

# ASSESSMENT OF ERGONOMIC EVALUATION METHODS FOCUSED ON MSD FOR EMPLOYEES IN INDUSTRIAL COMPANIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Brayton Yaldir Valdivia Navarro<sup>1</sup>; Christoffer Sebastian Lazo Levano<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Peru, [U18203234@utp.edu.pe](mailto:U18203234@utp.edu.pe), [U20211211@utp.edu.pe](mailto:U20211211@utp.edu.pe)

*Abstract– This paper addresses the evaluation of specific ergonomic methods to prevent Musculoskeletal Disorders (MSDs) in industrial workers. MSDs represent one of the most prevalent conditions globally, particularly in industrial settings where employees are subject to high risks of injury. Ergonomics is fundamental in identifying and correcting high-risk work postures and improving workers' health and work performance. The main purpose of this comprehensive literature review is to examine which ergonomic methods, such as RULA, REBA, and OCRA, are most effective in the industrial setting. These methods are crucial to perform detailed ergonomic risk assessments, allowing accurate identification of problems and implementation of effective solutions. Next, the methods used for the review are described: PICO and PRISMA for selecting and analyzing relevant articles, of which 48 met the inclusion criteria. The findings found in the analysis are presented in section four, followed by a discussion of the findings and their practical implications. Finally, the study highlights that the RULA method is the most effective for detecting ergonomic risks. MSDs primarily generate low productivity (66.7%), absenteeism, and economic losses. Implementing ergonomic methods reduces MSDs, improves health, and increases productivity. The integration of new technologies in future research is recommended. The implementation of ergonomic methods not only reduces the direct and indirect costs associated with MSDs but also improves employee performance and well-being. This study highlights the importance of further research and implementation of ergonomic practices in the industrial sector to reduce risks and foster a healthier and safer work environment.*

*Keywords-- industry, ergonomic methods, RULA, REBA, OCRA*

# VALORACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA CENTRADOS EN TME PARA EMPLEADOS DE EMPRESAS INDUSTRIALES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Brayton Yaldir Valdivia Navarro<sup>1</sup>; Christoffer Sebastian Lazo Levano<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Peru, [U18203234@utp.edu.pe](mailto:U18203234@utp.edu.pe), [U20211211@utp.edu.pe](mailto:U20211211@utp.edu.pe)

**Resumen**– Este estudio aborda la evaluación de métodos ergonómicos específicos para prevenir los Trastornos Musculo esqueléticos (TME) en trabajadores del ámbito industrial. Los TME representan una de las afecciones más prevalentes a nivel global, particularmente en entornos industriales donde los empleados están sujetos a altos riesgos de lesiones. La ergonomía es fundamental en la identificación y corrección de posturas laborales de alto riesgo, mejorando tanto la salud de los trabajadores como su rendimiento laboral. El propósito principal de esta evaluación exhaustiva de la literatura es examinar que método ergonómico como RULA, REBA y OCRA brinda mayor efectividad en el entorno industrial. Estos métodos son cruciales para realizar evaluaciones detalladas de los riesgos ergonómicos, permitiendo una identificación precisa de los problemas y la implementación de soluciones efectivas. Luego, se describen los métodos utilizados para la revisión: PICO y PRISMA para la selección y análisis de artículos relevantes, de los cuales 48 cumplieron con los criterios de inclusión. Los hallazgos encontrados en el análisis se presentan en la sección cuatro, seguidos de una discusión sobre los hallazgos y sus implicaciones prácticas. Finalmente, el estudio destaca que el método RULA es el más efectivo para detectar riesgos ergonómicos. Los TME generan principalmente baja productividad (66.7%), ausentismo y pérdidas económicas. La implementación de métodos ergonómicos reduce los TME, mejora la salud y aumenta la productividad. Se recomienda integrar nuevas tecnologías en futuras investigaciones. La implementación de los métodos ergonómicos no solo reduce los costos directos e indirectos asociados con los TME, sino que también mejora el desempeño y el bienestar de los empleados. Este estudio resalta la relevancia de seguir investigando y aplicando prácticas ergonómicas en el sector industrial para reducir los riesgos y fomentar un entorno laboral más saludable y seguro.

**Palabras clave**– industria, métodos ergonómicos, RULA, REBA, OCRA.

## I. INTRODUCCIÓN

Los TME son los trastornos más prevalentes en todo el mundo, lo padecen alrededor de 1,71 mil millones de personas [1], [2]. Esta cantidad de personas se concentra en los trabajos industriales donde exponen a los colaboradores a altos riesgos de sufrir lesiones [3]. La ergonomía, por su lado, identifica posturas de alto riesgo en el desempeño laboral, el cual ayuda a corregir dichas posturas para disminuir el riesgo de TME y aumentar la eficiencia laboral dentro de la organización; para la identificación de estos riesgos los métodos de observación más usados son: Evaluación Rápida de Extremidades Superiores (RULA), Evaluación Rápida de Todo el Cuerpo

(REBA) y Evaluación de Acciones Repetitivas Ocupacionales (OCRA), de estos 3, RULA es el que realiza una evaluación más sensible; en otras palabras los otros 2 métodos subestiman los riesgos más que RULA [2].

Por ende, el problema de estas evaluaciones es que hay una escasez de estudios donde los casos sean de una observación prolongada [4]. Es decir, las evaluaciones ergonómicas suelen tener limitaciones a tareas repetitivas y periódicas en condiciones controladas, además en la práctica se implementan diferentes tipos de riesgos laborales el cual dificulta repetir el estudio o reproducir resultados, por último, muchos trabajos cambian constantemente donde produce una heterogeneidad entre los trabajadores, tipos de trabajo y lugar de trabajo [2]. Estas limitaciones generan un gasto financiero a las industrias, por el aumento del ausentismo y la disminución de la productividad [5].

En este contexto, la importancia de realizar esta RSL es la carga económica que significa los TME en costos directos e indirectos que representan costos significativos anuales y contribuyen a disminuir tanto la productividad como la calidad de vida de los empleados [2], [6]. Asimismo, la implementación de los diferentes métodos asegura un análisis más exhaustivo de los riesgos ergonómicos, haciendo más fácil la identificación del problema [4].

Con el propósito de evaluar la eficacia de las técnicas ergonómicas para la prevención de los TME en el sector industrial, analizar consecuencias y descubrir cuáles son los beneficios generados, se ha realizado una lectura de los artículos previamente seleccionados, extrayendo los datos más importantes para dicha investigación y con una previa clasificación. Por lo tanto, el objetivo de esta RSL es identificar cuáles son los beneficios para los colaboradores industriales después de emplear los métodos ergonómicos en sus puestos de trabajo.

El estudio cuenta con una estructura de cinco secciones. En la Sección 2 tras la introducción, se presenta los métodos utilizados para la RSL, en donde como primera metodología se encuentra “PICO” con sus respectivas preguntas de investigación, palabras claves y ecuación de búsqueda; como segundo método esta “PRISMA” en donde se detalla las operaciones para la selección de artículos. En la Sección 3 se ubican los Resultados, donde se encuentra los resultados después de un análisis realizado de los artículos seleccionados

sobre los trastornos musculo esqueléticos. Seguido de la Sección 4, la cual realiza un análisis de los artículos discutidos con una perspectiva general de los TME y de los métodos ergonómicos con los resultados obtenido en la sección anterior. Como última Sección 5, se observan las Conclusiones, en donde se resume la información más importante y se sugieren líneas de investigación para futuros trabajos de investigación.

## II. METODOLOGÍA

Este artículo de Revisión Sistemática de Literatura (RSL) se basará en la metodología PICO que ayudará con la selección de artículos para la RSL [7]. PICO es una herramienta que ayuda a formular preguntas estructuradas a partir de componentes: Problema, Intervención, Comparación y Resultados permitiendo una búsqueda sencilla y efectiva. Permite estructurar la búsqueda de información relevante sobre un tema específico de manera sistemática y explícita, minimizando errores y mejorando la calidad de los resultados. Por ello, se emplea en RSL para asegurar una búsqueda efectiva y rigurosa de la evidencia científica [8]. El componente Problema se centra en “Trastornos Musculo esqueléticos”, la Intervención (ayudará a resolver el problema) se basa en los “Métodos ergonómicos para la prevención de riesgos”. A partir de estas palabras clave se definió la pregunta PICO: ¿Qué método para la prevención de riesgos brinda mayor seguridad al sector industrial en la evaluación del Trastorno Musculo esquelético? Y de los componentes se definieron las preguntas derivadas del PICO: ¿Cómo impactan los trastornos musculo esqueléticos? ¿Qué métodos ergonómicos se han aplicado para la evaluación?, ¿Cuáles fueron los beneficios generados en la seguridad laboral? y ¿Qué tipos de sectores industriales se investigó?

En la siguiente tabla 1 se muestran las palabras clave cuyos términos se emplearon en la data base de SCOPUS el 8 de mayo de 2024 obteniendo 1,557 publicaciones (TME or "musculoskeletal disorders" or "risk assessment" or "physical risk factors" or "work conditions" or "work-related musculoskeletal disorders" or posture or “muscle fatigue”) and ( "ergonomic methods" or "RULA" or "ergonomics" or "OCRA" or "REBA" or “evaluation methodology” ) and (“workplace safety” or “health” or “occupational health” or "occupational safety" or “workers’ health” or “health and safety “ or “safety” or “occupational safety and health”) and (industry or manufacture or production or “manufacturing industry” or “manufacturing processes”)

TABLA I.  
IDENTIFICACIÓN DE PALABRAS CLAVES EMPLEADAS

Acronimo	Descripción	Sector	Palabras Clave
P	Problema	Trastorno musculo esquelético	TME, "musculoskeletal disorders", "risk assessment", "Physical risk factors", "Work conditions", "work-related musculoskeletal disorders", Posture, "muscle fatigue"
I	Intervención	Método ergonómico para la prevención de riesgos	"Ergonomic Methods", "RULA", "ergonomics", "OCRA", "REBA", "evaluation methodology"
O	Objetivo	Bienestar laboral	"Workplace safety", "health", "occupational health", "occupational safety", "workers' health", "Health and safety", "safety", "Occupational safety and health"
C	Contexto	Sector Industrial	"Industrial ergonomics", Industry, Manufacture, Production, "Manufacturing industry", "Manufacturing processes"

Para la selección de artículos se han propuesto los siguientes criterios de inclusión: (CI1) Los estudios deben estar relacionados con métodos ergonómicos (RULA, OCRA, REBA), (CI2) Los estudios deben tratar la evaluación de trastornos musculo esqueléticos (TME) para la prevención de riesgos y (CI3) Los estudios deben presentar diagnósticos sobre la aplicación de dichos métodos.

Por otro lado, los criterios de exclusión que se han propuesto son los siguientes: (CE1) Estudios de caso no proporcionen datos empíricos sobre la efectividad o aplicabilidad de los métodos de evaluación del TME, (CE2) Tipo de publicación no corresponde a artículos originales, RSL y conference review y (CE3) Documentos anteriores a 2020.

La metodología de selección de información empleada fue la metodología PRISMA. La figura 1 detalla el diagrama de clasificación de artículos, conforme a este método. Para asegurar que una revisión sistemática sea útil para los usuarios, los autores deben elaborar un informe transparente, completo y preciso; este informe debe detallar claramente las razones detrás de la realización de la revisión, los procedimientos seguidos (como la identificación y selección de estudios), y los hallazgos obtenidos [9]. Con los resultados alcanzados se desarrolla la selección de documentos a incluir en la RSL.

Estos procesos se desarrollan en 3 momentos, en el inicio de la fase de identificación, se efectuó una filtración por archivos duplicados, descartando 288 documentos. En la segunda etapa, de los 1269 documentos restantes, se excluyeron 71 publicaciones de registros excluidos a partir de la revisión de títulos y resumen, resultando en 1198 documentos. Además, se eliminaron 863 publicaciones que no pudieron ser recuperadas a texto completo. En la tercera etapa, se aplicaron los criterios de exclusión. Como resultado, se identificaron 42 artículos para examinar la pregunta de investigación planteada.

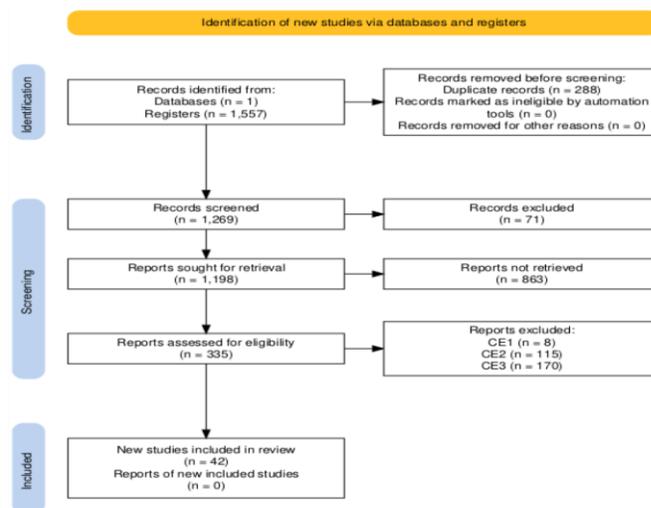


Fig. 1. Gráfico PRISMA

### III. RESULTADOS

En el análisis realizado sobre los Trastornos Musculo esqueléticos, se evidencia un interés creciente por la investigación relacionada con el uso de metodologías para prevenir accidentes laborales entre los años 2020 y 2024. En 2021, se observa una disminución con solo 6 publicaciones. En 2022, el número de artículos aumentó a 8, mientras que en 2020 hubo 10 artículos. El año 2023 destacó con la mayor cantidad de investigaciones, alcanzando 13 artículos. Finalmente, en 2024 se publicaron 6 artículos. A continuación, se exhibe en la Figura 2 el número de artículos en cada año de publicación, seleccionados en el proceso de implementación de la metodología PRISMA.

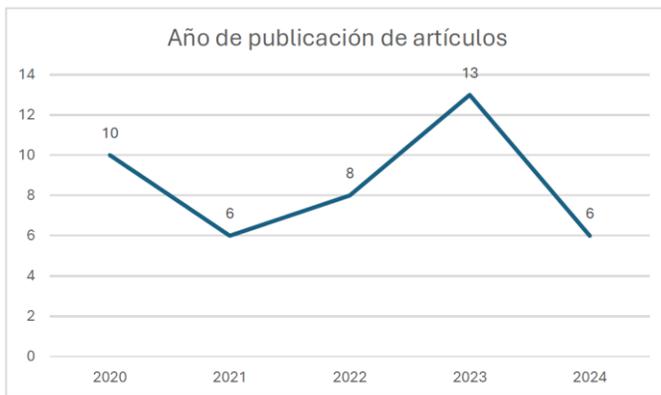


Fig. 2. Cantidad de artículos por año de publicación

En la Figura 3, se presenta las palabras claves más reiteradas en los artículos seleccionados para la RSL. Las palabras “muscoloskeletal disease” (enfermedad musculo esquelética), “ergonomics” (ergonomía), “occupational disease” (enfermedad profesional) y “risk assessment” (evolución de riesgos) son los que predominan, donde indica que la investigación se centra en la ergonomía, exactamente en la evaluación de riesgos que generan enfermedades musculo esqueléticas.



Fig. 3. Palabras claves

La Figura 4 presenta un mapa coroplético que muestra los artículos seleccionados clasificados por país de origen; el país con la mayor cantidad de artículos es España, con un total de 6, Irán cuenta con 4 artículos. Por otro lado, los que obtuvieron 3 artículos fueron Italia, India y china. Países como Francia, Malasia, EEUU, Tailandia, Brasil y Corea tienen 2 artículos. Finalmente, con tan solo 1 artículo los países de Suiza, República Checa, México, Alemania, Taiwán, Indonesia, Venezuela, Chile, Bélgica, Turquía y Suecia.



Fig. 4. Mapa coroplético de documentos

En los artículos revisados sobre la prevención de riesgos laborales, se identificaron varios métodos utilizados para valorar y mitigar los peligros asociados a la ergonomía en el entorno laboral como se muestra en la Figura 5. El método más utilizado fue el RULA (Rapid Upper Limb Assessment), que se aplicó en 22 investigaciones. Es una herramienta ergonómica empleada para evaluar el riesgo de trastornos musculo esqueléticos. Se utiliza específicamente para identificar posturas y tareas que pueden necesitar ser ajustadas o eliminadas para mejorar la ergonomía en el lugar de trabajo [10]. El REBA (Rapid Entire Body Assessment), utilizado 16 veces, Este método se utiliza para identificar posturas específicas y tareas que necesitan ser ajustadas o eliminadas de ciertas operaciones laborales [10]. También fue usado el método OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System), con 6 usos, se centró en analizar las posturas de trabajo y su

impacto en la salud, lo que es fundamental para identificar y corregir posturas dañinas [11]. Por otro lado, método OCRA (Occupational Repetitive Actions), usado en 5 ocasiones, se enfoca en identificar las acciones repetitivas que pueden contribuir a la aparición de estos trastornos, proporcionando una evaluación detallada y específica de los riesgos ergonómicos asociados con dichas tareas [12]. Por su parte, el NMQ (Nordic Musculoskeletal Questionnaire), aplicado 3 veces, es una herramienta de evaluación diseñada para investigar los síntomas de malestar muscular esquelético en los trabajadores. Este cuestionario se divide en tres secciones: Información Personal Básica, Características del Trabajo y Síntomas de Malestar Muscular esquelético [13]. El QEC (Quick Exposure Check), con 2 usos, es un método ligero para evaluar la exposición a factores de riesgo ergonómicos, permitiendo una intervención ágil y eficaz [14]. Otros métodos utilizados una vez incluyen la evaluación de Forces, que utiliza captura de movimiento basada en IMU para evaluar posturas y estimar fuerzas y torques en las articulaciones [15]; el JCQ (Job Content Questionnaire), es un instrumento que valora el contenido del trabajo y su impacto en la salud mental [16]; y el ERI (Effort-Reward Imbalance), cuestionario que evalúa el equilibrio entre el esfuerzo realizado y las recompensas obtenidas en el trabajo [16].

Además, el CMDQ (Cuestionario de Discomfort Muscular), también utilizado una vez, es crucial puesto que es una herramienta para medir el nivel de incomodidad muscular en diferentes partes del cuerpo [17]. El sistema CUELA, empleado una vez, Este sistema evalúa el estrés físico en diferentes partes del cuerpo durante tareas laborales reales. Se realiza una evaluación estandarizada en tiempo real y categoriza los resultados en verde (aceptable), amarillo (aceptable con limitaciones) y rojo (inaceptable). Es útil para prevenir lesiones por esfuerzo repetitivo, mejorar la ergonomía y diseñar estaciones de trabajo seguras. [18]. Por último, el NERPA (New Ergonomic Postural Assessment), un método reciente utilizado una vez, es una herramienta de evaluación de riesgo ergonómico usada para estimar la eventualidad de desarrollar trastornos Muscular esqueléticos [19]. Cada uno de los métodos presentados tienen un enfoque específico, contribuyen a una comprensión integral de los riesgos ergonómicos en el entorno laboral. En ese sentido, permiten desarrollar estrategias de intervención más efectivas y personalizadas para evitar lesiones y fomentar el bienestar de los empleados.



Fig. 5. Métodos usados

Los trastornos musculo esqueléticos (TME) pueden generar diversas consecuencias negativas para los trabajadores, incluyendo dolor crónico, reducción de la movilidad, y discapacidad temporal o permanente. Estos trastornos también pueden causar ausentismo laboral, disminución de la productividad y un incremento del costo asociado con el cuidado médico y la compensación de los trabajadores [20].

En la Figura 6 se muestra las consecuencias de los Trastornos Musculo esqueléticos donde predomina en primer lugar con 28 repeticiones la disminución en la productividad que equivale al 66.7% de los artículos revisados. En segundo lugar, tenemos a “aumento de ausentismo”, “pérdidas económicas” y “calidad de vida” con 17 repeticiones equivalentes al 40.5% del total de documentos. Seguido de “dolor crónico” el cual es un síntoma común de los TME. Puede ser debilitante e interferir con la capacidad de una persona para dormir, trabajar y disfrutar de la vida con 10 repeticiones representando al 23.8%. Por otro lado, capacidad laboral reducida con 8 repeticiones y 19%. Por su parte, necesidad de rehabilitación con 6 repeticiones y el 14.3% del total. Finalmente, con 4 repeticiones simbolizando el 9.5% de los artículos.

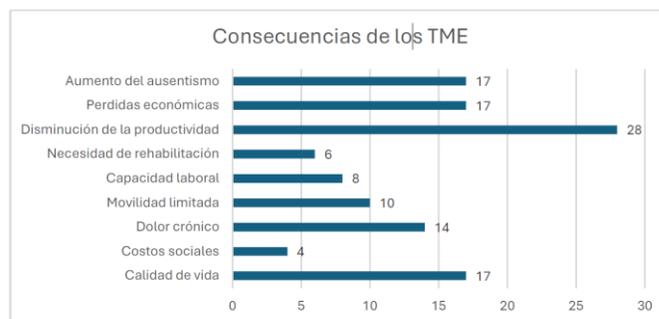


Fig. 6. Consecuencias de los TME

Según el análisis y datos rescatados de las fuentes seleccionadas, En la Figura 7 se muestra el beneficio que más se repite en dichas fuentes es la reducción de los TME en los trabajadores con un porcentaje de 21.28% (10 menciones), cerca al 20% (9 menciones) se encuentra las mejoras en la

salud general, lo sigue con 17% (8 menciones) el aumento en la productividad, le siguen la reducción del estrés laboral y las capacidades con un 15% (7 menciones) y 11% (5 menciones) respectivamente, la modificación de la estación de trabajo cuenta con un 9% (4 menciones) en donde se encontró que la satisfacción de los trabajadores de 2 industrias automotrices llevo a un 70% con las condiciones de rotación entre puestos de trabajo [21]. Finalmente, con 4.26% (2 menciones) cada uno se encuentran la reducción de pérdidas sociales y la reducción de pérdidas económicas. Estos resultados indican que las intervenciones no solo mejoraron la productividad y la salud general, sino que también tuvieron una reducción del estrés laboral y los trastornos musculo esqueléticos.

En la Figura 8, se evidencia que la industria que lidera con 17 menciones es la manufacturera, la sigue automotriz y agrícola con 6 cada una, las industrias de fundición, contricción y almacenes con 3 cada una, las industrias de confección, oficina y salud con 2 cada una y las que menos se mencionan con las industrias de electrónica, petróleo y minería con la mínima mención de 1.

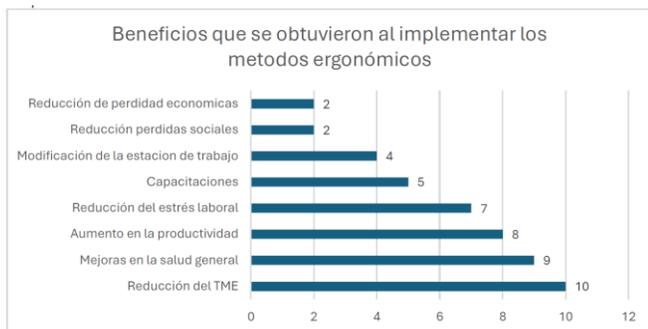


Fig. 7. Beneficios que se obtuvieron



Fig. 8. Industrias mencionadas

#### IV. DISCUSIÓN

En este artículo de revisión sistemática de lectura, se obtuvo que los métodos RULA, REBA, OWAS y OCRA son los más aplicados en los diferentes sectores industriales. Del

mismo modo, Vidyadhar et al. [22] determino que los métodos con mayoría de uso es el método RULA y REBA. De forma similar, Fan et al. [23] afirma que actualmente RULA y REBA siguen siendo los más usados pero que intervienen softwares de biomecánica 3D para respaldar estos métodos ya mencionados. Este resultado concuerda con lo hallado, puesto que de todos los métodos aplicados en los diferentes documentos son los que más fueron empleados.

Por otro lado, uno de los objetivos fue identificar las diversas consecuencias de los TME en los colaboradores industriales. Dando como resultados consecuencias que afectan el desempeño, la salud y el confort de los empleados, así como diferentes métodos ergonómicos pueden mitigar estos efectos. Según los autores sus estudios mostraron que las posturas inadecuadas afectaban el rendimiento laboral y la productividad [22]. De la misma manera, con lo reportado, el gasto generado por dolor crónico está relacionado con mayores pérdidas en la productividad y los subsiguientes pagos por la ausencia laboral [24]. Ambas investigaciones concuerdan en que la mayor consecuencia de los TME es la baja productividad.

Además, determinar los beneficios de implementar las metodologías ergonómicas en el lugar de trabajo para la reducción de TME, dio como resultado la mejora en la salud general, reducción del estrés laboral, reducción de los TME y el aumento de la productividad. Los autores sostienen que la implementación de EIP en la industria tuvo un impacto significativo en el incremento del HRP (productividad de los recursos humanos), el predominio del TME se menguó notablemente en grandes partes del cuerpo después reiteradas intervenciones. Asimismo, el programa acrecentó considerablemente la salud y la reducción de la fatiga ocupacional entre los colaboradores [25], mejorando significativamente las condiciones laborales con un enfoque participativo y rediseñando puestos de trabajo [25]. Asimismo, este reporte se afirma que al implementar un EIP se atisbó diferencias significativas entre la media de puntuaciones pre/postest de los integrantes en todos los talleres; en consecuencia, las intervenciones produjeron la reducción de TME en el centro laboral [26]. Ambos concuerdan que la cultura participativa y el rediseño de los lugares de trabajo obligado por un incremento en la concientización ergonómica de los colaboradores ayudaron a reducir los TME.

Finalmente considerando las limitaciones de la investigación, el campo investigado es muy amplio, ya que varían las actividades y puestos de trabajados en las diferentes industrias, dando resultados heterogéneos en la mayoría de los resultados. Por otro lado, la falta de estudios cuantitativos impidió entender de mejor forma los resultados, el cual resalta la necesidad de un estudio más cualitativo. Además, no hubo características demográficas determinadas, tamaños de muestra, entre otros; estas limitaciones serán resueltas en futuras investigaciones.

## V. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado en el presente estudio se encontraron diferentes campos de resultados, donde 3 son los que más destacan: métodos ergonómicos evaluados, estos métodos (RULA, REBA, OCRA y OWAS) fueron evaluados, hallando que RULA es el más efectivo y preciso encontrando riesgos ergonómicos, como segundo campo tenemos a las consecuencias de los TME, donde se contabilizó la disminución de la productividad, aumento del ausentismo, pérdidas económicas y reducción de la calidad de vida como las comunes entre los colaboradores industriales y como último campo los beneficios de la implementación de los TME, la implementación de métodos ergonómicos ha mostrado beneficios significativos, como la reducción de TME, mejora en la salud general, aumento de la productividad y reducción del estrés laboral. El estudio ha identificado que la disminución de la productividad en las industrias es la consecuencia más frecuente relacionado con los TME, presente en un 66.7% de los artículos seleccionados. Además, el beneficio que más favorece a las industrias después de implementar los métodos ergonómicos es la reducción de los TME seguido de la mejora de la salud en general de los colaboradores. Para futuros trabajos, se recomienda realizar una investigación con ayuda de las nuevas tecnologías de medición, el cual ayudara a tener resultados más precisos, sería recomendable buscar artículos donde estén presentes los métodos ergonómicos tradicionales junto a tecnologías revolucionarias y analizar dichos resultados.

## REFERENCIAS

- [1] A. Murtoja Shaikh, B. Bhusan Mandal, and S. Mangani Mangalavalli, "Causative and risk factors of musculoskeletal disorders among mine workers: A systematic review and meta-analysis," *Saf Sci*, vol. 155, p. 105868, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.ssci.2022.105868.
- [2] M. A. García-Luna, D. Ruiz-Fernández, J. Tortosa-Martínez, C. Manchado, M. García-Jaén, and J. M. Cortell-Tormo, "Transparency as a Means to Analyse the Impact of Inertial Sensors on Users during the Occupational Ergonomic Assessment: A Systematic Review," *Sensors*, vol. 24, no. 1, p. 298, Jan. 2024, doi: 10.3390/s24010298.
- [3] A. Golabchi, A. Chao, and M. Tavakoli, "A Systematic Review of Industrial Exoskeletons for Injury Prevention: Efficacy Evaluation Metrics, Target Tasks, and Supported Body Postures," *Sensors*, vol. 22, no. 7, p. 2714, Apr. 2022, doi: 10.3390/s22072714.
- [4] E. Sala et al., "A Twenty-Year Retrospective Analysis of Risk Assessment of Biomechanical Overload of the Upper Limbs in Multiple Occupational Settings: Comparison of Different Ergonomic Methods," *Bioengineering*, vol. 10, no. 5, p. 580, May 2023, doi: 10.3390/bioengineering10050580.
- [5] I. Sabino et al., "Application of wearable technology for the ergonomic risk assessment of healthcare professionals: A systematic literature review," *Int J Ind Ergon*, vol. 100, p. 103570, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.ergon.2024.103570.
- [6] M. B. Kar, M. Aruna, and B. M. Kuna, "Risk factors associated with work-related musculoskeletal disorders among dumper operators: A machine learning approach," *Clin Epidemiol Glob Health*, vol. 24, p. 101438, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.cegh.2023.101438.
- [7] R. Anderson, S. Bin Zaman, and M. Limmer, "The Impact of Introducing Midwives and also Mentoring on the Quality of Sexual, Reproductive, Maternal, Newborn, and Adolescent Health Services in Low- and Middle-Income Countries: An Integrative Review Protocol," *Methods Protoc*, vol. 6, no. 3, p. 48, May 2023, doi: 10.3390/mps6030048.
- [8] G. Robleda, "Pregunta estructurada para generar la búsqueda de una revisión sistemática," *Enferm Intensiva*, vol. 30, no. 3, pp. 144–147, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.ENFL.2019.07.001.
- [9] M. J. Page et al., "A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas," *Revista Panamericana de Salud Pública*, vol. 46, p. 1, Dec. 2022, doi: 10.26633/RPSP.2022.112.
- [10] A. O. Balogun and T. D. Smith, "Musculoskeletal symptoms among stone, sand and gravel mine workers and associations with sociodemographic and job-related factors," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 10, 2020, doi: 10.3390/ijerph17103512.
- [11] F. Rybníkář, I. Kačerová, P. Hořejší, and M. Šimon, "Ergonomics Evaluation Using Motion Capture Technology—Literature Review," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.3390/app13010162.
- [12] L. Gualtieri, I. Palomba, F. A. Merati, E. Rauch, and R. Vidoni, "Design of human-centered collaborative assembly workstations for the improvement of operators' physical ergonomics and production efficiency: A case study," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 9, 2020, doi: 10.3390/su12093606.
- [13] Y.-L. Chen and W.-H. Luo, "Comparative Ergonomic Study Examining the Work-Related Musculoskeletal Disorder Symptoms of Taiwanese and Thai Workers in a Tape Manufacturing Factory," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 20, no. 4, 2023, doi: 10.3390/ijerph20042958.
- [14] C. Huang, W. Kim, Y. Zhang, and S. Xiong, "Development and validation of a wearable inertial sensors-based automated system for assessing work-related musculoskeletal disorders in the workspace," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 17, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/ijerph17176050.
- [15] J. Marin and J. J. Marin, "Forces: A motion capture-based ergonomic method for the today's world," *Sensors*, vol. 21, no. 15, 2021, doi: 10.3390/s21155139.
- [16] D. Gattamelata and M. Fargnoli, "Development of a New Procedure for Evaluating Working Postures: An Application in a Manufacturing Company," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 22, 2022, doi: 10.3390/ijerph192215423.
- [17] R. Esmaeili, M. Shakerian, S. V. Esmaeili, M. Jalali, A. B. Pouya, and A. Karimi, "A multicomponent quasi-experimental ergonomic interventional study: long-term parallel four-groups interventions," *BMC Musculoskelet Disord*, vol. 24, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s12891-023-06220-4.
- [18] S. Simon, J. Dully, C. Dindorf, E. Bartaguiz, S. Becker, and M. Fröhlich, "Impact of Fatigue on Ergonomic Risk Scores and Foot Kinetics: A Field Study Employing Inertial and In-Shoe Plantar Pressure Measurement Devices," *Sensors*, vol. 24, no. 4, 2024, doi: 10.3390/s24041175.
- [19] Z. S. Hosseini, S. S. Tavafian, O. Ahmadi, and R. Maghbouli, "Effectiveness of a theory-based educational intervention on work-related musculoskeletal disorders preventive behaviors among assembly-line female workers: a study protocol for a randomized controlled trial," *Trials*, vol. 24, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s13063-023-07391-0.
- [20] D. Parras-Burgos, A. Gea-Martínez, L. Roca-Nieto, D. G. Fernández-Pacheco, and F. J. F. Cañavate, "Prototype system for measuring and analyzing movements of the upper limb for the detection of occupational hazards," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 17, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/s20174993.
- [21] N. F. Dias, A. S. Tirloni, D. C. dos Reis, and A. R. P. Moro, "Risk of slaughterhouse workers developing work-related musculoskeletal disorders in different organizational working conditions," *Int J Ind Ergon*, vol. 76, 2020, doi: 10.1016/j.ergon.2020.102929.
- [22] B. G. Vidyardhar, S. S. Hebbal, and S. M. Qutubuddin, "Ergonomic risk identification and postural analysis in electrical transformers manufacturing company located in Southern India," *Int J Occup Saf*

- Health, vol. 14, no. 2, pp. 144–151, 2024, doi: 10.3126/ijosh.v14i2.53692.
- [23] C. Fan, Q. Mei, and X. Li, “3D pose estimation dataset and deep learning-based ergonomic risk assessment in construction,” *Autom Constr*, vol. 164, 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105452.
- [24] M. A. Espinoza et al., “Cost analysis of chronic pain due to musculoskeletal disorders in Chile,” *PLoS One*, vol. 17, no. 10 October, 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0273667.
- [25] M. Rostami, A. Choobineh, M. Shakerian, M. Faraji, and H. Modarresifar, “Assessing the effectiveness of an ergonomics intervention program with a participatory approach: ergonomics settlement in an Iranian steel industry,” *Int Arch Occup Environ Health*, vol. 95, no. 5, pp. 953–964, 2022, doi: 10.1007/s00420-021-01811-x.
- [26] A. Choobineh et al., “A multilayered ergonomic intervention program on reducing musculoskeletal disorders in an industrial complex: A dynamic participatory approach,” *Int J Ind Ergon*, vol. 86, 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103221.