estas simulaciones inmersivas permiten a los alumnos experimentar condiciones de incendio realistas que sería demasiado peligroso reproducir en la vida real.

La tecnología de realidad virtual genera imágenes realistas del humo, el fuego, el agua y la espuma extintora, simulando varios escenarios diferentes como el incendio de una casa o de un avión, o un incendio forestal. Los alumnos también llevan trajes térmicos que imitan las temperaturas reales, con programas informáticos que ajustan la intensidad en función de su proximidad del fuego y su orientación, lo que aumenta el realismo y la eficacia de la experiencia de formación (Hoey 2024).

También se está adoptando la formación con tecnología de realidad virtual para formar a los inspectores, dotándoles de las competencias y los conocimientos necesarios para evaluar eficazmente los riesgos en el lugar de trabajo. Al sumergir a los inspectores en simulaciones realistas e interactivas, la realidad virtual mejora el reconocimiento de peligros, los controladores de cumplimiento y las estrategias de aplicación, al tiempo que reduce la exposición a los riesgos reales del lugar de trabajo (Aati et al. 2020).

Formación en realidad virtual para inspectores

Formación en realidad virtual para realizar inspecciones de zonas de trabajo en los Estados Unidos

En Missouri, Estados Unidos, se ha desarrollado una plataforma interactiva de formación en realidad virtual para formar a los inspectores del Departamento de Transporte encargados de supervisar las zonas de trabajo (Aati et al. 2020). El equipo de investigación diseñó dos escenarios inmersivos de zonas de trabajo en autopistas, que permiten a los inspectores experimentar condiciones realistas del lugar y practicar evaluaciones del cumplimiento. De los 34 inspectores que probaron la plataforma, el 97 por ciento coincidió en que la realidad virtual proporciona una herramienta de formación realista y efectiva.

Programa de formación en realidad virtual de Qatar para inspectores del trabajo

El Ministerio de Trabajo de Qatar, en cooperación con la OIT, puso en marcha un programa de formación para inspectores del trabajo basado en la realidad virtual, el primero de este tipo en la región (Estado de Qatar 2022). Esta iniciativa mejora la aplicación de la SST al permitir a los inspectores examinar obras de construcción virtuales, identificar riesgos en los lugares de trabajo y corregir infracciones de seguridad sin entrar en entornos peligrosos. El programa también mejora la orientación a empleadores y trabajadores, reforzando el cumplimiento de las normas de SST.

Formación en realidad virtual para las inspecciones sanitarias de buques

Para hacer frente a la escasez de oficiales de sanidad portuaria con la formación pertinente, situación que se ha visto agravada por la pandemia de COVID-19, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha lanzado una herramienta de formación en realidad virtual para las inspecciones sanitarias de los buques. Esta plataforma interactiva ofrece formación práctica, que permite a los inspectores realizar evaluaciones sanitarias completas, llevar a cabo evaluaciones de riesgos y colaborar con las tripulaciones de los buques en un entorno controlado. Al simular las condiciones del mundo real, la realidad virtual mejora los conocimientos y la preparación en materia de SST, garantizando que los inspectores puedan identificar y mitigar eficazmente los riesgos sanitarios. La iniciativa beneficia a más de 230 puertos de la Región de Europa de la OMS y a 41 Estados Partes del Reglamento Sanitario Internacional autorizados a expedir certificados de control de sanidad (OMS 2024).

► **Mejora de la detección de peligros**

Además de recurrir a la realidad extendida para la formación, los empleadores la utilizan cada vez más para la evaluación de riesgos y la detección de peligros en el lugar de trabajo. Al crear modelos virtuales de entornos de trabajo, la realidad extendida permite a los profesionales de la seguridad detectar posibles riesgos antes de que comience el trabajo físico, sobre todo en lugares de difícil acceso o peligrosos, como espacios confinados y emplazamientos industriales de alto riesgo (EU-OSHA 2024d). Esta tecnología permite una planificación proactiva de la seguridad, reduciendo la probabilidad de que se produzcan accidentes y mejorando la seguridad general en el lugar de trabajo.

Realidad virtual para la detección de riesgos para la SST en Australia

Melbourne Water, una autoridad estatal australiana del agua, adoptó la tecnología de realidad virtual para mejorar la detección de los peligros de SST en sus instalaciones (Asociación Australiana del Agua, 2017). El sistema de inspección basado en la realidad virtual de Melbourne Water utiliza la realidad virtual para modelar futuros proyectos y detectar peligros para la seguridad en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales antes de iniciar la construcción.

En 2017, un piloto en la planta de tratamiento de agua de Cresswell demostró la eficacia de este enfoque identificando 20 riesgos para la seguridad, frente a los seis riesgos detectados con los métodos tradicionales. Muchos de estos riesgos estaban provocados por problemas ergonómicos que pueden pasarse por alto en las evaluaciones convencionales. Desde entonces, el sistema se ha incorporado al diseño de más de 10 instalaciones, mejorando significativamente la mitigación de riesgos previa a su construcción.

► **Utilización de la RX y la RV para operaciones remotas seguras**

Las tecnologías RX y RV pueden apoyar a los trabajadores en la realización segura de tareas remotas, como el mantenimiento de maquinaria y la operación de equipos peligrosos, simulando entornos de trabajo reales y permitiendo una interacción controlada con sistemas virtuales. Esto reduce la necesidad de presencia física en entornos peligrosos, ayudando a los trabajadores a evitar la exposición directa a ambientes de alto riesgo. Como resultado, la RX contribuye a la prevención de accidentes, posibilita flujos de trabajo más seguros y saludables, y facilita una respuesta más rápida en situaciones de emergencia, especialmente en sectores como la minería, la construcción y la industria pesada (EU-OSHA 2024d).

1.3.2 Riesgos potenciales asociados a la realidad extendida y virtual

El uso de tecnologías de realidad extendida puede introducir varios riesgos para la SST que es preciso gestionar con especial atención. Según las publicaciones sobre la materia, estos riesgos incluyen los siguientes:

- **Visibilidad bloqueada.** Los cascos de realidad virtual pueden bloquear la visibilidad, aumentando el riesgo de colisiones o de tropiezos con obstáculos (Bérestégui 2024).
- **Desorientación, problemas de equilibrio y coordinación.** El recurso a la realidad virtual puede afectar al equilibrio y la coordinación, aumentando el riesgo de resbalones, tropiezos y caídas (Reino Unido 2020).
- **Riesgos para la salud ocular.** El uso de pantallas de realidad aumentada puede provocar, en función de la proximidad de la pantalla a los ojos y de la duración de la exposición, el síndrome visual informático, caracterizado por cansancio ocular, fatiga y privación del sueño (Bérestégui 2024; Friemert et al. 2019; Stoltz et al. 2017; Marklin et al. 2022). Además, la luz de las pantallas de realidad ampliada y realidad virtual puede dañar la retina y causar heteroforia (Bérestégui 2024). Para prevenir estos síntomas, se recomienda que las sesiones duren entre 55 y 70 minutos como máximo (Kourtesis et al. 2019).
- **Sobrecarga cognitiva.** Un gran volumen de datos o contenidos puede provocar una sobrecarga cognitiva y los consiguientes daños (Friemert et al. 2019).
- **Estrés agudo.** Las tecnologías de realidad ampliada y realidad virtual pueden desencadenar un estrés agudo debido a la complejidad tecnológica, las carencias de competencias digitales y la sobrecarga de información (EU-OSHA 2024d).
- **Convulsiones.** La elevada tasa de modulación de la luz del visor de realidad virtual es un factor de riesgo de convulsiones en personas con epilepsia fotosensible (Anses 2021).

► Realidad extendida y cibermareo

El cibermareo¹⁴ es una experiencia similar al mareo por movimiento durante el uso de tecnologías de realidad extendida, causada visualmente por factores como el movimiento, la rotación, la velocidad y la aceleración de la cámara (Oh y Son 2022). Los síntomas incluyen fatiga visual, dolor de cabeza, palidez, sudoración, sequedad de boca, mareos, ataxia, náuseas y cansancio (Souchet et al. 2023).

Los estudios demuestran que el cibermareo afecta a entre el 20 y el 80 por ciento de los usuarios de realidad virtual, y que factores como la edad, el sexo y la experiencia previa con la realidad virtual influyen en la propensión a sufrirlo (Brun 2020). Los adultos de más edad (mayores de 50 años) tienen más probabilidades de verse afectados, al igual que las mujeres (Easa 2021). Se ha sugerido que la mayor incidencia del cibermareo en las mujeres puede estar relacionada con la ergonomía de los auriculares, ya que es más probable que el ajuste sea más difícil en el caso de las mujeres (Stanney et al. 2020). Esto puede significar que las trabajadoras corren más riesgos que los trabajadores cuando utilizan la realidad virtual en el lugar de trabajo.

¹⁴ <https://www.frontiersin.org/research-topics/12692/cybersickness-in-virtual-reality-versus-augmented-reality>





1.4 Gestión algorítmica del trabajo

La gestión algorítmica asigna, supervisa y evalúa las tareas y el desempeño de los trabajadores mediante una amplia recopilación de datos, vigilancia, toma de decisiones en tiempo real y evaluaciones basadas en indicadores métricos (Mateescu y Nguyen 2019). Integra tecnologías digitales como la analítica de macrodatos, el aprendizaje automático, la geolocalización y los dispositivos ponibles para automatizar o apoyar funciones tradicionalmente realizadas por gestores humanos (OIT 2022). Aunque su uso es especialmente frecuente en las plataformas de trabajo digitales, la gestión algorítmica se ha extendido a sectores tradicionales, como almacenes, fábricas, centros de llamadas, transportes, atención de salud y construcción (OIT/Comisión Europea 2024). Por ejemplo, en los Estados Unidos el 80 por ciento de las grandes empresas privadas realizan un seguimiento de la productividad individual de los trabajadores mediante sistemas de gestión algorítmica (Kantor et al. 2022).

1.4.1 Cómo la gestión algorítmica está mejorando la seguridad y salud en el trabajo

Los sistemas de gestión algorítmica pueden fomentar el compromiso y la satisfacción de los trabajadores centrándose más en el apoyo que en el control. Por ejemplo, enfoques como la ludificación pueden aumentar la satisfacción del trabajo al crear un entorno de trabajo más estimulante (Hughes et al. 2019). Además, alinear las tareas con las preferencias de los trabajadores y fomentar la colaboración entre colegas, puede conducir a un lugar de trabajo más satisfactorio. Los estudios han demostrado que cuando los trabajadores participan en el proceso de asignación de tareas y se tienen en cuenta sus preferencias, informan de una mayor satisfacción y desempeño (Feng y Farris, 2020). Los sistemas de gestión algorítmica también pueden apoyar a los directivos agilizando la toma de decisiones, mejorando el acceso a la información y reduciendo las tareas repetitivas y el estrés (Milanez, Lemmens y Ruggiu 2025).

Los sistemas de gestión algorítmica pueden mejorar la conciliación de la vida laboral y la vida personal optimizando las prácticas de programación. Los algoritmos pueden garantizar que no se sobrecargue a los trabajadores, proporcionándoles tiempo libre adecuado y manteniendo al mismo tiempo la eficiencia operativa (OIT 2021e). Estos sistemas también pueden ayudar a distribuir las tareas de forma más equitativa entre los trabajadores en función de los datos recogidos, reduciendo las percepciones de favoritismo o de cargas de trabajo injustas, que son fuentes habituales de estrés laboral (Mateescu y Nguyen 2019).

La gestión algorítmica puede fomentar el desarrollo de competencias. Los sistemas de gestión algorítmica pueden detectar déficits de competencias y recomendar planes de formación personalizados, lo que ayuda a los trabajadores adaptarse a los cambios tecnológicos. Este enfoque proactivo no solo mitiga la ansiedad relacionada con la seguridad en el empleo, sino que, a largo plazo, también fomenta un sentimiento de empoderamiento y crecimiento profesional (Murray 2024).

Los sistemas de gestión algorítmica tienen el potencial de abordar la violencia y el acoso en el lugar de trabajo, como el ciberacoso, mediante el análisis de los patrones de comunicación y la detección de comportamientos inadecuados (EU-OSHA 2022d). Por ejemplo, Sánchez-Medina et al. (2020) han descrito una herramienta basada en la IA capaz de detectar vínculos entre ciertos rasgos de personalidad (por ejemplo, la psicopatía) y los comportamientos de ciberacoso. Sin embargo, el uso de este tipo de programas informáticos de comportamiento requiere una supervisión ética para evitar usos indebidos o consecuencias no deseadas.

1.4.2 Riesgos potenciales asociados a la gestión algorítmica del trabajo

La aplicación de la gestión algorítmica puede plantear problemas de SST que es preciso evaluar con especial atención y mitigar.

Riesgos para la seguridad. Los riesgos de seguridad funcional pueden surgir debido a amenazas de ciberseguridad. Las violaciones de datos o los incidentes de piratería informática pueden poner en peligro los controles de seguridad automatizados, provocando fallos inesperados en el funcionamiento o exponiendo a los trabajadores a entornos peligrosos debido a una toma de decisiones errónea impulsada por la IA (EU-OSHA 2022h).

Riesgos ergonómicos. La naturaleza sedentaria de las tareas gestionadas con algoritmos, especialmente en puestos de oficina, aumenta el riesgo de trastornos musculoesqueléticos, incluidos los dolores de espalda y de cervicales (EU-OSHA 2023d). Estar sentado durante mucho tiempo, combinado con horarios estrictos basados en algoritmos que limitan el movimiento, puede provocar malas posturas, rigidez muscular y dolencias crónicas (EU-OSHA 2023d).

Riesgos organizativos y psicosociales. El uso de sistemas de gestión algorítmica puede introducir nuevos factores de estrés que, a su vez, pueden repercutir en la salud mental, la satisfacción laboral y el bienestar general. Algunos riesgos clave inciden en los siguientes aspectos:

- **Control y autonomía en el trabajo.** A menudo, los sistemas de gestión algorítmica supervisan, vigilan y controlan los procesos de trabajo reduciendo la autonomía de los trabajadores. Por ejemplo, la supervisión constante de las actividades —como las pulsaciones de teclas, la duración de las llamadas y los tiempos de descanso— puede dejar a los trabajadores con poco poder de decisión (Piasna 2024; CDT 2021). Este nivel de vigilancia, unido a las evaluaciones del desempeño basadas en indicadores métricos, puede provocar agotamiento, estrés y problemas de salud física como dolor de espalda, dolores de cabeza y problemas cardiovasculares (Bérastégui 2021).
- **Carga y ritmo de trabajo.** Los sistemas de gestión algorítmica basados en datos pueden aumentar la carga de trabajo y la presión del tiempo estableciendo objetivos de productividad o proporcionando recomendaciones en tiempo real, lo que a menudo empuja a los trabajadores a trabajar más rápido y durante más tiempo sin tomarse las pausas adecuadas (EU-OSHA 2023f, Moore 2018). Las sanciones basadas en algoritmos, como las deducciones automáticas de los ingresos debido a pequeños retrasos o errores, aumentan aún más la ansiedad y la presión, lo que repercute en la salud mental de los trabajadores (EU-OSHA 2023f). Con objeto de aumentar la productividad, las organizaciones pueden implantar sistemas que indiquen a los trabajadores que trabajen sin tomarse mini pausas, reduzcan al mínimo el tiempo de ciertos procedimientos o les obliguen a trabajar muy rápidamente (EU-OSHA 2022d). Las estrategias de ludificación pueden incentivar una intensidad del trabajo excesiva y, en ocasiones, los algoritmos penalizan a los trabajadores por hacer pausas prolongadas (OIT 2021e). Esta presión constante puede provocar estrés, insatisfacción y síntomas físicos.
- **Diseño de tareas y desarrollo profesional.** Si los sistemas de gestión algorítmica no se diseñan teniendo en cuenta la equidad, pueden perpetuar sesgos perjudiciales en la contratación, los ascensos y la asignación de tareas, desfavoreciendo a determinados grupos por motivos de raza, género u otros factores (Murray 2024; Jarrahi et al. 2023). Estas prácticas pueden afectar al estado de ánimo de los trabajadores, crear desigualdades e incidir negativamente en la cultura de la empresa. Además, las evaluaciones del desempeño basadas en la IA pueden contribuir a la inseguridad laboral, ya que los trabajadores temen que las evaluaciones basadas en la automatización puedan sustituir al criterio humano, afectando a los ascensos y a la estabilidad en el empleo (EU-OSHA 2024b).
- **Aislamiento social.** El recurso extensivo a la gestión algorítmica puede priorizar la productividad sobre la interacción con los compañeros, haciendo que los trabajadores se sientan solos y desconectados. La reducción del apoyo y la comunicación entre compañeros y con directivos puede contribuir al aislamiento social y a la insatisfacción (EU-OSHA 2022d; Bérastégui 2021).

Repercusión de la gestión algorítmica en la calidad del empleo y las condiciones de trabajo en determinados países

Un informe de 2024 elaborado por la OIT y la Comisión Europea estudió el impacto de las prácticas de gestión algorítmica en la organización del trabajo, la calidad del empleo y las relaciones laborales en los sectores de la logística y la atención de salud de Francia, Italia, la India y Sudáfrica. El estudio constató que las tecnologías de gestión algorítmica tenían un impacto positivo en la organización del trabajo en Francia e Italia, sin efectos negativos significativos en la calidad del empleo o el aumento de la vigilancia de los trabajadores. Por el contrario, constató que en Sudáfrica y la India la gestión algorítmica había llevado a un descenso de la calidad del empleo, con pruebas claras de un aumento de la supervisión, la vigilancia y la intensidad del trabajo. Estas diferencias ponen de relieve el papel que desempeñan los marcos institucionales y normativos en la configuración del impacto de la gestión algorítmica, subrayando que es la aplicación de la tecnología, y no la tecnología en sí, lo que influye en los resultados (OIT/Comisión Europea 2024).

- **Vida privada y cuestiones éticas.** Las herramientas digitales utilizadas con fines de vigilancia en los sistemas de gestión algorítmica son especialmente intrusivas y tienen la capacidad de recopilar un flujo constante de datos e información sobre la ubicación, las acciones y el comportamiento de un trabajador, incluso fuera del horario de trabajo. Entre las técnicas para controlar el ritmo de trabajo y la asistencia, se incluyen el reconocimiento facial automático, el escaneado y el análisis de las comunicaciones, el rastreo de la ubicación y la grabación de las pulsaciones de los trabajadores a distancia a través de cámaras web, la actividad en pantalla o la grabación de voz (Ball 2021). Estas técnicas de vigilancia pueden repercutir en el bienestar de los trabajadores, la cultura del trabajo, la productividad, la creatividad y la motivación (Ball 2010). Además de estar sujetos a vigilancia constante, los trabajadores también pueden ser bombardeados con alertas, avisos y recordatorios, que resultan estresantes porque dan la sensación de supervisión constante (EU-OSHA 2022g).



1.5 La transformación de las modalidades de trabajo mediante la digitalización

La digitalización de los lugares de trabajo ha transformado el trabajo tradicional de oficina en trabajo a distancia, teletrabajo y trabajo en plataformas.

La pandemia de COVID-19 aceleró esta transición, con medidas de salud pública que impulsaron la adopción generalizada del teletrabajo en muchos sectores (OIT/OMS 2021). Los avances en las tecnologías de teletrabajo y colaboración digital han facilitado aún más este cambio, permitiendo a los trabajadores comunicarse, gestionar tareas y desempeñar funciones laborales a distancia con mayor eficiencia (Elsamani y Kajikawa 2024).

Si bien la prevalencia del teletrabajo a tiempo completo ha disminuido tras la pandemia, las rutinas de trabajo híbridas se han convertido en la norma. Por ejemplo, un estudio estadounidense reveló que el 41 por ciento de los trabajadores con empleos que pueden realizarse a distancia trabajan en la actualidad con un horario híbrido (Parker 2023). Sin embargo, no todos los trabajos pueden realizarse mediante teletrabajo. En la Unión Europea se calcula que el 38,5 por ciento del empleo con relación de dependencia es compatible con el trabajo a distancia, es más común en los empleos mejor remunerados, conlleva un uso intensivo de la computadora y su desempeño requiere estudios superiores (Eurofound, 2022). El teletrabajo está más extendido entre los trabajadores altamente cualificados, especialmente las mujeres, los residentes urbanos y los trabajadores de sectores de servicios como las finanzas, la tecnología de la información y el periodismo (Eurofound 2022; WEF 2023). Algunos ejemplos de puestos muy adecuados para el teletrabajo son los profesionales de bases de datos, los analistas financieros y los empleados de oficina (Eurofound 2022).

Más allá del teletrabajo, la digitalización también ha facilitado la expansión de las plataformas de trabajo, reconfigurando las estructuras de empleo tradicionales. Las plataformas de trabajo digitales desempeñan en la actualidad un papel fundamental en la evolución del panorama laboral, organizando e intermediando servicios mediante tareas tanto en línea como basadas en la localización. Las plataformas en línea apoyan una serie de actividades productivas como la traducción, el diseño, el análisis de datos, la moderación de contenidos, el desarrollo de programas informáticos, la redacción, la asistencia virtual y la atención al cliente. Las plataformas basadas en la localización utilizan la ubicación de un dispositivo para gestionar servicios a pedido como el transporte individual, la entrega de comida, el cuidado del hogar, la limpieza, el cuidado de mascotas, las reparaciones, la planificación de eventos, las compras personales y los servicios de mensajería. A escala mundial, se estima que entre 154 y 435 millones de trabajadores¹⁵ trabajan en plataformas en línea, lo que representa hasta el 12 por ciento de la fuerza de trabajo en el mundo (Datta et al. 2023). El número de plataformas en línea ha crecido significativamente, con estimaciones que aumentan de 193 en 2010 a 1 070 en 2023, observándose un crecimiento particularmente rápido de la demanda en los países en desarrollo. Estas plataformas fomentan la innovación y crean oportunidades para los trabajadores, las empresas y la sociedad. De ellas, 357 se centran en el trabajo en línea, seguidos de los servicios de reparto (334), el transporte individual de pasajeros (119), el trabajo del cuidado (121), el trabajo doméstico (117) y las plataformas híbridas (22) que ofrecen múltiples servicios (OIT 2024c).

1.5.1. Cómo las nuevas modalidades de trabajo están mejorando la seguridad y salud en el trabajo

Una de las principales ventajas del trabajo a distancia es la flexibilidad que puede ofrecer. Las modalidades de trabajo online permiten a los trabajadores ajustar mejor sus horarios y tareas laborales para adaptarse mejor a sus necesidades individuales. Las tecnologías digitales facilitan trabajar en cualquier momento y en cualquier lugar, eliminando la necesidad de un lugar de trabajo fijo y permitiendo la reducción del tiempo de desplazamiento, por lo que los trabajadores pueden dedicar más tiempo al desarrollo personal y a la vida familiar (ILO/Eurofound 2017; McAllister et al., 2022; EU-OSHA 2023d). Esta flexibilidad no solo reduce el estrés y favorece la salud mental, sino que también fomenta el desarrollo de competencias, la creatividad y un mejor equilibrio entre las responsabilidades profesionales, familiares y sociales (OIT, 2021). Por ejemplo, en Francia, el 85 por ciento de los teletrabajadores encuestados declararon tener mayor libertad para gestionar su tiempo, mientras que el 88 por ciento señaló una mejora del equilibrio entre la vida laboral y la vida personal en los días de teletrabajo (Lasfargue y Fauconnier 2015). Esta autonomía conduce a menudo a una mayor satisfacción en el trabajo y a un mejor bienestar personal (Indradewa 2023).

Las plataformas digitales pueden favorecer la inclusión mediante la creación de oportunidades para los trabajadores marginados, incluidas las personas con discapacidad, las personas de edad y las personas con responsabilidades de cuidados. Al suprimir las barreras geográficas e institucionales, el trabajo en plataformas proporciona empleo a personas que, de otro modo, podrían tener dificultades para acceder a los mercados de trabajo tradicionales, como las mujeres que gestionan tareas de cuidados o los trabajadores de zonas desatendidas (OIT 2021a; OIT/Eurofound 2017).

Para los adultos de edad y las personas con discapacidad, el trabajo en plataformas ofrece opciones a distancia que eliminan la necesidad de desplazarse o de circular por lugares de trabajo inaccesibles (OIT 2021d). Por ejemplo, el trabajo a distancia y el trabajo en plataformas digitales pueden aumentar significativamente las oportunidades de empleo para las personas con limitaciones de movilidad (EU-OSHA, 2022e).

¹⁵ Estimación en función del método utilizado.

1.5.2. Riesgos potenciales asociados al trabajo a distancia y al trabajo en línea

El trabajo a distancia plantea retos a los empleadores a la hora de garantizar un entorno laboral seguro y saludable. Sin supervisión directa ni evaluaciones periódicas de los riesgos, peligros como una ergonomía deficiente, riesgos ambientales y medidas de seguridad inadecuadas pueden pasar desapercibidos, agudizando las inquietudes en materia de SST (OIT/OMS 2021). El trabajo en plataformas presenta riesgos adicionales, ya que muchos trabajadores operan en entornos menos regulados con protecciones limitadas (OIT 2019; Eurofound 2022). Este reto se ve agravado por el creciente número de trabajadores autónomos que, a menudo, quedan fuera de la normativa vigente en materia de SST, lo que suscita inquietud acerca del deber de rendimiento de cuentas en materia de seguridad y salud en el lugar de trabajo. La evolución de los modelos empresariales y las estructuras de empleo impulsadas por el trabajo en línea y el trabajo flexible, junto con el auge de la gestión algorítmica y la IA, están transformando la organización del trabajo, lo que hace cada vez más difícil mantener las normas de seguridad y garantizar una protección adecuada de la SST (EU-OSHA 2025).



Riesgos ambientales y de seguridad. Sin evaluaciones periódicas de riesgos, los espacios de trabajo a distancia pueden tener una iluminación inadecuada, mala calidad del aire, instalaciones eléctricas deficientes y un confort térmico insuficiente. Además, los trabajadores que trabajan desde su domicilio pueden enfrentarse a riesgos de incendio y a una escasa preparación para emergencias, ya que las normas de seguridad no se aplican sistemáticamente en las residencias privadas (EU-OSHA 2024c). Los trabajadores de plataformas, en particular los de los servicios de reparto y de transporte individual, corren mayores riesgos de seguridad, incluida una mayor probabilidad de accidentes de tráfico debido a las largas jornadas laborales, los plazos ajustados y las condiciones peligrosas del tráfico (EU-OSHA 2024e; OIT 2024c). Además, los contratistas independientes carecen a menudo de las medidas de seguridad proporcionadas por el empleador, lo que les deja sin formación, equipos de protección o acceso a servicios de salud en el trabajo adecuados, aumentando su vulnerabilidad a las lesiones relacionadas con el trabajo (Eurofound 2022).

Riesgos ergonómicos: Muchos trabajadores a distancia carecen de una configuración adecuada del puesto de trabajo, lo que aumenta el riesgo de trastornos musculoesqueléticos, como dolores lumbares y cervicales (Fadel et al. 2023). En México y la India, solo el 27 por ciento y el 16 por ciento de los trabajadores que trabajan desde su domicilio, respectivamente, disponen de un espacio de trabajo específico (OIT 2021d). Entre los riesgos ergonómicos más comunes se encuentran el estar sentado durante mucho tiempo, los movimientos repetitivos de manos y muñecas y la mala colocación de la pantalla, que pueden contribuir al malestar físico, la fatiga visual y el cansancio (EU-OSHA 2021a). La naturaleza sedentaria del trabajo de oficina flexible y en plataformas agrava aún más estos riesgos, contribuyendo a la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, dado que los trabajadores pasan largas horas sin pausas activas (EU-OSHA 2024b). Además, trabajar en entornos no optimizados, como cafeterías o espacios compartidos, puede aumentar la tensión física debido a la utilización de asientos inadecuados y mesas con alturas inapropiadas, así como a la exposición a ruido de fondo excesivo, factores que inciden tanto en la comodidad como a la productividad.

Riesgos para la salud visual. La Asociación Estadounidense de Optometría¹⁶ advierte de que las personas que pasan dos o más horas seguidas frente a una pantalla corren un riesgo especial de padecer fatiga visual. Además, la exposición a la luz azul de las pantallas de alta intensidad puede alterar los patrones de sueño y dañar potencialmente las células de la retina (Cognard-Gregoire et al. 2023).

Riesgos organizativos y psicosociales. Trabajar a distancia durante mucho tiempo se ha relacionado con el agotamiento profesional, el agotamiento emocional, la tensión psicológica, la reducción del desempeño profesional, la alta rotación y los bajos niveles de satisfacción profesional de los trabajadores (Costin et al. 2023).

► **Aumento de la carga de trabajo y del ritmo de trabajo.** Los teletrabajadores pueden experimentar altos niveles de exigencia e intensidad en el trabajo debido a la vigilancia estrecha, el mayor número de horas de trabajo y las expectativas de disponibilidad constante (OIT/Eurofound 2017). Los estudios realizados reconocen que los teletrabajadores suelen trabajar más horas que sus homólogos que trabajan desde la oficina (Rebelo et al. 2024). En una encuesta realizada a 406 teletrabajadores en Francia, el 61 por ciento declaró que su tiempo de trabajo había aumentado (Lasfargue y Fauconnier 2015). Además, algunos teletrabajadores siguen trabajando cuando están enfermos, evitando acogerse a la baja por enfermedad —«presentismo»—, lo que, a largo plazo, puede provocar agotamiento (Steidelmüller et al. 2020; EU-OSHA 2024c). Para los trabajadores de plataformas, la intensificación de la carga de trabajo a menudo está impulsada por la programación algorítmica, en la que la IA establece objetivos de desempeño que fomentan el compromiso continuo y limitan las oportunidades de descanso (EU-OSHA 2023h).

► **Pérdida de control y autonomía en el trabajo.** El uso extendido de prácticas de vigilancia digital para controlar a los trabajadores a distancia puede tener amplias repercusiones en la calidad del trabajo, provocando intensificación del trabajo, menor autonomía en el trabajo y desconfianza recíproca entre los trabajadores y la dirección (EU-OSHA 2023h). Samek Lodovici et al. (2021) estudiaron las implicaciones del trabajo a distancia en la flexibilidad, la autonomía, la intensidad del trabajo, el equilibrio entre la vida laboral y la vida personal y la salud y seguridad, y concluyeron que la vigilancia constante y la toma de decisiones basada en algoritmos pueden crear estrés anticipatorio, reducir el bienestar de los trabajadores y aumentar la tensión mental.

¹⁶ https://www.aoa.org/aoa/documents/healthy%20eyes/digital_eyestrain.pdf

- **Aislamiento social y escasa conciliación de la vida laboral y la vida personal.** Los canales de comunicación virtual a menudo dan lugar a una menor interacción social, lo que provoca sentimientos de aislamiento, soledad y relaciones menos estrechas con los colegas de trabajo, factores que pueden comprometer la productividad y la creatividad (Figueiredo et al. 2024; Shirmohammadi et al. 2022). Por ejemplo, el 56,8 por ciento de los trabajadores a distancia que trabajan desde su domicilio en la Unión Europea declaró sentirse aislado socialmente (EU-OSHA 2023e). Del mismo modo, el 63 por ciento de los teletrabajadores brasileños mencionó sentirse aislado de sus colegas de trabajo como uno de los principales inconvenientes de su modalidad de trabajo (OIT/Eurofound 2017). El trabajo en línea también puede implicar horarios desfavorables al trato social, lo que limita la flexibilidad de los trabajadores a la hora de gestionar sus propios horarios y repercute en la conciliación de la vida laboral y la vida personal, pudiendo agravar el aislamiento social (OIT 2021e). Los trabajadores de plataformas, especialmente los que trabajan en servicios a pedido como el transporte individual y el reparto de comida, carecen a menudo de una comunidad laboral estable, lo que contribuye aún más a la desconexión social (Eurofound 2023).
- **Violencia y acoso:** Aunque los trabajadores a distancia o teletrabajadores, debido a su aislamiento, suelen estar menos expuestos a la violencia física o al acoso directo de compañeros y terceros, los entornos de trabajo a distancia y en línea también pueden agravar el acoso laboral, ya que comportamientos nocivos como el lenguaje despectivo, la exclusión social y las amenazas pueden ser más persistentes en los espacios digitales (Javed et al. 2023). El ciberacoso puede provocar estrés grave, ansiedad y afectar a la salud mental a largo plazo (Farley et al. 2015). Los trabajadores que desempeñan funciones de atención al cliente son especialmente vulnerables al abuso en línea por parte de los clientes, mientras que los periodistas y los profesionales de cara al público se enfrentan a un mayor acoso digital (PersVeilig 2021). Los trabajadores de plataformas, en particular los de los servicios de reparto y de transporte individual, también se enfrentan a importantes riesgos de violencia física y en línea. Muchos afirman haber sufrido abusos verbales, amenazas y agresiones físicas por parte de clientes u otros usuarios de la carretera, y algunos incidentes han llegado al robo o la agresión (EU-OSHA 2023h; OIT 2024c). La falta de medidas de seguridad proporcionadas por el empleador, como sistemas de ayuda de emergencia o políticas claras de prevención de la violencia, agrava aún más estos riesgos. Una encuesta realizada a 165 organizaciones de interlocutores sociales reveló que el 80 por ciento de los encuestados consideraba la violencia y el acoso de terceros como un problema grave, siendo el acoso verbal y psicológico las formas más denunciadas (Pillenger 2023). Para los trabajadores de plataformas, la ausencia de espacios de trabajo seguros designados a tal efecto y la naturaleza impredecible de sus interacciones aumentan su vulnerabilidad tanto al acoso como a la violencia física (Eurofound 2023).

► Guía para un teletrabajo saludable y seguro

La OIT y la OMS elaboraron una nota técnica titulada *Healthy and Safe Telework* (OIT/OMS 2021). Dicha nota tiene por objeto proporcionar información técnica a empleadores, teletrabajadores y delegados de los trabajadores sobre el impacto del teletrabajo en la salud, la seguridad y el bienestar. Proporciona consejos prácticos para organizar y llevar a cabo el teletrabajo de forma que se proteja y promueva la salud física y mental y el bienestar social.



La cadena de suministro de la digitalización: *Consideraciones sobre SST*

Aunque millones de trabajadores se ven y seguirán viéndose afectados por las tecnologías digitales, es preciso prestar especial atención a aquellos que participan directamente en la industria, sobre todo en la producción, la gestión de residuos y la aplicación de tecnologías. Este tema se analiza en *Feeding the machine. The Hidden Human Labour Powering AI* (Muldoon et al. 2024), documento que analiza la fuerza de trabajo invisible que impulsa el crecimiento de la IA. Independientemente del sector de ocupación en el que se apliquen o de la función que desempeñen, las tecnologías digitales, como por ejemplo la IA, a menudo están impulsadas por millones de trabajadores peor remunerados y que realizan tareas repetitivas en condiciones de trabajo difíciles (Williams 2022). Algunos de estos puestos de trabajo existen desde hace años, pero la rápida expansión de determinados sectores ha aumentado la presión sobre los trabajadores, a menudo sin la debida protección en materia de SST. Además, muchos de estos trabajadores forman parte de la economía informal y, por tanto, no están cubiertos por las leyes o normativas sobre SST.

Trabajadores que impulsan las tecnologías digitales

Anotadores de datos

La anotación de datos —el proceso de preparación de los datos para los modelos de aprendizaje informático— plantea importantes retos en materia de SST. Puede adoptar varias formas, como el etiquetado, la transcripción y el tratamiento. Este trabajo se considera poco cualificado, pero la anotación precisa y de alta calidad es cara y requiere mucho tiempo (Smart et al. 2024). Los trabajadores realizan a menudo tareas muy repetitivas bajo estricta vigilancia, enfrentándose a prácticas laborales explotadoras y no reguladas (Rani and Dhir 2024; Williams 2022). A muchos se les exige que clasifiquen contenido tóxico sin la transparencia adecuada, una compensación justa o recursos para abordar el impacto psicológico de la exposición a material perturbador (Jensen 2024).

Moderadores de contenidos

Los moderadores de contenidos desempeñan un papel fundamental a la hora de garantizar la seguridad de los espacios en línea, analizando y eliminando los contenidos ofensivos o perjudiciales generados por los usuarios. Se espera de ellos que procesen entre 500 y 1 000 entradas diarias, lo que les expone a material gráfico (Muldoon et al. 2024) y explícito sin el apoyo adecuado en materia de salud mental ni tiempo para recuperarse de lo que ven. Esta exposición continua a contenidos violentos y perturbadores plantea graves riesgos para la salud mental, como síntomas de estrés postraumático y traumático secundario, fatiga por compasión y agotamiento (Rani et al., en prensa). A pesar de estos riesgos, a algunos moderadores se les exige que firmen descargos de responsabilidad, reconociendo la posibilidad de que su trabajo tenga efectos adversos para su salud mental y provoque estrés postraumático (BBC News 2021).

Ingenieros de aprendizaje automático

Un ingeniero de aprendizaje automático es un programador técnicamente competente encargado de construir sistemas de IA que aprovechan enormes conjuntos de datos para generar y desarrollar algoritmos capaces de aprender y hacer predicciones (BrainStation 2024). Su trabajo está asociado a salarios atractivos, tecnologías de vanguardia, variedad y alta demanda (run:ai s.f.). Sin embargo, el trabajo puede ser exigente y estresante debido a la complejidad y el abrumador volumen de datos que implica (teal s.f.).

Analistas de macrodatos

Los macrodatos son conjuntos de datos extensos y complejos generados por fuentes como personas, máquinas o sensores, cuyo tamaño crece rápidamente (Comisión Europea 2016) y cuyo volumen no permite su manejo por sistemas tradicionales de gestión de datos (Google Cloud s.f.). El análisis de macrodatos consiste en examinar estos conjuntos de datos utilizando herramientas como la IA, el aprendizaje automático y el análisis estadístico para extraer información relevante (Ishwarappa y Anuradha, 2015). Sin embargo, persisten los retos relacionados con la privacidad, la seguridad y la gobernanza de los datos, sobre todo cuando se trata de información sensible (Rawat y Yadav 2021). Además, la escasez de profesionales cualificados en ciencia y análisis de datos limita el potencial de los entornos de macrodatos (Google Cloud s.f.).

Trabajadores de la producción tecnológica y la gestión de residuos

Mineros que excavan minerales esenciales

Minerales esenciales, como el cobalto, el litio y el cobre son componentes fundamentales de las tecnologías digitales, pero su extracción, a menudo en minas informales, sitúa a los trabajadores en condiciones peligrosas (Wilson Center 2021). El rápido crecimiento de la demanda de estos minerales debido a los avances tecnológicos ejerce una presión adicional sobre el sector minero, y los trabajadores, especialmente en los países en desarrollo, se enfrentan a importantes riesgos de seguridad y a una protección limitada en materia de SST (Landrigan et al. 2022). Por ejemplo, la mayor parte del suministro mundial de cobalto procede de la República Democrática del Congo, donde la extracción del mineral está vinculada a operaciones informales en las que se recurre al trabajo infantil y donde se observan riesgos para la seguridad, abusos ambientales y corrupción (Wilson Center 2021).

Trabajadores de fábricas de montaje de tecnología

Los trabajadores de las cadenas de montaje tecnológicas se enfrentan a largas jornadas de trabajo y condiciones laborales inseguras, con una remuneración mínima (Judge 2023). Sin embargo, la integración de la IA y la automatización puede mejorar los procesos de producción y las normas de seguridad al reducir los errores humanos y la carga de trabajo en entornos peligrosos.

Residuos electrónicos

Con la rápida expansión de la producción y el uso de la tecnología, se prevé que la cantidad de residuos electrónicos aumente hasta los 75 millones de toneladas métricas en 2030 y llegue a los 111 millones de toneladas en 2050 (Parajuly et al. 2019). Los residuos electrónicos se están convirtiendo en un recurso cada vez más importante para los trabajadores del sector informal a lo largo de la cadena de valor de estos residuos, en la que se recuperan, reparan, restauran, reutilizan, reconvierten y reciclan aparatos eléctricos y electrónicos; sin embargo, los trabajadores suelen estar expuestos a condiciones de trabajo peligrosas (OIT 2021c). Esta situación plantea graves riesgos para la salud (cáncer, enfermedades pulmonares y cardiovasculares) debido a los productos químicos tóxicos a los que están expuestos los trabajadores y a la eliminación inadecuada de los residuos (OIT 2021c).

Sin embargo, la IA y los sistemas automatizados podrían mejorar el proceso de reciclaje, reduciendo la exposición a sustancias nocivas y garantizando una recuperación más eficiente de los recursos.

Consideraciones relativas al medio ambiente y a la salud en el trabajo

La digitalización se ha revelado como un factor clave para reducir la contaminación y favorecer el paso a una economía con bajas emisiones de carbono (Huang et al. 2024). Los sistemas basados en la IA, como los contadores inteligentes, las redes eléctricas activas y los sensores, pueden mejorar la eficiencia y la fiabilidad energéticas, contribuyendo a crear medios de trabajo más seguros y sostenibles, contribuyendo al mismo tiempo a reducir los efectos del cambio climático (OCDE s.f.). Como se demuestra en varias publicaciones recientes de la OIT¹⁷, el cambio climático presenta diversos riesgos para la SST de los trabajadores, en particular por la exposición al calor excesivo, la radiación solar ultravioleta, la contaminación atmosférica, los fenómenos meteorológicos extremos, las enfermedades transmitidas por vectores y los productos químicos.

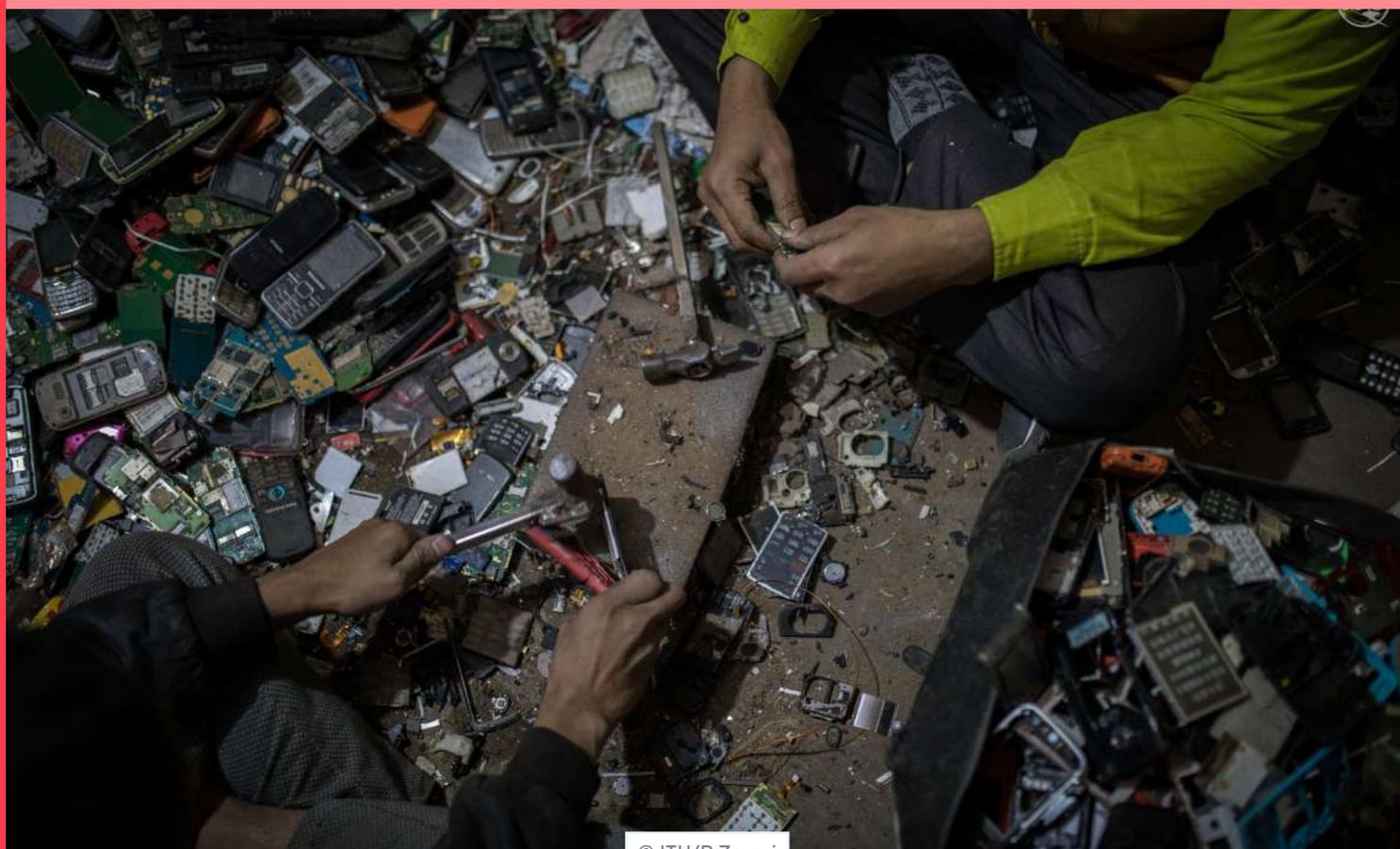
En las tecnologías en el lugar de trabajo, la IA combinada con la realidad virtual y la realidad ampliada **facilitan el trabajo a distancia y la colaboración virtual**, reduciendo la necesidad de desplazamientos y disminuyendo la huella de carbono en el lugar de trabajo. Por ejemplo, pasar de las reuniones presenciales a las virtuales puede reducir las emisiones de carbono en un 94 por ciento y el consumo de energía en un 90 por ciento (Tao et al. 2021). Estos avances no solo mejoran la sostenibilidad, sino que también aumentan la seguridad de los trabajadores al minimizar la exposición a entornos peligrosos.

No obstante, es preciso tener en cuenta la creciente demanda de energía y los costos ambientales de la IA. Se prevé que los centros de datos impulsados por la IA, que consumen mucha más energía que las aplicaciones típicas en la nube, aumenten las emisiones mundiales de carbono y el consumo de agua, lo que subraya la necesidad de aplicar prácticas sostenibles en su funcionamiento (Goldman Sachs 2024).

Centrarse en la integración responsable de la IA en la SST puede maximizar sus beneficios al tiempo que minimiza el impacto ambiental, apoyando lugares de trabajo más seguros, saludables y sostenibles.

¹⁷ Véase [Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante](#) (OIT, 2024)

¹⁸ Véase [Heat at work: Implications for safety and health](#) (OIT, 2024)





2

La SST en la era digital: Políticas, lagunas y medidas de colaboración

A medida que los lugares de trabajo adoptan con celeridad las nuevas tecnologías, se hace cada vez más hincapié en utilizar sus ventajas potenciales y, al mismo tiempo, mitigar los importantes riesgos que plantean para la seguridad y salud de los trabajadores.

Nuevas iniciativas a escala internacional, regional y nacional abordan cada vez más la intersección entre la SST y la digitalización. Estas actividades incluyen la incorporación de disposiciones relacionadas con las nuevas tecnologías en las políticas y prácticas de SST, al tiempo que integran las consideraciones de SST en estrategias de digitalización más amplias.

Aunque la normativa existente en materia de SST suele proteger a los trabajadores abordando todos los riesgos, incluidos los derivados de las tecnologías digitales, la legislación específica para mitigar los impactos concretos de la digitalización es bastante limitada. Junto a las actualizaciones de la legislación dirigidas a subsanar las lagunas existentes, las normas voluntarias, los programas de formación y las campañas de sensibilización son vitales para fomentar entornos de trabajo más seguros. La investigación y la recopilación de datos sobre las repercusiones positivas y negativas de la digitalización en la seguridad y salud de los trabajadores son esenciales para la elaboración de políticas fundamentadas. Cabe señalar asimismo que interlocutores sociales desempeñan un papel fundamental en la adaptación de estas respuestas a la integración de las tecnologías digitales en el lugar de trabajo. Su participación es esencial para garantizar que estas tecnologías se diseñen y apliquen de forma segura, saludable y equitativa (Berg et al. 2023).

En esta sección se examinan las medidas adoptadas a escala mundial, regional y nacional para salvaguardar la SST en la transición digital, junto con las adoptadas en el lugar de trabajo para aprovechar los beneficios de la digitalización y, al mismo tiempo, prevenir y gestionar los riesgos que surjan.



2.1 Medidas adoptadas a escala mundial con objeto de garantizar un trabajo seguro y saludable en la transición digital

2.1.1 El papel de la OIT

Garantizar el principio y el derecho fundamental de un entorno de trabajo seguro y saludable exige abordar los retos que plantean unos lugares de trabajo en constante evolución, donde los peligros nuevos y emergentes, incluidos los introducidos por la digitalización, deben gestionarse junto con los riesgos existentes. Ello implica aprovechar las ventajas de la digitalización y, al mismo tiempo, comprender y mitigar sus posibles riesgos.

Los convenios fundamentales sobre SST (a saber, el Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm.155) y el Convenio sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo, 2006 (núm.187)¹⁹ proporcionan un marco global para un enfoque de la SST basado en sistemas, que sigue siendo adaptable a la evolución de los riesgos en el lugar de trabajo.

¹⁹ Los Estados Miembros, independientemente de su estado de ratificación, tienen la obligación de respetar, promover y hacer realidad las disposiciones establecidas en los Convenios fundamentales sobre SST.

► **Pertinencia de los Convenios fundamentales sobre SST para hacer frente a los nuevos retos asociados a la digitalización**

El Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155) establece objetivos fundamentales y define los principios básicos de una política nacional en materia de SST. Se aplica a todos los trabajadores de todas las ramas de actividad económica y es la más completa de las normas vigentes. El Convenio sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo, 2006 (núm. 187) promueve la mejora continua de los marcos nacionales de SST, garantizando que las políticas sigan respondiendo a los cambios que se producen en el mundo del trabajo, incluidos los impulsados por la transformación digital.

- El Convenio núm. 155 establece que los Estados Miembros, en consulta con las organizaciones más representativas de empleadores y de trabajadores, deben **formular, poner en práctica y reexaminar periódicamente una política nacional coherente en materia de SST y medio ambiente de trabajo**, con objeto prevenir los accidentes y los daños para la salud que sean consecuencia del trabajo, guarden relación con la actividad laboral o sobrevengan durante el trabajo, reduciendo al mínimo las causas de los riesgos inherentes al medio ambiente de trabajo (artículo 4). En el contexto de la digitalización y de un mundo del trabajo en constante evolución, las políticas de SST pueden integrar los retos y las oportunidades asociados a las tecnologías emergentes, definiendo medidas para evaluar y mitigar sus riesgos.
- El Convenio núm. 187 destaca el **papel de los órganos tripartitos en la promoción de una cultura de prevención en materia de seguridad y salud** (artículo 4,3)), de modo que se garantice la participación activa de todas las partes interesadas, a saber, los Gobiernos, los empleadores y los trabajadores. Los órganos tripartitos pueden desempeñar un papel importante a la hora de enfrentarse a las nuevas tecnologías que se están implantando rápidamente en los lugares de trabajo, garantizando la aplicación de medidas de prevención adecuadas.
- El Convenio núm. 155 establece que los trabajadores tienen **derecho a interrumpir una situación de trabajo si creen, por motivos razonables, que esta entraña un peligro inminente y grave para su vida o su salud** (artículo 13). Este derecho se extiende a las situaciones que plantean las nuevas tecnologías, por ejemplo el mal funcionamiento de robots avanzados.
- El Convenio núm. 155 establece asimismo que deberá exigirse a los empleadores que, en la medida en que sea razonable y factible, **garanticen que los lugares de trabajo, la maquinaria, el equipo y las operaciones y procesos que estén bajo su control son seguros y no entrañan riesgo alguno para la seguridad y la salud de los trabajadores** (artículo 16). Esta obligación se extiende a las herramientas digitales y los sistemas automatizados, en relación con los cuales los empleadores deben abordar los riesgos potenciales asociados a las nuevas tecnologías, como los derivados de las interacciones entre las personas y las máquinas, el mal funcionamiento de los sistemas y los problemas ergonómicos o de salud mental vinculados a la digitalización.
- El Convenio núm. 155 subraya la importancia de **proporcionar a los trabajadores una formación adecuada e información apropiada**, un principio que resulta aún más decisivo a medida que se introducen nuevas tecnologías digitales, como la IA o la realidad extendida (artículo 19).
- El Convenio núm. 155 destaca la importancia de la **cooperación entre empleadores y trabajadores en la aplicación de medidas de SST en el lugar de trabajo** (artículos 19 y 20).

Los Convenios núms. 155 y 187 destacan el papel fundamental de las organizaciones de empleadores y de trabajadores en la gestión de la SST, tanto a escala nacional como en el lugar de trabajo. Esta colaboración garantiza que las políticas de SST sean inclusivas y aborden los retos que plantea la digitalización, equilibrando los avances tecnológicos con la protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

Además de los convenios fundamentales, otros instrumentos sobre SST proporcionan disposiciones e información de gran utilidad que son pertinentes para mejorar los aspectos de la digitalización relacionados con la SST.

- El **Convenio sobre los servicios de salud en el trabajo, 1985 (núm. 161)** hace hincapié en el papel que desempeñan los servicios de salud en el trabajo para identificar y evaluar los riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo y proporcionar asesoramiento sobre la planificación y la organización del trabajo, incluido el diseño de los lugares de trabajo y la utilización de la maquinaria, las herramientas y los equipos.
- La **Recomendación sobre la lista de enfermedades profesionales, 2002 (núm. 194)** incluye enfermedades causadas por agentes físicos, químicos y biológicos, enfermedades del sistema osteomuscular y trastornos mentales y del comportamiento, que pueden ser relevantes en relación con el aumento de la digitalización.
- El **Convenio sobre la violencia y el acoso, 2019 (núm. 190)** establece un marco para prevenir y mitigar la violencia y el acoso en el mundo del trabajo, incluidas las incidencias que se producen a través de las tecnologías digitales, que puede ser relevante para prevenir el ciberacoso y otros riesgos asociados a la creciente digitalización.

Además de los convenios y recomendaciones existentes, durante las 113.a y 114.a reuniones de la Conferencia Internacional del Trabajo, previstas, respectivamente, para 2025 y 2026, se debatirá un punto normativo sobre el trabajo decente en la economía de plataformas, que incluirá consideraciones sobre SST²⁰. Asimismo, está prevista una futura labor normativa en materia de ergonomía y seguridad de las máquinas²¹.

Entre las diversas directrices técnicas y repertorios de recomendaciones prácticas de la OIT, el **Repertorio de recomendaciones prácticas sobre la protección de los datos personales de los trabajadores**²² ofrece orientaciones especialmente pertinentes en un mundo del trabajo cada vez más caracterizado por el tratamiento de grandes cantidades de datos de los trabajadores.

La OIT está abordando activamente los retos y las oportunidades que plantea la digitalización para el trabajo a través de una serie de iniciativas destinadas a apoyar a los Gobiernos, los empleadores y los trabajadores en la gestión de esta transformación. Por ejemplo, la Estrategia Global en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo 2024-2030²³ de la OIT hace hincapié en la necesidad de llevar a cabo investigaciones y elaborar herramientas para gestionar las oportunidades y los retos que plantean las nuevas tecnologías. La OIT también ha fundado el Observatorio de la OIT sobre la Inteligencia Artificial y el Trabajo en la Economía Digital²⁴ con el objetivo de ayudar a los Gobiernos y a los interlocutores sociales a comprender y gestionar la transformación digital del trabajo²⁵.

Además, la reciente publicación de la OIT, Informe sobre el diálogo social 2024: *El diálogo social en el más alto nivel para el desarrollo económico y el progreso social*, destaca el papel fundamental del diálogo social para abordar las transformaciones del lugar de trabajo impulsadas por la digitalización, haciendo hincapié en la colaboración entre gobiernos, empleadores y trabajadores para garantizar resultados equitativos y trabajo decente en la era digital.

²⁰ Véase GB.347/INS/2/1/ Decisión

²¹ Véase GB.331/LILS/2

²² <https://www.ilo.org/es/resource/otro/proteccion-de-los-datos-personales-de-los-trabajadores>

²³ https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_norm/%40relconf/documents/meetingdocument/wcms_899175.pdf

²⁴ <https://www.ilo.org/es/all-resources-for-topic?cf0=1781%206106%206126>

²⁵ En la actualidad abarca cuatro áreas temáticas: la IA, la gestión algorítmica en el lugar de trabajo, las plataformas digitales de trabajo y la protección de los datos personales de los trabajadores, aunque está previsto ampliarlas en el futuro.

Varias iniciativas de investigación a escala subregional están examinando activamente la intersección entre la SST y la digitalización del lugar de trabajo. En particular cabe señalar las siguientes:

- Estudios realizados sobre las plataformas digitales de trabajo en Uganda, Nigeria, la India y Kenya.
- Estudios de casos sobre prácticas de gestión algorítmica que abarcan sectores como el comercio minorista y la banca en Chile, la fabricación de automóviles en la Argentina y Malasia y la electrónica en Malasia. También se han realizado estudios de casos sobre prácticas de gestión algorítmica en logística y atención de salud en Italia, Francia, la India y Sudáfrica (OIT/Comisión Europea 2024).
- Encuestas sobre las cadenas de suministro de la IA en empresas de externalización de los procesos empresariales en la India y Kenya. Está previsto incluir a Filipinas en un futuro próximo.

2.1.2 Iniciativas internacionales

Grupos internacionales han impulsado iniciativas de amplio alcance para abordar los retos que plantean las tecnologías digitales.

- El **Plan de Acción del G7 para la adopción centrada en las personas de una IA segura y fiable en el mundo del trabajo** pone de relieve la importancia del cumplimiento de la legislación del trabajo y de las normas de SST, al tiempo que hace un seguimiento del impacto de la IA en la SST, inclusive a través de evaluaciones de riesgos y auditorías.

Las instituciones internacionales de SST también están desarrollando actividades e iniciativas centradas en aspectos específicos de la digitalización y sus repercusiones en la SST.

- La **Asociación Internacional de Ergonomía y Factores Humanos**²⁶ ha organizado varios seminarios web relacionados con la IA y la interacción humano-robot. En estos seminarios web, expertos internacionales en investigación robótica presentaron visiones sobre factores humanos y ergonomía en robótica.
- La **Institución de Seguridad y Salud en el Trabajo**²⁷ ha participado activamente en iniciativas que abordan la digitalización en materia de SST. Estas iniciativas han incluido la organización de una serie de seminarios web para disipar los mitos sobre la IA y la salud y seguridad («Demystifying AI for Health and Safety»), para los cuales ha reunido a expertos con el objetivo de analizar cómo puede utilizarse la IA para perfeccionar los protocolos de seguridad, mejorar la gestión de riesgos y agilizar las operaciones en el lugar de trabajo.
- La **Organización Internacional de Normalización** cuenta con varias normas relacionadas con las tecnologías de la información y la inteligencia artificial, entre ellas las relativas a la gestión de riesgos²⁸. Se han elaborado normas de seguridad para el sector de la robótica industrial²⁹ así como para el sector de la robótica no industrial (servicios)³⁰. Otros temas en los que se trabaja en relación con las actividades de normalización de robots incluyen los criterios de desempeño, la modularidad y el vocabulario (Federación Internacional de Robótica s.f.). En la actualidad no existe ninguna norma técnica o de seguridad centrada exclusivamente en los exoesqueletos, sin embargo, una norma internacional existente, «Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots no industriales. Robots de asistencia personal no médicos»³¹ aborda los requisitos de seguridad para los robots de asistencia personal, algunos de los cuales pueden considerarse exoesqueletos.

²⁶ [International Ergonomics & Human Factors Association](#)

²⁷ [AI and tech in safety and health](#)

²⁸ Incluidas las normas ISO/IEC 42001:2023 e ISO/IEC 23894:2023

²⁹ Incluidas las normas ISO 10218-1, ISO 10218-2 e ISO/TS 15066

³⁰ ISO 13482

³¹ ISO 13482:2014

Las organizaciones internacionales de empleadores y de trabajadores emprenden cada vez más iniciativas para abordar las oportunidades y los retos que plantea la digitalización en el lugar de trabajo.

- La **Organización Internacional de Empleadores (OIE)** ha abogado por el desarrollo de competencias y la formación para garantizar que la fuerza de trabajo esté bien dotada para hacer frente a las transformaciones digitales, reconociendo la importancia de incorporar consideraciones de SST en la aplicación de las nuevas tecnologías. Como parte de esta actividad, la OIE ha publicado varios informes, entre ellos *Bienestar y la salud mental en el trabajo*, que examina la salud mental en el contexto más amplio de la digitalización del lugar de trabajo y la aplicación de las nuevas tecnologías (OIE 2023). Además, una revisión de políticas de la OIE profundiza en los efectos de la IA en el trabajo y el empleo, haciendo hincapié en su potencial transformador para las empresas, al tiempo que ofrece orientación estratégica a los empleadores sobre la adopción y la gestión eficaces de las tecnologías de IA (OIE 2024). Además, la OIE y Deloitte publicaron un destacado informe *G20 2024 Readiness Report: AI Powered Transformation*³², en el que se subraya que si bien la IA puede potenciar de manera notable la productividad y la eficiencia, también plantea retos que es preciso anticipar, como la pérdida de puestos de trabajo o el desajuste social.
- Las **organizaciones sindicales internacionales** también se han mostrado dinámicas a la hora de abordar los efectos de la digitalización para los trabajadores. La Confederación Sindical Internacional aboga por una regulación más estricta de la IA y la vigilancia digital para proteger a los trabajadores de la discriminación y la intensificación del trabajo³³. También defiende la protección de la SST y los derechos de negociación colectiva para los trabajadores de plataformas afectados por la digitalización. El informe de UNI Global Union, «Gestión Algorítmica - Guía destinada a los sindicatos»,³⁴ examina el uso cada vez mayor de herramientas de gestión algorítmica en los lugares de trabajo de todo el mundo, proporcionando orientaciones a los sindicatos sobre la manera de enfocar las negociaciones relativas a la elaboración y aplicación de estos instrumentos en el trabajo. Además, el primer **Foro Sindical Internacional sobre el Impacto de la Digitalización en el Sistema Financiero**,³⁵ celebrado en Fortaleza, Brasil, en junio de 2022, reunió a más de 600 líderes sindicales de 24 países con objeto de debatir soluciones para mitigar los efectos de la digitalización y la automatización en el sector financiero. **IndustriALL Global Union** ha constituido un grupo de expertos en Industria 4.0³⁶ con el cometido de elaborar un documento de política sobre digitalización, IA e Industria 4.0³⁷ centrado en la participación de los trabajadores, la protección de los derechos y la garantía de una transición justa para los trabajadores. La **Internacional de Trabajadores de la Construcción y la Madera** ha llevado a cabo un estudio sobre el impacto nacional e internacional de la digitalización en los trabajadores de la construcción, arrojando luz sobre los retos específicos que afronta el sector³⁸.



2.2. Iniciativas regionales para mejorar la SST a través de la digitalización

Se han puesto en marcha diversas iniciativas regionales en todo el mundo que abarcan iniciativas generales relacionadas con la digitalización en general, así como planes específicos relacionados con una tecnología en concreto. Sin embargo, fuera de Europa, estas iniciativas tienden a centrarse más en cuestiones más amplias, como el uso ético de la IA, que en la SST.

En la **Unión Europea**, varios marcos normativos regulan la SST en el contexto de la digitalización, la IA y la robótica avanzada:

³² G20 2024 Readiness Report: AI Powered Transformation

³³ La IA NO FUNCIONA BIEN | Se necesitan iniciativas sindicales en materia de Inteligencia Artificial (IA) en el trabajo

³⁴ Gestión algorítmica - Guía destinada a los sindicatos

³⁵ International Trade Union Forum seeks solutions to the impacts of digitalization on the financial system

³⁶ También conocida como Cuarta Revolución Industrial.

³⁷ Protecting workers' rights in Southeast Asia amid transformation

³⁸ https://www.bwint.org/web/content/cms.media/1837/datas/EN_FoW_Study_Oct2019.pdf

- Directiva marco sobre seguridad y salud en el trabajo 89/391/CEE³⁹. Esta directiva sigue siendo fundamental, ya que establece principios generales para la seguridad y salud de los trabajadores, incluida la prevención de riesgos, la consulta a los trabajadores y la formación. Si bien no está prevista específicamente para los sistemas basados en la IA y la robótica, su amplio alcance le permite abordar los riesgos conexos.
- Reglamento relativo a las máquinas (Unión Europea) 2023/1230⁴⁰. Este nuevo reglamento, por el que se deroga la Directiva 2006/42/CE, con efecto a partir de 2027, refuerza los requisitos obligatorios de salud y seguridad para la máquinas más avanzadas, la robótica y los sistemas impulsados por la IA y aborda directamente las inquietudes acerca de la capacidad de la directiva de 2006 para gestionar los riesgos relacionados con la IA.
- Reglamento sobre la inteligencia artificial (Unión Europea) 2024/1689⁴¹. Esta nueva legislación establece normas armonizadas para los sistemas de IA, en particular para los clasificados como de alto riesgo, con el fin de garantizar la transparencia, la supervisión humana y las salvaguardias adecuadas para minimizar los riesgos para la salud, la seguridad y los derechos fundamentales.
- Directiva sobre el trabajo en plataformas digitales (Unión Europea) 2024/2831⁴². Tiene por objeto mejorar las condiciones laborales de los trabajadores de plataformas y regular el uso de algoritmos en el lugar de trabajo. Exige la intervención humana en decisiones clave, incluidos los despidos.

Más allá de la legislación, varias iniciativas de la Unión Europea abordan de forma proactiva el impacto de la digitalización en la SST.

³⁹ Directiva del Consejo 89/391/CEE de 12 de junio de 1989 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo

⁴⁰ Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo (Texto pertinente a efectos del EEE)

⁴¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689>

⁴² <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/2831/oj/eng>



► Campaña «Trabajos seguros y saludables en la era digital» de la EU-OSHA 2023-2025

La Campaña «Trabajos saludables»⁴³ sensibiliza acerca del impacto de las nuevas tecnologías digitales en el trabajo y los lugares de trabajo, así como sobre los retos y oportunidades en materia de SST que conllevan. También ofrece una plataforma para el intercambio de soluciones basadas en buenas prácticas.

El objetivo de la campaña es estimular la colaboración para una transformación digital del trabajo segura y productiva. Una forma de transitar por esta transformación es mediante una planificación estratégica basada en los cinco objetivos principales siguientes:

1. Aumentar la sensibilización sobre la importancia, la relevancia y las implicaciones para la SST de la transformación digital del trabajo, incluidos los argumentos empresariales, proporcionando datos y cifras.
2. Aumentar la sensibilización y los conocimientos prácticos en todos los sectores, tipos de lugares de trabajo y grupos específicos de trabajadores (por ejemplo, las mujeres y los migrantes) sobre el uso seguro y productivo de las tecnologías digitales en el trabajo.
3. Mejorar los conocimientos sobre los riesgos y oportunidades nuevos y emergentes relacionados con la transformación digital del trabajo.
4. Promover la evaluación de riesgos y una gestión proactiva sólida y segura de la transformación digital del trabajo, facilitando el acceso a los recursos pertinentes (por ejemplo, buenas prácticas, listas de comprobación, herramientas y orientaciones).
5. Reunir a las partes interesadas para facilitar el intercambio de información, conocimientos y buenas prácticas y promover la colaboración para una transformación digital del trabajo segura y productiva.

Las áreas prioritarias en torno a las cuales se estructura la campaña son cinco:

- trabajo en plataformas digitales
- robótica avanzada e IA
- trabajo a distancia y el trabajo híbrido
- sistemas digitales inteligentes
- gestión de los trabajadores mediante la IA

⁴³ La campaña se basa principalmente en las conclusiones y los recursos del programa «Visión de conjunto de la SST» (2020-2023), un programa de investigación de cuatro años sobre la digitalización del lugar de trabajo y sus implicaciones para la SST. El sitio web de la campaña (<https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/es>) ofrece una amplia gama de materiales y recursos diseñados para ayudar a promover y apoyar la campaña. La mayoría de estos recursos están disponibles en 25 idiomas.

Si bien no se centran exclusivamente en la SST, existen otras iniciativas regionales de gran relevancia que abordan las condiciones de trabajo, la seguridad en el empleo y los derechos de los trabajadores en la era digital.

- La **Unión Africana** promueve el desarrollo digital e impulsado por la IA a través de la Estrategia de Transformación Digital para África 2020-2030⁴⁴, parte de la Agenda 2063 más amplia, que hace hincapié en la protección de datos, la ciberseguridad y las competencias digitales de la fuerza de trabajo, y de la Estrategia Continental de IA⁴⁵, que aboga por un uso de la IA ético y centrado en el desarrollo.
- En el marco del **Mercado Común del Sur (Mercosur)**, la *Declaración presidencial sobre la integración digital en el Mercosur*⁴⁶ suscrita por los Gobiernos de la Argentina, el Brasil, el Paraguay y el Uruguay subraya la importancia de establecer una estrategia de transformación digital cohesionada, subrayando la importancia de la investigación, el desarrollo y la innovación en soluciones digitales sobre la base de su uso ético.
- La **Organización Árabe del Trabajo** debatió el futuro del trabajo teniendo en cuenta la irrupción de la IA⁴⁷, centrándose en la capacitación de los jóvenes y la innovación en el lugar de trabajo. Aunque la discusión no incluyó ninguna referencia específica a la SST, sí incluyó una mención general al apoyo de las capacidades humanas mediante la IA.
- La estrategia económica regional de la **Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEAN)** se centra cada vez más en la Cuarta Revolución Industrial, que incluye la adopción de tecnologías digitales y de automatización avanzadas⁴⁸. Como parte de esta estrategia, la ASEAN lanzó su Plan de Acción del Marco de Integración Digital para orientar a los Estados miembros en la adopción de tecnologías digitales en todos los sectores.

Los interlocutores sociales también han puesto en marcha diversas iniciativas relacionadas con la digitalización y la SST.

Un ejemplo notable de diálogo social es el Acuerdo marco europeo de los interlocutores sociales sobre digitalización (2020), adoptado por los interlocutores sociales intersectoriales europeos (BusinessEurope, SMEUnited - Crafts & SMEs in Europe, el Centro Europeo de Empresas Públicas y de Servicios Públicos y la Confederación Europea de Sindicatos). Este acuerdo tiene como objetivo garantizar un enfoque de la transformación digital centrado en las personas, abordando su impacto en la organización del trabajo, el desarrollo de competencias y la SST. Incluye compromisos para anticipar y gestionar los cambios en el lugar de trabajo, promover los derechos de los trabajadores a la formación y la consulta y garantizar que las tecnologías digitales contribuyan a mejorar, en lugar de socavar, las protecciones en materia de SST.

Las organizaciones regionales de empleadores han elaborado informes y celebrado debates para promover el uso responsable de las tecnologías en los lugares de trabajo.

- La Confederación de Empleadores de la ASEAN participa activamente en la promoción de una IA responsable en los lugares de trabajo. Ha puesto de relieve la necesidad de gobernanza y directrices éticas en el desarrollo y la utilización de las tecnologías de IA. Mediante debates y actividades de sensibilización, la organización de empleadores tiene el objetivo de garantizar que las empresas integren la IA de forma que se protejan los derechos y la seguridad de los trabajadores. Ello incluye proporcionar recursos y conocimientos sobre la gestión de los riesgos asociados a la aplicación de la IA, como la pérdida de puestos de trabajo, los sesgos de los datos y los problemas de privacidad.
- **BusinessEurope** ha destacado la importancia del desarrollo de competencias y la formación en respuesta a la creciente influencia de la automatización y la IA. Ha abogado por marcos que ayuden a las empresas a adaptarse a la digitalización, lo que incluye abordar los riesgos para la salud mental vinculados al trabajo a distancia y la automatización. Una publicación destacada es su informe

⁴⁴ Digital Transformation Strategy for Africa 2020-2030

⁴⁵ Continental Artificial Intelligence Strategy

⁴⁶ <https://www.mercosur.int/documento/declaracion-presidencial-sobre-la-integracion-digital-en-el-mercador>/ Declaración presidencial sobre la integración digital en el MERCOSUR

⁴⁷ The Future of Work in Light of Artificial Intelligence

⁴⁸ Consolidated Strategy on the Fourth Industrial Revolution for ASEAN

*Algorithmic Management at Work: Improving Transparency to Achieve More Trust in AI*⁴⁹, que analiza modos de fomentar la confianza en los sistemas impulsados por la IA. A nivel sectorial, el Consejo de Empleadores Europeos de las Industrias Metalúrgicas, de Ingeniería y Tecnológicas (CEEMET) publicó en 2021 un informe titulado *Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health*⁵⁰, que incluye secciones sobre cobots, trabajo flexible, sensores y EPP inteligentes, así como sobre ergonomía y exoesqueletos

Los sindicatos también han desarrollado iniciativas a escala regional, como informes, orientaciones en materia de política, campañas desensibilización e iniciativas de formación.

- La **Confederación Sindical de Trabajadores/as de las Américas** ha elaborado el informe *Del taller al cronómetro. Del cronómetro al algoritmo* que sugiere que regulaciones inteligentes, una acción sindical activa, diálogo social y el compromiso de los Gobiernos son componentes esenciales para lograr un sistema de gestión algorítmica que promueva un aumento de la soberanía del tiempo de trabajo y mejores derechos y condiciones de trabajo para las personas trabajadoras⁵¹.
- El **Congreso de Trabajadores del Caribe** ha participado en debates sobre los efectos de la digitalización en la región⁵². Sus esfuerzos se centran en garantizar que los trabajadores del Caribe no queden expuestos a la pérdida de puestos de trabajo provocado por las nuevas tecnologías. También promueve iniciativas educativas para mejorar la alfabetización digital de los trabajadores.
- La **Internacional de Servicios Públicos** ha puesto en marcha el proyecto Our Digital Future⁵³ para formar a delegados sindicales de su **región de África y Oriente Medio y el Norte de África** sobre derechos digitales, IA y SST en lugares de trabajo digitales. La iniciativa dota a los líderes de conocimientos sobre tecnologías digitales y derechos de los datos, permitiéndoles promover en sus sindicatos prácticas laborales seguras y con una buena base tecnológica. Los talleres y recursos están disponibles en árabe, francés e inglés para garantizar el acceso a los mismos.
- La **Confederación Europea de Sindicatos** ha publicado la *Resolución sobre las estrategias Europeas en materia de inteligencia artificial y datos* (CES 2020), en la que aboga por una mayor participación de los trabajadores en la gobernanza y la toma de decisiones en materia de IA. La resolución hace hincapié en la protección de los trabajadores⁵⁴, y pide que las aplicaciones de IA que afecten a los trabajadores se clasifiquen como de alto riesgo y estén sujetas a una reglamentación adecuada que garantice el cumplimiento del principio de precaución.
- El **Instituto Sindical Europeo** ha publicado el informe *Regulating Algorithmic Management*⁵⁵, que proporciona una evaluación de la Propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la mejora de las condiciones laborales en el trabajo en plataformas digitales. Afirma que debe garantizarse una gestión algorítmica justa y transparente reforzando la capacidad de los trabajadores para ejercer plenamente sus derechos de acceso a sus datos, así como sus derechos de rectificación, supresión, limitación del tratamiento y transferibilidad de los mismos. La unidad de educación y previsión del Instituto Sindical Europeo ha desarrollado una serie de cursos y herramientas de formación para presentar la IA a los delegados de los trabajadores⁵⁶.
- El informe del **Consejo de Sindicatos Nórdicos** *The Future of Work – Technology for People*⁵⁷ subraya que las nuevas tecnologías deben garantizar el control individual sobre los datos personales, dando prioridad a los principios éticos, la seguridad de los datos y la «privacy by design» (privacidad desde el diseño).

⁴⁹ [Algorithmic management at work: Improving transparency to achieve more trust in AI](#)

⁵⁰ Digitalisation and the World of Occupational Safety and Health

⁵¹ [Del taller al cronómetro. Del cronómetro al algoritmo](#)

⁵² [The future of digital transformation and workforce development in Latin America and the Caribbean](#)

⁵³ [Digitalisation Training - Africa/MENA](#)

⁵⁴ En este contexto, la Resolución se centra en impedir una vigilancia desproporcionada e indebida en el trabajo, prohibir los tratos discriminatorios basados en algoritmos sesgados y evitar el abuso de la protección de datos y la privacidad.

⁵⁵ [Regulating algorithmic management](#)

⁵⁶ [Empowering workers: ETUI's training tools on AI's impact in the workplace](#)

⁵⁷ [The future of work – Technology for people](#)



2.3 Marcos nacionales que regulan la SST y la digitalización

2.3.1 Políticas y estrategias nacionales

Algunos países están incorporando en sus políticas y estrategias nacionales de SST disposiciones relacionadas con los riesgos de las tecnologías digitales, reconociendo la necesidad de proteger a los trabajadores y a las empresas frente a los retos cambiantes que conllevan y definiendo las medidas que deben aplicarse en los próximos años.

- En la Argentina, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo ha adoptado la estrategia «Prevención 4.0»⁵⁸, que utiliza registros digitales para las inspecciones en el lugar de trabajo, la formación en seguridad y la provisión de equipos. El objetivo de esta iniciativa es mejorar la protección de los trabajadores mediante soluciones digitales y reforzar la gestión de riesgos en entornos de trabajo en constante evolución tecnológica.
- La Política para el Medio Ambiente de Trabajo y el Bienestar en el Trabajo hasta 2030 de Finlandia⁵⁹ menciona explícitamente la aceleración de los avances tecnológicos, incluidos la robótica, las tecnologías de la información y las comunicaciones, la digitalización, la IA y la automatización. Subraya la necesidad de identificar, prevenir y minimizar los riesgos introducidos por estas tecnologías, evaluando su impacto potencial en la salud de los trabajadores como parte de la transformación en curso del trabajo.
- La Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de Guyana (2018)⁶⁰ aboga por el uso de tecnología apropiada, equipos modernos, tecnología actual y sistemas perfeccionados, teniendo en cuenta al mismo tiempo las diversas repercusiones que estos puedan tener en el medio ambiente.
- La Política Nacional de Seguridad, Salud y Medio Ambiente en el Trabajo de la India⁶¹ reconoce los nuevos peligros para la seguridad y los riesgos para la salud asociados a la adopción de las tecnologías modernas. Aboga por el uso de tecnologías seguras y limpias, así como por la aplicación de herramientas informáticas de evaluación de riesgos para gestionar mejor los riesgos.
- La Política Nacional de Seguridad y Salud Laboral del Uruguay se centra en la revisión y actualización del marco normativo de la SST tomando en consideración los avances en el conocimiento, las nuevas tecnologías y las transformaciones en el mundo del trabajo⁶².

Muchos países están adoptando estrategias nacionales sobre digitalización e IA. Aunque las cuestiones de SST rara vez se abordan directamente, estas estrategias promueven cada vez más un enfoque de la transición digital centrado en el trabajador. Los programas de mejora y perfeccionamiento de las competencias y de educación son un objetivo clave, ya que garantizan que los trabajadores adquieran competencias digitales para adaptarse a la transformación de los puestos de trabajo impulsada por la IA (por ejemplo, Egipto⁶³, México⁶⁴, la Arabia Saudita⁶⁵, Túnez⁶⁶ y el Uruguay⁶⁷). Varias políticas hacen hincapié en los principios éticos de la IA, dando prioridad al bienestar de las personas, la equidad, la no discriminación y la privacidad de los datos en el lugar de trabajo (Irlanda⁶⁸, México⁶⁹ y el Uruguay⁷⁰). Otras abordan los impactos relacionados con el trabajo, como la igualdad de género, la inclusión y la protección

⁵⁸ Nuevas normas de Prevención 4.0, Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT)

⁵⁹ Safe and healthy working conditions and Work Ability for everyone : Policy for the Work Environment and Wellbeing at Work until 2030

⁶⁰ Guyana's National Policy on Occupational Safety and Health

⁶¹ National Policy on Safety, Health and Environment at the workplace

⁶² Política nacional de seguridad y salud laboral

⁶³ National Artificial Intelligence Strategy

⁶⁴ Agenda Nacional Mexicana de Inteligencia Artificial

⁶⁵ National Strategy for Data and Artificial Intelligence

⁶⁶ Tunisia AI Roadmap

⁶⁷ Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial del Uruguay 2024-2030

⁶⁸ Roadmap for AI in Ireland

⁶⁹ Agenda Nacional Mexicana de Inteligencia Artificial

⁷⁰ Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial del Uruguay 2024-2030

legal de los trabajadores, con el compromiso de revisar la legislación del trabajo en aras de salvaguardar los derechos (Chile⁷¹). Al dar prioridad a estas áreas, las estrategias nacionales de IA reflejan un creciente compromiso mundial con la adopción responsable de la IA, que también contribuirá a crear entornos de trabajo más seguros y saludables.

2.3.2 Marco normativo para los riesgos potenciales derivados de las nuevas tecnologías

La legislación existente en materia de SST suele ofrecer una amplia protección a los trabajadores frente a todos los riesgos profesionales, incluidos los derivados de las nuevas tecnologías y los procesos analizados en el presente informe. Las disposiciones comunes de la legislación hacen hincapié en el deber de diligencia del empleador y en el requisito de realizar evaluaciones exhaustivas de los riesgos en el lugar de trabajo, que generalmente abarcan cuestiones relacionadas con la digitalización. Sin embargo, las leyes de SST suelen dar prioridad a los riesgos físicos —como los que plantean los robots y los procesos automatizados— y pueden resultar menos adecuadas para abordar los riesgos psicosociales que introducen la digitalización y los sistemas basados en algoritmos.

Para abordar esta carencia, están surgiendo nuevas normativas que regulan el diseño, la aplicación y el uso de las nuevas tecnologías digitales, con el fin de garantizar que mejoran la seguridad y salud en el lugar de trabajo, minimizando al mismo tiempo los riesgos asociados.

- La Resolución 69/2024⁷² de la Argentina, emitida por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, tiene por objeto modernizar la prevención de los riesgos derivados del trabajo a través de la tecnología digital. Faculta al departamento para establecer pautas y estándares técnicos orientados a la adopción de medidas de seguridad basadas en las tecnologías con el objeto de favorecer la modernización y el avance de la gestión de la SST.

Las normativas vinculantes sobre robótica avanzada y su impacto en la seguridad y salud de los trabajadores siguen en estado incipiente o no existen en muchos países.

- En Francia se ha observado una activa labor normativa para equilibrar la innovación con la protección de los trabajadores. El Código del Trabajo⁷³ ha incorporado normas específicas para los entornos de trabajo asistidos por robots centradas en la seguridad, la salud y los aspectos éticos. Estas normas abordan la interacción segura humano-robot, garantizando que se gestione de forma que se minimicen los riesgos para los trabajadores.
- En Alemania, las normas del Seguro Social Alemán de Accidentes del Trabajo (DGUV), como el Reglamento 100-500⁷⁴, cubren la maquinaria industrial y la robótica, estableciendo requisitos obligatorios para que los empleadores garanticen la seguridad de sus trabajadores. Estas normas abarcan desde la evaluación de riesgos hasta la adopción de medidas de seguridad adecuadas para el funcionamiento de los robots, especialmente en entornos en los que las personas trabajan junto a sistemas automatizados.

Algunos países están introduciendo leyes para establecer el derecho a la desconexión, que permite a los trabajadores desvincularse de las comunicaciones relacionadas con el trabajo fuera del horario laboral. El objetivo de estas medidas es prevenir el agotamiento profesional, promover el equilibrio entre la vida laboral y la vida personal y reducir la vigilancia digital excesiva. Al regular el uso de herramientas como el correo electrónico y las aplicaciones de mensajería, estas leyes ayudan a salvaguardar el tiempo personal y la salud mental de los trabajadores en un mundo cada vez más conectado.

⁷¹ Política Nacional de Inteligencia Artificial de Chile y Plan de Acción de la Política Nacional de Inteligencia Artificial de Chile

⁷² Resolución 69/2024

⁷³ <https://code.travail.gouv.fr/>

⁷⁴ <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/997>

- Luxemburgo introdujo en 2023 una ley relativa al «derecho a desconectar»⁷⁵ que establece que las empresas en las que los trabajadores utilizan herramientas digitales con fines profesionales deben prever un sistema que garantice el respeto del derecho a desconectar fuera del horario laboral.
- Otros países, como Alemania⁷⁶, la Argentina⁷⁷, Australia⁷⁸, Austria⁷⁹, Bélgica⁸⁰, el Brasil⁸¹, Chile⁸², Dinamarca⁸³, España⁸⁴, Grecia⁸⁵, Irlanda⁸⁶, Italia⁸⁷, Luxemburgo, México⁸⁸, Países Bajos⁸⁹, Portugal⁹⁰, Suecia⁹¹, Türkiye⁹² y Ucrania⁹³ también han promulgado legislación similar. En algunos casos, estas leyes solo se aplican a empresas a partir de un determinado número de trabajadores, como en Francia⁹⁴ (empresas con 50 o más trabajadores) o en Quebec⁹⁵, Canadá (empresas con 25 o más trabajadores).

En lo que respecta a la privacidad, las leyes nacionales de SST no suelen abordar los importantes retos de seguridad de los datos que plantean las tecnologías digitales y la IA en los lugares de trabajo. Aunque la privacidad de los datos de los trabajadores suele regirse por leyes generales de protección de datos más que por normativas específicas para los trabajadores, **algunos países han introducido disposiciones específicas para proteger la privacidad de los trabajadores y la seguridad de los datos en un entorno de trabajo cada vez más automatizado y basado en los datos.** Por ejemplo, el Código del Trabajo de Francia⁹⁶ establece normas sobre la supervisión en el lugar de trabajo, como para la instalación de cámaras de vigilancia y el seguimiento de la actividad en línea, mientras que la Ley Federal de Protección de Datos de Alemania⁹⁷ impone normas estrictas sobre la recogida, tratamiento y almacenamiento de datos de los trabajadores. Australia también ha propuesto nuevas normas de protección de datos en el marco de su Estrategia de Economía Digital⁹⁸ que abarcan la vigilancia del trabajo a distancia, los datos biométricos y la toma de decisiones algorítmicas.

Los países están empezando reglamentar la gestión algorítmica en los lugares de trabajo con objeto de abordar riesgos como las sanciones injustas, la vigilancia excesiva y la discriminación, situaciones que no suelen estar contempladas en las leyes generales de SST.

- China⁹⁹ y los Países Bajos¹⁰⁰ han introducido normativas que hacen hincapié en la equidad y la transparencia de los algoritmos en el lugar de trabajo.
- En España, la Ley 12/2021¹⁰¹ modifica la Ley del Estatuto de los Trabajadores, reconociendo el derecho del comité de empresa a ser informado por la empresa de los parámetros en los que se basan los algoritmos que pueden incidir en las condiciones de trabajo. Para apoyar el cumplimiento, el Ministerio de Trabajo y Economía Social publicó una guía que promueve la transparencia y la toma algorítmica de decisiones justa en los entornos de trabajo digitales.

⁷⁵ <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/luxembourg>

⁷⁶ *Ibid*

⁷⁷ <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁷⁸ <https://www.fairwork.gov.au/employment-conditions/hours-of-work-breaks-and-rosters/right-to-disconnect#:~:text=An%20employee%20has%20a%20right,the%20Right%20to%20disconnect%20section>

⁷⁹ <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁸⁰ *Ibid*

⁸¹ <https://www.paulhastings.com/insights/practice-area-articles/brazil>

⁸² *Ibid*

⁸³ *Ibid*

⁸⁴ <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/media-centre/news/spains-latest-initiative-puts-spotlight-right-disconnect-and-associated-preventive-measures>

⁸⁵ *Ibid*

⁸⁶ *Ibid*

⁸⁷ *Ibid*

⁸⁸ *Ibid*

⁸⁹ *Ibid*

⁹⁰ *Ibid*

⁹¹ <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/media-centre/news/spains-latest-initiative-puts-spotlight-right-disconnect-and-associated-preventive-measures> <https://iuslaboris.com/insights/the-right-to-disconnect-which-countries-have-legislated/>

⁹² *Ibid*

⁹³ *Ibid*

⁹⁴ <https://www.klgates.com/What-is-new-in-France-right-for-the-employees-to-disconnect-02-22-2017>

⁹⁵ https://www.assnat.qc.ca/Media/Process.aspx?MediaId=ANQ.Vigie.Bil.DocumentGenerique_136423en&process=Default&token=ZyMoxNwU n8ikQ+TRKYwPCjWrKwg+vIv9rjj7p3xLGTZDmLVSmjLoqe/vG7/YWzz

⁹⁶ Légifrance – Code du travail

⁹⁷ Federal Data Protection Act

⁹⁸ Digital Economy Strategy

⁹⁹ Regulation on Administration of Internet Information Service Recommendation Algorithms (2022)

¹⁰⁰ AI & Algorithmic risks report Netherlands

¹⁰¹ BOE-A-2021-15767 Ley 12/2021, de 28 de septiembre, por la que se modifica el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, para garantizar los derechos laborales de las personas dedicadas al reparto en el ámbito de plataformas digitales.

- En los Estados Unidos, la Ley de Responsabilidad Algorítmica de 2019¹⁰² establece evaluaciones de los sistemas de IA y aprendizaje automático de alto riesgo que manejan datos personales o toman decisiones automatizadas.

Entorno de pruebas normativas Safetytech para la industria

La rápida evolución de la tecnología presenta tanto oportunidades como retos en materia de seguridad industrial. Aunque tecnologías como la IA, la IoT y la robótica pueden mejorar significativamente la seguridad en el lugar de trabajo, su adopción se ve obstaculizada por inexactitudes normativas, argumentos empresariales en ocasiones poco sólidos y la necesidad de entornos de desarrollo seguros. En 2023, el Safetytech Accelerator, un acelerador tecnológico con sede en Londres centrado en la innovación para las industrias críticas en materia de seguridad, lanzó, en colaboración con el programa Discovering Safety de la Dirección de Salud y Seguridad del Reino Unido, el primer Industrial Safetytech Regulatory Sandbox del mundo, una *sandbox* o entorno de pruebas dinámico para hacer frente a estos retos.

El proyecto tenía por objeto analizar actividades eficaces de evaluación y cumplimiento, acelerar la adopción de tecnologías de seguridad probadas y comprender y reducir los obstáculos al desarrollo de nuevas tecnologías que salven vidas. El innovador enfoque de la *sandbox* combinaba la experiencia normativa de la Dirección de Salud y Seguridad con los conocimientos sobre programas de innovación del Safetytech Accelerator. Los retos prioritarios se identificaron en primer lugar mediante consultas, centrándose en las caídas desde altura, las colisiones de vehículos, las operaciones de grúa y la manipulación manual. Seguidamente se seleccionaron seis empresas tecnológicas innovadoras para realizar estudios de investigación. Contaron con el apoyo de la Dirección de Salud y Seguridad y de profesionales del sector para abordar los retos en colaboración, garantizando que las soluciones no se desarrollaran en compartimentos estancos. La *sandbox* funcionó durante tres meses y dio lugar a una serie de recomendaciones para potenciar la adopción de tecnología en el sector de la construcción. El proyecto demostró con éxito el potencial de estos entornos de pruebas normativos colaborativos para acelerar la adopción de tecnologías de seguridad innovadoras en el sector de la construcción contribuyendo, en definitiva, a unos lugares de trabajo más seguros y saludables.

Fuente: Safetytech Accelerator

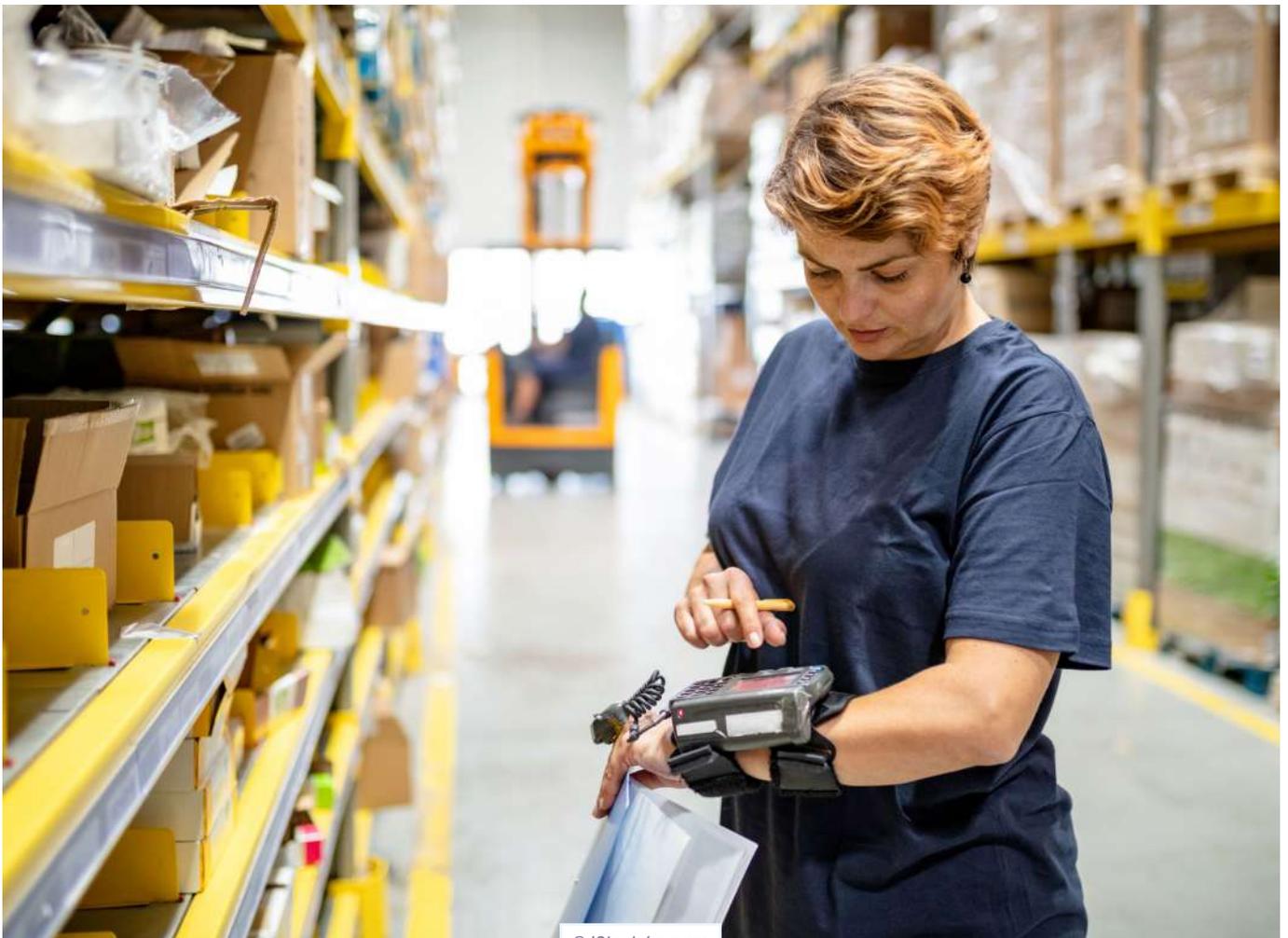
La creciente prevalencia del teletrabajo y del trabajo en plataformas digitales ha llevado a muchos países a introducir legislación específica para abordar los retos únicos que plantean estas modalidades de trabajo en evolución¹⁰³. Por ejemplo, desde el comienzo de la pandemia de COVID-19 se han aprobado iniciativas legislativas específicas sobre teletrabajo en muchos países, por ejemplo en Austria, Eslovaquia, España, Grecia, Letonia, Portugal y Rumania (Eurofound 2022). Cada vez más, los países están introduciendo leyes para regular el trabajo en plataformas digitales, con enfoques muy diversos. Algunas se centran en garantizar la correcta clasificación de los trabajadores, ampliando así las protecciones existentes a los trabajadores de plataformas. Otras pretenden proporcionar protecciones específicas, incluidas medidas de SST, a todos los trabajadores de plataformas, independientemente de su clasificación, al tiempo que asignan diversos grados de responsabilidad a las plataformas. En algunos casos, la responsabilidad recae explícitamente en las plataformas, mientras que en otros se traslada a los trabajadores.

¹⁰² [The Algorithmic Accountability Act of 2019 \(H.R.2231\)](#)

¹⁰³ Una preocupación común es que muchas plataformas califican sus negocios como intermediarios tecnológicos y consideran a los trabajadores de las plataformas como trabajadores autónomos. Ello provoca ambigüedad en torno a la responsabilidad de aplicar medidas esenciales de prevención de riesgos, como las evaluaciones de riesgos, la formación en SST y el suministro de equipos de protección. En muchos casos, estas obligaciones no están claras en la legislación vigente o se trasladan a los trabajadores, que suelen carecer de recursos para cumplirlas (OIT 2024g).

Los convenios colectivos complementan la legislación nacional, proporcionando protecciones adicionales a nivel sectorial o empresarial. Algunos se centran en tecnologías específicas como los exoesqueletos, la IA o la gestión algorítmica, mientras que otros adoptan un enfoque más amplio.

- En Noruega, un convenio colectivo suscrito entre la Confederación de Empresas de Noruega y la Confederación Noruega de Sindicatos aborda el uso de la IA en el lugar de trabajo. Establece que las empresas deben mantener informados a los trabajadores a través de los delegados sindicales sobre los planes y decisiones relativos a las medidas de control, que pueden basarse en consideraciones tecnológicas, financieras, de seguridad y de salud. Las medidas de control que se introduzcan no deben ir más allá de lo necesario y deben estar justificadas objetivamente en las operaciones y necesidades de cada empresa. La privacidad y la dignidad de los trabajadores son primordiales, y para ello son necesarias la adopción de métodos sólidos de IA, la participación de los delegados de los trabajadores y la prevención de los sesgos (Brunnerová et al. 2024).
- En España, el convenio colectivo 2023-2024 de Tekniker asegura el derecho a la desconexión de los trabajadores, garantizando el descanso y la vida privada y prohibiendo las comunicaciones relacionadas con el trabajo fuera de la jornada laboral salvo circunstancias excepcionales (Brunnerová et al. 2024).
- En Suecia se ha implantado un nuevo sistema de vigilancia por IA en la mina de Kiruna, que utiliza una aplicación de teléfono inteligente para ofrecer a los trabajadores apoyo al posicionamiento, asistencia a la navegación y capacidad para recibir alertas e información de emergencia con acuse de recibo (IKAB 2022). Cabe señalar, que se negoció que únicamente podría utilizarse para la seguridad y no para seguir o medir la productividad.



Otros acuerdos se centran en cuestiones específicas del sector.

- En Italia, los sindicatos que representan a los trabajadores de los sectores de comercio, el turismo y los servicios¹⁰⁴ llegaron a un acuerdo con Partesa, filial del Grupo de cervezas Heineken, para regular el uso de una aplicación telemática de control de los conductores de reparto. El acuerdo limita la vigilancia con fines de seguridad y productividad y exige la aprobación sindical o del comité de empresa antes de su aplicación (Brunnerová et al. 2024).
- En el Reino Unido, el sindicato GMB suscribió un acuerdo con Hermès en relación con determinados procesos basados en algoritmos que la empresa utiliza para gestionar su flota de conductores de reparto. El acuerdo otorga a los sindicatos autoridad para realizar evaluaciones de salud y seguridad cuando se producen incidentes, lo que les permite identificar los casos en los que la gestión algorítmica plantea problemas de seguridad (Collins y Atkinson 2023).
- Alemania ha sido testigo del primer acuerdo de digitalización en el sector minorista, negociado por ver.di de UNI Global Union y H&M. El acuerdo proporciona a los trabajadores más poder de decisión sobre la implantación de nuevas tecnologías en el gigante de la moda, al tiempo que prevé seguridad en el empleo y primas (UNI Global Union 2022).

Los servicios de inspección del trabajo desempeñan un papel clave a la hora de garantizar el cumplimiento de la normativa sobre SST, también en el contexto de la digitalización. Además de hacer cumplir las leyes, los inspectores proporcionan orientación y apoyo esenciales tanto a empleadores como a trabajadores, ayudándoles a orientarse y a aplicar las medidas de seguridad necesarias en unos lugares de trabajo cada vez más digitalizados. Mediante inspecciones, formación y diálogo, trabajan para garantizar que los avances tecnológicos no comprometan la seguridad y salud de los trabajadores.

Además, las inspecciones del trabajo recurren cada vez más a las tecnologías y a la IA para mejorar sus prioridades y la fijación de objetivos mediante algoritmos que ayudan a identificar indicios de fraude o incumplimiento.

- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social de México está implantando un sistema innovador que utiliza los modelos de proyección de riesgos para optimizar las inspecciones en los lugares de trabajo (STPS, 2024). Esta nueva herramienta analizará 1,5 millones de inspecciones anteriores para identificar las zonas con mayor probabilidad de incumplimiento, lo que aumentará la precisión de las inspecciones futuras. Como resultado, las inspecciones realizadas con ayuda de la IA están registrando una tasa de éxito del 94 por ciento (Moncada, 2024). La herramienta también puede detectar patrones relacionados con enfermedades y riesgos profesionales, ofreciendo información de gran utilidad para la adopción de medidas de prevención (STPS, 2024). Esta información se compartirá con el Instituto Mexicano del Seguro Social para ayudar a la autoridad del trabajo a identificar empresas y centros de trabajo con mayores índices de accidentes del trabajo, discapacidades recurrentes relacionadas con el trabajo o reclamaciones (Gascón, 2025)
- La Autoridad Noruega de Inspección del Trabajo ha desarrollado una herramienta de análisis predictivo que utiliza macrodatos con objeto de identificar empresas de alto riesgo para las inspecciones de seguridad y salud¹⁰⁵. Esta herramienta analiza diversas fuentes de datos para orientar mejor las inspecciones, aumentando la precisión de su intervención.

2.3.3 Normas voluntarias y directrices técnicas

Con objeto de complementar los marcos normativos, muchos países han introducido normas voluntarias, directrices técnicas y buenas prácticas para garantizar la SST en el contexto de la transformación digital. Si bien estas iniciativas no son jurídicamente vinculantes, ofrecen valiosas recomendaciones para apoyar la adopción segura, saludable y responsable de las nuevas tecnologías en el lugar de trabajo.

Algunas directrices se centran en promover el uso de tecnologías digitales para mejorar la SST, potenciando la gestión de riesgos.

¹⁰⁴ Esto es, Filcams CGIL (Federazione Italiana Lavoratori Commercio Albergo Mensa e Servizi) y Fisascat CISL (Federazione Italiana Sindacati Addetti Servizi Commerciali Affini e Turismo).

¹⁰⁵ <https://osha.europa.eu/en/publications/future-role-big-data-and-machine-learning-health-and-safety-inspection-efficiency>

- En la Argentina, el *Libro Blanco de la Digitalización para la Prevención de Riesgos en el Trabajo*¹⁰⁶, publicado por el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, expone estrategias para utilizar las tecnologías digitales con el fin de mejorar la prevención de riesgos profesionales. Examina la digitalización, la IA y el análisis de datos como herramientas para modernizar las prácticas de SST y mejorar la protección de los trabajadores. Hace hincapié en los enfoques colaborativos y establece recomendaciones para integrar las herramientas digitales en los sistemas de evaluación y gestión de riesgos.
- En el Canadá (Columbia Británica), WorkSafeBC promueve activamente el uso de herramientas digitales para la gestión de la seguridad y salud en el lugar de trabajo. Entre las iniciativas que propone se incluye un kit de herramientas de planificación de la salud y seguridad para empleadores¹⁰⁷ que les permite realizar un seguimiento de los datos sobre lesiones y reclamaciones, analizar el desempeño en materia de seguridad e identificar tendencias que puedan servir de base para la planificación futura en materia de seguridad y salud. También hace posible que puedan comparar sus resultados en materia de seguridad con las normas del sector, prever riesgos potenciales e integrar los datos de seguridad y salud en la planificación financiera.
- En Francia, el Instituto Nacional de Investigación y Seguridad para la Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales ha publicado un folleto titulado *Intelligence Artificielle au Service de la Santé et Sécurité au Travail: Enjeux et Perspectives à l'Horizon 2035*¹⁰⁸ que analiza de qué manera la IA puede transformar la prevención de riesgos profesionales y mejorar las condiciones de trabajo de aquí a 2035. Entre sus principales áreas de interés figuran las aplicaciones de IA para el análisis de accidentes, la epidemiología y la robótica avanzada.

Otras directrices se centran en abordar los riesgos para la SST y los retos asociados a la digitalización, en particular a la automatización y la robótica. En algunos casos, estas directrices adoptan un enfoque sectorial o de riesgo específico.

- En Australia, las Directrices para el diseño y la aplicación seguros de cobots¹⁰⁹ del Centro de Salud y Seguridad en el Trabajo del gobierno de Nueva Gales del Sur incluyen información clave sobre consideraciones de SST para el uso de cobots, incluida la interacción segura, el diseño, las listas de comprobación en el lugar de trabajo y las evaluaciones de riesgos.
- En los Estados Unidos, el Instituto Nacional de Normas y la Asociación de la Industria de la Robótica introdujeron en 1986 la primera norma de seguridad para robots industriales (la *American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems - Safety requirements*), que se actualiza periódicamente. Además, la Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo y el NIOSH, en colaboración con la Asociación para el Avance de la Automatización, han revisado partes del *Manual Técnico de la Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo*¹¹⁰ para cubrir las medidas de seguridad de los sistemas robóticos colaborativos y móviles.
- En Francia, la publicación *Prévention dans le domaine de la robotique collaborative*¹¹¹ ofrece información sobre la implantación segura de cobots, incluida la prevención de riesgos.
- El Instituto de Salud Pública de Chile ha publicado unas orientaciones sobre digitalización y automatización en el trabajo¹¹² en las que se examina cómo influyen las nuevas tecnologías en la SST y la productividad, y se ofrecen ideas sobre la gestión de los riesgos asociados a la creciente integración digital en diversas industrias. La guía hace hincapié en la importancia de una aplicación responsable que favorezca tanto el bienestar de los trabajadores como la eficiencia, y aborda aspectos como los riesgos ergonómicos, la manipulación de datos y la seguridad de las tareas automatizadas.

¹⁰⁶ Libro blanco Digitalización para la Prevención de Riesgos en el Trabajo

¹⁰⁷ Employer Health & Safety Planning Tool Kit

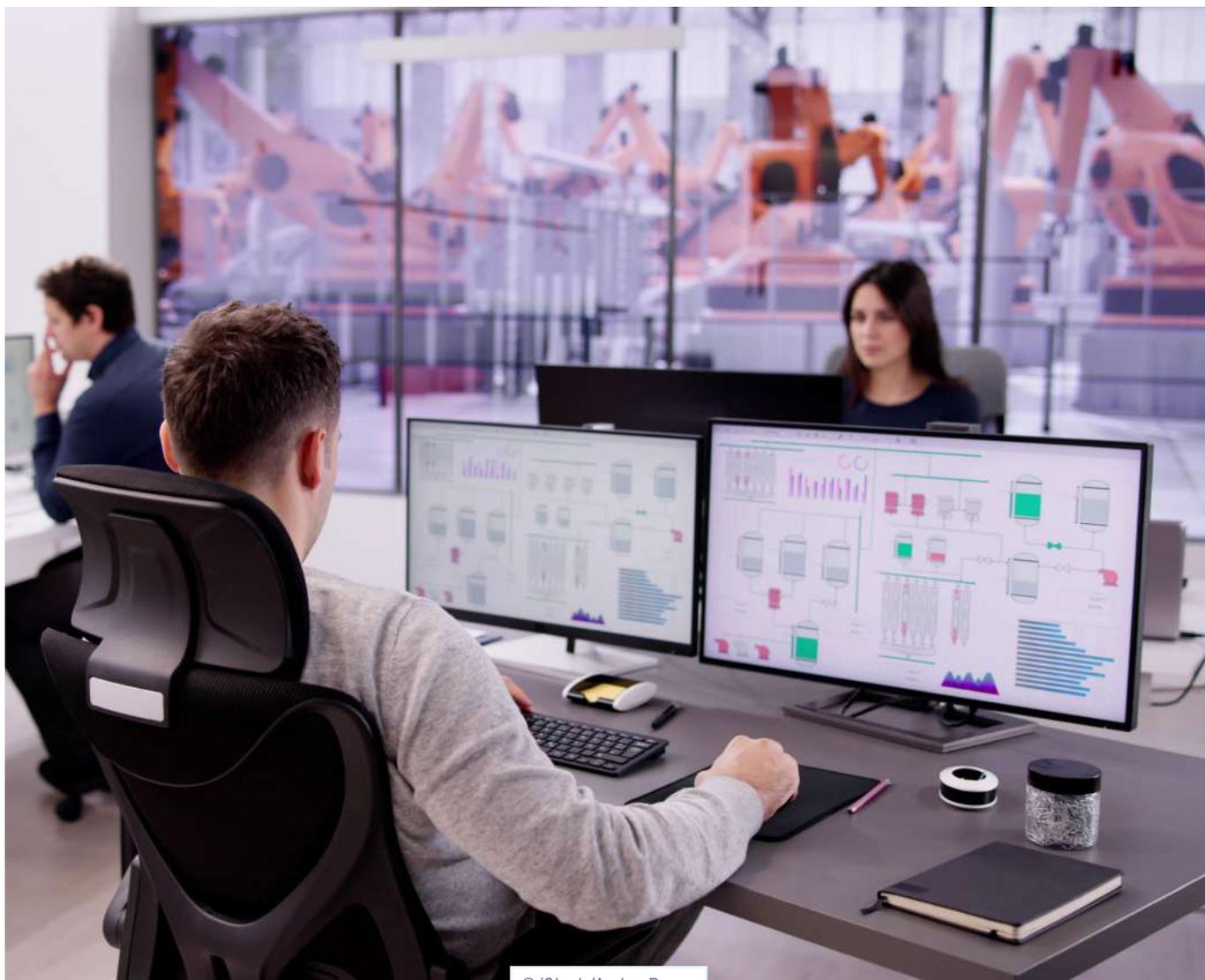
¹⁰⁸ Intelligence artificielle au service de la santé et sécurité au travail

¹⁰⁹ Guidelines for Safe Collaborative Robot Design and Implementation

¹¹⁰ Industrial Robot Systems and Industrial Robot System Safety

¹¹¹ Prévention dans le domaine de la robotique collaborative

¹¹² Digitalización y Automatización en el Trabajo



© iStock/AndreyPopov

- ▶ En Nueva Zelandia, WorkSafe ha publicado unas directrices sobre automatización y robótica¹¹³ para ayudar a las empresas a gestionar los riesgos asociados al uso de la automatización, incluida la robótica, fomentando la adopción de medidas proactivas como auditorías de seguridad, formación y participación de los trabajadores en el proceso de aplicación. En el país también se han publicado directrices sectoriales. Por ejemplo, las *Directrices de Salud y Seguridad en la Construcción*¹¹⁴ incluyen recomendaciones sobre la gestión de maquinaria automatizada, mientras que el *Código de Privacidad de la Información en Telecomunicaciones*¹¹⁵ ofrece líneas de reflexión sobre la automatización y las tecnologías digitales en las operaciones de telecomunicaciones.
- ▶ En Irlanda, la publicación *Psychosocial Risk Assessment: Guidance for Exposure to Sensitive Content*¹¹⁶ ha sido elaborada por la Autoridad de Salud y Seguridad de Irlanda y la Agencia Estatal de Reclamaciones para ayudar a las organizaciones que emplean a personas en funciones que las exponen a contenidos sensibles como parte de sus tareas asignadas, como moderadores de contenidos u otros trabajadores que se ven expuestos inesperadamente en su función. Es una guía que proporciona información detallada sobre la evaluación de riesgos, utilizando la jerarquía de los controles.

¹¹³ [Guidelines on Automation and Robotics](#)

¹¹⁴ [Safe use of machinery](#)

¹¹⁵ [Telecommunication Information Privacy Code 2020](#)

¹¹⁶ [The Psychosocial Risk Assessment: Guidance for Exposure to Sensitive Content](#)

Algunas directrices se centran en las implicaciones de la ética de la IA para la seguridad en el lugar de trabajo, en particular en la gestión algorítmica y el despliegue responsable.

- Los *AI Ethics Principles* de Australia¹¹⁷ y los *AI Ethics Principles* de Nueva Zelanda¹¹⁸ promueven el uso seguro y responsable de la IA, alentando a las empresas a que tengan en cuenta los riesgos para la SST, la seguridad de los trabajadores y la privacidad.
- Los *AI Ethics Principles and Guidelines*¹¹⁹ de Dubái, en los Emiratos Árabes Unidos, y el *Model AI Governance Framework*¹²⁰ de Singapur hacen hincapié en la importancia de la transparencia, la responsabilidad y la equidad en las aplicaciones de IA.

Las organizaciones de empleadores también participan activamente en el fomento de una integración responsable de las tecnologías digitales, proporcionando orientación a sus miembros.

- En los Estados Unidos, la Asociación de la Industrias Robóticas¹²¹ ha publicado los requisitos de seguridad¹²² para robots móviles industriales, que describen los peligros básicos asociados a estos robots en un entorno industrial y proporcionan requisitos para eliminar o reducir adecuadamente los riesgos asociados a estos peligros.
- En el Japón, el Programa de Seguridad Robótica y Formación de Trabajadores de la Federación del Hierro y el Acero del Japón (JISF) ha publicado una serie de requisitos que deben cumplir los operadores y los proveedores de servicios robotizados¹²³. Estipula normas para la evaluación de riesgos, la gestión de la seguridad, la educación, los sistemas operativos, los sistemas de gestión y otras acciones que los proveedores de servicios robóticos deben llevar a cabo para garantizar la seguridad de los robots de servicios en la prestación de servicios a la población en espacios públicos.

2.3.4 Iniciativas de sensibilización

Las iniciativas de sensibilización desempeñan un papel fundamental en la difusión de información y el fomento de prácticas seguras y saludables para garantizar que las nuevas tecnologías contribuyan a unos lugares de trabajo más seguros y saludables. Estas iniciativas pueden estar promovidas por las autoridades públicas, organismos de SST u organizaciones de empleadores y de trabajadores, y adoptar diversas formas, como campañas, talleres, conferencias, seminarios web, podcasts y redes, así como materiales de promoción, como informes y fichas informativas.

Las autoridades públicas y los organismos de SST de todo el mundo han desarrollado iniciativas de sensibilización centradas en las consecuencias de las tecnologías digitales para la SST.

- Varios países miembros de la Unión Europea han llevado a cabo campañas de sensibilización en el marco de la *Campaña «Trabajos saludables» de la EU-OSHA 2023-2025*, que aborda el trabajo seguro y saludable en la era digital (véase la página 40).
- El Centro Canadiense de Salud y Seguridad en el Trabajo publica fichas informativas, como la ficha *Introducing New Technology at the Workplace*¹²⁴, en las que se describen los peligros potenciales y las medidas de gestión de riesgos de las tecnologías digitales. Otras fichas informativas se centran en tecnologías específicas, como los robots y los cobots¹²⁵ y los exoesqueletos¹²⁶, y ofrecen orientaciones detalladas sobre la gestión de riesgos.

¹¹⁷ [The Australian AI Ethics Principles](#)

¹¹⁸ [NZ's Artificial Intelligence Ethics Framework](#)

¹¹⁹ [Dubai Ethical AI Toolkit](#)

¹²⁰ [Singapore's Model AI Governance Framework](#)

¹²¹ Grupo comercial fundado en 1974 para servir a la industria robótica en América del Norte.

¹²² [Industrial Mobile Robots - Safety Requirements](#)

¹²³ [New JIS as Safety Standards for Robot Services Established](#)

¹²⁴ [Introducing New Technology at the Workplace](#)

¹²⁵ [Robots and Cobots](#)

¹²⁶ [Exoskeletons](#)

- En Finlandia, la iniciativa «AI Ethics Challenge»¹²⁷ consiste en una aplicación para las empresas en la que pueden debatir las normas éticas de uso de la IA.
- En la India, el Ministerio de Trabajo y Empleo, en colaboración con organismos de la industria, organiza actividades de sensibilización sobre los riesgos de la IA y la automatización, en particular para las industrias en transformación digital.¹²⁸
- En México, la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) organiza talleres para ayudar a las empresas de sectores como la manufactura, la automoción y la industria logística a integrar la IA y la robótica de manera segura, con un enfoque en la prevención de accidentes y los riesgos para la salud mental en entornos de trabajo digitales¹²⁹.
- En la Arabia Saudita, la Sexta Conferencia sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo (mayo de 2024)¹³⁰, patrocinada por el Ministerio de Recursos Humanos y Desarrollo Social, se centró en los efectos de la transformación tecnológica para la SST.
- En Sudáfrica, la iniciativa 'Future of Work Safety'¹³¹ se centra en garantizar la seguridad durante la adopción de la IA y la automatización en industrias como la minería y la manufactura.
- En los Estados Unidos, el NIOSH ha publicado varios informes sobre el papel de la IA y la automatización en la SST, en los que se debaten los riesgos relacionados con la robótica y los sistemas en el lugar de trabajo impulsados por la IA¹³². También ha organizado un seminario web sobre el papel de la IA en el futuro del trabajo¹³³. El Consejo Nacional de Seguridad de los Estados Unidos y Safetytech Accelerator han elaborado conjuntamente un informe sobre soluciones basadas en la IA para la prevención de trastornos musculoesqueléticos¹³⁴.

Las organizaciones de empleadores también promueven activamente la integración responsable de la tecnología digital, organizando actos de sensibilización y elaborando informes y guías.

- La Unión Industrial Argentina promueve el programa llamado «Ruta X»¹³⁵ en apoyo de la transformación digital, especialmente en las pymes. El programa cuenta con el Centro de Industria X¹³⁶, un espacio que acoge talleres sobre transformación y aceleración digitales en los que se presentan soluciones innovadoras en materia de SST, como la detección de riesgos impulsada por la IA.
- En el Brasil, la Confederación Nacional de Industria promueve la transformación digital y ayuda a las empresas a gestionar los riesgos derivados de esta transformación¹³⁷.
- En Chile, tras la creación de la Mesa de Transformación Digital e Inteligencia Artificial, la Confederación de la Producción y del Comercio ha desarrollado propuestas para abordar los desafíos en esta materia, centrándose en la formación, la productividad y la colaboración¹³⁸.
- En Hungría, la Confederación de Empleadores e Industriales ha realizado una encuesta sobre la oferta de mano de obra y las competencias, en la que se destaca la necesidad de formar a los trabajadores en competencias digitales con objeto de prepararlos para la transición digital¹³⁹.
- La Confederación Patronal de la República Mexicana aboga por la adopción responsable de la IA y la tecnología digital, centrándose en la educación y la formación en competencias digitales¹⁴⁰.

¹²⁷ Ministerio de Asuntos Económicos y Empleo, Finlandia.

¹²⁸ Ministry of Labour and Employment – Workplace Safety

¹²⁹ Mexico revises regulations to improve machinery safety

¹³⁰ The Minister of Human Resources and Social Development Inaugurates the Global Conference for Occupational Safety and Health Under the Theme Scanning the Horizon

¹³¹ Department: Employment and Labour, Republic of South Africa

¹³² Occupational Safety and Health Equity Impacts of Artificial Intelligence: A Scoping Review

¹³³ The Role of Artificial Intelligence in the Future of Work

¹³⁴ <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-emerging-technologies-for-the-prevention-of-msd/>

¹³⁵ <https://www.uia.org.ar/ciencia-tecnologia-e-innovacion/3880/agenda-40-la-uia-lanzo-ruta-x-x/>

¹³⁶ <https://rutax.uia.org.ar/centroX>

¹³⁷ Especialista orienta sindicatos sobre comunicação digital

¹³⁸ <https://www.cpc.cl/desafio-transformacion-digital/?lang=es>

¹³⁹ Labour and skills supply in different regions of Hungary - trends and challenges

¹⁴⁰ COPARMEX's «Connecting Mexico» Project

- En Irlanda, la Confederación de Empresas y Empleadores de Irlanda (IBEC) organizó el seminario «Embracing Technology for Managing OSH»¹⁴¹, centrado en las soluciones digitales, el cumplimiento y la política, compartiendo estudios de casos y buenas prácticas. La Asociación de Minerales Industriales celebró en 2024 un seminario sobre el control de la exposición al polvo y la salud y seguridad en la era digital¹⁴².
- En Italia, la asociación Confindustria Brescia celebró la reunión «Inteligencia artificial y pymes: experiencias de un futuro presente»¹⁴³, parte de una gira nacional sobre digitalización en la que participaron 700 empresas.

Los sindicatos lideran activamente campañas de sensibilización y desarrollan recursos para garantizar que la seguridad y salud de los trabajadores sigan siendo una prioridad en la adopción de nuevas tecnologías. Sus esfuerzos se centran en promover una transición digital que defienda los derechos de los trabajadores, creando lugares de trabajo más seguros, saludables e inclusivos en un panorama tecnológico en evolución.

- En la Argentina, el proyecto “SinDigital” proporcionó información de gran utilidad con la publicación del documento *Tecnología y digitalización: el Desafío Sindical*¹⁴⁴. Una encuesta realizada a 27 organizaciones que representan a 1,3 millones de trabajadores examinó el impacto de la digitalización en las condiciones de trabajo y el funcionamiento de los sindicatos, incluido el modo en que las herramientas digitales afectan a la gestión de datos en el seno de los sindicatos.
- En Colombia, la Asociación Nacional de Profesionales de Salud, Seguridad y Ambiente lanzó una **serie de podcasts sobre el papel de la IA en la transformación de la SST**, centrándose en temas como la digitalización de la SST con IA, la creación de una cultura de la seguridad y la gestión de los riesgos tecnológicos en el lugar de trabajo¹⁴⁵.
- En Alemania, IG Metall aboga por un uso ético de la IA en la manufactura, haciendo hincapié en la participación de los trabajadores en la implantación de la tecnología y en la sensibilización acerca de los riesgos algorítmicos¹⁴⁶. Además, UNI Global Union ha publicado el estudio «Gestión Algorítmica. Conocimiento, riesgos y respuesta de los interlocutores sociales»,¹⁴⁷ en el que se recomienda a los sindicatos a todos los niveles que aumenten las capacidades y la colaboración para mejorar la cobertura de los riesgos de la gestión algorítmica en los convenios colectivos.
- El Congreso de Sindicatos de Filipinas ha organizado campañas sobre el impacto de la digitalización en la seguridad del empleo y la SST, promoviendo una normativa nacional sobre IA que proteja los derechos de los trabajadores¹⁴⁸. Sus programas de formación promueven prácticas seguras con IA, ayudando a los trabajadores a adaptarse a la automatización y a los entornos digitales.
- En España, los sindicatos Comisiones Obreras y Unión General de Trabajadores han elaborado informes para apoyar la negociación colectiva y formar a los comités de empresa en cuestiones relacionadas con los algoritmos y la protección de datos. La UGT también ha publicado *Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector*,¹⁴⁹ documento centrado en las formación en competencias digitales para trabajadores y sindicatos.
- En el Reino Unido, el Congreso de Sindicatos ha publicado el informe *Shaping Our Digital Future*¹⁵⁰ en el que se analiza la negociación colectiva sobre tecnología y se hace hincapié en la necesidad de proteger a los trabajadores de las presiones excesivas relacionadas con el desempeño y la supervisión constante que suelen asociarse a los entornos de trabajo impulsados por la IA. Forma parte del manifiesto más amplio sobre dignidad en el trabajo y la revolución de la IA,¹⁵¹ que aboga por un uso justo y transparente de la IA, destacando la preocupación por la seguridad en el empleo, las condiciones de trabajo y la salud mental.

¹⁴¹ [Embracing technology for managing occupational safety and health](#)

¹⁴² [IMA-Europe 2024 OSH Seminar: Dust Exposure Monitoring and Health and Safety in the Digital Age](#)

¹⁴³ [Artificial intelligence and SMEs: experiences from a present future](#)

¹⁴⁴ [Tecnología y Digitalización: El Desafío Digital](#)

¹⁴⁵ [Digitalizando la SST con IA; Transformación IA buscando una cultura de Seguridad; Inteligencia Artificial en el mundo de la SST](#)

¹⁴⁶ [Promoting human-centred AI in the workplace. Trade unions and their strategies for regulating the use of AI in Germany](#)

¹⁴⁷ [Gestión Algorítmica. Conocimiento, riesgos y respuesta de los interlocutores sociales](#)

¹⁴⁸ [Towards building worker and trade union in the Philippines](#)

¹⁴⁹ [Trade Unions in the Digital Age: Country Fiche on Spanish Manufacturing Sector](#)

¹⁵⁰ [Shaping our digital Future](#)

¹⁵¹ [Dignity at Work and the AI Revolution - A TUC manifesto](#)



2.3.5. Programas de formación

En muchos países, las autoridades públicas y otros organismos han desarrollado programas de formación para ayudar a empleadores y trabajadores a afrontar los riesgos asociados a las tecnologías digitales en el lugar de trabajo. Algunas iniciativas abarcan las tecnologías digitales en general, mientras que otras se centran específicamente en la IA, a menudo en combinación con la robótica o la automatización, y se dirigen a determinados sectores como la manufactura, la minería y la energía.

- ▶ En el Brasil, el Serviço Social da Indústria¹⁵² ofrece formación en industrias que se encuentran en proceso de transformación digital, centrándose en interacciones seguras con robots, IA y otras herramientas digitales. Sus programas hacen hincapié en los riesgos ergonómicos de la automatización y la IA, así como en las repercusiones para la salud mental del aumento de la digitalización.
- ▶ En el Canadá, Workplace Safety and Prevention Services ¹⁵³ ofrece formación en seguridad digital, sobre todo en sectores como la manufactura, la construcción y la agricultura. Centra la atención en los riesgos asociados a la IA y la robótica, incluidas las preocupaciones ergonómicas y los efectos psicológicos de las tecnologías digitales.

¹⁵² Serviço Social da Indústria (SESI)

¹⁵³ Workplace Safety and Prevention Services (WSPS)

- Safe Work Australia¹⁵⁴ también ofrece formación a trabajadores y empleadores de sectores como la construcción, la logística y la manufactura. Los programas se centran en la interacción segura con herramientas impulsadas por IA, sistemas robóticos y desarrollo continuo de competencias en respuesta a la transformación digital.
- En Chile, la Comisión del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales, ChileValora¹⁵⁵, ofrece formación a los trabajadores de sectores de alto riesgo como la minería, la manufactura y la energía. La formación abarca protocolos de seguridad para la IA y la robótica, así como en relación con los efectos psicológicos de la transformación digital.
- El Programa Nacional de Inteligencia Artificial de los Emiratos Árabes Unidos¹⁵⁶ ofrece formación para mejorar las competencias en IA de los trabajadores del sector público, velando por que estén equipados para gestionar la integración de la IA en sus respectivos sectores.
- En Polonia, el Instituto Central de Protección Laboral¹⁵⁷ imparte formación sobre la integración segura de la IA y la robótica en sectores como la manufactura, la logística y la atención de salud. La formación aborda la seguridad robótica, la integración de la IA en las evaluaciones de riesgos y la importancia de la ergonomía, junto con las medidas previstas para mitigar los riesgos psicosociales y promover la salud mental en los lugares de trabajo digitales.
- En Singapur, el Consejo de Seguridad y Salud en el Lugar de Trabajo¹⁵⁸ ofrece programas de certificación dirigidos a las empresas para que conozcan las repercusiones de la transformación digital en la seguridad, especialmente en sectores de alto riesgo como la construcción y la logística. La formación se centra en el despliegue seguro de sistemas de IA, robótica y dispositivos ponibles para el control de la seguridad, así como en el tratamiento de los efectos psicológicos de la automatización.

2.3.6. Investigación sobre los efectos de la digitalización para la SST

Las iniciativas de investigación son decisivas para comprender y abordar los retos en constante evolución que plantea la seguridad y salud en el lugar de trabajo. La investigación desempeña un papel clave a la hora de proporcionar a Gobiernos, empleadores y trabajadores información fiable sobre el impacto de las tecnologías digitales. Les permite identificar prioridades y tomar medidas con conocimiento de causa para promover y proteger la seguridad y salud de los trabajadores. Han surgido varias iniciativas centradas en distintos aspectos de la digitalización del lugar de trabajo, como becas, programas de doctorado y conferencias académicas que fomentan la colaboración y amplían los conocimientos en este ámbito.

- En Austria, la iniciativa Work NEW 4.0¹⁵⁹, dirigida por el Ministerio Federal de Trabajo y Economía, se centra en el impacto de la digitalización, la automatización y la IA en la SST. Esta iniciativa examina tanto las ventajas, por ejemplo, el control de la seguridad impulsada por la IA, como los retos, por ejemplo, los problemas de salud mental y la pérdida de puestos de trabajo. Fomenta la colaboración entre el mundo académico, las empresas y los organismos públicos para velar por la integración segura de estas tecnologías.
- En el Canadá, el Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail ha lanzado la publicación periódica *Bulletin de veille scientifique sur l'intelligence artificielle et la SST*¹⁶⁰. El objetivo de esta iniciativa es proporcionar a las partes interesadas información sobre las tecnologías emergentes, sus implicaciones para la seguridad en el lugar de trabajo y las posibles estrategias de integración de la IA para mejorar las prácticas de SST.

¹⁵⁴ Safe Work Australia

¹⁵⁵ ChileValora

¹⁵⁶ <https://u.ae/en/information-and-services/jobs/training-and-development/online-training/national-program-for-artificial-intelligence>

¹⁵⁷ Central Institute for Labour Protection

¹⁵⁸ Workplace Safety and Health (WSH) Council

¹⁵⁹ https://lab.neos.eu/_Resources/Persistent/a7b52188459eaf6028338e8958683de074b3324f/ELF%20-%20Work%204.0.pdf

¹⁶⁰ Nouvelle veille dédiée à l'intelligence artificielle en SST > IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

- ▶ En Chile, la Superintendencia de Seguridad Social financia la investigación sobre el uso de IA y dispositivos ponibles para la supervisión de la seguridad en tiempo real. Lo hace centrándose en industrias como la minería, la silvicultura y la agricultura¹⁶¹ con la aplicación de la IA para una evaluación biomecánica de la forma de andar utilizando cámaras de vídeo convencionales,¹⁶² asesoramiento digital sobre la gestión de riesgos¹⁶³ y programas eficaces de realidad virtual para promover la prevención de riesgos¹⁶⁴.
- ▶ En Nueva Zelandia, la red de robótica, automatización y detección¹⁶⁵ reúne a expertos para debatir las implicaciones de la robótica y la automatización en la seguridad, organizando conferencias que examinan el futuro del trabajo y la seguridad de los trabajadores en un mundo digitalizado.
- ▶ En Suecia, el grupo de investigación New World of Work¹⁶⁶ del Instituto Karolinska estudia el impacto de los sistemas algorítmicos en la salud, la seguridad y el bienestar de los trabajadores, tomando en consideración las negociaciones entre trabajadores y empleadores durante la aplicación de tales tecnología, entre otros factores.
- ▶ En los Estados Unidos, el NIOSH apoya la investigación en IA y robótica para mejorar la seguridad en el trabajo. Ofrece subvenciones a proyectos que utilicen la IA para predecir accidentes, automatizar protocolos de seguridad y llevar a cabo ajustes ergonómicos. También financia la investigación sobre sistemas basados en IA, como exoesqueletos, para reducir el riesgo de lesiones, así como aplicaciones de aprendizaje automático para analizar datos de seguridad¹⁶⁷.

¹⁶¹ SUSESO: Noticias. Proyectos de investigación e innovación en prevención de accidentes y enfermedades profesionales año 2023: Proyectos Especiales Adjudicados

¹⁶² <https://www.suseso.cl/619/w3-article-732234.html>

¹⁶³ <https://www.suseso.cl/619/w3-article-732253.html>

¹⁶⁴ https://www.suseso.cl/619/articles-672238_archivo_01.pdf

¹⁶⁵ <https://www.nzras.org.nz/>

¹⁶⁶ <https://ki.se/en/research/research-areas-centres-and-networks/research-groups/the-new-world-of-work-theo-bodins-research-group>

¹⁶⁷ Research Grant Funding | Extramural Research | CDC





2.4 Gestión de la digitalización y la SST en el lugar de trabajo

Una actuación eficaz en el lugar de trabajo, con la participación activa de los trabajadores, es fundamental para garantizar que el diseño y la aplicación de las nuevas tecnologías en los lugares de trabajo mejoran la SST. A medida que las nuevas tecnologías reconfiguran la naturaleza del trabajo, los lugares de trabajo deben aplicar medidas específicas para hacer frente a los riesgos que van surgiendo. Estas medidas deben adaptarse cuidadosamente a las necesidades específicas de la fuerza de trabajo y a los retos que plantean los avances tecnológicos. Mediante la adopción de estrategias proactivas, las empresas pueden garantizar que la tecnología refuerce, en lugar de comprometer, la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

En el lugar de trabajo, la digitalización puede introducir cambios significativos, como los relacionados con la automatización o la vigilancia digital. Para aprovechar al máximo las oportunidades y hacer frente a los retos es necesario un planteamiento de colaboración en el que los trabajadores y sus representantes participen activamente en el desarrollo de medidas y soluciones. Los trabajadores deberían participar en todas las fases de la aplicación de una nueva tecnología, desde su selección hasta la definición de su función y propósito, pasando por su introducción y las revisiones en curso. A través del diálogo y la colaboración, trabajadores y empleadores pueden trabajar juntos para elaborar estrategias de uso seguro de las tecnologías digitales, contribuyendo a garantizar que estos avances favorezcan la seguridad y salud de los trabajadores.

Con este fin, es esencial establecer sistemas sólidos de gestión de la SST para abordar de forma proactiva los riesgos introducidos por la digitalización y la IA.

2.4.1 Aplicación de un sistema integral de gestión de la SST

A medida que las organizaciones integran herramientas digitales, IA y automatización en sus operaciones, un sistema sólido de gestión de la SST garantiza que la seguridad y la salud sean prioritarias, al tiempo que se adapta a los avances tecnológicos. Este proceso debe llevarse a cabo en consulta con los trabajadores y sus representantes en todas las etapas. En consonancia con las *Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo de la OIT (ILO-OSH 2001)*, este sistema incluye los siguientes elementos fundamentales:

- **Formulación de políticas:** Formular una política de SST clara que refleje el compromiso de la organización con la seguridad y la salud, incluso en el contexto de la integración de nuevas tecnologías y la introducción de nuevos procesos. Esta política debería acordarse a través de un proceso tripartito, adhiriéndose en todo momento a las disposiciones contenidas en el Convenio núm.155.
- **Organización:** Definir las funciones y responsabilidades en materia de SST, garantizar el compromiso de la dirección y promover la participación activa y la consulta de los trabajadores, especialmente en lo que respecta a la integración de las nuevas tecnologías y las medidas de SST conexas.
- **Planificación y aplicación:** Identificar sistemáticamente los peligros y evaluar todos los riesgos, incluidos los asociados a las nuevas tecnologías, incluida la IA y las herramientas digitales, y aplicar medidas de prevención y de protección adaptadas a estas innovaciones.
- **Evaluación:** Supervisar y medir los resultados de la SST, inclusive en relación con la eficacia de los controles relacionados con las nuevas tecnologías, y realizar auditorías periódicas para garantizar el cumplimiento de las normas de SST.
- **Acción en pro de mejoras:** Aplicar medidas correctivas basadas en las evaluaciones y adoptar y mantener disposiciones para la mejora continua del sistema de gestión de la SST. Ello incluye la revisión de las políticas y procedimientos de SST para abordar los riesgos cambiantes que plantean los cambios tecnológicos en el lugar de trabajo.

2.4.2 Consultar, informar y formar a los trabajadores

Garantizar que los trabajadores estén bien informados sobre las nuevas tecnologías y sus riesgos potenciales y que participen activamente en la aplicación de medidas de prevención es fundamental para un entorno de trabajo seguro y saludable.

A tenor de lo dispuesto en el Convenio núm. 155, los trabajadores y sus representantes deben ser consultados antes de la introducción de nuevas tecnologías que afecten a la SST, garantizando que tengan voz en las decisiones que afecten directamente a su trabajo. Esta consulta debe ser proactiva y debe ofrecer oportunidades para que los trabajadores expresen sus preocupaciones, aporten comentarios e influyan en las decisiones sobre cómo se aplican y gestionan las nuevas tecnologías en el lugar de trabajo. Estudios llevados a cabo indican que la participación activa de los trabajadores en los procesos de toma de decisiones puede mejorar tanto los resultados en materia de seguridad como la aceptación de las nuevas tecnologías (EU-OSHA, 2024b).

Consultar a los trabajadores y prever su participación también ayuda a los trabajadores a sentirse más seguros y respaldados a la hora de adaptarse a los nuevos sistemas. La experiencia y los conocimientos de los trabajadores y sus sindicatos también son fundamentales para plantear las mejores soluciones. Su participación puede ayudar a identificar riesgos que pueden no ser obvios durante las fases de planificación o diseño y garantizar que las soluciones se adapten a las necesidades reales de la fuerza de trabajo. Este planteamiento fomenta una cultura positiva de la SST, en la que los trabajadores no solo reciben formación, sino que también se implican y asumen responsabilidades en la configuración de sus entornos de trabajo. Además, los empleadores deben garantizar que los procesos de consulta sean inclusivos y tengan en consideración las distintas necesidades de la fuerza de trabajo. Una cultura de consulta y participación de los trabajadores también fomenta la notificación de posibles riesgos sin temor a represalias, lo que ayuda a identificar y abordar los problemas con prontitud y eficacia. Al hacer que los trabajadores participen en el proceso, los empleadores fomentan un entorno en el que la seguridad y el bienestar son prioridades compartidas.

Para garantizar una participación significativa de los trabajadores y la aplicación segura de las tecnologías digitales, los empleadores deberían proporcionar una formación completa y continua que dote a los trabajadores de los conocimientos y las capacidades necesarios. Esto incluye comprender los procedimientos operativos, reconocer los peligros potenciales, aplicar medidas de prevención y saber cómo responder en caso de avería o emergencia. La formación debe ser un proceso continuo, adaptado a las actualizaciones tecnológicas y a los cambios en las prácticas de trabajo. Los empleadores deben garantizar que los materiales de formación sean accesibles y comprensibles para todos los trabajadores, teniendo en cuenta factores como la diversidad lingüística y los distintos niveles de alfabetización.

2.4.3 Afrontar los riesgos nuevos y emergentes mediante una evaluación de riesgos bien fundamentada

La integración de las nuevas tecnologías en el lugar de trabajo requiere una evaluación rigurosa de los riesgos para la SST con la plena participación de los trabajadores. Ello va más allá de la evaluación del lugar de trabajo físico y de los equipos —como dispositivos ponibles, robots y maquinaria— e incluye también los riesgos asociados a los procesos digitalizados, como la gestión algorítmica, los sistemas de vigilancia inteligentes y la automatización.

La gestión de los riesgos conlleva identificar los peligros potenciales, evaluar la probabilidad y gravedad de los riesgos conexos y determinar las medidas de control adecuadas para mitigarlos, siguiendo la jerarquía de los controles. Esta evaluación debe tener en cuenta las complejidades de las tecnologías emergentes, ya que los sistemas algorítmicos y la automatización plantean importantes retos debido a su naturaleza cambiante. Las evaluaciones de riesgos no solo deben centrarse en las tecnologías relacionadas con el trabajo o los procesos de producción, sino también en las tecnologías diseñadas para mejorar la SST, ya que también pueden introducir inadvertidamente nuevos riesgos, en particular de carácter psicosocial.

A medida que evoluciona la tecnología, también lo hacen los riesgos en el lugar de trabajo. Las nuevas actualizaciones de los programas informáticos, las mejoras de los sistemas o los cambios en los procesos de trabajo pueden introducir peligros imprevistos, lo que exige una revisión y adaptación continuas de las medidas de prevención en materia de SST. Para abordar estos riesgos de forma proactiva, los empleadores deben realizar evaluaciones de riesgos periódicamente y siempre que se prevea la introducción de nuevas tecnologías. Este enfoque permite a las empresas determinar y aplicar rápidamente medidas de prevención adecuadas, garantizando una transición más segura a entornos de trabajo digitalizados. Mantenerse informado sobre los avances tecnológicos y los cambios normativos, así como recabar la opinión de los trabajadores, mejora aún más la capacidad de detectar y abordar los riesgos emergentes con eficacia.

Las tecnologías digitales pueden mejorar el proceso de evaluación de riesgos proporcionando datos en tiempo real, simulaciones y análisis predictivos. Las herramientas digitales de evaluación de riesgos, como los sistemas de detección de peligros impulsados por la IA, los sensores ponibles y las plataformas avanzadas de análisis de datos, pueden ayudar a anticipar posibles riesgos antes de que se manifiesten. Sin embargo, aunque estas herramientas digitales ofrecen información muy útil, no deben sustituir a la supervisión humana. Es fundamental integrar las evaluaciones tecnológicas con la opinión de expertos, la consulta a los trabajadores y la comprensión del contexto a fin de garantizar evaluaciones de riesgos completas y precisas. Confiar únicamente en las evaluaciones digitales puede llevar a puntos ciegos, especialmente en lo que se refiere a los riesgos psicosociales y al impacto más amplio del cambio tecnológico en la organización del trabajo. Combinando los conocimientos humanos y las herramientas digitales en las evaluaciones de riesgos para la SST, los centros de trabajo pueden adoptar un enfoque equilibrado y proactivo para gestionar los riesgos asociados a las tecnologías emergentes.

Cabe señalar asimismo que los empleadores deberían promover activamente la participación de los trabajadores y sus representantes en el proceso de evaluación de riesgos. Sus ideas y experiencias son inestimables para identificar riesgos que pueden no ser evidentes a primera vista, sobre todo los relacionados con factores psicosociales y la organización del trabajo. Las aportaciones de los trabajadores garantizan que la evaluación de riesgos sea exhaustiva y pertinente para aquellas personas directamente afectadas por los cambios tecnológicos. Este enfoque participativo también fomenta un sentimiento de pertenencia y cooperación, llevando a una aplicación más eficaz de las medidas de mitigación.



Integración de las nuevas tecnologías en la gestión de riesgos para mejorar la SST

Los sistemas basados en la IA están transformando el enfoque tradicional de la evaluación de riesgos en el lugar de trabajo gracias a su capacidad para detectar, analizar y reaccionar ante las amenazas con agilidad. Mediante el examen de grandes cantidades de datos procedentes de diversas fuentes, como redes de sensores, dispositivos portátiles y registros históricos de incidentes, los algoritmos de IA pueden identificar posibles peligros y predecir riesgos en tiempo real (O'Brien 2023). Esta evaluación proactiva de los riesgos permite intervenir a tiempo y adoptar medidas de prevención para reducir al mínimo los accidentes y las lesiones (Safetytech Accelerator 2024).

Las tecnologías de la innovación desempeñan un papel clave en la prevención y el control de riesgos. Como todas las medidas de prevención en el lugar de trabajo, deben aplicarse de acuerdo con la jerarquía de los controles. A continuación se incluye un ejemplo de cómo pueden aplicarse las tecnologías innovadoras según la jerarquía.

		Espacios confinados	Trastornos musculoesqueléticos	Obras
<p>Más eficaz</p> <p>↑</p> <p>↓</p> <p>Menos eficaz</p>	Eliminación Eliminar físicamente el peligro	Sustituir la entrada física por drones o robots oruga	Utilizar la automatización robótica de procesos para la realización de trabajos repetitivos	Utilizar la robótica para apartar a los trabajadores de tareas y entornos peligrosos
	Sustitución Sustituir el peligro	Realizar simulaciones inmersivas de realidad virtual para el desarrollo de competencias	Utilizar exoesqueletos para facilitar la manipulación manual de cargas pesadas Utilizar cobots para compartir la carga de trabajo	Utilizar materiales de nanoingeniería para sustituir sustancias peligrosas por alternativas más seguras
	Aplicación de controles técnicos Aislar a los trabajadores del peligro	Aplicar sistemas de vigilancia en tiempo real para el seguimiento continuo de las condiciones ambientales en espacios confinados	Utilizar dispositivos de visión artificial para identificar riesgos ergonómicos	Utilizar sensores y dispositivos portátiles para controlar la exposición de los trabajadores a los peligros en tiempo real
	Aplicación de controles administrativos Cambiar la forma de trabajar	Aplicar sistemas de permisos de trabajo digitales para la evaluación de estos espacios y la autorización para poder acceder a ellos	Utilizar la ludificación y simulación de la formación ergonómica para implicar y educar a los trabajadores en las mejores prácticas	Prever formación en realidad virtual y gestión algorítmica para el reconocimiento de riesgos y la respuesta a emergencias
	EPP Proteger al trabajador con EPP	Utilizar detectores de gas portátiles para una vigilancia continua y la activación de alertas inmediatas	Utilizar EPP inteligentes con sensores integrados para detectar y avisar de posturas incorrectas o sobreesfuerzos	Utilizar EPP inteligentes con sensores integrados para controlar las constantes vitales de los trabajadores

Fuente: Safetytech Accelerator



Conclusiones principales

La digitalización está reconfigurando el mundo del trabajo, ofreciendo nuevas oportunidades para la SST.

- La digitalización puede mejorar la SST reduciendo las exposiciones peligrosas, mejorando la detección y prevención de riesgos, agilizando los procesos y optimizando la organización del trabajo con objeto de minimizar la carga de trabajo tanto física como mental, entre otros beneficios.

La integración de las tecnologías digitales también puede introducir nuevos riesgos físicos, organizativos y psicosociales, que deben evaluarse y gestionarse con especial cuidado.

La automatización puede mejorar significativamente la seguridad y salud en el lugar de trabajo al reducir las exposiciones peligrosas.

- La robótica avanzada puede retirar a los trabajadores de tareas y entornos peligrosos, como zonas operativas de alto riesgo o situaciones que exponen a los trabajadores a temperaturas extremas o sustancias tóxicas.
- Los robots y exoesqueletos pueden ayudar a los trabajadores en trabajos físicamente exigentes, minimizando los trastornos musculoesqueléticos y mejorando la seguridad general.
- La automatización puede eliminar tareas repetitivas y monótonas, como en las líneas de producción de las fábricas, así como el trabajo administrativo, incluido el rellenado de formularios y la tramitación solicitudes, lo que permite a los trabajadores centrarse en responsabilidades más complejas y estimulantes.

Si bien aporta beneficios, la automatización también puede introducir riesgos, como fallos mecánicos, problemas ergonómicos, exposición a sustancias químicas, peligros acústicos y riesgos psicosociales como la intensificación del trabajo, la sobrecarga cognitiva, el aislamiento social y la inseguridad en el empleo.

Las herramientas inteligentes de SST y los sistemas de vigilancia mejoran la detección de riesgos y la respuesta a través datos en tiempo real y análisis predictivos.

- Los dispositivos ponibles, los sensores y los sistemas basados en IA detectan peligros como la mala calidad del aire, la exposición excesiva al ruido y los riesgos ergonómicos, evitando así accidentes y contribuyendo a una mejor salud de los trabajadores.
- Los análisis predictivos contribuyen a una mejor SST mediante la detección precoz de riesgos, lo que permite realizar intervenciones proactivas y reducir las lesiones en el lugar de trabajo.

Los dispositivos inteligentes ponibles, incluidos los EPP inteligentes, contribuyen a la seguridad, la salud y el bienestar de los trabajadores, pero para garantizar su eficacia deben abordarse cuestiones relacionadas con la comodidad, la facilidad de uso y el ajuste adecuado, especialmente en colectivos de trabajadores diversos.

A la hora de adoptar estos sistemas hay que tener en cuenta los problemas de privacidad, la vigilancia en el lugar de trabajo y el estrés provocado por el control continuo.

Las tecnologías de realidad extendida revolucionan la formación en SST y la sensibilización acerca de los peligros.

- La realidad virtual y la realidad aumentada proporcionan formación inmersiva y sin riesgos para entornos de alto riesgo, mejorando la retención de competencias y la preparación para emergencias.
- Las simulaciones virtuales pueden servir de apoyo a las inspecciones de lugares de trabajo, la detección de peligros y las evaluaciones ergonómicas, reduciendo los riesgos *in situ*.

Para garantizar un uso seguro de estas tecnologías, es preciso evaluar y gestionar con especial cuidado riesgos potenciales como el bloqueo de la visibilidad, los problemas de equilibrio, el esfuerzo visual y la sobrecarga cognitiva.

El creciente uso de la gestión algorítmica está reconfigurando la dinámica del lugar de trabajo, influyendo en la forma de asignar, supervisar y evaluar las tareas.

- Los sistemas de gestión algorítmica optimizan la planificación, la distribución de la carga de trabajo y la asignación de tareas, mejorando la eficacia y el equilibrio entre vida laboral y la vida personal.

La vigilancia excesiva, la presión por la productividad y la toma de decisiones automatizada pueden reducir la autonomía de los trabajadores y aumentar el estrés. Otros posibles riesgos psicosociales asociados a la gestión algorítmica son el aislamiento social, los sesgos en la contratación y los ascensos, y la recopilación intrusiva de datos.

El cambio hacia el trabajo en línea, las modalidades de trabajo a distancia y las plataformas de trabajo digitales está modificando cómo y dónde se realiza el trabajo.

- El trabajo a distancia e híbrido (teletrabajo) y el trabajo en plataformas digitales mejoran la flexibilidad, el equilibrio entre vida laboral y la vida personal y la inclusión, beneficiando a los trabajadores con responsabilidades asistenciales, discapacidad o restricciones de movilidad.

El teletrabajo y el trabajo en plataformas pueden conllevar una mayor carga de trabajo, vigilancia digital, aislamiento social y riesgos ergonómicos. Los trabajadores de plataformas también se enfrentan a menudo a la inseguridad en el empleo, a la falta de protección social y de SST y a horarios de trabajo irregulares, lo que repercute en su salud y bienestar.

La creación y el funcionamiento de las tecnologías digitales, así como la eliminación de los residuos que generan dependen de una ingente fuerza de trabajo, lo que plantea problemas críticos de SST y medio ambiente.

- Los trabajadores encargados de la anotación de datos, la moderación de contenidos y el desarrollo de IA se enfrentan a elevadas cargas de trabajo, tensión psicológica y vigilancia, a menudo sin disponer de la protección adecuada.
- Los trabajadores implicados en la producción de tecnología y la gestión de residuos a menudo se enfrentan a graves riesgos en materia de SST, como los mineros que extraen minerales críticos como el cobalto y el litio en entornos peligrosos, los trabajadores de fábricas que soportan largas jornadas en condiciones inseguras y los trabajadores informales en la gestión de residuos electrónicos expuestos a sustancias químicas tóxicas.
- Si bien la IA y la automatización pueden mejorar la seguridad en la producción y el reciclaje, su creciente demanda de energía y su huella ambiental deben abordarse para garantizar tanto la protección de los trabajadores como las prácticas sostenibles.

Un enfoque equilibrado e interdisciplinar es esencial para garantizar la SST en la era digital.

- Los marcos de SST existentes siguen siendo esenciales para abordar los riesgos emergentes que plantea la digitalización. Así, por ejemplo los instrumentos de SST de la OIT son clave para garantizar el derecho fundamental a un entorno de trabajo seguro y saludable, también en la era digital.
- Las políticas y estrategias nacionales abordan cada vez más las implicaciones de la digitalización para la SST, velando por la protección de los trabajadores en entornos de trabajo en evolución y promoviendo una transición digital responsable para equilibrar la innovación con la protección de los trabajadores.

- La normativa que aborda los riesgos para la SST derivados de las tecnologías digitales está evolucionando, con nuevas leyes sobre el derecho a la desconexión, la gestión algorítmica, el teletrabajo y el trabajo en plataformas, mientras que los convenios colectivos ayudan a salvaguardar la protección de los trabajadores en los lugares de trabajo digitalizados.
- Los servicios de inspección del trabajo, las normas y directrices voluntarias, las campañas de sensibilización y las iniciativas de formación desempeñan un papel crucial a la hora de garantizar un uso seguro y saludable de la tecnología, promoviendo el cumplimiento de las normas, orientando a las empresas y dotando a los trabajadores de las competencias digitales necesarias para transitar por el cambio tecnológico.
- Los interlocutores sociales desempeñan un papel clave en la configuración de las políticas de digitalización participando en la toma de decisiones, negociando convenios colectivos y liderando iniciativas de sensibilización para promover una adopción de la tecnología justa y segura.

La evaluación y gestión de riesgos es esencial para garantizar un enfoque proactivo que prevenga posibles nuevos riesgos.

- La evaluación de riesgos debe realizarse periódicamente para identificar los peligros asociados a las tecnologías digitales, teniendo en cuenta los riesgos físicos, organizativos y psicosociales.
- La jerarquía de los controles debe guiar las medidas de prevención, dando prioridad a la eliminación de riesgos y a las soluciones técnicas frente a los controles administrativos y los EPP, garantizando que la tecnología se utilice para mejorar la seguridad y salud de los trabajadores y no como sustituto de unas protecciones sólidas en materia de SST.
- Las herramientas digitales, como los análisis basados en IA, los sistemas de vigilancia en tiempo real y los modelos predictivos, pueden mejorar las evaluaciones de riesgos y las estrategias de seguridad en el lugar de trabajo, pero deben complementar, no sustituir, el criterio humano en las prácticas de SST.
- Las medidas de prevención y de control deben adaptarse a las necesidades de colectivos específicos de trabajadores, garantizando que las tecnologías digitales ofrezcan oportunidades para todos al tiempo que mitigan los riesgos para aquellos trabajadores más vulnerables a los retos de la SST.
- Los trabajadores deben participar activamente en todas las fases de la aplicación de la tecnología digital, dando forma a su diseño, funcionamiento y control y garantizando que se tengan en cuenta sus perspectivas y que la digitalización apoye la SST en lugar de socavarla.
- Los programas integrales de formación deben dotar a los trabajadores de los conocimientos necesarios para utilizar las nuevas tecnologías de forma segura, reconocer los riesgos potenciales y responder eficazmente a los peligros emergentes, con formación a medida para quienes desempeñan funciones de alto riesgo o intensivas en el uso de la tecnología digital.
- La evaluación y adaptación continuas de las políticas de SST deben garantizar que sigan siendo pertinentes a medida que evoluciona la tecnología, incorporando las opiniones de los trabajadores y los últimos avances en materia de seguridad.

Es necesario seguir investigando para comprender las repercusiones a largo plazo de las tecnologías digitales sobre la SST y garantizar una aplicación informada.

- Se necesitan más datos tanto sobre los beneficios potenciales como sobre los efectos negativos de la SST en todos los sectores, por ejemplo, la disminución o el aumento de las lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo.
- Es necesaria una mayor colaboración entre los Gobiernos, el mundo académico y los interlocutores sociales para colmar las lagunas de las investigaciones y apoyar estrategias basadas en pruebas que garanticen lugares de trabajo digitalizados seguros y saludables.





Bibliografía

- Aati, Khaled, Daeyeol Chang, Praveen Edara, y Carlos Sun. 2020. «Immersive Work Zone Inspection Training Using Virtual Reality». *Transportation Research Record* 2674 (12): 224–32. <https://doi.org/10.1177/0361198120953146>.
- Aksüt, Güler, Tamer Eren y Hacı Mehmet Alakaş. 2024. «Using Wearable Technological Devices to Improve Workplace Health and Safety: An Assessment on a Sector Base with Multi-Criteria Decision-Making Methods». *Ain Shams Engineering Journal* 15 (2): 102423. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102423>.
- Akyıldız, Cengiz. 2023. «Integration of Digitalization into Occupational Health and Safety and Its Applicability: A Literature Review». *The European Research Journal* 9 (6):1509-1519. <https://doi.org/10.18621/eurj.1352743>.
- Amarsinghe, Akarshani, Viraj B. Wijesuriya, Dilshan Ganepola y Lakshman Jayaratne. 2019. «A Swarm of Crop Spraying Drones Solution for Optimising Safe Pesticide Usage in Arable Lands: Poster Abstract». *SenSys: Proceedings of the 17th Conference on Embedded Networked Sensor Systems* 410–11. <https://doi.org/10.1145/3356250.3361948>.
- Anses. 2021. «Expositions Aux Technologies de Réalité Virtuelle et/ou Augmentée. Avis de l'Anses Rapport d'expertise Collective». <https://www.anses.fr/en/system/files/AP2017SA0076Ra.pdf> (Anses, 2021).
- ANSI. 1986. «American National Standard for Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements». https://webstore.ansi.org/standards/ria/ansiar15062012?srltid=AfmBOoqOfn56xO5q2ulEexlHCcAwc3vC_gvB-Oi-yrlojAoKo9xBy6xF (ANSI, 1986).
- Arterburn, David R., Christopher T. Duling y Nishan R. Goli. 2017. «Ground Collision Severity Standards for UAS Operating in the National Airspace System (NAS)». En *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3778>.
- Australian Water Association. 2023. «Melbourne Water Grabs Gong for VR Tech Use in Hazard Identification». *Australian Water Association*, 9 de noviembre de 2023. <https://www.awa.asn.au/resources/latest-news/technology/innovation/melbourne-water-grabs-gong-for-vr-tech-use-in-hazard-identification>.
- A3 Marketing Team. (14 de marzo de 2019). 4 Extreme Application Environments Today's Industrial Robots are Automating. Retrieved from Association for Advancing Automation: <https://www.automate.org/robotics/blogs/4-extreme-application-environments-today-s-industrial-robots-are-automating#:~:text=Not%20only%20are%20the%20temperatures,a%207thaxis%20positioner>.
- Babashahi, Leili, Carlos Eduardo Barbosa, Yuri Lima, Alan Lyra, Herbert Salazar, Matheus Argôlo, Marcos Antonio de Almeida y Jano Moreira de Souza. 2024. «AI in the Workplace: A Systematic Review of Skill Transformation in the Industry». *Administrative Sciences* 14 (6): 127. <https://doi.org/10.3390/admsci14060127>.
- Baiocco, Sara, Enrique Fernández-Macías, Uma Rani, y Annarosa Pesole. 2022. «The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts». *JRC Working Papers on Labour, Education and Technology*. <https://ideas.repec.org/p/ipt/laedte/202202.html>.
- Ball, K. 2021. *Electronic Monitoring and Surveillance in the Workplace. Literature Review and Policy Recommendations*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://dx.doi.org/10.2760/5137>.
- Ball, Kirstie. 2010. «Workplace Surveillance: An Overview». *Labor History* 51 (1): 87–106. <https://doi.org/10.1080/00236561003654776>.
- Bankins, Sarah, y Paul Formosa. 2023. «The Ethical Implications of Artificial Intelligence (AI) For Meaningful Work». *Journal of Business Ethics* 185: 725–40. <https://doi.org/10.1007/s10551-023-05339-7>.
- Bär, Mona, Benjamin Steinhilber, Monika A. Rieger y Tessy Luger. 2021. «The Influence of Using Exoskeletons during Occupational Tasks on Acute Physical Stress and Strain Compared to No Exoskeleton – A Systematic Review and Meta-Analysis». *Applied Ergonomics* 94 (julio):103385. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103385>.
- BBC News. 2021. «Facebook Moderator: 'Every Day Was a Nightmare'». <https://www.bbc.com/news/technology-57088382> (BBC News, 12 de mayo de 2021, sec. Technology).
- Bérastégui, Pierre. 2021. «Exposure to Psychosocial Risk Factors in the Gig Economy: A Systematic Review». *ETUI Research Paper* 2021,01. Bérastégui, Pierre, Exposure to Psychosocial Risk Factors in the Gig Economy: A Systematic Review (20 de enero de 2021). *ETUI Research Paper - Report* 2021.01, Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3770016> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3770016>
- ———. 2024. «Working in the Metaverse: What Are the Risks?» <https://www.etui.org/publications/working-metaverse-what-are-risks> (ETUI, 2024).
- Berg, Janine, Francis Green, Laura Nurski y David A Spencer. 2023. «Risks to Job Quality from Digital Technologies: Are Industrial Relations in Europe Ready for the Challenge?» *European Journal of Industrial Relations* 29 (4): 347–65. <https://doi.org/10.1177/09596801231178904>.
- Berg-Beckhoff, Gabriele, Grace Nielsen y Eva Ladekjær Larsen. 2017. «Use of Information Communication Technology and Stress, Burnout, and Mental Health in Older, Middle-Aged, and Younger Workers - Results from a Systematic Review» *International Journal of Occupational and Environmental Health* 23 (2): 160–71. <https://doi.org/10.1080/10773525.2018.1436015>.
- BIS. 2024. «Shocking Ways Smart Wearables Are Saving Lives at Work» <https://www.trainanddevelop.ca/blog/shocking-ways-smart-wearables-are-saving-lives-at-work/> (BIS, 6 de marzo de 2024).
- Borikar, Ganesh P., Chaitanya Gharat y Sachin R. Deshmukh. 2022. «Application of Drone Systems for Spraying Pesticides in Advanced Agriculture: A Review». *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1259 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1259/1/012015>.
- BrainStation. 2024. «What Is a Machine Learning Engineer? (2024 Guide)». <https://brainstation.io/career-guides/what-is-a-machine-learning-engineer/> (BrainStation®, 2024)
- British Safety Council. 2024. «How Smart Hearing Protection Is Driving Reductions in Noise Exposure at Work». <https://www.britsafe.org/safety-management/2024/how-smart-hearing-protection-is-driving-reductions-in-noise-exposure-at-work> (British Safety Council, 2024).

- Brous, Paul, Marijn Janssen, y Paulien Herder. 2020. «The Dual Effects of the Internet of Things (IoT): A Systematic Review of the Benefits and Risks of IoT Adoption by Organizations». *International Journal of Information Management* 51 (abril): 101952. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.008>.
- Brun, L. 2020. «Cybercinétose en milieu professionnel». *Références en Santé au Travail*. <https://www.inrs.fr/media.html?reflNRS=TP%2040>.
- Brunnerová, Simona, Daniela Ceccon, Barbora Holubová, Marta Kahancová, Katarína Lukáčová, y Gabriele Medas. 2024. «Collective Bargaining Practices on AI in the European Services Sectors». Brussels: FES Competence Centre on the Future of Work. <https://wageindicator.org/about/projects/identifying-collective-bargaining-practices-on-ai-in-the-european-services-sectors>.
- Cameron, Gillian, David Cameron, Gavin Megaw, Raymond Bond, Maurice Mulvenna, Siobhan O'Neill, Cherie Armour y Michael McTear. 2017. «Towards a Chatbot for Digital Counselling». *Actas de la 31st International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2017)*. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2017.24>.
- Campolettano, Eamon T., Megan L. Bland, Ryan A. Gellner, David W. Sproule, Bethany Rowson, Abigail M. Tyson, Stefan M. Duma y Steven Rowson. 2017. «Ranges of Injury Risk Associated with Impact from Unmanned Aircraft Systems». *Annals of Biomedical Engineering* 45: 2733–41. <https://doi.org/10.1007/s10439-017-1921-6>.
- CCOHS 2022a. «CCOHS: Exoskeletons». 2022. https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/exoskeletons.html (CCOHS, 2022).
- ———. 2022b. «CCOHS: Robots and Cobots». 2022. https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/robots_cobots.html (CCOHS, 2022).
- CDT. 2021. *Warning. Bossware May Be Hazardous to Your Health*. <https://cdt.org/wp-content/uploads/2021/07/2021-07-29-Warning-Bossware-May-Be-Hazardous-To-Your-Health-Final.pdf> (Centro para la Democracia y la Tecnología, 2021).
- CES 2020. «Resolución sobre las estrategias europeas en materia de inteligencia artificial y datos» <https://www.ccoo.es/Oe6fc6583d745c022555ec675e710a76000001.pdf> (CES, 2 de julio de 2020).
- Chen, Qin, Jinfeng Ge, Huaqing Xie, Xingcheng Xu y Yanqing Yang. 2023. «Large Language Models at Work in China's Labor Market». *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.08776>.
- Collins, Philippa, y Joe Atkinson. 2023. «Worker Voice and Algorithmic Management in Post-Brexit Britain». *Transfer: European Review of Labour and Research* 29 (1): 37–52. <https://doi.org/10.1177/10242589221143068>.
- Comisión Europea. 2016. *La reforma de la protección de datos en la UE y los macrodatos*. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/51fc3ba6-e601-11e7-9749-01aa75ed71a1> (Comisión Europea: Dirección General de Justicia y Consumidores, Oficina de Publicaciones, 2016).
- Coughard-Gregoire, Audrey, Bénédicte M. J. Merle, Tariq Aslam, Johanna M. Seddon, Isabelle Aknin, Caroline C. W. Klaver, Gerhard Garhöfer, Alfredo Garcia Layana, Angelo Maria Minnella, Rufino Silva y Cécile Delcourt. 2023. «Blue Light Exposure: Ocular Hazards and Prevention—A Narrative Review». *Ophthalmology and Therapy* 12 (2): 755–788. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9938358/>.
- Costantino, Francesco, Andrea Falegnami, Lorenzo Fedele, Margherita Bernabei, Sara Stabile y Rosina Bentivenga. 2021. «New and Emerging Hazards for Health and Safety within Digitalized Manufacturing Systems». *Sustainability* 13 (19): 10948. <https://doi.org/10.3390/su131910948>.
- Costin, Alina, Alina Felicia Roman y Raluca-Stefania Balica. 2023. «Remote Work Burnout, Professional Job Stress, and Employee Emotional Exhaustion during the COVID-19 Pandemic». *Frontiers in Psychology* 14 (junio):1193854. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1193854>.
- Datta, Namita, Chen Rong, Sunamika Singh, Clara Stinshoff, Nadina Jacob, Natnael Simachew Nigatu, Mpumelelo Nxumalo y Luka Kimaviciute. 2023. *Working Without Borders: The Promise and Peril of Online Gig Work*. Washington , DC: Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/ebc4a7e2-85c6-467b-8713-e2d77e954c6c>.
- Dekker, Fabian, Anna Salomons y Jeroen van der Waal. 2017. «Fear of Robots at Work: The Role of Economic Self-Interest». *Socio-Economic Review* 15 (3): 539–62. <https://doi.org/10.1093/ser/mwx005>.
- Deo Niyati, Anjankar Ashish. 2023. «Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India». https://www.researchgate.net/publication/370986866_Artificial_Intelligence_With_Robotics_in_Healthcare_A_Narrative_Review_of_Its_Viability_in_India
- Dhanalakshmi, A., P. Lathapriya, y K. Divya. 2017. «A Smart Helmet for Improving Safety in Mining Industry». *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 2 (3): 58-64. <https://ijsrt.com/wp-content/uploads/2017/04/A-SMART-HELMET-FOR-IMPROVING-SAFETY-IN-MINING-INDUSTRY.pdf>
- DHS. 2023. «Feature Article: Wearable Tech Mitigates First Responder Exposure to Chemical Threats». <https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2023/12/07/feature-article-wearable-tech-mitigates-first-responder-exposure-chemical-threats> (Departamento de Seguridad Nacional, 2023).
- Dogan, Onur, y Asli Akcamete. 2019. «Detecting Falls-from-Height with Wearable Sensors and Reducing Consequences of Occupational Fall Accidents Leveraging IoT». En *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*, editado por Ivan Mutis y Timo Hartmann, 207–14. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_25.
- Easa, Said. 2021. «Human Factor Considerations in Virtual Reality: Adequate or Inadequate?» *Ergonomics International Journal* 5(2): 000267. <https://doi.org/10.23880/eoij-16000267>.
- Ekso Bionics. 2022. «9 Must-Know Facts About Exoskeleton Suits» <https://eksobionics.com/9-must-know-facts-about-exoskeleton-suits/> (Ekso Bionics, 2022).
- Elsamani, Yousif, y Yuya Kajikawa. 2024. «How Teleworking Adoption Is Changing the Labor Market and Workforce Dynamics?» *PLOS ONE* 19 (3): e0299051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299051>.
- EU-OSHA. 2009. *The human machine interface*. https://osha.europa.eu/sites/default/files/en_TE8010196EN-N.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2009).
- ———. 2019. *Digitalización y seguridad y salud en el trabajo (SST). Un programa de investigación de la EU-OSHA*. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Digitalisation_and_OSH_ES.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2019).
- ———. 2020. *Equipos de protección individual inteligentes: protección inteligente de cara al futuro*. https://osha.europa.eu/sites/default/files/2022-02/Smart_personal_protective_equipment_ES.pdf
- ———. 2021. *Nuevas formas de trabajo en la era digital: Implicaciones para los riesgos psicosociales y los trastornos musculoesqueléticos*. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Teleworking-psychosocial-risk-factors-MSDs_ES.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2021).

- ———. 2022a. Advanced Robotics and Automation/ Implications for Occupational Safety and Health (resumen en español: *Robótica avanzada y automatización: consecuencias para la salud y la seguridad en el trabajo*). [https://osha.europa.eu/sites/default/files/Summary-Advanced robotics automation_implications_OSH_web.pdf](https://osha.europa.eu/sites/default/files/Summary-Advanced%20robotics%20automation_implications_OSH_web.pdf) (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022b. Advanced Robotics and Automation: What are the Risks and Opportunities for Occupational Safety and Health? (resumen en español: *Robótica avanzada y automatización: riesgos y oportunidades para la salud y la seguridad de los trabajadores*) <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-and-automation-what-are-risks-and-opportunities-occupational-safety-and-health> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022c. Advanced Robotics, Artificial Intelligence and the Automation of Tasks: Definitions, Uses, Policies and Strategies and Occupational Safety and Health (resumen en español: *Robótica avanzada, inteligencia artificial y automatización de tareas: definiciones, usos, políticas y estrategias en el contexto de la seguridad y la salud en el trabajo*) https://osha.europa.eu/sites/default/files/2022-04/Advanced%20robotics_AI_based%20systems.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022d. Inteligencia artificial para la gestión de las personas trabajadoras: Riesgos y oportunidades. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/ai-worker-management_es.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022e. Cognitive Automation - Implications for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-cognitive-automation-implications-occupational-safety-and-health-0> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022f. Cognitive Automation: Impact, Risks and Opportunities for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/cognitive-automation-impact-risks-and-opportunities-occupational-safety-and-health> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022g. Smart Digital Monitoring Systems for Occupational Safety and Health: Opportunities and Challenges. <https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2022h. Incorporar la salud y seguridad en el trabajo a la evaluación de los riesgos de ciberseguridad https://osha.europa.eu/sites/default/files/Cybersecurity-and-OSH_ES.pdf. (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2022).
- ———. 2023a. Advanced Robotic Automation - Comparative Case Study Report. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-advanced-robotic-automation-comparative-case-study-report> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023b. Advanced Robotics and AI-Based Systems in the Workplace: OSH Challenges and Opportunities Originating from Actual Implementations. <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-and-ai-based-systems-workplace-osh-challenges-and-opportunities-originating-actual-implementations> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023c. Healthy Workplaces Campaign 2023-2025 Campaign Guide. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/campaign-guide> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023d. Hybrid Work: New Opportunities and Challenges for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Hybrid_work_OSH_en_0.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023e. Comunicado de prensa. Trabajos seguros y saludables en la era digital. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/es/publications/press-briefing-safe-and-healthy-work-digital-age> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023f. Surveillance and Monitoring of Remote Workers: Implications for Occupational Safety and Health. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Remote_workers_monitoring.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023g. Contributing to Occupational Risk Prevention through Initial and Continuing Training. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/contributing-occupational-risk-prevention-through-initial-and-continuing-training>. (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2023h. Managing Occupational Safety and Health Risks in Digital Platform Work. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. https://osha.europa.eu/sites/default/files/Managing-OSH-risks-digital-platform-work_en.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2023).
- ———. 2024a. Automation of Cognitive and Physical Tasks in the Health and Social Care Sector: Implications for Safety and Health. Literature Review. <https://healthy-workplaces.osha.europa.eu/en/publications/automation-cognitive-and-physical-tasks-health-and-social-care-sector-implications-safety-and-health> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2024).
- ———. 2024b. Digital Technologies at Work and Psychosocial Risks: Evidence and Implications for Occupational Safety and Health. <https://osha.europa.eu/en/publications/summary-digital-technologies-work-and-psychosocial-risks-evidence-and-implications-occupational-safety-and-health> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2024).
- ———. 2024c. Remote and Hybrid Work - Managing Safety and Health Anywhere. <https://osha.europa.eu/en/publications/remote-and-hybrid-work-managing-safety-and-health-anywhere> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2024).
- ———. 2024d. Worker Exposure to Virtual and Augmented Reality and Metaverse Technologies: How Much Do We Know? <https://osha.europa.eu/en/publications/worker-exposure-virtual-and-augmented-reality-and-metaverse-technologies-how-much-do-we-know> (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2024).
- ———. 2024e. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA). 2024. «Platform Work: Recent Policy Developments and OSH Implications». OSHwiki. <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/platform-work-recent-policy-developments-osh-implications>.
- ———. 2024f. Smart Digital Systems to Improve OSH: A Comparative Report – Summary. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. https://osha.europa.eu/sites/default/files/documents/Smart-digital-systems-improve-OSH-comparative-report_summary_EN.pdf (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo 2024).
- ———. 2025. La gestión del personal a través de la IA: implicaciones para la seguridad y la salud en el trabajo. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. <https://osha.europa.eu/es/publications/worker-management-through-ai-implications-occupational-safety-and-health>. (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2025).
- Eurofound. 2022. «Working Conditions. The Rise in Telework: Impact on Working Conditions and Regulations». <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2022/rise-telework-impact-working-conditions-and-regulations> (Eurofound, 2022).
- Eurofound. 2023. «Platform Work: Social Environment». <https://www.eurofound.europa.eu/en/platform-work-social-environment> (Eurofound 2023).
- Evalan. 2025. «ARMOR Heat Monitor». Consultado el 27 de febrero de 2025. <https://evalan.com/products/armor/#:~:text=ARMOR%20is%20the%20real%2Dtime,to%20avoid%20heat%2Drelated%20injuries>.

- Fadel, Marc, Julie Bodin, Florence Cros, Alexis Descatha e Yves Roquelaure. 2023. «Teleworking and Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20 (6): 4973. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064973>.
- Farley, Samuel, Iain Coyne, Christine Sprigg, Carolyn Axtell y Ganesh Subramanian. 2015. «Exploring the Impact of Workplace Cyberbullying on Trainee Doctors». *Medical Education* 49 (4): 436–43. <https://doi.org/10.1111/medu.12666>.
- Feng, Y., & Farris, J. A. (2020). The impact of electronic performance monitoring on job stress and the role of fairness perceptions. *Cognition, Technology & Work*, 22(4), 667–677. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00656-7>
- Figueiredo, Elisabeth, Clara Margaça, Brizeida Hernández-Sánchez, y José Carlos Sánchez-García. 2024. «Teleworking Effects on Mental Health - A Systematic Review and a Research Agenda». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 21 (3): 243. <https://doi.org/10.3390/ijerph21030243>.
- Flor, Omar. 2023. «ExoskeletonsH&SV2». Mendeley Data VI. <https://doi.org/10.17632/bktzm7k664.1>.
- Flor-Unda, Omar, Bregith Casa, Mauricio Fuentes, Santiago Solorzano, Fabián Narvaez-Espinoza y Patricia Acosta-Vargas. 2023. «Exoskeletons: Contribution to Occupational Health and Safety». *Bioengineering* 10 (9): 1039. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039>.
- FMI. 2024a. «La economía mundial transformada por la inteligencia artificial ha de beneficiar a la humanidad». <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity> (FMI, 2024).
- Forbes. 2023. «Applications of Artificial Intelligence Across Various Industries». <https://www.forbes.com/sites/qai/2023/01/06/applications-of-artificial-intelligence/> (Forbes, 2023).
- Friemert, Daniel, Mirko Kaufmann, Ulrich Hartmann y Rolf Ellegast. 2019. «First Impressions and Acceptance of Order Pickers Towards Using Data Glasses at a Simulated Workstation». En *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Body and Motion*, editado por Vincent G. Duffy, 251-65. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22216-1_19.
- GAO. 2024. «Science & Tech Spotlight: Wearable Technologies in the Workplace» <https://www.gao.gov/products/gao-24-107303> (GAO, 2024).
- Gascón, V. (16 de enero de 2025). *Utilizan IA para la inspección en el trabajo. Agencia Reforma / El Diario de Chihuahua*.
- Goldman Sachs. 2024. «AI Is Poised to Drive 160% Increase in Data Center Power Demand». <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand> (Goldman Sachs, 2024).
- González Vázquez, Ignacio, Maurizio Curtarelli, Ioannis Anyfantis, Emmanuelle Brun y Annick Starren. 2024. «Digitalisation and Workers Wellbeing: The Impact of Digital Technologies on Work-Related Psychosocial Risks». Comisión Europea. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC138992>.
- Google Cloud. s.f. «Big Data Defined: Examples and Benefits». <https://cloud.google.com/learn/what-is-big-data>. Google Cloud. Consultado el 21 Febrero de 2025.
- GPAI. 2024. *Fairwork Amazon Report 2024. Transformation of the Warehouse Sector through AI*. <https://fair.work/en/fw/blog/new-report-reveals-how-ai-and-robotics-are-changing-the-experiences-and-conditions-of-amazon-warehouse-workers/> (GPAI, 2024).
- Graham, Mark, Isis Hjorth y Vili Lehdonvirta. 2017. «Digital Labour and Development: Impacts of Global Digital Labour Platforms and the Gig Economy on Worker Livelihoods». *Transfer: European Review of Labour and Research* 23 (2): 135–62. <https://doi.org/10.1177/1024258916687250>.
- Guizzo, Erico. 2023. «Types of Robots». *ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics*. <https://robotsguide.com/learn/types-of-robots>. Actualizado el 23 de mayo de 2023.
- Haddadin, Simon, Dirk Wilhelm, Daniel Wahrmann, Fabio Tenebruso, Hamid Sadeghian, Abdeldjalil Naceri, y Sami Haddadin. 2024. «Autonomous Swab Robot for Naso- and Oropharyngeal COVID-19 Screening». *Scientific Reports* 14 (enero):142. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50291-1>.
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. 2019. *A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines*. Comisión Europea. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341.
- Hislop, Jaime, Oren Tirosh, Mats Isaksson, John McCormick y Chrys Hensman. 2024. «Perceived Comfort and Tool Usability during Robot-Assisted and Traditional Laparoscopic Surgery: A Survey Study». *Journal of Robotic Surgery* 18: 15. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01785-7>.
- Hoey, Iain. 2024. «FLAIM Systems highlights immersive learning technology to boost recruitment in fire departments». *International Fire & Safety Journal*. <https://internationalfireandsafetyjournal.com/australian-fire-departments-adopt-immersive-learning-to-address-recruitment-challenges/>.
- Howard, John, Vladimir V. Murashov, Brian D. Lowe y Ming-Lun Lu. 2020. «Industrial Exoskeletons: Need for Intervention Effectiveness Research». *American Journal of Industrial Medicine* 63 (3): 201–8. <https://doi.org/10.1002/ajim.23080>.
- Hoy, Ryan F., Mohamed F. Jeebhay, Catherine Cavalin, Weihong Chen, Robert A. Cohen, Elizabeth Fireman, Leonard H. T. Go, Antonio León-Jiménez, Alfredo Menéndez-Navarro, Marcos Ribeiro y Paul-André Rosental. 2022. «Current Global Perspectives on Silicosis -Convergence of Old and Newly Emergent Hazards». *Respirology (Carlton, Vic.)* 27 (6): 387. <https://doi.org/10.1111/resp.14242>.
- HSE Network. 2020. «The Potential Applications and Benefits of Drones in Health and Safety». <https://www.hse-network.com/the-potential-applications-and-benefits-of-drones-in-health-and-safety/> (HSE Network, 2020).
- Huang, Chao, Chunlei Wang, Tayyaba Rani, y Syed Aziz Ur Rehman. 2024. «Digitalization's Role in Shaping Climate Change, Renewable Energy, and Technological Innovation for Achieving Sustainable Development in Top Asian Countries». *Energy & Environment (junio)* 0958305X241258799. <https://doi.org/10.1177/0958305X241258799>.
- Hughes, Claretha, Lionel + "Jr" Robert, Kristin Frady y Adam Arroyos. 2019. «Artificial Intelligence, Employee Engagement, Fairness, and Job Outcomes». En *Managing Technology and Middle- and Low-skilled Employees (The Changing Context of Managing People)*. Emerald Publishing Limited, pp. 61-68. <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/150204>.
- IFR, s.f. «Standardization». IFR Federación Internacional de Robótica. <https://ifr.org/standardisation>. Consultado el 14 Febrero de 2025.
- IKAB. 2022. «New Technology Makes LKAB's Mines in Sweden Even Safer». <https://lkab.com/en/press/new-technology-makes-lkabs-mines-safer/> (LKAB, 2022).
- Indradewa, Rhian, y Agustinus Ayung Prasetio. 2023. «The Influence of Flexible Working Arrangements and Work-Life Balance on Job Satisfaction: A Double-Layered Moderated Mediation Model». *Jurnal Ekonomi dan Bisnis* 26 (2): 449–476. <https://doi.org/10.24914/jeb.v26i2.9551>.

- Internet Society. 2015. The Internet of Things: An Overview. Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/IJOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf> (Internet Society, 2015).
- IOSH. 2023. «Everyone's Talking about Exoskeletons – but Do They Live up to Their Hype?» <https://iosh.com/news-and-opinion/exoskeletons-in-the-workplace> (IOSH, 2023).
- Ishwarappa, y J. Anuradha. 2015. «A Brief Introduction on Big Data SVs Characteristics and Hadoop Technology». *Procedia Computer Science* 48: 319–24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.04.188>.
- Jarrahi, Mohammad Hossein, Mareike Möhlmann y Min Kyung Lee. 2023. «Algorithmic Management: The Role of AI in Managing Workforces». *MIT Sloan Management Review*, abril. <https://sloanreview.mit.edu/article/algorithmic-management-the-role-of-ai-in-managing-workforces/>.
- Javed, Nashra, Tasneem Ahmed, Mohammad Faisal y Halima Sadia. 2023. Workplace Cyberbullying in the Remote-Work Era: A New Dimension of Cyberology. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/371927675_Workplace_Cyberbullying_in_the_Remote-Work_Era_A_New_Dimension_of_Cyberology.
- Jensen, Beth. 2024. «Exploring the Complex Ethical Challenges of Data Annotation». <https://hai.stanford.edu/news/exploring-complex-ethical-challenges-data-annotation>. 10 de julio de 2024.
- Jose, Carla. 2023. «How Could AI Robots Free Up Teachers' Time in Education? 6 Possibilities». *Robotlab Blog*. (blog) 30 de junio de 2023. <https://www.robotlab.com/blog/how-could-ai-robots-free-up-teachers-time-in-education-6-possibilities>.
- Judge, Ladan. 2023. «What Is Forced Labor in the Technology Industry Supply Chain?» <https://www.z2data.com/insights/what-is-forced-labor-in-the-technology-industry-supply-chain> (Z2Data, 2023).
- Kanellakis, Christoforos, y George Nikolakopoulos. 2017. «Survey on Computer Vision for UAVs: Current Developments and Trends». *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 87: 141–68. <https://doi.org/10.1007/s10846-017-0483-z>.
- Kantor J., Sundaram A., Aufrichtig A., Taylor R. 2022. «Workplace Productivity: Are You Being Tracked». *The New York Times*.
- Katwala, Amit. 2017. «Making Factories Safer with VR, Smart Clothes and Robots». 2017. <https://www.imeche.org/news/news-article/making-factories-safer-with-vr-smart-clothes-and-robots>.
- Kelan, Elisabeth K. 2024. «Algorithmic Inclusion: Shaping the Predictive Algorithms of Artificial Intelligence in Hiring». *Human Resource Management Journal* 34 (3): 694–707. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12511>.
- Ken Institute. 2024. «Safety Risks and Accident Causes with Workplace Robots». *Health and Safety*. <https://keninstitute.com/safety-risks-and-accident-causes-with-workplace-robots/>
- Kirpestein, Frans, Laszlo Bax, David Chadima, Noa van Breevoort, y Harry Dobbs. s.f. EXOSKELETONS. Future Exoskeleton Technology Application by 2030. https://northsearegion.eu/media/24407/exskallerate_fore sight-1.pdf (Interreg North Sea Region Exskallerate European Union Development Fund).
- Korfmacher, S. (2019). The relevance of cybersecurity for functional safety and HCI. En V. Duffy (Ed.), *Digital human modeling and applications in health, safety, ergonomics and risk management human body and motion HCII 2019 lecture notes in computer science*. 11581. Springer.
- Kourttesis, P., S. Collina, L. A. A. Dumas y S. E. MacPherson. 2019. «Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology». *Frontiers in Human Neuroscience* 13: 417. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>. Kronos. 2018. «Employee Scheduling».
- Kuster, Christian J, Maxie Kohler, Sarah Hovinga, Christian Timmermann, Georg Hamacher, Kathrin Buerling, Lirong Chen, Nicola J. Hewitt y Thomas Anft. 2023. «Pesticide Exposure of Operators from Drone Application: A Field Study with Comparative Analysis to Handheld Data from Exposure Models». *ACS Agricultural Science & Technology* 3 (12): 1125–30. <https://doi.org/10.1021/acsagstech.3c00253>.
- Landrigan, Philip, Stephan Bose-O'Reilly, Johanna Elbel, Gunnar Nordberg, Roberto Lucchini, Casey Bartrem, Philippe Grandjean, Donna Mergler, Dingani Moyo, Benoit Nemery, Margrit von Braun y Dennis Nowak en nombre del Collegium Ramazzini. 2022. «Reducing Disease and Death from Artisanal and Small-Scale Mining (ASM) - the Urgent Need for Responsible Mining in the Context of Growing Global Demand for Minerals and Metals for Climate Change Mitigation». *Environmental Health* 21 (1): 78. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00877-5>.
- Lasfargue, Y., y S. Fauconnier. 2015. «Enquête 2015 Sur Les Impacts Du Télétravail» [2015 Survey on the Impacts of Telework]". https://data.over-blog-kiwi.com/1/91/16/72/20160203/ob_b739ff_2015-05-25-synthse-enquete-tltravail-ob.pdf. Obergo. Consultado el 13 Febrero de 2025.
- Li, Lan, Tina Lassiter, Joohee Oh y Min Kyung Lee. 2021. «Algorithmic Hiring in Practice: Recruiter and HR Professional's Perspectives on AI Use in Hiring». En *AIES '21 Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462531>.
- Licardo, Josip Tomo, Mihael Domjan y Tihomir Orehovački. 2024. «Intelligent Robotics - A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends. *Electronics* 13 (3): 542. <https://doi.org/10.3390/electronics13030542>.
- Marklin, Richard W. Jr., Ashley M. Toll, Eric H. Bauman, John J. Simmins, John F. LaDisa Jr. y Robert Cooper. 2022. «Do Head-Mounted Augmented Reality Devices Affect Muscle Activity and Eye Strain of Utility Workers Who Do Procedural Work? Studies of Operators and Manhole Workers». *Human Factors* 64 (2): 305–23. <https://doi.org/10.1177/0018720820943710>.
- Mateescu, Alexandra, y Aiha Nguyen. 2019. «Algorithmic Management in the Workplace». *Data & Society*. https://datasociety.net/wp-content/uploads/2019/02/DS_Algorithmic_Management_Explainer.pdf.
- Mehta I, Hsueh HY, Taghipour S, Li W, Saeedi S. UV Disinfection Robots: A Review. *Rob Auton Syst*. Marzo de 2023;161:104332. doi: 10.1016/j.robot.2022.104332.
- McAllister, Megan J., Patrick A. Costigan, Joshua P. Davies, y Tara L. Diesbourg. 2022. «The Effect of Training and Workstation Adjustability on Teleworker Discomfort during the COVID-19 Pandemic». *Applied Ergonomics* 102 (julio):103749. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103749>.
- McKendrick, Joe. 2019. «Automation And AI Actually Relieve Workplace Stress, And Customers Will Notice». <https://www.forbes.com/sites/joemckendrick/2019/07/29/automation-and-ai-actually-relieve-workplace-stress-and-customers-will-notice/> (Forbes, 2019).
- Mikołajczyk, Tadeusz, Dariusz Mikołajewski, Adam Kłodowski, Andrzej Łukaszewicz, Emilia Mikołajewska, Tomasz Paczkowski, Marek Macko y Marika Skornia. 2023. «Energy Sources of Mobile Robot Power Systems: A Systematic Review and Comparison of Efficiency». *Applied Sciences* 13 (13): 7547. <https://doi.org/10.3390/app13137547>.
- Milanez, A., A. Lemmens, and C. Ruggiu. 2025. «Algorithmic Management in the Workplace: New Evidence from an OECD Employer Survey». *OECD Artificial Intelligence Papers*, No. 31. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/287c13c4-en>.

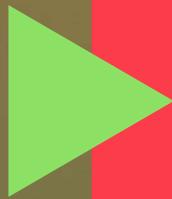
- Moore, Phoebe V. 2018. *The Quantified Self in Precarity: Work, Technology and What Counts*. Routledge & CRC Press. 2018. <https://www.routledge.com/The-Quantified-Self-in-Precarity-Work-Technology-and-What-Counts/Moore/p/book/9780367872908>.
- Moncada, N. (4 de diciembre de 2024). *La STPS implementa Inteligencia Artificial para inspecciones laborales más eficientes*. *Metro Noticias*.
- Muldoon, James, Mark Graham, y Callum Cant. 2024. *Feeding the Machine. The Hidden Human Labour Powering AI*. Bloomsbury Publishing.
- Murray, Rachel. 2024. «Potential Benefits and Barriers of AI in the Workforce» She+ Geeks Out (blog). 7 de mayo de 2024. <https://www.shegeekout.com/articles/potential-benefits-and-barriers-of-ai-in-the-workforce/>.
- Naciones Unidas/OIT. 2024. *Mind the AI Divide. Shaping a Global Perspective on the Future of Work*. <https://www.ilo.org/publications/major-publications/mind-ai-divide-shaping-global-perspective-future-work> (Naciones Unidas y Organización Internacional del Trabajo, 2024).
- O'Brien, Stuart. 2023. «The Potential Impacts of AI on Workplace Health and Safety». *Occupational Safety and Health Forum* (blog). 20 de junio de 2023. <https://oshforum.co.uk/briefing/the-potential-impacts-of-ai-on-workplace-health-and-safety/>.
- O'Connor, Siobhan. 2021. «Exoskeletons in Nursing and Healthcare: A Bionic Future». *Clinical Nursing Research* 30 (8): 1123–26. <https://doi.org/10.1177/10547738211038365>.
- OECD, s.f. «Digitalisation and the Environment». OCDE. Consultado el 21 Febrero de 2025. <https://www.oecd.org/en/topics/digitalisation-and-the-environment.html>.
- Oh, Heeseok, y Wookho Son. 2022. «Cybersickness and Its Severity Arising from Virtual Reality Content: A Comprehensive Study» *Sensors* 22 (4): 1314. <https://doi.org/10.3390/s22041314>.
- OIE 2023. Bienestar y la salud mental en el trabajo <https://www.ioe-emp.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=159738&token=9469fd87d72390d6c2fe494eed7dc4d6d3fd3401> (OIE, 2023).
- ———. 2024. Los efectos de la inteligencia artificial en el trabajo y el empleo (OIE - Revisión de políticas). <https://www.ioe-emp.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=160483&token=b20f659739088aa974bdc3f78b5d8bf1fc5e67f1> (OIE, 2024).
- OIT. 2018. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Working Time and the Future of Work*. ILO Future of Work Research Paper Series. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo (Organización Internacional del Trabajo, 2018).
- ———. 2019. Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencia. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_protect/%40protrav/%40safework/documents/publication/wcms_687617.pdf (Organización Internacional del Trabajo, 2019).
- ———. 2021a. Digital Platforms and the World of Work in G20 Countries: Status and Policy Action. Paper Prepared for the Employment Working Group under Italian G20 Presidency (2021). <https://www.ilo.org/publications/digital-platforms-and-world-work-g20-countries-status-and-policy-action> (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
- ———. 2021b. Exposure to Hazardous Chemicals at Work and Resulting Health Impacts: A Global Review. <https://www.ilo.org/publications/exposure-hazardous-chemicals-work-and-resulting-health-impacts-global> (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
- ———. 2021c. Teleworking Arrangements during the COVID-19 Crisis and Beyond. <https://www.ilo.org/publications/teleworking-arrangements-during-covid-19-crisis-and-beyond> (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
- ———. 2021d. El trabajo a domicilio. De la invisibilidad al trabajo decente. <https://www.ilo.org/es/publications/major-publications/el-trabajo-domicilio-de-la-invisibilidad-al-trabajo-decente> (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
- ———. 2021e. Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo El papel de las plataformas digitales en la transformación del mundo del trabajo. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40dgreports/%40dcomm/%40publ/documents/publication/wcms_823119.pdf (Organización Internacional del Trabajo, 2021).
- ———. 2022. The Algorithmic Management of Work and Its Implications in Different Contexts. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-work-and-its-implications-different-contexts> (Organización Internacional del Trabajo, 2022).
- ———. 2023. Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality. <https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and> (International Labour Organization, 2023).
- ———. 2024a. Informe sobre el Diálogo Social 2024: Peak-Level Social Dialogue for Economic Development and Social Progress (resumen ejecutivo en español: *El diálogo en el más alto nivel para el desarrollo económico y el progreso social*). <https://www.ilo.org/publications/flagship-reports/social-dialogue-report-2024-peak-level-social-dialogue-economic-development> (Organización Internacional del Trabajo 2024).
- ———. 2024b. Heat at work: Implications for Safety and Health. https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILO_OSH_Heatstress-R16.pdf (Organización Internacional del Trabajo 2024).
- ———. 2024c. Hacer realidad el trabajo decente en la economía de plataformas. <https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/ILC113-V%281%29-%5BWORKQ-231121-002%5D-Web-SP.pdf> (Organización Internacional del Trabajo 2024).
- OIT/Comisión Europea. 2024. Algorithmic Management Practices in Regular Workplaces: Case Studies in Logistics and Healthcare. <https://www.ilo.org/publications/algorithmic-management-practices-regular-workplaces-case-studies-logistics> (Organización Internacional del Trabajo y Comisión Europea, 2024).
- OIT/Eurofound. 2017. Working Anytime, Anywhere: The Effects on the World of Work. <https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2017/working-anytime-anywhere-effects-world-work> (Organización Internacional del Trabajo y Eurofound, 2017).
- OIT/OMS. 2021. Healthy and Safe Telework. Technical Brief. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240040977> (Organización Internacional del Trabajo y Organización Mundial de la Salud, 2021).
- OMS. 2024. «WHO Launches an Innovative Virtual Reality Training Tool on Ship Sanitation Inspection». <https://www.who.int/europe/news/item/03-01-2024-who-launches-an-innovative-virtual-reality-training-tool-on-ship-sanitation-inspection> (Organización Mundial de la Salud, 2024).
- Owen-Hill, Alex. 2022. «Five Highly Dangerous Jobs That Robots Can Do Safely». En *Smart Manufacturing*, 415–18. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119846642.other8>.
- Ozkan, Erdal. 2024. «Drones for Spraying Pesticides—Opportunities and Challenges». <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-540>.
- Parajuly, Keshav, Ruediger Kuehr, Abhishek Kumar Awasthi, Colin Fitzpatrick, Josh Lepawsky, Elisabeth Smith, Rolf Widmer y Xianlai Zeng. 2019. *Future E-Waste Scenarios*. StEP (Bonn), UNU ViE-SCYCLE (Bonn) & UNEP IETC (Osaka). https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7440/FUTURE_E-WASTE_SCENARIOS_UNU_190829_low_screen.pdf.

- Park, Hanjun, Sunwook Kim, Maury A. Nussbaum y Divya Srinivasan. 2022. «Effects of Using a Whole-Body Powered Exoskeleton during Simulated Occupational Load-Handling Tasks: A Pilot Study». *Applied Ergonomics* 98 (enero):103589. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103589>.
- Parker, Kim. 2023. «About a Third of U.S. Workers Who Can Work from Home Now Do so All the Time». Pew Research Center (blog). 30 de marzo de 2023. <https://www.pewresearch.org/short-reads/2023/03/30/about-a-third-of-us-workers-who-can-work-from-home-do-so-all-the-time/>.
- Patel, Ela, Shady Saikali, Anya Mascarenhas, Marcio Covas Moschovas, y Vipul Patel. 2023. «Muscle Fatigue and Physical Discomfort Reported by Surgeons Performing Robotic-Assisted Surgery: A Multinational Survey». *Journal of Robotic Surgery* 17: 2009–18. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01608-9>.
- Persson, Marcus, David Redmalm y Clara Iversen. 2021. «Caregivers' Use of Robots and Their Effect on Work Environment – a Scoping Review» *Journal of Technology in Human Services* 40 (3): 251–77. <https://doi.org/10.1080/15228835.2021.2000554>.
- Petersen, Búi K, James Chowhan, Gordon B Cooke, Ray Gosine y Peter J Warriar. 2023. «Automation and the Future of Work: An Intersectional Study of the Role of Human Capital, Income, Gender and Visible Minority Status». *Economic and Industrial Democracy* 44 (3): 703–27. <https://doi.org/10.1177/0143831X221088301>.
- Piasna, Agnieszka. 2024. «Digitalisation and Job Quality-the Evidence». <https://www.socialeurope.eu/digitalisation-and-job-quality-the-evidence> (Social Europe, 28 de febrero de 2024).
- Pillenger, Jane. 2023. «It's Not Part of the Job. The Role of Social Partners in Preventing Third-Party Violence and Harassment at Work». <https://www.epsu.org/article/its-not-part-job> (EPSU, 15 de septiembre de 2023).
- PWC. 2020. «PwC's Study into the Effectiveness of VR for Soft Skills Training». <https://www.pwc.co.uk/issues/technology/immersive-technologies/study-into-vr-training-effectiveness.html> (PwC, 2020).
- Rafique, Sajid, Shaikh Masud Rana, Niclas Bjorsell, y Magnus Isaksson. 2024. «Evaluating the Advantages of Passive Exoskeletons and Recommendations for Design Improvements». *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering* (11 de marzo). <https://doi.org/10.1177/20556683241239875>.
- Ragno, Luca, Alberto Borboni, Federica Vannetti, Cinzia Amici y Nicoletta Cusano. 2023. «Application of Social Robots in Healthcare: Review on Characteristics, Requirements, Technical Solutions». *Sensors* 23 (15): 6820. <https://doi.org/10.3390/s23156820>.
- Rani, Uma, Morgan, Williams, and Nora Gobel. [En prensa]. «The Human Cogs in the AI Machine: Experiences of Data Annotation and Content Moderation Workers in the BPO Sector in India and Kenya». ILO Working Paper.
- Rani, Uma, and Rishabh Kumar Dhir. 2024. «AI-Enabled Business Model and Human-in-the-Loop (Deceptive AI): Implications for Labor». In *Handbook of Artificial Intelligence at Work*, editado por Martha García-Murillo, Ian MacInnes, and Andrea Renda, 47–75. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800889972.00011>.
- Rawat, R., y R. Yadav. 2021. «Big Data: Big Data Analysis, Issues and Challenges and Technologies». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1022: 012014. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1022/1/012014>.
- Rebelo, Glória, Antonio Almeida y Joao Pedra. 2024. «Telework and Work Intensity: Insights from an Exploratory Study in Portugal during the COVID-19 Pandemic». *Administrative Sciences* 14 (1): 14. <https://doi.org/10.3390/admsci14010014>.
- Richarz, Hans-Udo, Arturo Tamayo, Jan Rahmig, Timo Siepman y Jessica Barlinn. 2023. «The Impact of Mechanical Devices for Lifting and Transferring of Patients on Low Back Pain and Musculoskeletal Injuries in Health Care Personnel - A Systematic Review and Meta-analysis». *Journal of Occupational Health* 65 (1): e12423. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12423>.
- Robots.com. 2017. «Industrial Robots Can Prevent Exposure to Chemicals And...». <https://www.robots.com/articles/industrial-robots-can-prevent-exposure-to-chemicals-and-health-problems-of-workers> (Robots.com, 2017).
- Robotnik. 2022. «What is advanced robotics? Retrieved from Robotnik». <https://robotnik.eu/what-is-advanced-robotics-advanced-industrial-robotics/>
- Rohwer, Elisabeth, Joelle-Cathrin Flöther, Volker Harth y Stefanie Mache. 2022. «Overcoming the 'Dark Side' of Technology - A Scoping Review on Preventing and Coping with Work-Related Technostress». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (6): 3625. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063625>.
- run:ai. s.f. «What Is a Machine Learning Engineer? The Ultimate Guide». <https://www.run.ai/guides/machine-learning-engineering>. Consultado el 21 Febrero de 2025.
- Saad, Lydia. 2023. «More U.S. Workers Fear Technology Making Their Jobs Obsolete». <https://news.gallup.com/poll/510551/workers-fear-technology-making-jobs-obsolete.aspx> (Gallup.Com, 11 September 2023).
- Sabino, Inês, Maria do Carmo Fernandes, Cátia Cepeda, Cláudia Quaresma, Hugo Gamboa, Isabel L. Nunes y Ana Teresa Gabriel. 2024. «Application of Wearable Technology for the Ergonomic Risk Assessment of Healthcare Professionals: A Systematic Literature Review». *International Journal of Industrial Ergonomics* 100 (marzo):103570. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103570>.
- Safetytech Accelerator. 2024. *Delivering Safety Innovation. Advancing Occupational Safety and Health through Emerging Technologies.* <https://safetytechaccelerator.org/downloads/report-delivering-safety-innovation/> (Safetytech Accelerator, 2024).
- Samek Lodovici, Manuela, Elena Ferrari, Emma Paladino, Flavia Pesce, Pietro Frecassetti, Eliat Aram, y Kari Hadjivassiliou. 2021. *The Impact of Teleworking and Digital Work on Workers and Society.* [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU\(2021\)662904](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2021)662904) (Parlamento Europeo, 2021).
- Sánchez-Medina, Agustín J., Inmaculada Galván-Sánchez y Margarita Fernández-Monroy. 2020. «Applying Artificial Intelligence to Explore Sexual Cyberbullying Behaviour». *Heliyon* 6 (1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03218>.
- Seoul Metropolitan Government. 2021. «*Seoul Adopts AI & IoT Safety Management to Prevent Construction and Building Accidents*». September 24, 2021. <https://english.seoul.go.kr/seoul-adopts-ai-iot-safety-management-to-prevent-construction-and-building-accidents/>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2024). *Programa de Inspección 2024*. Secretaría del Trabajo, Gobierno de México.
- Selenko, Eva, Sarah Bankins, Mindy Shoss, Joel Warburton, y Simon Lloyd D. Restubog. 2022. «Artificial Intelligence and the Future of Work: A Functional-Identity Perspective. *Current Directions in Psychological Science* 31 (3): p. 272–79. <https://doi.org/10.1177/09637214221091823>.
- Shirmohammadi, Melika, Wee Chan Au y Mina Beigi. 2022. «Remote Work and Work-Life Balance: Lessons Learned from the Covid-19 Pandemic and Suggestions for HRD Practitioners». *Human Resource Development International* 25 (2): 163–81. <https://doi.org/10.1080/13678868.2022.2047380>.
- Smart, Andrew, Sonja Schmer-Galunder, Mark Diaz, Ding Wang, Erin van Liemt, Atoosa Kasirzadeh y Ellis Monk. 2024. «Discipline and Label: A WEIRD Genealogy and Social Theory of Data Annotation». 16 de julio de 2024. <https://arxiv.org/pdf/2402.06811>.

- Smids, Jilles, Sven Nyholm, y Hannah Berkers. 2020. «Robots in the Workplace: A Threat to - or Opportunity for - Meaningful Work?» *Philosophy & Technology* 33: 503–22. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00377-4>.
- Smith, Alex Nelson. 2019. «Finite Element Analysis of Traumatic Brain Injury Due to Small Unmanned Aircraft System Impacts on the Human Head». Theses and Dissertations, 2286. <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/2286>.
- Soori, Mohsen, Behrooz Arezoo, y Roza Dastres. 2023. «Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning in Advanced Robotics, a Review». *Cognitive Robotics* 3: 54–70. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.001>.
- Souchet, Alexis D., Domitile Lourdeaux, Alain Pagani y Lisa Rebenitsch. 2023. «A Narrative Review of Immersive Virtual Reality's Ergonomics and Risks at the Workplace: Cybersickness, Visual Fatigue, Muscular Fatigue, Acute Stress, and Mental Overload». *Virtual Reality* 27: 19–50. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00672-0>.
- Srinivasan, Babji, Mohd Umair Iqbal, Mohammed Aatif Shahab y Rajagopalan Srinivasan. 2022. «Review of Virtual Reality (VR) Applications To Enhance Chemical Safety: From Students to Plant Operators». *ACS Chemical Health & Safety* 29 (3): 246–62. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.2c00006>.
- Stanney, Kay, Ben D. Lawson, Bas Rokkers, Mark Dennison, Cali Fidopiastis, Thomas Stoffregen, Séamas Weech y Jacqueline M. Fulvio. 2020. «Identifying Causes of and Solutions for Cybersickness in Immersive Technology: Reformulation of a Research and Development Agenda». *International Journal of Human-Computer Interaction* 36 (19): 1783–1803. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1828535>.
- Star Knowledge. 2022. «Advantages and Disadvantages of Wearable Technology». (blog) 12 de julio de 2022. <https://star-knowledge.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-wearable-technology-in-the-workplace/>.
- State of Qatar, Ministry of Labour. 2022. «Ministry of Labour Launches Training Program for Inspectors Using VR Technology». 2022. <https://www.mol.gov.qa/En/mediacenter/Pages/NewsDetails.aspx?itemid=65>.
- Stefan, Hans, Michael Mortimer, y Ben Horan. 2023. «Evaluating the Effectiveness of Virtual Reality for Safety-Relevant Training: A Systematic Review». *Virtual Reality* 27 (4): 2839–69. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00843-7>.
- Steidelmüller, Corinna, Sophie-Charlotte Meyer, y Grit Müller. 2020. «Home-Based Telework and Presenteeism Across Europe». *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 62 (12): 998-1005. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001992>.
- Stoltz, Marie-Hélène, Vaggelis Giannikas, Duncan McFarlane, James Strachan, Jumyung Um y Rengarajan Srinivasan. 2017. «Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers». *IFAC-PapersOnLine* 50 (1): 12979–84. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>.
- Su, Hao, Antonio Di Lallo, Robin R. Murphy, Russell H. Taylor, Brian T. Garibaldi y Axel Krieger. 2021. «Physical Human-Robot Interaction for Clinical Care in Infectious Environments». *Inteligencia Artificial en la Naturaleza* (3): 184–86. <https://doi.org/10.1038/s42256-021-00324-z>.
- Sun, Jianmin, Hongzhou Shen, Syed Ibn-ul-Hassan, Amir Riaz y Aura Emanuela Domil. 2022. 'The Association between Digitalization and Mental Health: The Mediating Role of Wellbeing at Work'. *Frontiers in Psychiatry* 13 (agosto): 934357. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.934357>.
- Tamers, Sara L., Jessica Streit, René Pana-Cryan, Tapas Ray, Laura Syron, Michael A. Flynn, Dawn Castillo, Gary Roth, Charles Geraci, Rebecca Guerin, Paul Schulte, Scott Henn, Chia-Chia Chang, Sarah Felkner y John Howard. 2020. «Envisioning the Future of Work to Safeguard the Safety, Health, and Well-Being of the Workforce: A Perspective from the CDC's National Institute for Occupational Safety and Health». *American Journal of Industrial Medicine* 63 (12): 1065–84. <https://doi.org/10.1002/ajim.23183>.
- Tao, Yanqiu, Debbie Steckel, Jiří Jaromír Klemeš y Fengqi You. 2021. «La tendencia hacia las conferencias virtuales e híbridas puede ser una estrategia eficaz para mitigar el cambio climático». *Nature Communications* 12 (1): 7324. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27251-2>.
- teal. s.f. 'Do Machine Learning Engineers Have a Good Work-Life Balance?' Consultado el 14 de febrero de 2025. <https://www.tealhq.com/work-life-balance/machine-learning-engineer>.
- Tegtmeier, Patricia, Corinna Weber, Sabine Sommer, Anita Tisch y Sascha Wischniewski. 2022. «Criterios y directrices para un diseño del trabajo centrado en el ser humano en un mundo laboral transformado digitalmente: Findings from a Formal Consensus Process». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (23): 15506. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315506>.
- The Alan Turing Institute. 2024. «AI for bureaucratic productivity: Measuring the Potential of AI to Help Automate 143 Million UK Government Transactions». <https://www.turing.ac.uk/news/publications/ai-bureaucratic-productivity-measuring-potential-ai-help-automate-143-million-uk> (The Alan Turing Institute, 2024).
- The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Department for Business, Energy & Industry Strategy. 2020. The Safety of Domestic Virtual Reality Systems. A Literature Review. BEIS Research Paper Number 2020/038. RPN 4527. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f763502d3bf7f7c2bcf9eb9/safety-domestic-vr-systems.pdf>.
- Timbó, Rafael. 2023. «Pros and Cons of Artificial Intelligence». <https://www.revelo.com/blog/pros-and-cons-of-ai> (Revelo, 2023).
- TISK. 2022. «Turkiye's Journey To Zero Accidents» <https://www.tisk.org.tr/project/745/turkiyes-journey-to-zero-incident.html> (TISK, 2022).
- Tucker, Sarah, Soundarya Jonnalagadda, Cheryl Beseler, Aaron Yoder y Ann Fruhling. 2024. «Exploring Wearable Technology Use and Importance of Health Monitoring in the Hazardous Occupations of First Responders and Professional Drivers». *Journal of Occupational Health* 66 (1): e12423. <https://doi.org/10.1093/joccu/uhad002>.
- UNI Global Union. 2022. 'H&M Workers Protected under First Digitalization Agreement with Ver.Di'. UNI Global Union (Blogs). 2022. <https://uniglobalunion.org/news/hm-workers-protected-under-first-digitalization-agreement-with-ver-di/>.
- Vallée, Alexandre. 2024. «Exoskeleton Technology in Nursing Practice: Assessing Effectiveness, Usability, and Impact on Nurses' Quality of Work Life, a Narrative Review». *BMC Nursing* 23 (1): 156. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01821-3>.
- Vorecol. 2024. «The Role of AI in Enhancing Fatigue and Stress Management Software Solutions». Consultado el 12 de febrero de 2025. <https://vorecol.com/blogs/blog-the-role-of-ai-in-enhancing-fatigue-and-stress-management-software-solutions-168445>.
- Wang, Pei. 2019. «On Defining Artificial Intelligence». *Journal of Artificial General Intelligence* 10 (2): 1–37. <https://doi.org/10.2478/jagi-2019-0002>.
- Wee, Ian Jun Yan, Li-Jen Kuo, y James Chi-Yong Ngu. 2020. «A Systematic Review of the True Benefit of Robotic Surgery: Ergonomics». *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 16 (4): e2113. <https://doi.org/10.1002/rcs.2113>.
- Williams, Abigail. 2019. «Reality Check: How AR Can Improve Efficiency in Logistics». *Automotive Logistics*, 15 de abril de 2019. <https://www.automotivelogistics.media/materials-handling/reality-check-how-ar-can-improve-efficiency-in-logistics/37943.article>.

- Williams, Adrienne. 2022. "The Exploited Labor Behind Artificial Intelligence". <https://www.noemamag.com/the-exploited-labor-behind-artificial-intelligence> (Noema, 2022).
- Wilson Center. 2021. «The DRC Mining Industry: Child Labor and Formalization of Small-Scale Mining». <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/drc-mining-industry-child-labor-and-formalization-small-scale-mining> (Wilson Center, 2021).
- Witkowski et al. 2024. «Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: ethical concerns and opportunities for patient-centered care». BMC Medical Ethics. <https://bmcmethics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12910-024-01066-4>
- Yan, Xiaojing, Yangyang Zhou, Xiaohui Liu, Daibin Yang y Huizhu Yuan. 2021. «Minimizing Occupational Exposure to Pesticide and Increasing Control Efficacy of Pests by Unmanned Aerial Vehicle Application on Cowpea». Applied Sciences 11 (20): 9579. <https://doi.org/10.3390/app11209579>.
- Yan, Xuzhong, Heng Li, Angus R. Li y Hong Zhang. 2017. «Wearable IMU-Based Real-Time Motion Warning System for Construction Workers' Musculoskeletal Disorders Prevention». Automation in Construction 74: 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.11.007>
- Yang, Guang-Zhong, Bradley J. Nelson, Robin R. Murphy, Howie Choset, Henrik Christensen, Steven H. Collins, Paolo Dario, Ken Goldberg, Koji Ikuta, Neil Jacobstein, Danica Kragic, Russell H. Taylor, y Marcia McNutt. 2020. «Combating COVID-19—The Role of Robotics in Managing Public Health and Infectious Diseases». Science Robotics 5 (40): eabb5589. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abb5589>.
- Yorita, Akihiro, Simon Egerton, Carina Chan y Naoyuki Kubota. 2023. «Chatbots and Robots: A Framework for the Self-Management of Occupational Stress». ROBOMECH Journal 10: 24. <https://doi.org/10.1186/s40648-023-00261-z>.
- Zamanian, Ehsan. 2023. Environmental Sensors; Comprehensive Guide 2024. Neuroject. 8 de noviembre de 2023. <https://neuroject.com/environmental-sensors/>.
- Zapier. 2021. «Zapier Report: The 2021 State of Business Automation». https://zapier.com/blog/state-of-business-automation-2021/?src_trk=em6693d85424df84.518838661470729023 (Zapier, 2021).
- Zelik, Karl E., Cameron A. Nurse, Mark C. Schall Jr, Richard F. Seseck, Matthew C. Marino y Sean Gallagher. 2022. «An Ergonomic Assessment Tool for Evaluating the Effect of Back Exoskeletons on Injury Risk». Applied Ergonomics 99 (febrero):103619. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103619>.
- Zhu, R., Song, R., Wang, Y., Wang, H., y Dong, X. 2021. «Automated Workers' Ergonomic Risk Assessment in Manual Material Handling Using sEMG Wearable Sensors and Machine Learning». ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/355449113>.





**Occupational Safety and Health and
Working Environment Branch (OSHE)
Governance and Tripartism
Department (GOVERNANCE)**

International Labour Office
Route des Morillons 4
1211 Geneva 22
Switzerland

T: +41 (0) 22 799 61 11
E: oshe@ilo.org