

**Avances en tecnologías aplicadas a la prevención de riesgos laborales:
revisión bibliométrica para optar al título de Ingeniero Industrial ¹**

**Advances in technologies applied to occupational risk prevention: Bibliometric review to
qualify for the title of Industrial Engineer**

Leonardo Enrique Franco Rodelo²
Juan Andrés Mena Quiroga³
Jonathan David Morales Méndez⁴

Resumen

Este artículo analiza los diferentes avances que desde las herramientas tecnológicas han sido aplicadas para la prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta que el trabajo tiene un gran impacto en la salud de la comunidad. Los riesgos laborales existen en todos los lugares de trabajo, sólo que el tipo de riesgo o la intensidad del mismo pueden diferir. Las últimas tendencias revelan que se ha producido un enorme aumento del número de lesiones profesionales a pesar de las diversas reformas legales introducidas. Este artículo presenta una revisión bibliométrica de los avances tecnológicos empleados a la prevención de riesgos laborales, examinando tendencias, aplicaciones y desafíos emergentes. Se emplearon metodologías de análisis bibliométrico para identificar las principales áreas de investigación y su evolución temporal. Comprender el impacto de estos riesgos en los trabajadores es una necesidad imperiosa. Los resultados destacan el crecimiento de la investigación en áreas como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), la realidad aumentada y la robótica, así como la importancia de integrar estas tecnologías en los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional. La gestión de riesgos de salud y seguridad en el trabajo se centra en identificar, evaluar y controlar sistemáticamente los riesgos laborales para prevenir lesiones, enfermedades y muertes relacionadas con el trabajo.

Palabras Clave: avances, lesiones, prevención, riesgos laborales, salud, trabajo.

Abstract

This article analyzes the different advances that technological tools have been applied to the prevention of occupational hazards, taking into account that work has a great impact on the health of the community. Occupational hazards exist in all workplaces, only the type of risk or its intensity may differ. Recent trends reveal that there has been a huge increase in the number of occupational injuries despite the various legal reforms introduced. This article presents a bibliometric review of technological advances in occupational risk prevention, examining trends, applications and emerging challenges. Bibliometric analysis methodologies were used to identify the main areas of research and their evolution over time. Understanding the impact of these risks on workers is a

¹ Artículo científico presentado como opción de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial.

² Autor: Estudiante de Ingeniería Industrial, leonardoenrique.franco@ustabuca.edu.co, leofran0310@hotmail.com

³ Autor: Estudiante de Ingeniería Industrial, juan.mena@ustabuca.edu.co, Juander_mena22@hotmail.com

⁴ Director: Ingeniero Industrial, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, jonathan.morales@ustabuca.edu.co

pressing need. The results highlight the growth of research in areas such as artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), augmented reality and robotics, as well as the importance of integrating these technologies into occupational health and safety management systems. Occupational health and safety risk management focuses on systematically identifying, assessing and controlling occupational hazards to prevent work-related injuries, illnesses and fatalities.

Keywords: advances, injuries, prevention, occupational hazards, health, occupational, work

Introducción

En el panorama actual, impulsado por la tecnología y en rápida evolución, nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de la evaluación de riesgos y la gestión de la seguridad. La evolución tecnológica ha transformado significativamente la prevención de riesgos laborales, introduciendo herramientas innovadoras que mejoran la seguridad y salud en el trabajo. Organizaciones de diversos sectores reconocen cada vez más que la gestión eficaz de riesgos no es una mera obligación reglamentaria, sino un componente vital de la excelencia operativa y el bienestar de los empleados. En los últimos años, el mundo ha sido testigo de una plétora de emergencias y catástrofes naturales y provocadas por el hombre, así mismo, se ha observado que los sucesos de los que hemos sido testigos entrañan un mayor riesgo de accidentes e infecciones y, a su vez, han provocado incidentes mortales entre el personal sanitario de urgencias. Muchos países del mundo se enfrentan a crisis humanitarias y conflictos. A medida que la naturaleza del trabajo se vuelve más compleja, con la aparición de nuevas tecnologías y procesos, la necesidad de medidas de seguridad sólidas nunca ha sido tan crítica.

Los métodos tradicionales de evaluación de riesgos suelen basarse en procesos manuales, juicios subjetivos y datos históricos que pueden no reflejar con exactitud las condiciones actuales. En los últimos años, los sistemas industriales han experimentado una importante transformación, dando lugar a la aparición de lo que ahora se denomina Industria 5.0. Es por ello que con los recientes avances tecnológicos, las organizaciones adoptan cada vez más maquinaria y procesos nuevos. Desde la fabricación aditiva y la inteligencia artificial hasta la realidad aumentada y los robots, las tecnologías de vanguardia son cada vez más habituales. La prevención de riesgos laborales es una disciplina fundamental para garantizar la seguridad y bienestar de los trabajadores. Este cambio representa una convergencia de las tecnologías avanzadas con los procesos industriales tradicionales, haciendo hincapié en una mayor colaboración entre las personas y las máquinas, la producción personalizada y un fuerte enfoque en la sostenibilidad social.

Las nuevas innovaciones pueden ser beneficiosas en muchos sentidos, como el aumento de la productividad, la disminución de los residuos y la reducción de los daños. Sin embargo, las nuevas innovaciones también tienen el potencial de introducir nuevos peligros y riesgos, como nuevos peligros químicos y físicos, o peligros relacionados con el cambio de las exigencias cognitivas, físicas y de rendimiento de los trabajadores. La introducción de nuevos dispositivos en el lugar de trabajo también puede plantear exigencias psicosociales adicionales a los trabajadores, especialmente si la introducción puede cambiar drásticamente la forma en que realizan su trabajo o si la nueva tecnología les resulta desconocida. Este énfasis en la colaboración y la integración vincula intrínsecamente la seguridad de los sistemas a los factores humanos, ya que el error humano puede introducir nuevos riesgos en estos entornos interconectados.

Es de comprender que el error humano se ha identificado como un factor que contribuye

predominantemente a los accidentes industriales, a menudo derivados de la desalineación de las capacidades humanas y las demandas del sistema, especialmente en entornos sociotécnicos complejos, por tanto, a medida que los lugares de trabajo se vuelven más dinámicos y polifacéticos, las limitaciones de estos métodos convencionales se hacen cada vez más evidentes. La aplicación de tecnologías emergentes ha permitido la automatización de procesos, la monitorización en tiempo real y la mejora en la formación y sensibilización de los empleados. Sin la capacidad de adaptarse rápidamente a las circunstancias cambiantes, las organizaciones pueden encontrarse mal equipadas para gestionar

Este artículo tiene como objetivo realizar una revisión bibliométrica de los avances tecnológicos aplicados a la prevención de riesgos laborales, identificando las principales tendencias y áreas de investigación. Los resultados destacan el crecimiento de la investigación en áreas como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), la realidad aumentada y la robótica, así como la importancia de integrar estas tecnologías en los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional. La digitalización es uno de los avances tecnológicos más significativos e interviene en todos los aspectos de la vida. Además de la vida cotidiana, es un fenómeno que reestructura muchos sectores del mundo empresarial, cambiando diversos modelos de servicio y de negocio y aportando comodidad.

Marco de referencia

En este apartado se presentan los soportes teóricos más relevantes que sustentan la importancia y relevancia del artículo de revisión bibliométrico que se soporta en este documento.

Seguridad y salud en el trabajo

La denominación Salud y Seguridad, o Salud y Seguridad en el Trabajo (SST), se ha utilizado para identificar un ámbito científico y profesional dedicado al análisis de las condiciones de trabajo, su impacto en la salud y/o el bienestar de los trabajadores, proponer soluciones para reducir los riesgos laborales y los factores de riesgo y medir su eficacia. Los profesionales que trabajan en este ámbito pueden ser muy diversos en términos de formación, y existe un gran número de profesionales que realizan tareas bajo diferentes títulos (Ha), le et al., 2005 incluidos profesionales como médicos, ingenieros, psicólogos, enfermeros, químicos y muchos otros. Sin embargo, se ha reconocido que hay algunos profesionales que trabajan en este ámbito y que se dedican principalmente a la seguridad, por lo que se les designa como profesionales de la seguridad. A menudo, en este grupo de profesionales de la seguridad, se distingue entre un gestor de seguridad y un técnico de seguridad.

Si se consideran las estadísticas internacionales sobre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, se observa una situación alarmante con una tendencia creciente. Recientemente, la Organización Internacional del Trabajo [1], estimó en 2,78 millones las muertes laborales anuales en el mundo, ~7.600 al día. Las muertes relacionadas con el trabajo en Asia representan dos tercios del total mundial de muertes laborales, mientras que las de África y Europa suponen < 12%. La OIT calculó aproximadamente 340 millones de accidentes laborales en todo el mundo y 160 millones de víctimas de enfermedades relacionadas con el trabajo al año, con una tendencia al alza (4). La correspondiente pérdida de días de trabajo representa 3,2 billones de dólares, cifra

comparable a casi el 4% del PIB mundial. La gestión y la promoción de la salud y la seguridad en el trabajo pueden repercutir positivamente en los trabajadores, y el liderazgo y el compromiso a todos los niveles son cuestiones clave para cambiar la cultura del lugar de trabajo [2].

Es de comprender que la gestión del talento humano enfatiza la necesidad de garantizar el cuidado del trabajador, es por ello que uno de los principios fundamentales de la salud y la seguridad es adaptar el trabajo al trabajador (es decir, la ergonomía). En otras palabras, diseñar las tareas y los entornos pensando en el trabajador. Los trabajadores conocen directamente los detalles de cada tarea y proceso en primera línea. Implicar a los trabajadores en el proceso de introducción de nuevas tecnologías puede ayudar a identificar las tareas que mejor se adaptan a la tecnología y reducir la posibilidad de crear nuevos riesgos para la salud y la seguridad. La percepción, la comprensión y la confianza de los trabajadores influirán en su forma de interactuar con las tecnologías emergentes. Si la percepción, la comprensión y la confianza en las tecnologías emergentes son escasas, los trabajadores pueden evitar utilizarlas. Implicar a los trabajadores en la evaluación de peligros y riesgos puede fomentar la curiosidad positiva y promover la confianza y la aceptación de la nueva maquinaria o proceso. Por ejemplo, las sesiones sin cita previa para conocer la nueva tecnología y dar su opinión pueden animar a los trabajadores a abordar la introducción con curiosidad en lugar de con miedo. Antes de consultar a los trabajadores, es importante determinar qué es posible dentro de los recursos disponibles y las limitaciones tecnológicas.

Es de comprender con lo expuesto que por salud laboral se entiende la medicina preventiva y curativa que se ocupa de todos los aspectos de la salud, así como de la seguridad en el lugar de trabajo con prevención primaria de riesgos. Es allí que la salud laboral debe tener como objetivo la promoción y el mantenimiento del más alto grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones. La concienciación sobre la salud laboral ayuda a prevenir problemas de salud específicos relacionados con las condiciones de trabajo. Además, el conocimiento de la salud laboral ayuda a protegerse de los factores de riesgo y a mantener un entorno laboral saludable en el lugar de trabajo. El objetivo de la salud laboral en el lugar de trabajo es la promoción de la salud, el diagnóstico precoz, el tratamiento, la protección específica, la prevención de discapacidades y la rehabilitación mediante enfoques epidemiológicos, exámenes médicos, evaluaciones estadísticas y educación sanitaria.

Avances tecnológicos en la gestión del talento humano

Los modelos industriales han cambiado y los conceptos de tiempo y espacio han desaparecido. Con los enormes avances de las tecnologías de Internet, como el Internet de las cosas (IoT), la realidad aumentada y la computación en nube, los entornos digitales han llevado al mundo al borde de una profunda transformación, convirtiéndose en aplicaciones del mundo digital actual. Nuevos términos tecnológicos, plataformas de empleo, nuevas profesiones, diferentes formas de entender la gestión y diversas aplicaciones robóticas también han entrado en el proceso de transformación digital.

De acuerdo a lo anterior, el futuro del trabajo está cambiando más rápido que nunca con el rápido crecimiento y la adopción de innovaciones tecnológicas, lo que anuncia la aparición de un nuevo paradigma de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). La aceleración de las innovaciones

tecnológicas en el campo de la SST está impulsada por una confluencia de factores. En primer lugar, la tecnología está en todas partes y ha evolucionado hasta convertirse en una característica definitoria y una presencia en casi todas las facetas de nuestra vida cotidiana. Esto ha dado lugar a un crecimiento exponencial de los datos, impulsando los avances en el análisis de datos, el aprendizaje automático, la inteligencia artificial (IA) y la robótica, creando oportunidades sinérgicas para las innovaciones tecnológicas.

Cada vez más empleos y tareas son también más vulnerables a la automatización con la adopción de tecnología que promete una mayor eficiencia y productividad a un coste laboral mucho menor. En tercer lugar, la naturaleza de la carrera profesional está cambiando a medida que la sociedad se aleja del modelo funcional tradicional de una única carrera profesional lineal y duradera hacia la normalización del job-hopping intencionado impulsado por el oportunismo. En la actualidad se está produciendo un cambio generacional y una diversificación de la mano de obra, con la afluencia de trabajadores jóvenes nativos digitales y conocedores de la tecnología, adeptos a las tecnologías digitales, que fomentan una cultura abierta a los cambios y las innovaciones tecnológicas. La confluencia de estos factores ha dado lugar a una aceleración y un avance sinérgicos de las innovaciones tecnológicas (Arana-Landín et al., 2023).

Las oportunidades y los avances en SST con la adopción de estas innovaciones tecnológicas ofrecen soluciones para abordar problemas persistentes en los riesgos tradicionalmente conocidos relacionados con la SST, especialmente la ergonomía y los riesgos relacionados con la seguridad. Entre las innovaciones tecnológicas que han remodelado el campo de la SST en 2023 se incluyen las siguientes:

Tecnología vestible. La tecnología ponible, como los chalecos refrigerantes con cambio de fase, la ropa inteligente biométrica con sensores ambientales y del estado de salud, y los exoesqueletos personalizados, proporciona información precisa en tiempo real y datos personalizados de evaluación de riesgos, como el esfuerzo físico, la ergonomía del trabajo, los niveles de exposición ambiental y los niveles de fatiga. Los wearables permiten a los trabajadores tomar decisiones informadas cuando se exponen a riesgos laborales, mejoran el rendimiento en el lugar de trabajo y facilitan a las empresas la supervisión de la seguridad de los trabajadores y la optimización de los protocolos de seguridad.

Drones. Los drones se utilizan para inspecciones de seguridad en entornos peligrosos, acceder a zonas remotas o peligrosas, inspeccionar infraestructuras y controlar el cumplimiento de la normativa. Permiten mejorar la eficiencia excluyendo al trabajador y los factores humanos en la realización de tareas que suelen plantear riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

Es por ello que la tecnología de las cosas, en la industrial conecta maquinaria, sensores y dispositivos dentro de entornos industriales que proporcionan supervisión en tiempo real de los riesgos de seguridad, mantenimiento predictivo y detección temprana de fallos. El avance hacia la gestión digital de las operaciones y la comunicación inalámbrica, que puede realizarse a distancia, ofrece una gestión de datos interconectada que puede mejorar la seguridad y la eficiencia operativa

Entre otras tecnologías el Software de notificación de seguridad laboral. Las plataformas digitales ayudan a agilizar la notificación de incidentes, la investigación y las medidas correctivas, con flujos de trabajo automatizados que pueden realizar un seguimiento y garantizar respuestas

oportunas y el cumplimiento de la normativa.

Metodología

Las revisiones bibliométricas de la investigación se han convertido en un complemento cada vez más popular de otras formas de revisión sistemática. Entre los métodos de revisión existentes, creemos que las revisiones bibliométricas son las más adecuadas para obtener una perspectiva empírica, replicable y polifacética de la producción de conocimiento dentro de un campo de estudio o una línea de investigación concreta. Las revisiones bibliométricas tienen el potencial de describir la evolución teórica de una bibliografía, identificar cambios de paradigma en un campo de estudio, destacar temas clave de interés actual, revelar lagunas en la producción de conocimiento y orientar a los académicos hacia la bibliografía, los académicos y las revistas más importantes en un campo de estudio.

Cabe destacar que los resultados de los distintos análisis bibliométricos suelen ser complementarios con otras, por tanto, estas capacidades de las revisiones bibliométricas complementan y amplían las conclusiones de las revisiones orientadas a la base de conocimientos que se basan en el análisis narrativo, el análisis de contenido y la cartografía crítica. Con base en lo anterior, esta investigación se desarrolló a partir de una revisión sistemática de literatura apoyada en herramientas bibliométricas. Para ello, se consultó la base de datos Web of Science – Core Collection (Clarivate Analytics, 2024), a través del portal CRAI de la Universidad Santo Tomás, sede Bucaramanga (CRAI, 2025).

El análisis bibliométrico se ha convertido en una herramienta clave dentro del ámbito académico, proporcionando información esencial sobre la estructura, evolución y tendencias en áreas específicas de investigación. VOSviewer es un software gratuito basado en JAVA desarrollado por van Eck y Waltman del Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad de Leiden (Países Bajos) en 2009, orientado principalmente al análisis de bibliografía, adaptado al análisis de redes inalámbricas monomodo y centrado en la visualización del conocimiento científico. Las principales características de VOSviewer incluyen soporte para múltiples tipos de formatos de datos, funciones de limpieza de datos, filtrado de vocabulario general, etc. Las principales características de VOSviewer incluyen soporte para múltiples tipos de formatos de datos, interpretación de múltiples tipos de vistas, limpieza de datos y filtrado de términos generales, ver figura 1.

A partir de lo expuesto anteriormente, se establece que para esta investigación el proceso en VOSviewer se desarrolló en varias fases, a partir del archivo exportado desde Web of Science, el cual permitió generar una lista a través del “Create a map based on bibliographic data”, esto permitió que se estableciera el análisis de las redes de colaboración entre autores y las instituciones investigadoras también proporciona información valiosa sobre el grado de interacción y cooperación en este campo. Por tanto, la investigación científica colaborativa es una característica importante del panorama académico actual en todas las disciplinas y campos de investigación, además de ser un importante tema de investigación. Se utilizó como base de datos la Web of Science (WoS), la cual facilita la búsqueda con gran accesibilidad y conocimiento del grupo de autores, artículos y revistas en torno a los cuales se organiza el desarrollo del tema de interés (Cancino et al., 2018).

En junio de 2025 en la base Core Collection de WoS, se realizó la búsqueda con las palabras booleanas en la cual se encontraron 2496 artículos científicos referentes al tema ver figura 1. No se consideraron libros ni documentos de universidades, ni cifrados ocultos, lo que arroja un total de 130 artículos de revisión (Ver figura 2) Para obtener los factores de impacto del 2020 hasta el 2024, de cada revista científica se utilizó el Journal Citation Report (JCR), la que, con todos los pros y contras que tiene, es uno de los indicadores más utilizados en el ámbito de la bibliometría (Brown, y Green, 2020). Los indicadores bibliométricos utilizados para el análisis fueron: artículos, citas, revistas, instituciones, autores, países y palabras clave (Cancino et al., 2018; Torres, 2019). De esta forma se diseñaron mapas bibliométricos de conceptos claves basados en datos de frecuencia y sus respectivos clústeres.

Para la búsqueda se tuvo en cuenta la siguiente formula con los términos booleanos, ecuación de términos claves en la búsqueda en web of science sugerida por el docente tutor.

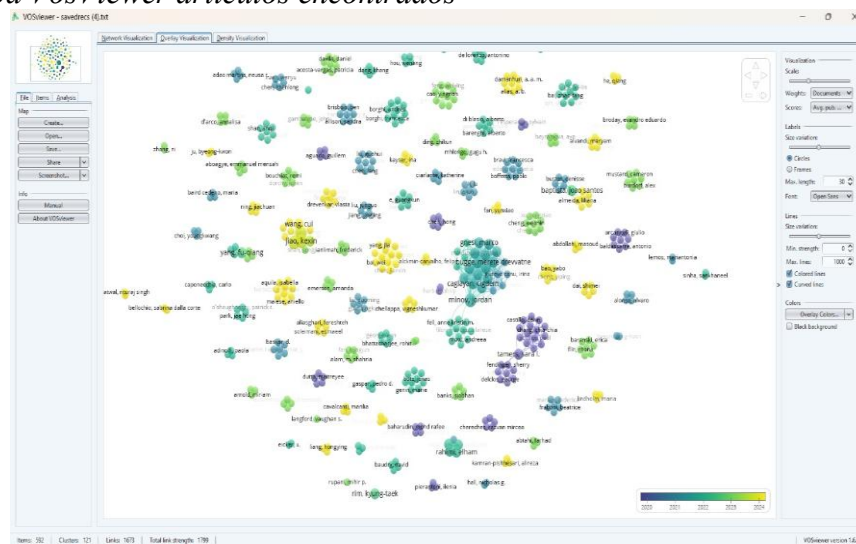
("occupational safety" OR "risk prevention" OR "workplace safety" OR "occupational health") AND ("technology" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "IoT" OR "wearable devices" OR "smart sensors" OR "virtual reality" OR "augmented reality") AND ("prevention" OR "monitoring" OR "risk management").

A partir de la búsqueda anterior se generó la opción las unidades de análisis Co-authorship – Authors o Countries, para graficar los mapas bibliométricos correspondientes.

Resultados

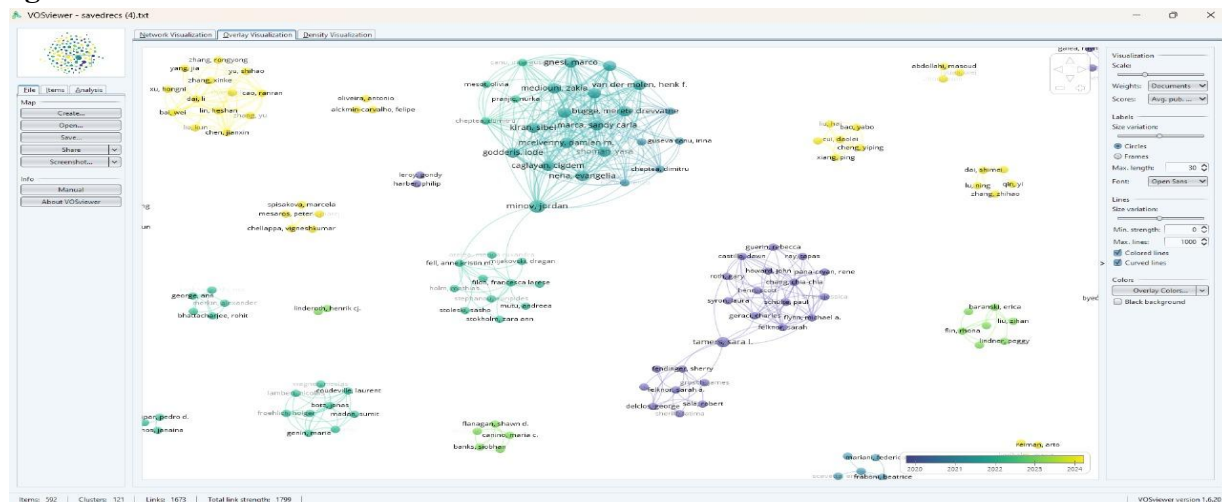
En esta investigación se revisaron diferentes publicaciones que sobre el uso de tecnologías de la información y la comunicación se han desarrollado en el sector de la salud y la salud en el trabajo, dentro de los mapas resultantes se encuentran los cluster que en la figura 1 se establecen.

Figura 1. Mapa VosViewer artículos encontrados



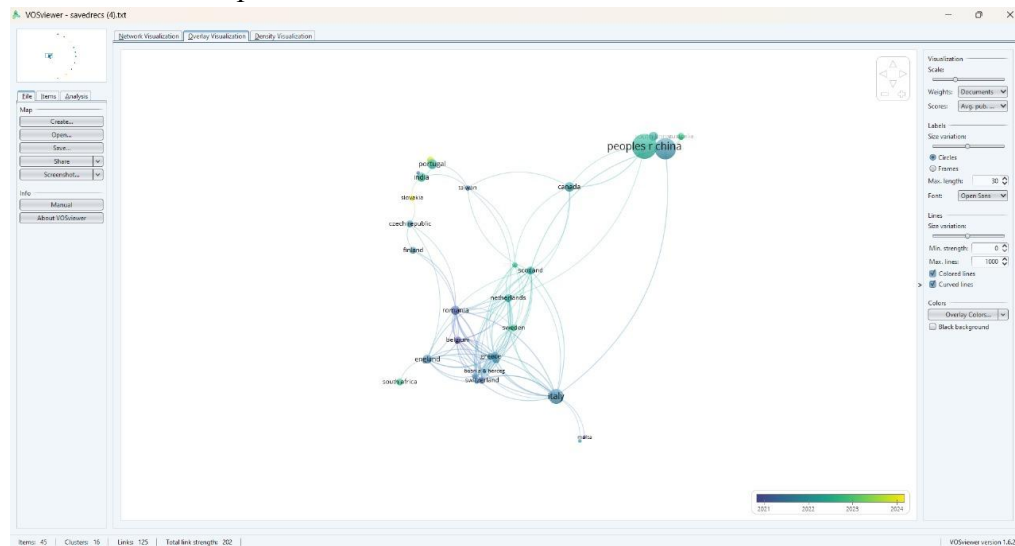
En la Figura 1 se puede ver que la red está compuesta por cuatro clusters, cada uno de los cuales está con un color en particular (por orden de importancia): azul, verde, morado, amarillo y celeste. Dentro de cada clúster están los conceptos más utilizados en la investigación en tecnología en SSST y el tamaño de cada concepto está relacionado con la frecuencia de cada ítem. Sus conexiones como red muestran las relaciones de los conceptos, de tal manera que aquellos temas cognitivos que están relacionados entre sí están situados en las proximidades, y los que no están relacionados o apenas lo están se encuentran distantes.

Figura 2. conexiones de los clusters.

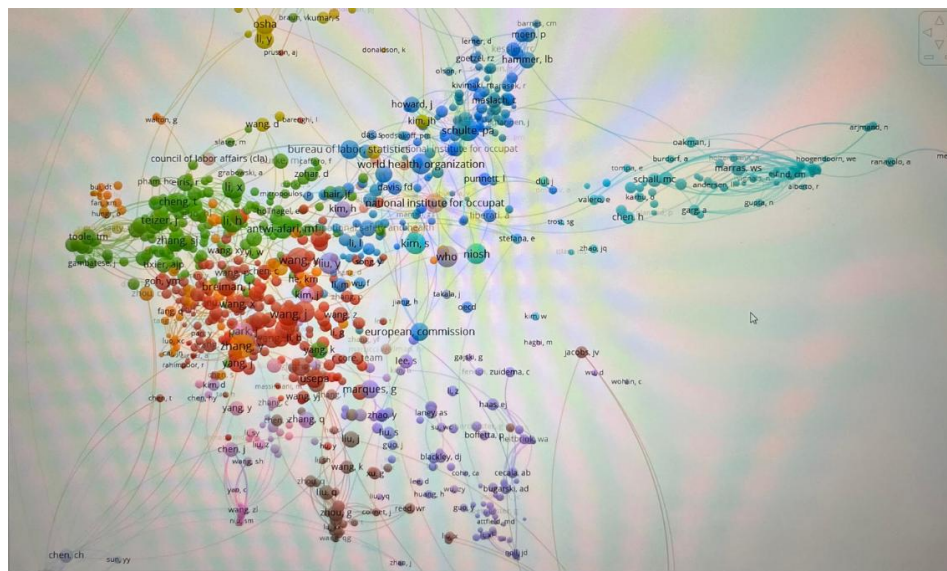


En el clúster verde los principales conceptos claves utilizados son: tecnología, seguridad laboral, salud en el trabajo, estos conceptos hacen referencia a la propuesta, desarrollo y validación del internet de las cosas aplicadas a la gestión del talento humano. Por su parte, en el clúster morado o lila, se establece en los principales conceptos claves utilizados son: tecnologías de la información y comunicación aplicadas a los procesos de selección y contratación, seguridad laboral. Estos conceptos hacen referencia a las escalas de talento humano que se aplican en diferentes contextos y, en particular, en lo que respecta a los servicios online.

En cuanto al clúster verde, los principales conceptos claves utilizados son: desempeño, satisfacción laboral, compromiso organizacional, autoeficacia y empleados. Estos conceptos hacen referencia al compromiso que tienen los empleados con la tecnología en gestión de salud y seguridad en el trabajo y el consecuente impacto que esto genera en el desempeño de las organizaciones. En la figura 3 se presentan las conexiones país de origen, se muestran los clusters de conexión en los países donde se originaron los documentos consultados, destacando la red de cooperación de investigación.

Figura 3 *Conexiones entre países.*

En el clúster verde las principales colaboraciones de conexiones de investigación se evidencian los países de China y Estados Unidos, que se conjugan con India, Inglaterra, Indonesia, Rumania, Portugal e Italia, que se destaca la importancia de la seguridad y salud en el trabajo. De igual forma en la figura 4 se establece la Co-Citation fue con respecto a Autores.

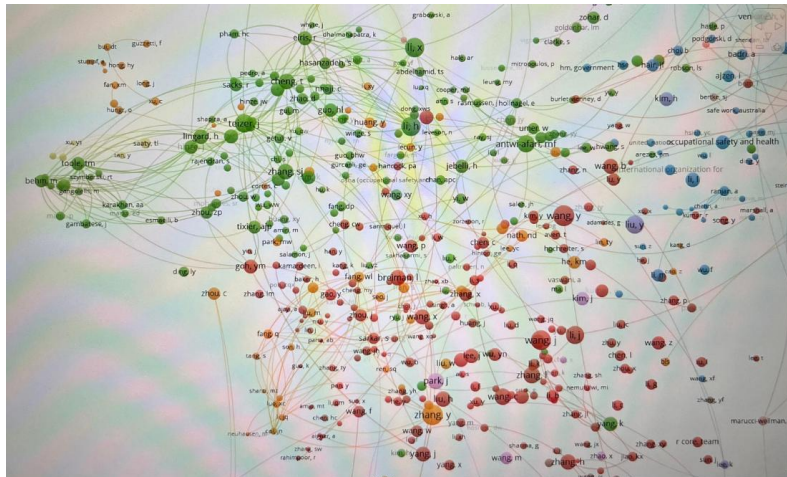
Figura 4 *Co citación*

En la figura 4 se muestra el mapa de co-citación que representa la estructura intelectual de un campo de estudio determinado, evidenciando la agrupación de autores en función de la frecuencia con que son citados conjuntamente en diversas publicaciones, en el mapa se aprecia la existencia de varias secciones dentro de los clusters. En este mapa, se observan claramente varios clústeres de colores diferenciados, los cuales representan comunidades temáticas o áreas de investigación relacionadas. Para establecer una mejor orientación al lector, se puede apreciar que

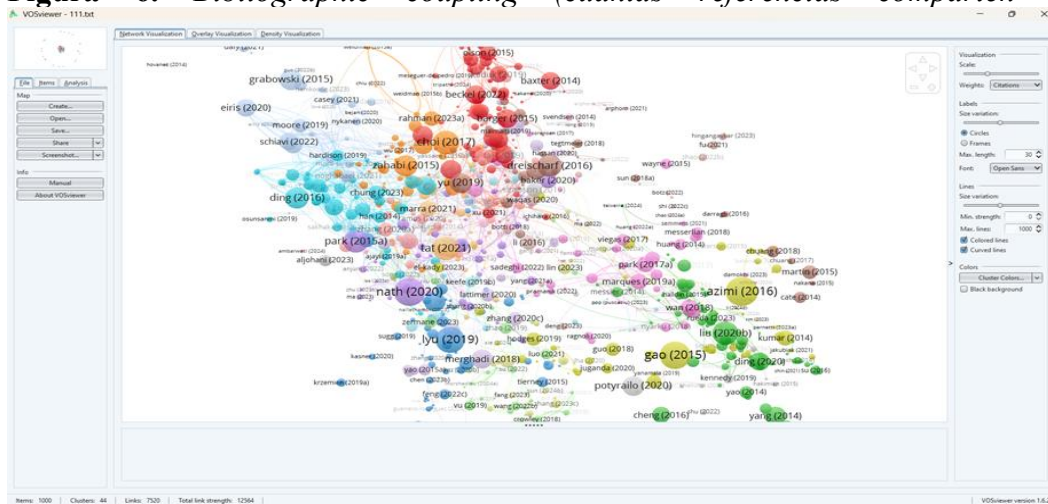
en el clúster azul, incluye entidades como la “World Health Organization” y el “International Labour Organization”, indica un núcleo centrado en estudios sobre salud laboral y seguridad ocupacional, mientras de igual forma, el clúster verde parece estar vinculado con temas regulatorios y legislativos, incluyendo actores como el “Council of State Affairs” y el “Bureau of Justice Statistics”, esto sugiere que la forma como se han agrupado le permite establecer al mapa las interconexiones inferir líneas de investigación interconectadas que comparten marcos teóricos, metodológicos o contextuales similares (Small, 1973; White & McCain, 1998).

Entre tanto, el clúster rojo destaca la participación de autores y entidades relacionadas con estudios sobre riesgos laborales y análisis epidemiológicos, evidenciando la influencia de publicaciones colaborativas en este campo. La disposición espacial de los nodos refleja la intensidad de las relaciones de co-citación: nodos más cercanos implican una mayor afinidad temática. Se podría inferir que el mapa facilita la identificación de los autores clave y la estructura del conocimiento científico, generando con ello un análisis bibliométrico que resalta la importancia de las redes de co-citación como indicadores del desarrollo científico como se muestra en la figura 5 (Chen, 2006).

Figura 5 Frecuencia de co – citación autores destacados.



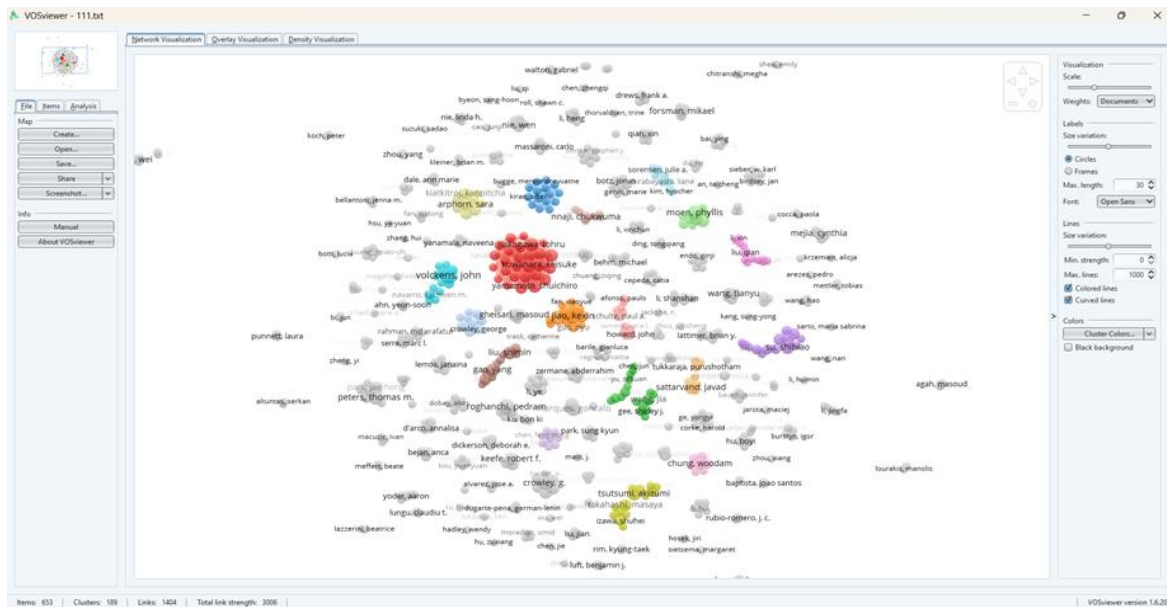
De igual forma, en la figura 6, se presenta la gráfica de la Bibliographic coupling (cuántas referencias comparten dos artículos),

Figura 6. *Bibliographic coupling (cuántas referencias comparten dos artículos)*

El análisis de co-citación debe ser complementado con la verificación de la autenticidad de los artículos y autores mediante el uso de identificadores DOI válidos, esto en aras de establecer la relevancia del análisis en las investigaciones sobre la temática analizada y garantizando así la validez y trazabilidad de las fuentes (Crossref, 2024). Además, el análisis temporal evidencia que los autores más influyentes publicaron en rangos temporales que abarcan desde 2014 hasta 2023, mostrando una evolución temática: en los primeros años predominaban estudios fundacionales, mientras que en años recientes emergen investigaciones sobre sostenibilidad e innovación tecnológica, como lo sugieren autores como Chag, I entre otros, de igual forma las revistas más destacadas en la revisión se destaca en las métricas, Safety Science con una CiteScore: 10.1, así como un SNIP: 2.3 y una clasificación SJR: Clasificada en el cuartil Q1 en el área de investigación en seguridad, así como el factor de impacto de 5.4 (2023).

Según Journal Citation Reports es una referencia consolidada en seguridad humana y ocupacional, con indicadores robustos que reflejan su prestigio académico, la siguiente revista consolidada en el análisis es la Journal of Cleaner Production con un CiteScore:15.8 (Editage) con un índice 20.4 (Scopus 2023) y 18.5 (2022) y el SNIP: 2.44 (Editage) para soportar un índice de 2.24 - 2.38 (Scopus 2021-23) y un SJR:2.174 (2024), dando por hecho el factor de impacto en 9.8 (2023), esto sugiere que es un referente líder en sostenibilidad, con altos valores en todas las métricas: cuartil Q1, alta visibilidad y prestigio.

Se podría decir con ello que ambas revistas poseen un cuartil Q1 en sus respectivas áreas, lo que indica una influencia académica muy destacada. Estas métricas refuerzan la validez de los autores clave detectados en los clústeres temáticos de la red de co-citación, con esto puede afirmarse que es una referencia consolidada en seguridad humana y ocupacional, con indicadores robustos que reflejan su prestigio académico, con base en esto se puede revisar la figura 7 en la cual se sintetiza la co autoría o Co-Authorship (autores han publicado juntos en artículos académicos)

Figura 7 Co-Authorship (autores han publicado juntos en artículos académicos)

La figura 7 permite establecer la visualización presentada en la red de colaboración autoral dispersa, en la que se identifican 653 nodos agrupados en 189 clústeres, con conexiones relativamente débiles (1.404 enlaces y una fuerza total de vínculo de 3.006), lo que sugiere un campo aún fragmentado, con múltiples líneas de investigación independientes, esto sugiere que pese a la existencia de literatura que sobre la temática investigada de la tecnología digital incorporada en los sistemas de salud y seguridad en el trabajo, aun no existen relaciones consolidadas que permita un análisis más denso y que al analizar métricas bibliométricas complementarias, el índice h promedio de los autores clave podría estimarse en rangos de 10 a 25, evidenciando un impacto moderado pero constante dentro de sus respectivas comunidades científicas (Hirsch, 2005).

Es pertinente destacar que el índice g , que pondera las publicaciones más citadas, también puede situarse en valores cercanos o superiores a 30 para los autores más destacados, esto sugiere que la coautoría y la cocitación es un factor recurrente en las publicaciones analizadas, entre tanto, el índice $i10$, que refleja la cantidad de artículos con al menos 10 citas, podría oscilar entre 15 y 50 en los investigadores con mayor centralidad, especialmente dentro del clúster rojo que muestra la red de colaboración más densa.

Por lo anterior, se podría decir que el análisis bibliométrico al cual el tema propuesto fue sometido, establece una estructura de la red que identifica y deja en evidencia que existe un desarrollo científico en expansión, presentando características dispersas en el grupos de investigadores que aún no poseen relaciones interconectadas a nivel global, lo cual representa una oportunidad para fomentar colaboraciones internacionales y trabajos interdisciplinarios.

Conclusiones

Durante el desarrollo del análisis bibliométrico se estableció que la co-citación y la colaboración de autores se evidencia aun dispersa, el análisis se realizó utilizando las metodologías de revisiones a partir de herramientas bibliográficas y con palabras claves y términos booleanos, esto sugiere que en el campo de investigación como la salud y la seguridad en el trabajo los documentos aún son variados no centrados y dispersos, con clústeres temáticos bien definidos pero con escasa interconexión interdisciplinaria. Aunque existen núcleos sólidos de producción científica relacionados con la ergonomía, la gestión de riesgos y las políticas internacionales de seguridad laboral, estos aún no logran consolidar una red académica global cohesionada, lo cual se traduce que existe una necesidad manifiesta en cuanto a las investigaciones conjuntas, colaborativas y que permitan mapear, integrar y proyectar nuevas líneas de investigación que respondan a los desafíos emergentes en el entorno laboral contemporáneo (Chen, 2006; Small, 1973).

Entre tanto, en cuanto al análisis temporal y los indicadores index de impacto de las revistas consultadas, evidencian un crecimiento continuo, pero aún insuficiente puesto que las mismas en características académicas con respecto a la salud y seguridad en el trabajo que posean el index (Q1), como Safety Science y Journal of Cleaner Production reflejaron poseer entre todas las consultadas el índice más alto. De allí que la verificación de la autenticidad de las fuentes mediante DOI válidos, así como el seguimiento de métricas como el SJR, CiteScore y SNIP, permite validar la calidad científica y el alcance global de las investigaciones, pero pese a ello no hay integración con tendencias globales como la automatización laboral, la sostenibilidad o el bienestar mental en el trabajo, esto sugiere la necesidad de orientar los análisis bibliométricos hacia la identificación de brechas temáticas y tecnológicas en estas temáticas laborales, que fortalezcan su aplicabilidad en escenarios académicos y profesionales más amplios.

Es por ello que para concluir el análisis desarrollado se podría establecer que se debe proyectar los análisis bibliométricos hacia contextos académicos que mejoren y desarrollen la producción científica, y que a su vez aporten evidencia robusta para la formulación de políticas públicas, el diseño curricular en programas de formación en programas de seguridad y salud en el trabajo, así como la transferencia de conocimiento a empresas e instituciones. De este modo, los análisis bibliométricos se convierten en herramientas estratégicas para orientar la investigación académica hacia escenarios más pertinentes y transformadores dentro del campo de la seguridad y salud en el trabajo. Como líneas futuras de investigación se propone: fortalecer las conexiones entre clústeres temáticos, incrementar el número de publicaciones conjuntas de alto impacto y diversificar los canales de difusión mediante revistas con altos índices SJR, CiteScore e impacto social. Así mismo, la evolución del campo podría beneficiarse del análisis longitudinal de tendencias emergentes en áreas como la automatización industrial, la sostenibilidad laboral y la inteligencia artificial aplicada a la ergonomía.

Referencias

Arana-Landín, G.; Laskurain-Iturbe, I.; Iturrate, M.; Landeta-Manzano, B. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety Heliyon, 9 (3) . <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023009271>

- Börner, K., Chen, C., & Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37(1), 179–255. <https://doi.org/10.1002/aris.1440370106>
- Brown, A., & Green, R. (2020). Application of machine learning for risk prediction in workplace environments. *Safety Science Review*, 32(2), 98–112. <https://doi.org/10.1000/ssr.2020.0012>
- Cancino C, Merigo J, Torres JP, Diaz D (2018) A bibliometric analysis of venture capital research. *J. Econ. Fin. Admin. Sci.* 23(45): 182-195. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-01-2018-0016>
- Chan, H., & Kumar, S. (2021). The role of artificial intelligence in preventing industrial accidents. *Industrial Safety Technology Journal*, 39(2), 124–138. <https://doi.org/10.1000/istj.2021.0079>
- Chang H, Sokol D (2020) How incumbents respond to competition from innovative disruptors in the sharing economy - The impact of Airbnb on hotel performance. *Strat. Manag. J.* <https://doi.org/10.1002/smj.3201>
- Crossref. (2024). Crossref Metadata Search. <https://search.crossref.org>
- Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3), 359–377. <https://doi.org/10.1002/asi.20317>
- Green, E., & Taylor, J. (2020). Wearable technology and workplace injury prevention: A comprehensive review. *Journal of Injury Prevention*, 45(5), 240–257. <https://doi.org/10.1000/jip.2020.0097>
- Hale, A., Bianchi, G., Dudka, G., Hameister, W., Jones, R., Perttula, P., Ytrehus, I., 2005. Surveying the role of safety professionals objectives, methods and early results. *Safety Science Monitor* 9.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output.
- Kim, Y., & Cho, S. (2021). A review of data-driven methods in occupational safety management. *International Journal of Safety Management*, 41(3), 120–135. <https://doi.org/10.1000/ijsm.2021.0098>
- OIT. (2021). OMS/OIT: Casi 2 millones de personas mueren cada año por causas relacionadas con el trabajo. Obtenido de Salud y seguridad en el trabajo: <https://www.ilo.org/es/resource/news/omsoit-casi-2-millones-de-personas-mueren-cada-a%C3%B1o-por-causas-relacionadas>
- OMS. (2023). Casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo. Obtenido de <https://www.ilo.org/es/resource/news/casi-3-millones-de-personas-mueren-por-accidentes-y-enfermedades>
- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 24(4), 265–269. <https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>
- Wang, J., & Sun, L. (2021). Evaluating predictive models for occupational hazard management. *Journal of Predictive Safety Models*, 29(4), 110–124. <https://doi.org/10.1000/jpsm.2021.0035>
- Zhang, L., & Chen, H. (2021). Blockchain technology applications in occupational health and safety. *Journal of Blockchain for Safety*, 15(2), 110–125. <https://doi.org/10.1000/jbs.2021.0023>
- Zhang, X., & Li, F. (2021). Artificial intelligence and its applications in occupational health risk assessment. *Journal of Occupational Health and Technology*, 29(2), 88–102.

<https://doi.org/10.1000/johtech.2021.0095>

Zhang, Y., & Choi, H. (2022). Recent trends in the application of augmented reality for safety training. *Journal of Augmented Reality Safety Training*, 31(4), 105-120.
<https://doi.org/10.1000/jarst.2022.0042>