



CONECTADOS Y SOBRECARGADOS: ¿CÓMO IMPACTA LA INDUSTRIA 4.0 EN LA SALUD MENTAL OCUPACIONAL?

Kevin Wilgner Costa Santos¹

Ruan Eduardo Carneiro Lucas^{2*}

Ivanildo Fernandes Araújo³

Jader Moraes Borges⁴

Resumen

La Industria 4.0 trajo tecnologías a los procesos de fabricación, creando Fábricas Inteligentes. Con esta automatización, algunas actividades vieron reducidas las demandas físicas, mientras que la carga de trabajo mental en los operadores aumentó. En este contexto, este artículo investiga la relación entre la cuarta revolución industrial y la salud mental ocupacional. El objetivo fue presentar un Diagrama de Bucle Causal (CLD), estructurado con base en una Revisión Sistemática de Literatura (SLR), que destaca las principales conexiones entre la Industria 4.0 y la salud mental. La metodología se dividió en cuatro etapas: (1) investigación exploratoria; (2) SLR siguiendo el protocolo PRISMA; (3) análisis descriptivo y de contenido; y (4) desarrollo de CLD. Los resultados indicaron que: (i) la adaptación a las nuevas demandas laborales se convirtió en una fuente de estrés; (ii) el uso de robots colaborativos aumentó la productividad pero creó nuevas demandas cognitivas y fuentes de estrés; y (iii) el estrés está directamente relacionado con la tensión en el desempeño de las tareas, la ansiedad y el agotamiento mental. Se concluye que los nuevos roles y exigencias surgidas de la cuarta revolución industrial pueden exceder la capacidad laboral de los trabajadores, generándose una relación directa entre el estrés mental y una disminución del rendimiento.

Palabras clave: Industria 4.0; Estrés mental; Tensión mental; Estrés laboral; Análisis de riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

Hasta la Tercera Revolución Industrial, los trabajadores necesitaban perfeccionar sus habilidades manuales y especializarse en cada acción operativa requerida para su puesto de trabajo, lo que resultaba en tareas menos complejas (Blandino, 2023). Con la introducción de nuevas tecnologías en los sistemas de producción desde la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0), la complejidad de las tareas de producción se ha transformado, requiriendo nuevas habilidades laborales.

La automatización inteligente y el proceso de digitalización impulsado por la Industria 4.0 han reducido la tensión física de los profesionales. Sin embargo, la acumulación de

¹Unidad Académica de Ingeniería Mecánica/UFCG. <https://orcid.org/0009-0001-9448-5699>.

²Unidad Académica de Ingeniería Mecánica/UFCG. <https://orcid.org/0000-0003-4749-4610>. *
ruan.eduardo@professor.ufcg.edu.br.

³Unidad Académica de Ingeniería de Producción/UFCG. <https://orcid.org/0000-0002-9491-8415>.

⁴Unidad Académica de Ingeniería Mecánica/UFCG. <https://orcid.org/0009-0008-0131-9845>.



funciones, la demanda de nuevas habilidades para realizar nuevas tareas y la monitorización constante de nuevos sistemas pueden generar estrés en los trabajadores debido a interfaces más complejas y a la evaluación continua, exhaustiva y en tiempo real (Blandino, 2023; Hijry et al., 2024).

Además, esta creciente automatización de los procesos de manufactura ha generado mayores demandas de carga mental para los trabajadores, pues ha demandado nuevas exigencias laborales, como la vigilancia prolongada, que requieren altos niveles de atención, resultando en picos de estrés y agotamiento mental (Wixted ; O'riordan ; O'sullivan , 2018).

Por lo tanto, la incorporación de tecnología a los procesos puede provocar que las demandas laborales superen la capacidad del trabajador para ejecutarlas o procesarlas, lo que incrementa las demandas cognitivas (Slazyk-sobol et al., 2021). Esto se debe a que, si bien los factores humanos se consideran junto con los aspectos tecnológicos en el diseño de los entornos laborales, las tareas se han vuelto cada vez más exigentes desde el punto de vista cognitivo (Faccio et al., 2023; Rescio et al., 2023).

La literatura científica sobre el tema reúne investigaciones que exploran la relación entre: (i) nuevas condiciones laborales y tensión mental; (ii) trabajo digital y niveles de estrés; (iii) características del contenido del trabajo y niveles de estrés; y (iv) contenido del trabajo, tensión y rendimiento (Kim; Kang; Park, 2021; Mariscal et al., 2023; Hijr et al., 2024; Klump et al., 2024). Sin embargo, existe un vacío científico respecto a los estudios que relacionan de forma holística las características de la Industria 4.0 con la salud mental de los profesionales. Por lo tanto, la introducción de soluciones metodológicas, como diagramas y marcos, constituye una alternativa importante.

Ante este escenario, este artículo propone investigar la relación entre la Cuarta Revolución Industrial y la salud mental ocupacional. Para ello, el objetivo general es presentar un Diagrama de Bucle Causal (DCA), estructurado a partir de una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), que destaca las principales relaciones entre la Industria 4.0 y la salud mental.

La DEC representa el enfoque cualitativo de la Dinámica de Sistemas (DS), lo que permite una visión holística de las relaciones entre variables (Lucas et al . , 2024). Hasta la fecha, no se han encontrado estudios en la literatura científica que utilicen este enfoque metodológico para explorar la relación entre la Cuarta Revolución Industrial y la salud mental. Además, esta investigación contribuye al campo al alinearse con el paradigma de la Industria 5.0, que coloca la dimensión humana en el centro del diseño de sistemas (Ma et al., 2025). En consecuencia, existe una creciente demanda de estudios que aborden aspectos mentales, como



el estrés y la tensión laboral, con el objetivo de prevenir enfermedades profesionales en nuevos contextos laborales (Tran et al., 2023).

Este artículo se estructura en cinco secciones, además de esta introducción. La segunda sección presenta la fundamentación teórica de esta investigación; la tercera sección, los procedimientos metodológicos empleados; la cuarta, los resultados; la quinta, la discusión; y, finalmente, la sexta sección, las conclusiones.

2. BASE TEÓRICA

2.1. Industria 4.0 y automatización

La cuarta revolución industrial se define principalmente por la interconexión que proporciona el Internet de las cosas (*IoT – Internet of Things*) y los avances en el uso inteligente de la información, con tecnologías cada vez más integradas en la “Manufactura Inteligente” y *la automatización* a través del uso de Inteligencia Artificial (IA) en la automatización industrial (Adriaensen; Decré; Pintelon, 2019).

Además de las tecnologías mencionadas, existe una tendencia creciente en la implementación de tecnologías de realidad virtual aumentada y *big data* (Blandino, 2023). Si bien la automatización se ha implementado a gran escala, la presencia de trabajadores humanos sigue siendo indispensable en las industrias manufactureras (Tran et al., 2023).

Así, la Industria 4.0 no sólo implica la adopción de nuevas tecnologías y una mayor automatización de las fábricas, sino también la transformación de empleos tradicionales en redes que interconectan personas, tecnologías, información y unidades de negocio (Adriaensen; Decré; Pintelon, 2019).

La llegada de la cuarta revolución ha transformado profundamente el paradigma del sector industrial. Actualmente, un componente fundamental de las fábricas inteligentes es la integración de tecnologías de vanguardia, como el análisis *de big data* y la analítica predictiva, que ofrecen oportunidades para mejorar la producción y la eficiencia operativa (Arif et al., 2024). Sensores, dispositivos y máquinas interconectados se utilizan para generar volúmenes cada vez mayores de *big data*, lo que permite la identificación de patrones, la optimización de procesos y una mejor calidad del producto (Hijry et al., 2024).

A medida que aumenta la cantidad de información generada en tiempo real, se implementan algoritmos y sistemas de Inteligencia Artificial que analizan estos datos y facilitan la toma de decisiones, y se vuelven cada vez más necesarios en las Fábricas Inteligentes. Esto



genera una creciente presión competitiva para implementar soluciones que promuevan la diferenciación competitiva (Adriaensen; Decré; Pintelon, 2019).

En este nuevo escenario, surgen preocupaciones sobre la salud y la seguridad de los trabajadores, quienes ahora se enfrentan a nuevas exigencias laborales, ya sea por la sustitución de robots automatizados o por un cambio de roles, pasando de operar líneas de producción a supervisar procesos de fabricación. Esto exige que los profesionales sean capaces de interpretar grandes volúmenes de información generada por las máquinas, lo que aumenta los niveles de fatiga y estrés mental en procesos que tradicionalmente no requerirían exigencias tan exhaustivas (Blandino, 2023).

Finalmente, destacamos la transición a la Industria 5.0, que surge como una evolución del paradigma de la Industria 4.0 y destaca por promover la colaboración entre humanos y máquinas inteligentes, con un enfoque en la personalización, la sostenibilidad y el bienestar social. Valora el papel central de las personas en los procesos de producción, buscando equilibrar los avances tecnológicos con la responsabilidad social y ambiental (Ma et al., 2025).

2.2. Salud mental: estrés y tensión

En términos médicos, el estrés es la respuesta del cuerpo humano a la presión física, mental o emocional, que produce cambios químicos que pueden acelerar la frecuencia cardíaca, elevar los niveles de azúcar en sangre o aumentar la presión arterial, acentuando así los signos fisiológicos generados por el estrés. Puede desencadenar sentimientos de frustración, ansiedad, ira o depresión (Mariscal et al., 2024).

También puede entenderse como la relación entre una persona y su entorno, de modo que el individuo percibe una injusticia, amenaza o desafío que puede comprometer su bienestar (Slazyk-sobol et al., 2021). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el estrés se produce cuando las exigencias laborales superan las capacidades de los trabajadores, y esta exposición repetida puede provocar estrés agudo o crónico, perjudicando tanto la salud mental como la física (Tran et al., 2023).

El contexto de la Industria 4.0, al someter a los profesionales a nuevas exigencias, genera incertidumbre, aumenta la incidencia del estrés y otros factores mentales. El trabajo de vigilancia constante, por ejemplo, que es una de las nuevas demandas laborales, constituye una fuente de carga mental, que agota rápidamente los recursos cognitivos de los trabajadores, generando altos niveles de estrés y tensión (Wixted; O'riordan; O'sullivan, 2018). Además, el Síndrome de Burnout, un fenómeno psicosocial directamente relacionado con el entorno laboral, también ha ganado notoriedad. Provoca una experiencia subjetiva negativa,



desencadenando pensamientos, sentimientos y actitudes desfavorables hacia el trabajo y las personas con las que interactúa el trabajador (Marques; Carlotto, 2024; Gil-Monte, 2010).

Las consecuencias de esta situación son perjudiciales, ya que resultan en una menor satisfacción laboral, un mayor ausentismo y una menor productividad laboral (Hijry et al., 2024). Los altos niveles de estrés y tensión pueden provocar distracciones, lo que provoca errores de producción, accidentes laborales o pérdida de eficiencia (Blandino , 2023).

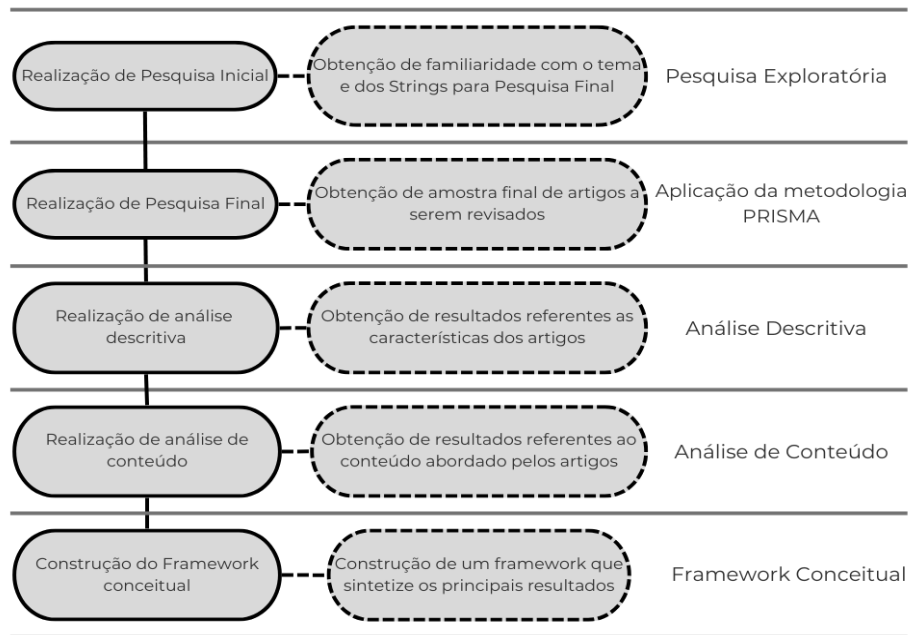
Esta correlación negativa entre la salud mental y el desempeño de los trabajadores es especialmente relevante porque, a medida que aumenta el estrés o la tensión, la calidad del desempeño tiende a caer y el tiempo para completar las tareas aumenta, generando impactos negativos en la eficiencia del sistema (Blandino , 2023).

Por ello, se hace imprescindible investigar los niveles de estrés, tensión y otros factores relacionados con la salud mental en el ámbito laboral, con el fin de promover mejoras en la salud de los trabajadores, ya sea eliminando fuentes de estrés o ofreciendo apoyo asistencial adecuado para mitigar los niveles existentes (Mariscal et al., 2024).

3. METODOLOGÍA

El marco metodológico adoptado se basó en investigaciones previas (Bispo y Amaral, 2024; Tan et al., 2023; Blandino , 2023) y se subdividió en cinco etapas, como se muestra en la Figura 1. Inicialmente, se realizó una investigación exploratoria sobre el tema. A continuación, se desarrolló una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) utilizando la metodología PRISMA. Posteriormente, se estructuraron el Análisis Descriptivo y el Análisis de Contenido. Finalmente, se desarrolló un *marco conceptual* para destacar las principales relaciones encontradas entre la Industria 4.0 y la salud mental.

Figura 1: Pasos metodológicos para el desarrollo de la investigación



Fuente: Autoría propia (2025)

3.1. Investigación exploratoria

Se realizó una investigación exploratoria para familiarizarse con el problema investigado y, sobre todo, para ayudar a definir las *cadenas* que se utilizarían en la SLR. Este paso es importante porque permite a los investigadores definir los términos de búsqueda de forma eficaz, lo que repercute positivamente en el desarrollo de la revisión (Bispo y Amaral, 2024).

Inicialmente, se realizó una búsqueda exploratoria en las bases de datos *Web of Science* y *Scopus*, vinculando los dos grupos que se muestran en la Tabla 1. Se eligieron estas bases de datos porque se utilizan en otras investigaciones (Bispo y Amaral, 2024). El Grupo 1 incluyó términos relacionados con la Industria 4.0, mientras que el Grupo 2 incluyó términos relacionados con la Salud Mental. Los grupos se asociaron mediante el operador OR para identificar el mayor número posible de artículos relacionados con cada grupo y, a partir de esto, determinar el conjunto ideal de palabras clave.

Tabla 1: *Cadenas* de búsqueda iniciales

Grupo 1: Industria 4.0	Grupo 2: Salud mental
("Industry 4.0" OR "The fourth industrial revolutions" OR "the 4th industrial revolution" OR "Smart Factory" OR "Smart Manufacturing" OR "Factory 4.0" OR "Smart Production" OR "Manufacturing 4.0" OR "Smart Industry" OR "Logistics 4.0" OR "Quality 4.0")	("Occupational Mental Disorders" OR "Workplace Psychological Disorders" OR "Mental Health Disorders in the workplace" OR "Occupational mental Health" OR "Workplace Mental Health" OR "Mental Health in workplace" OR "Occupational Anxiety" OR "Work-related Anxiety" OR "Job Anxiety" OR "Workplace Anxiety Disorder" OR "Occupational Depression" OR "Workplace Depression" OR "Occupational stress" OR "Job stress" OR "Workplace Stress")

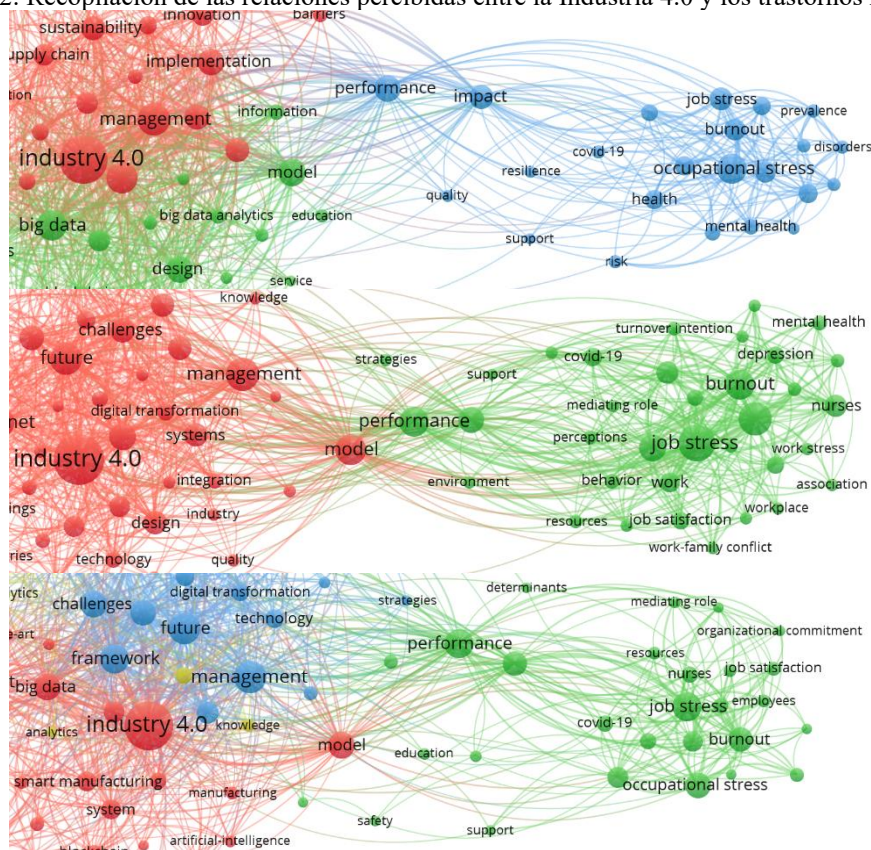


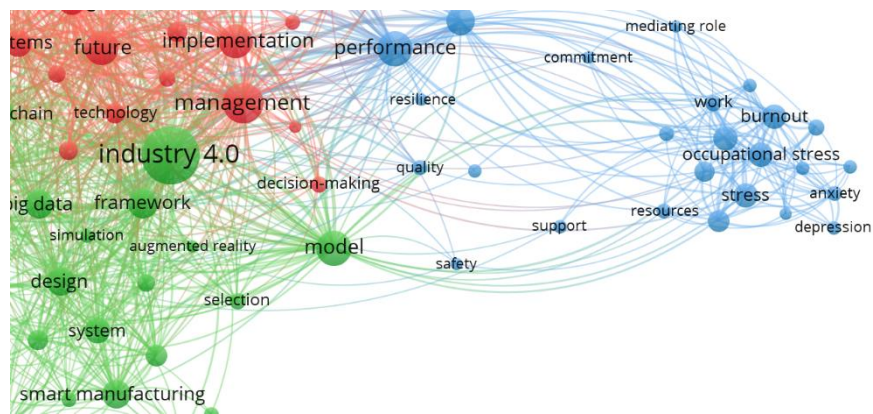
Fuente: Autoría propia (2025)

Utilizando estos términos de búsqueda, se identificaron 7628 documentos en la *Web of Science* y 9492 en *Scopus* . No se aplicaron restricciones por periodo, tipo de documento ni idioma. La ausencia de criterios de inclusión o exclusión en esta etapa fue intencional, con el objetivo de proporcionar a los investigadores la mayor cantidad posible de documentos.

Con esta muestra, se realizó un análisis de red para verificar la asociación de palabras clave en los artículos. Este análisis, realizado con el software VosViewer , se representa en la Figura 2. El procedimiento permitió identificar dos aspectos: (i) la formación de *clústeres* relacionados con la Industria 4.0 y la salud mental, que estaban conectados, y (ii) la identificación de nuevas palabras clave que no se consideraron ni se establecieron en la primera búsqueda.

Figura 2: Recopilación de las relaciones percibidas entre la Industria 4.0 y los trastornos mentales





Fuente: Autoría propia (2025)

Al identificar estas nuevas palabras clave mediante análisis de red, se definió la mejor combinación de términos para realizar la SLR. La Tabla 2 presenta los dos grupos, resaltados en rojo para destacar los términos recién incorporados. Estos dos grupos se conectaron mediante el operador AND, ya que el objetivo era identificar artículos que relacionaran los dos conjuntos temáticos.

Tabla 2: Definición de cadenas para la búsqueda final

Grupo 1: Industria 4.0	Grupo 2: Salud Mental
<i>("Industry 4.0" OR "The fourth industrial revolutions" OR "the 4th industrial revolution" OR "Smart Factory" OR "Smart Manufacturing" OR "Factory 4.0" OR "Smart Production" OR "Manufacturing 4.0" OR "Smart Industry" OR "Logistics 4.0" OR "Quality 4.0" OR "4.0 industry" OR "Industrial revolution 4.0" OR "4.0 revolution" OR "Operator 4.0" OR "Fourth Industrial Revolution" OR "Healthcare 4.0" OR "Automated Manufacturing")</i>	<i>("Occupational Mental Disorders" OR "Workplace Psychological Disorders" OR "Mental Health Disorders in the workplace" OR "Occupational mental Health" OR "Workplace Mental Health" OR "Mental Health in workplace" OR "Occupational Anxiety" OR "Work-related Anxiety" OR "Job Anxiety" OR "Workplace Anxiety Disorder" OR "Occupational Depression" OR "Workplace Depression" OR "Occupational stress" OR "Job stress" OR "Workplace Stress" OR "Worker Stress" OR "Workplace mental health and stress" OR "Workplace mental Stress" OR "Workers stress" OR "Indicative of workers stress" OR "Worker stress levels" OR "Stress management" OR "Stress measurement" OR "Occupational Safety" OR "Workplace safety" OR "Time stress" OR "Working stress" OR "Mental stress" OR "Quantify stress" OR "Psychological stress" OR "Stress Feeling" OR "Experienced stress" OR "Stress factors" OR "Sense of stress" OR "Stress levels" OR "Work-Related Stress")</i>

Fuente: Autoría propia (2025)

Luego de definir los términos de búsqueda en la investigación exploratoria, se realizó la RSL.

3.2. Revisión sistemática de la literatura (SLR)

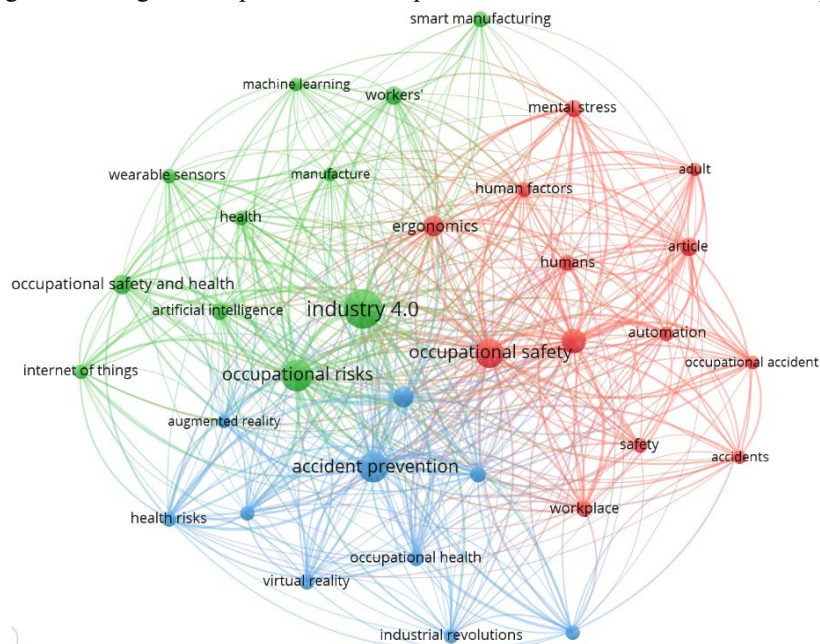


La Revisión Sistemática de Literatura (RSL) se desarrolló a partir del protocolo *Preferred Informes Artículos para Revisiones Sistemáticas y Meta- Análisis* (PRISMA), que se utiliza para proporcionar una guía adecuada para la inclusión de artículos relevantes a la discusión del tema, a través de cuatro etapas de selección: Identificación, Selección, Elegibilidad e Inclusión (Tan et al., 2023; Blandino , 2023).

Antes de comenzar su estructuración, se establecieron las preguntas guía del SLR, según lo especificado en el estudio desarrollado por Bispo y Amaral (2014). Se formularon tres preguntas: (1) ¿Cuáles son los principales aspectos de la salud mental que pueden verse influenciados por la Industria 4.0? (2) ¿Qué métodos se utilizan para evaluar la influencia de la Industria 4.0 en la salud mental? (3) ¿Cómo se produce la interacción relacional entre la Industria 4.0, la salud mental y el rendimiento?

Los términos de búsqueda definidos en la investigación exploratoria se utilizaron en Web of Science y Scopus, seleccionados por su amplio uso en estudios similares (Bispo y Amaral, 2024). La búsqueda, que no incluyó criterios de exclusión ni límites de tiempo, arrojó 106 documentos en Web of Science y 203 en Scopus, con un total de 309 documentos. Para verificar si estas muestras cubrían eficazmente ambos grupos, se generaron redes de palabras clave en el software VOSviewer , como se ilustra en las Figuras 3 y 4.

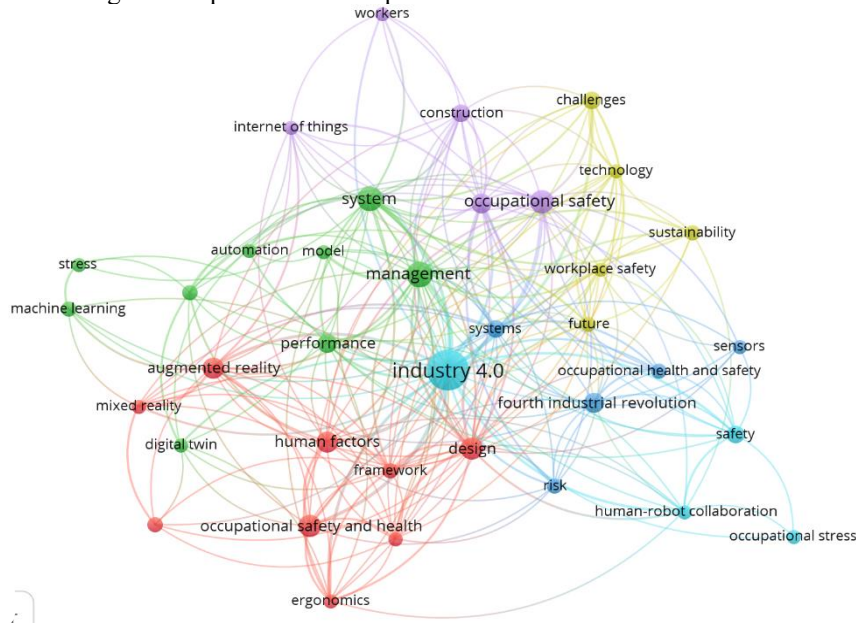
Figura 3: Red generada por VOSviewer para 203 artículos encontrados en Scopus



Fuente: Autoría propia (2025)



Figura 4: Red generada por VOSviewer para 106 artículos encontrados en Web of Science



Fuente: Autoría propia (2025)

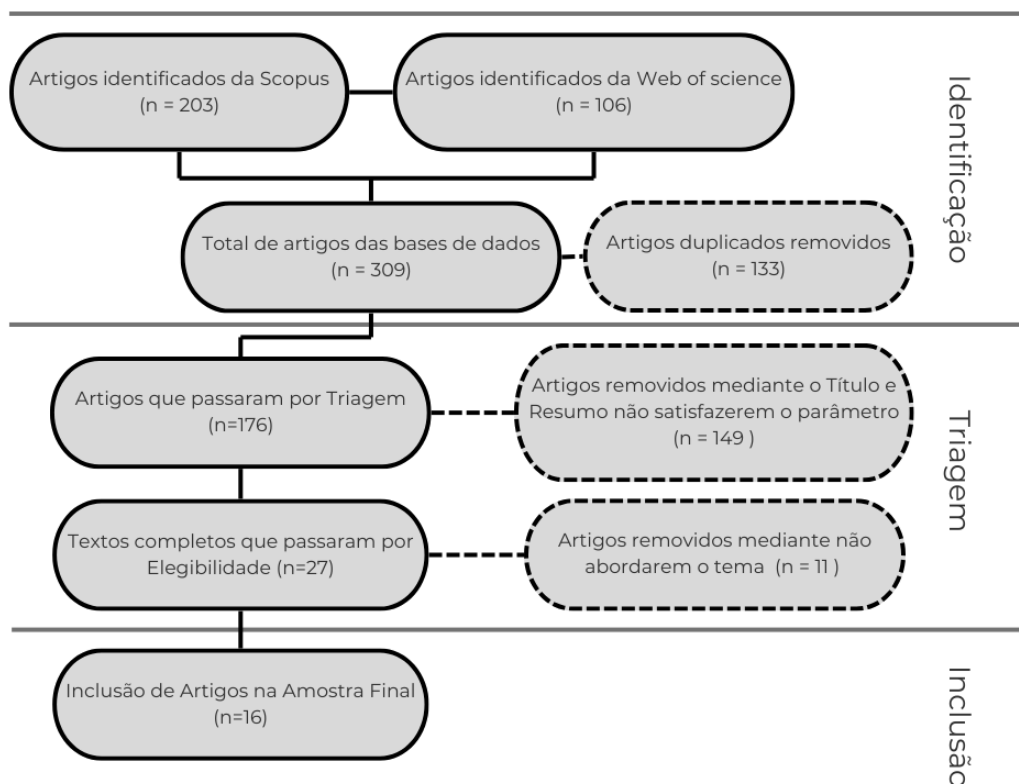
Para una mejor gestión de las muestras, los 309 artículos se importaron al software Mendeley Gestor de Referencias. Se realizó la eliminación de duplicados para eliminar los documentos duplicados de la muestra. Tras esta eliminación, la muestra se redujo a 176 artículos.

Posteriormente, se realizó un proceso de selección mediante el análisis de los títulos y resúmenes de cada artículo. Se adoptaron los siguientes criterios de inclusión: el artículo debía abordar objetivamente la relación entre la Industria 4.0 y la salud mental. Por lo tanto, los artículos que abordaron solo uno de los temas o no los integraron se clasificaron como "fuera del alcance de la investigación". Tras este proceso de selección, se excluyeron 149 artículos, quedando una muestra de 27 artículos.

La etapa final de selección consistió en una lectura completa. En esta etapa, se aplicaron dos criterios: (i) el artículo debía estar publicado en una revista, y (ii) el artículo debía abordar objetivamente la relación entre la Industria 4.0 y la salud mental. Tras esta selección, se excluyeron 11 artículos, lo que resultó en una muestra final de 16 documentos. La Figura 5 muestra cómo se implementó el protocolo Prisma.



Figura 5: Diagrama de flujo de la aplicación del protocolo PRISMA



Fuente: Autoría propia (2025)

Luego de seleccionar la muestra final, se realizó el análisis descriptivo y el análisis de contenido de los artículos.

3.3. Análisis descriptivo y de contenido

Para realizar el análisis descriptivo, se utilizó el procedimiento presentado en la Tabla 3, mediante el cual se extrajo información para caracterizar los artículos, como título, autores, lugar de publicación, año, autor y revista. El objetivo de este análisis fue proporcionar una visión general de la muestra, destacando aspectos como la distribución de las publicaciones por año, país, continente y las revistas en las que se indexaron los artículos.

Tabla 3: Estructura para realizar el análisis descriptivo

Título	Autores	Año	Revista	Tipo de revista	País

Fuente: Autoría propia (2025)



Para completar el análisis descriptivo, se estructuraron dos redes en el software VOSviewer. La primera tenía como objetivo analizar la relación entre palabras clave citadas al menos una vez. La segunda tenía como objetivo realizar el mismo análisis, pero las palabras clave debían citarse al menos dos veces. Ambos análisis son complementarios y necesarios para lograr una mayor coherencia en la identificación de las relaciones existentes.

El análisis de contenido se realizó después del análisis descriptivo, a través de la creación y llenado de la Tabla 5, con el objetivo de resaltar la información central de los artículos: (i) objetivos del estudio; (ii) procedimientos metodológicos (perfil de los sujetos de investigación, ubicación, método de análisis, metodologías utilizadas); (iii) resultados (todos los puntos relevantes relacionados con el tema de investigación); (iv) principales conclusiones del estudio (relacionadas con el tema de investigación); (v) sugerencias para futuras investigaciones; y (vi) evaluación de la relación con el tema de investigación.

Tabla 4: Estructura para realizar el análisis de contenido

Título	Objetivos	Procedimientos metodológicos	Resultados	Conclusiones principales	Sugerencias para futuras investigaciones	Evaluación

Fuente: Autoría propia (2025)

Con base en la información obtenida en los pasos anteriores, fue posible analizar la relación de la Industria 4.0 con la salud mental. Para sintetizar los resultados, se estructuró un *marco conceptual* que representa gráfica e holísticamente la relación investigada en esta investigación. Para ello, se utilizó el Diagrama de Bucles Causales (CDD) como procedimiento metodológico. Este enfoque cualitativo de la Dinámica de Sistemas se utiliza para representar relaciones de causa y efecto entre variables.

4. RESULTADOS

Al analizar la muestra obtenida, se observó un aumento del interés científico en el tema en los últimos dos años, con 9 artículos (56%) publicados en este período. El número de artículos publicados en 2023 (n=5) y 2024 (n=4) fue, respectivamente, cinco y cuatro veces mayor que el publicado entre 2019 y 2022.

Geográficamente, la mayoría de los estudios se realizaron y publicaron en países europeos, que representan el 76% de la muestra, seguidos del 18% en Asia y el 6% en Norteamérica. De los diez países representados en la muestra, nueve tienen una edad promedio de población superior a los 40 años, lo cual es significativo porque, a medida que las personas

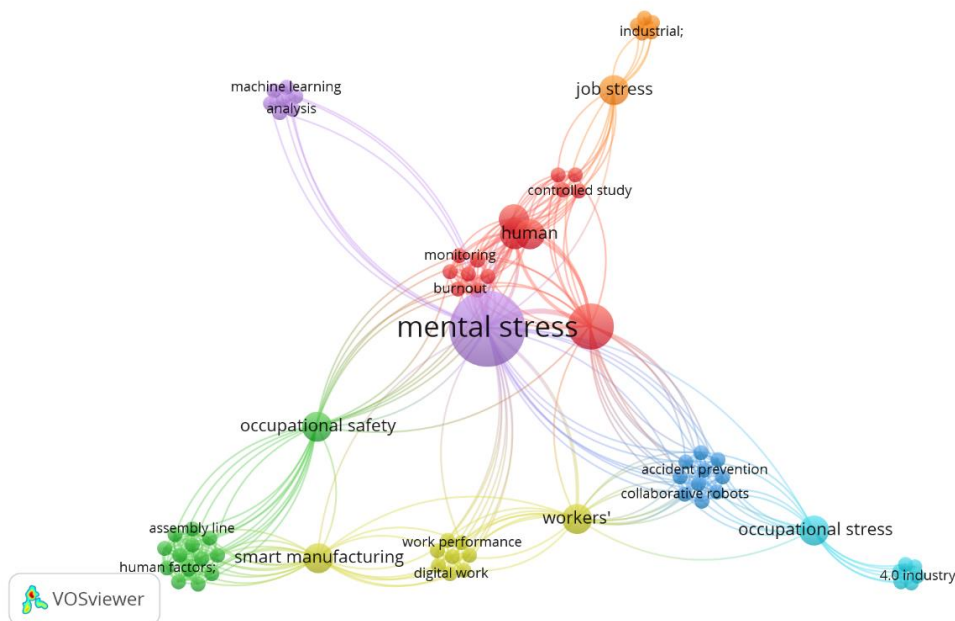


envejecen, aumentan sus años de experiencia en tareas operativas, lo que dificulta la adaptación y el uso de las nuevas tecnologías. Esto genera mayores exigencias y sobrecarga en los trabajadores, lo que resulta en fatiga mental (Rescio et al., 2023; Slazyk-Sobol et al., 2021).

4.1. Análisis de red

La Figura 6 muestra la red de coocurrencia de palabras clave mencionadas al menos una vez. En general, el estrés mental ocupa el centro de la red, con cinco clústeres directamente conectados. Específicamente, en cuanto a salud mental, se observan términos como estrés mental, estrés laboral, estrés laboral, rendimiento laboral y síndrome de burnout. En cuanto a la Industria 4.0, destacan los siguientes términos: fabricación inteligente, aprendizaje automático, trabajo digital, robots colaborativos e Industria 4.0.

Red de co-ocurrencia (1 vez) de palabras clave



Fuente: Autoría propia (2025)

Entre las conexiones clave observadas en la red se destacan las siguientes:

- La fabricación inteligente está directamente relacionada con el trabajo digital, la línea de montaje y las estructuras tecnológicas más avanzadas, como el Internet de las cosas (IoT).
- Tanto la fabricación inteligente como el trabajo digital están directamente relacionados con el desempeño laboral, que a su vez está relacionado con el estrés mental.
- El estrés laboral o estrés ocupacional está directamente relacionado con la Industria 4.0 y el uso de robots colaborativos.
- El uso de robots colaborativos está directamente relacionado con los trabajadores, los cuales también están conectados con el rendimiento laboral y el estrés mental.

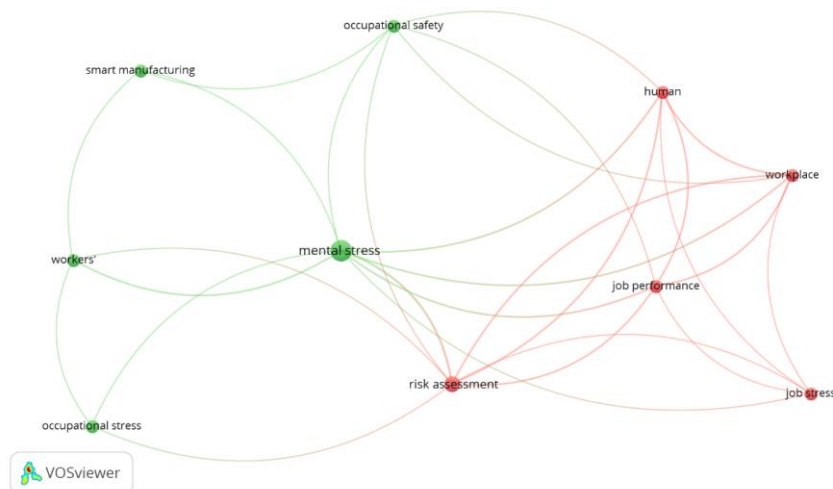


- El estrés mental está directamente relacionado con el síndrome de burnout, la tensión, la ansiedad y la depresión, todos ellos conectados a factores humanos, así como a procesos de seguimiento y análisis.
- El aprendizaje automático y los robots colaborativos están directamente conectados con la monitorización y evaluación de riesgos.
- La evaluación de riesgos está directamente relacionada con los factores humanos, la seguridad laboral y los trabajadores, además de estar interconectada con el seguimiento y los estudios controlados.

La Figura 7 ilustra la red de coocurrencia de palabras clave citadas al menos dos veces. Esta red enfatiza aquellas con mayor prominencia. Las relaciones clave incluyen:

- La fabricación inteligente está directamente relacionada con el estrés mental.
- El lugar de trabajo está vinculado al desempeño laboral, que a su vez está vinculado al estrés mental.
- Los trabajadores están directamente conectados tanto con el estrés mental como con el estrés laboral.
- Los factores humanos están directamente relacionados con el estrés mental, el estrés laboral y el desempeño laboral.
- La evaluación de riesgos está directamente relacionada con la seguridad laboral y el desempeño laboral, y también está interconectada con el estrés ocupacional, el estrés laboral y el estrés mental.

Red de co-ocurrencia (2 veces) de palabras clave



Fuente: Autoría propia (2025)



4.2. Análisis de contenido

4.2.1 Análisis por factores individuales

El estudio de Klumpp et al. (2024) demostró que los profesionales con una edad promedio superior a 40 años (41,65 años) se veían sometidos a una mayor carga mental que física al enfrentarse a las nuevas transformaciones en el entorno laboral. Se identificó que el 76 % del trabajo realizado por la muestra consistía en trabajo mental y el 24 % en trabajo físico (Klumpp et al., 2024).

Conocer la edad promedio de la muestra permite identificar si el perfil profesional analizado estuvo sujeto a condiciones laborales anteriores a la Industria 4.0, un período en el que predominaron las exigencias físicas sobre las cognitivas. Esto es relevante, ya que los profesionales con mayor experiencia, acostumbrados y sometidos a exigencias predominantemente físicas durante largos periodos, podrían tener mayor dificultad para adaptarse a las nuevas exigencias derivadas de la Cuarta Revolución Industrial (Rescio et al., 2023; Faccio et al., 2023).

En los nuevos entornos laborales, además de las exigencias de supervisión, monitorización y vigilancia, los profesionales deben trabajar con robots colaborativos. Estos casos requieren un proceso de aprendizaje y adaptación, lo que puede aumentar la duración de la actividad y el número de errores, como se identifica en la investigación de Mariscal et al. (2024).

Este proceso de adaptación a las nuevas exigencias es independiente del género o la edad (Mariscal et al., 2024). En el contexto actual, todos los profesionales deben afrontar la expansión de las funciones cognitivas, lo cual, sumado a la necesidad de resultados, la presión del tiempo y el proceso de adaptación, puede afectar los niveles de estrés y, en consecuencia, el nivel de rendimiento (Klumpp et al., 2024; Mariscal et al., 2024; Slazyk-sobol et al., 2021).

4.2.2 Análisis relacional entre variables

La investigación desarrollada por Klumpp et al. (2024) reveló una relación estadísticamente significativa entre el trabajo digital y: (i) el tecnoestrés, un estado de ansiedad, tensión o sufrimiento causado por el uso de tecnologías; (ii) la presión *del tiempo*, que se refiere al corto plazo para ejecutar demandas, y; (iii) la carga de trabajo (cantidad de carga de trabajo), que se refiere al conjunto de tareas, responsabilidades y atribuciones inherentes a las prácticas laborales.

También se identificó una relación directa y estadísticamente significativa entre el trabajo digital y la tensión *mental* (Klumpp et al., 2024). Este último factor requiere atención,



ya que esta tensión presentó una relación estadísticamente significativa con *el tecnoestrés* y la incidencia del síndrome de burnout (Klumpp et al., 2024).

El proceso de digitalización y el trabajo digital son una de las características derivadas de la Industria 4.0. Estas actividades requieren comprender los niveles de tecnología a los que están expuestos los profesionales, como ocurre con la monitorización sistemática y la presión por los resultados, lo cual puede influir directamente en la salud mental de los trabajadores (Klumpp et al., 2024; Adriaensen; Decré; Pintelon, 2019; Wixted; O'riordan; O'sullivan, 2018).

La monitorización sistemática en tiempo real es uno de los beneficios derivados de la Cuarta Revolución Industrial. Requiere atención, ya que puede generar tensión y estrés mental debido a dos factores principales: (i) la presión del tiempo para alcanzar los resultados esperados y objetivos específicos; y (ii) la inducción natural de la competencia entre los trabajadores al observar el desempeño de los demás (Kim; Kang; Park, 2022).

La investigación desarrollada por Klumpp et al. (2024) también identificó una relación inversa y estadísticamente significativa entre el estrés mental y el desempeño *laboral*, el cual fue evaluado con base en cinco variables: vigor, dedicación, capacidad de absorción, satisfacción y positividad.

Finalmente, se identifica una relación directamente inversa entre el estrés mental y factores emocionales relacionados con el bienestar, como la satisfacción, el compromiso, la positividad y la dedicación en el trabajo. Esta relación se deriva de la automatización avanzada y la monitorización continua del rendimiento de los trabajadores, lo que genera problemas como altos niveles de absentismo, disminución de la productividad y agotamiento emocional (Hijry et al., 2024; Faccio et al., 2023; Klumpp et al., 2024).

4.2.3 Análisis de las tecnologías utilizadas para identificar el estrés mental

Para identificar signos fisiológicos que indiquen estados de estrés mental, se observan avances en el desarrollo tecnológico, de manera que las herramientas y métodos son cada vez más precisos y menos invasivos, evitando la inducción de estrés por el simple uso del equipo (Rescio et al., 2023; Mariscal et al., 2024).

Se identificó el desarrollo de un prototipo de equipo wearable, capaz de recolectar datos de Actividad Electrodermica (EDA) y variación de la frecuencia cardíaca (FC), ambos considerados indicadores precisos de estrés mental, y que además utiliza parámetros ambientales para ayudar en esta evaluación (Rescio et al., 2023; Blandino, 2023).



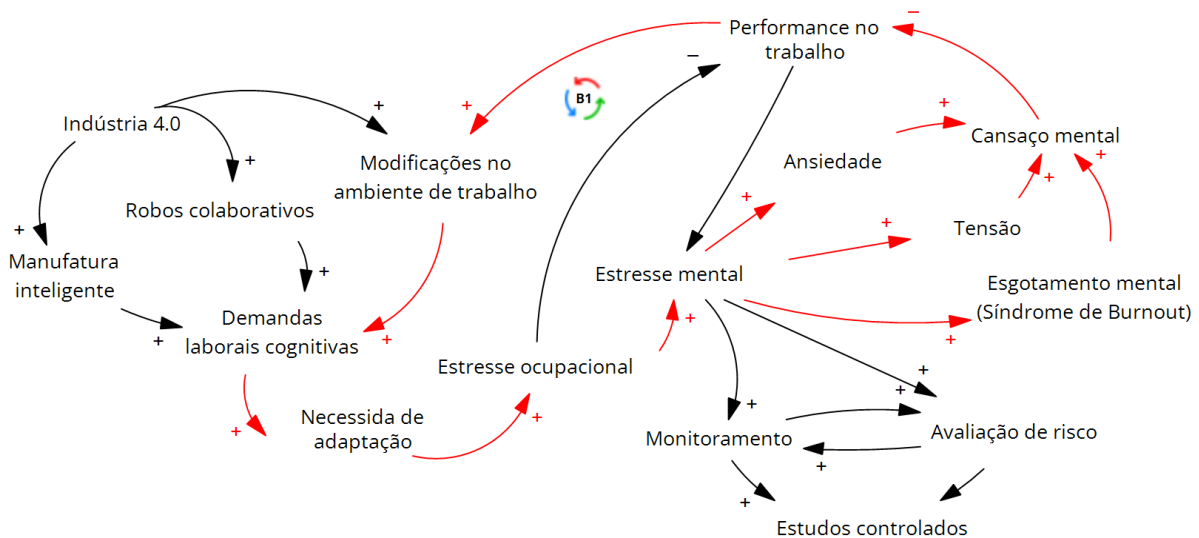
También se observó el uso de equipos *eye-tracker*, que es una herramienta tecnológica utilizada para analizar la dilatación pupilar y evaluar el estrés mental (Rescio et al., 2023; Mariscal et al., 2024).

El avance tecnológico y la mayor aplicabilidad del Internet de las Cosas (IoT) contribuyen a mejorar la identificación de señales indicativas de estrés mental y contribuyen a que el seguimiento y la intervención, en los casos más preocupantes, se realicen de forma rápida y precisa, demostrando así la importancia de la tecnología aplicada a la vida diaria de los trabajadores, de forma menos invasiva (Blandino, 2023; Hijry et al., 2024).

4.3. Diagrama de vínculo causal (DEC)

Con base en las relaciones encontradas en el análisis de red generado por el software VOSviewer y las relaciones establecidas en el análisis de contenido, se construyó un *marco* que sintetiza estas relaciones mediante el Diagrama de Enlace Causal (DLC). Este diagrama identifica las relaciones según si un factor determinado contribuye al aumento o disminución de factores relacionados. La representación se muestra en la Figura 8.

Figura 8: *Marco conceptual* que resume las relaciones encontradas



Fuente: Autoría propia (2025)

Entre las relaciones identificadas en el *marco* se mencionan las siguientes:

- La industria 4.0, basada en procesos como la digitalización y la manufactura inteligente, ha promovido cambios en los entornos laborales que han transformado las demandas laborales y aumentado las demandas cognitivas, como: mayor volumen de información, mayor interacción con dispositivos y necesidad de una toma de decisiones más rápida.



- El uso de robots colaborativos ha aumentado la productividad en los lugares de trabajo y, principalmente, ha reducido las exigencias físicas. Sin embargo, esto también ha generado nuevas demandas cognitivas derivadas de la interacción hombre-máquina.
- Las nuevas exigencias derivadas de la Industria 4.0, que ponen de manifiesto mayores cargas cognitivas (por ejemplo, interacción con un mayor volumen de información, mayor interacción con dispositivos y necesidad de toma de decisiones más rápida) y la necesidad de adaptación, han incrementado los niveles de estrés laboral y, en consecuencia, el estrés mental entre los trabajadores.
- Las nuevas exigencias cognitivas requirieron un proceso de adaptación, ya que previamente se encontraban en un entorno laboral predominantemente físicamente exigente. Por consiguiente, a mayor necesidad de adaptación, mayor dificultad para el aprendizaje y, en consecuencia, mayores niveles de estrés para los trabajadores.
- La incidencia del estrés mostró una relación directa con la tensión, la ansiedad y el agotamiento mental asociado al síndrome de burnout.

La estructura gráfica creada nos permitió identificar un ciclo cerrado de causa y efecto (bucle B1), denominado "Influencia de las Demandas Cognitivas". Se observó que los cambios derivados de la Industria 4.0 han incrementado las demandas cognitivas de los trabajadores. Este aumento, derivado de las nuevas exigencias laborales y la constante necesidad de adaptación a un nuevo contexto, ha hecho a los profesionales más susceptibles al estrés laboral.

El aumento de los niveles de estrés intensificó la tensión mental al realizar tareas, y la ansiedad y el agotamiento mental se hicieron más frecuentes. Estos factores, en consecuencia, incrementaron las exigencias mentales y, sobre todo, la fatiga mental a lo largo de la jornada laboral.

Este nuevo contexto puede afectar negativamente el rendimiento de los empleados, como el aumento del tiempo de finalización de tareas y el aumento de errores. Esta disminución del rendimiento, sumada a la adopción cada vez más rápida de robots e infraestructura tecnológica, aumenta la preocupación por la seguridad laboral, incrementando también los niveles de estrés y ansiedad de los trabajadores.

5. DISCUSIÓN

El trabajo digital influye significativamente en el aumento del estrés mental (Klumpp et al., 2024). Una de las características de este tipo de actividad, relacionada con altos niveles de



estrés mental, es la carga de trabajo, debido al aumento de las funciones cognitivas y al número de tareas realizadas simultáneamente (Klumpp et al., 2024; Faccio et al., 2023).

También existe un impacto en la cantidad de errores humanos resultantes de la sobrecarga de trabajo, especialmente cuando la carga de trabajo excede la capacidad operativa del profesional (Wixted; O'riordan; O'sullivan, 2018). Esto ocurre cuando un trabajador debe lidiar con más funciones en un tiempo reducido o cuando necesita manejar una gran cantidad de información, características proporcionadas por el avance del trabajo digital (Mital; Pennathur, 2004; Wixted; O'riordan; O'sullivan, 2018; Klumpp et al., 2024).

Otras fuentes de error surgen de la interacción y el estrés inducidos por la relación con robots colaborativos. Un estudio de Mariscal et al. (2024) reveló que los errores en las interacciones entre humanos y robots aumentaron un 38 %. Los procesos de espera en esta relación, ya sea entre el robot y el colaborador o viceversa, aumentan el tiempo necesario para completar la actividad, impactan la presión del tiempo, reducen la productividad y aumentan el riesgo de estrés inducido (Mariscal et al., 2024).

Las nuevas formas de interacción entre trabajadores y máquinas, combinadas con los desafíos tecnológicos y la necesidad de adaptación, han generado nuevas fuentes de estrés. Los principales factores incluyen:

1. La intensificación del trabajo promovida por las tecnologías de la información y la comunicación;
2. La sobrecarga de datos proporcionada por máquinas inteligentes, que da lugar a volúmenes cada vez mayores de *big data* ;
3. Aumento de los requisitos de cualificación para gestionar grandes cantidades de información;
4. Cambios en la organización del trabajo, con ámbitos de actuación cada vez más amplios.

Estos elementos, al combinarse, tienden a incrementar los niveles de estrés laboral, lo que favorece la aparición de trastornos mentales relacionados con el trabajo y reduce la satisfacción laboral. Como resultado, las fábricas sufren pérdidas, como un mayor ausentismo y una menor productividad laboral (Angerer et al., 2018; Wixted, O'Riordan y O'Sullivan, 2018; Blandino, 2023).

Además, las nuevas modalidades de trabajo, con la integración de tecnologías digitales para la monitorización sistemática y en tiempo real, constituyen una importante fuente de estrés para los trabajadores (Kim; Kang; Park, 2022). Los indicadores clave de rendimiento (KPI) se



entregan en tiempo real a través de nuevas máquinas y tecnologías interconectadas, lo que, involuntariamente, genera presión temporal y genera tensión y estrés debido a la preocupación de los trabajadores por el rendimiento.

También es importante destacar los impactos que el agotamiento mental (síndrome de burnout) puede tener en los profesionales, como deterioro emocional, cognitivo y físico, que afecta la salud mental y el desempeño profesional. Simultáneamente, también puede provocar agotamiento, desmotivación, baja productividad y dificultades en las relaciones interpersonales en el entorno laboral (Marques; Carlotto, 2024; Gil-Monte, 2010).

Este escenario fue destacado por el DEC, que demostró que el aumento de las exigencias cognitivas de los trabajadores, derivado de las nuevas exigencias laborales y la constante necesidad de adaptación al contexto de la Industria 4.0, ha aumentado la susceptibilidad de los profesionales al estrés laboral, el agotamiento mental y los riesgos psicológicos. Este escenario refuerza el impacto directo en la salud y, en consecuencia, en el rendimiento profesional. Por lo tanto, se requiere el uso de estrategias de mitigación, como la formación centrada en la adaptación y el rediseño de las interfaces hombre-máquina.

6. CONCLUSIONES

Las nuevas tecnologías implementadas en la Industria 4.0 pueden beneficiar la reducción de la carga de trabajo física de los trabajadores en los procesos de fabricación. Sin embargo, presentan la aparición de nuevas fuentes de carga de trabajo mental debido al aumento de funciones desempeñadas por cada operario, la adaptación a las nuevas demandas y la interacción continua con dispositivos tecnológicos, como los robots colaborativos.

La acumulación de funciones y tareas exige cada vez más la capacidad cognitiva y mental de los trabajadores, lo que puede superar la capacidad de trabajo de los operarios y dar lugar a la aparición o aumento del estrés mental laboral.

Se utilizan estudios empíricos basados en cuestionarios y entrevistas para evaluar el estrés mental, y estos estudios presentan una fiabilidad relativamente baja. Por otro lado, el desarrollo de equipos para medir y monitorizar señales fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la actividad electrodérmica y el seguimiento de la dilatación pupilar, se ha extendido en la comunidad académica como parámetros más fiables, a pesar de que se aplican principalmente en entornos controlados.



Por lo tanto, los factores de la Industria 4.0, como la automatización de fábricas, la fabricación inteligente y la implementación de máquinas interconectadas y monitoreadas constantemente, están directamente relacionados con el estrés mental y el estrés laboral debido a la mayor demanda de funciones cognitivas, la carga de trabajo mental, la demanda de alta productividad y la evaluación constante de los trabajadores.

Por tanto, como el modelo de producción de la Industria 4.0 exige un mayor rendimiento y productividad, los cuales se ven influenciados negativamente por la implementación de nuevas máquinas y nuevos sistemas de producción, la carga mental requerida afecta a los factores emocionales personales debido al agotamiento mental producto de la nueva demanda laboral, afectando el sentimiento de satisfacción, dedicación y positividad en relación al trabajo, llevando al desarrollo de patologías como el síndrome de burnout, ansiedad y depresión.

Se puede concluir, por lo tanto, que la Industria 4.0 ha incrementado las exigencias cognitivas, obligando a los profesionales a adaptarse al nuevo entorno laboral. Como resultado, los profesionales se han vuelto más susceptibles al estrés laboral, el agotamiento mental y los riesgos psicológicos. Esto demuestra un impacto directo en la salud y, en consecuencia, en el rendimiento profesional.

Teniendo en cuenta las limitaciones de la investigación, como el hecho de ser un tema de reciente introducción en la comunidad académica, además de existir pocos estudios relacionados con el tema y varios de los resultados expresados a través de validaciones empíricas y en entornos y estudios controlados, se recomiendan futuros estudios.

Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar las diversas fuentes de estrés en los sistemas de manufactura en una situación real, en una fábrica inteligente en Brasil, con el fin de identificar otros factores que inducen estrés laboral, además de los ya mencionados. De esta manera, se pueden desarrollar y dirigir mejor los procesos de predicción y tratamiento adecuado del estrés, considerando que la base teórica de esta revisión bibliográfica no identificó estudios realizados en países latinoamericanos, lo que podría comprometer la efectividad de la aplicación de los resultados en contextos reales en Brasil, dadas las diferencias culturales y sociales existentes.

Referencias



Adriaensen, A., Decré, W., & Pintelon, L. (2019). Can complexity-thinking methods contribute to improving occupational safety in Industry 4.0? A review of safety analysis methods and their concepts. *Safety*, 5(4).

Angerer, P., Schmook, R., Elfantel, I., & Li, J. (2018). Psychological risk assessment for the digitalised workplace: The DYNAMIK 4.0 system [Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung für die digitalisierte Arbeit: Das System DYNAMIK 4.0]. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, 53(11), 718–722.

Arif, A., Mehmood, R. M., Latif, S., Ashraf, H., & Rauf, A. (2024). Neurophysiological approach for psychological safety: Enhancing mental health in human-robot collaboration in smart manufacturing setups using neuroimaging. *Information*, 15(10).

Blandino, G. (2023). How to measure stress in smart and intelligent manufacturing systems: A systematic review. *Systems*, 11(4).

Diebig, M., Müller, A., & Angerer, P. (2017). Psychosocial stressors in the digital transformation of industry: A selective literature review on (new types of) stressors [Psychische Belastungen in der Industrie 4.0: Eine selektive Literaturübersicht zu (neuartigen) Belastungsbereichen]. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, 52(11), 832–839.

Faccio, M., Caputo, F., Galizia, F. G., & Mazzetto, A. (2023). Human factors in cobot era: A review of modern production systems features. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 85–106.

Gil-Monte, P. R.; Carlotto, M. S.; Câmara, S. G. Validação da versão brasileira do “Cuestionario para la Evaluación del Síndrome de Quemarse por el Trabajo” em professores. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, n. 1, p. 140-147, 2010.

Hijry, H., Khan, A., Alhindi, A., & Khan, A. (2024). Real-time worker stress prediction in a smart factory assembly line. *IEEE Access*, 12, 116238–116249.

Kim, S., Kang, M., & Park, J. (2022). Digital industrial accidents: A case study of the mental distress of platform workers in South Korea. *International Journal of Social Welfare*, 31(3), 355–367.

Klumpp, M., Kohl, H., & Knop, M. (2024). “Under pressure!”: Digital work, mental strain, and work performance. *International Journal of Technology and Human Interaction*, 20(1).



- Lucas, R. E. C., Merino, E. A. D., Merino, G. S. A. D., Silva, L. B. da, Leite, W. K. dos S., Silva, J. M. N., & Júnior, J. F. R. (2024). Simulation model to analyze the impact of work on absenteeism. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 1, 1–17.
- Ma, L., Zhong, R. Y., Yuan, M., Wang, J., & Xu, X. (2025). A human-centric order release method based on workload control in high-variety make-to-order shops towards Industry 5.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 94, 102946.
- Mariscal, M. A., Casado-Lumbreras, C., Colomo-Palacios, R., & García-Peñalvo, F. J. (2024). Working with collaborative robots and its influence on levels of working stress. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 37(7), 900–919.
- Marques, Vanessa da Silva; Carlotto, Mary Sandra. Demandas e recursos para predição da síndrome de burnout em psicólogos clínicos = Demands and resources for burnout syndrome on clinical psychologists. *Psicologia: Ciência e Profissão*, v. 44, p. 1–17, 2024.
- Mital, A., & Pennathur, A. (2004). Advanced technologies and humans in manufacturing workplaces: An interdependent relationship. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(4), 295–313.
- Rescio, G., Leone, A., Siciliano, P., & Malcangi, M. (2023). Ambient and wearable system for workers' stress evaluation. *Computers in Industry*, 148, 103922.
- Slazyk-Sobol, M., Tucholska, K., Sobol, M., & Kwiatkowski, S. (2021). Stress and self-efficacy as specific predictors of safety at work in the aviation sector. *Medycyna Pracy*, 72(5), 479–487.
- Tan, C.-H., Wang, H.-L., Ong, W.-M., & Zainuddin, N. (2023). Workplace wellness, mental health literacy, and usage intention of e-mental health amongst digital workers during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Mental Health Promotion*, 25(1), 99–126.
- Tran, T.-A., Nguyen, T. H., Do, T. N., & Nguyen, H. T. (2023). Heart rate variability measurement to assess acute work-content-related stress of workers in industrial manufacturing environment: A systematic scoping review. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 53(11), 6685–6692.



Wixted, F., O’Riordan, C., & O’Sullivan, L. (2018). Inhibiting the physiological stress effects of a sustained attention task on shoulder muscle activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 86.

Recibido: 07/07/2025

Aprobado: 14/07/2025

Editor ejecutivo: Italo Neto