



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

GESTIÓN DE LOS RIESGOS
DISERGONÓMICOS EN
TRABAJADORES DE ALMACÉN: UNA
REVISIÓN NARRATIVA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA
APLICADA AL TRABAJO

HIRAM JOSHUA CASTILLO INFANTE

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mg. Claudia Mylena Tirado Cosser

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. ARMANDO WILLY TALAVERANO OJEDA

PRESIDENTE

MG. BRUNELLA YSABEL LIZARDO OTERO

VOCAL

MG. MIRKO ROGERS PEZOA VILLANUEVA

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mi abuela María a quien le debo mi formación.

A mi madre por motivarme a crecer profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios, quien en todo momento es una guía y luz.

A la Mg. Claudia por su apoyo y valioso tiempo entregado en el desarrollo del
proyecto.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis Autofinanciada

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	26	JUNIO	2025
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	CASTILLO INFANTE HIRAM JOSHUA		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2024		
TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	“GESTIÓN DE LOS RIESGOS DISERGONÓMICOS EN TRABAJADORES DE ALMACÉN: UNA REVISIÓN NARRATIVA”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Trabajo de Investigación		
Declaración del Autor			
<p>El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.</p>			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	945121096		
E-mail	hiram.castillo@upch.pe		

Firma del Egresado
DNI 71602572

ÍNDICE

RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	9
III. METODOLOGÍA.....	10
IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	12
4.1. FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO PRESENTES EN LAS TAREAS DE LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.	12
4.2. NIVEL DE RIESGO DISERGONÓMICO DE LAS TAREAS DE LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.....	18
4.3. CONSECUENCIAS DE LOS RIESGOS DISERGONÓMICO EN LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.....	27
4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS DISERGONÓMICOS EN TRABAJADORES DE ALMACÉN.....	35
4.5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	47
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

RESUMEN

Los trabajadores del sector almacén son un grupo ocupacional que están expuestos a diversos riesgos disergonómicos y que requiere exigencias físicas, mentales e incluyendo a los factores ambientales relacionados con el trabajo. **Objetivo:** Realizar una revisión bibliográfica sobre la gestión de los riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén. **Metodología:** Se incluyó artículos científicos, libros, investigaciones publicadas entre octubre de 2014 a setiembre de 2024 y se recopilaron los documentos relacionados a los objetivos del estudio de investigación en bases de datos confiables: Pubmed, Science Direct, Google Académico y Elsevier. **Resultados:** Se obtuvo que el principal factor de riesgo disergonómico es la manipulación de cargas de forma manual y mecánica, debido a que están presente en casi todas las actividades que desarrollan y la principal consecuencia a la salud es la ocurrencia de lumbalgia como TME con mayor prevalencia entre los trabajadores de almacén, debido a que están expuestos a tareas de levantamiento y manipulación cargas ya sea de manera manual o mecánica. Por otro lado, la cuarta revolución industrial, la globalización y el auge del comercio electrónico ha generado la apertura de nuevas oportunidades para el diseño y gestión de almacenes, entre estos se tiene: el uso de realidad virtual, picking por luz, navegación por voz, automatización, realidad aumentada, dispositivos portátiles (escáner), exoesqueletos, sistema de manos libres, entre otros más. **Conclusión:** La bibliografía existente sobre la gestión de riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén ha sido extensamente documentada a través de los diversos estudios en todo el mundo que evidencian una significativa preocupación por la salud y bienestar de los trabajadores, teniendo por finalidad la reducción de

consecuencias físicas, mentales y psicológicas debido a las actividades que realizan, donde la carga física, mental, emocional, factores del trabajo y factores psicosociales están involucrados.

PALABRAS CLAVES

RIESGOS DISERGONÓMICOS, TRABAJADORES DE ALMACÉN, FACTOR ERGONÓMICO

ABSTRACT

Warehouse workers are an occupational group exposed to various disergonomic risks and subject to physical, mental, and environmental demands related to their work. **Objective:** Perform a literature review on the management of disergonomic risks among warehouse workers. **Methodology:** Scientific articles, books, and research published between October 2014 and September 2024 were included. Documents related to the objectives of the research study were collected from reliable databases: PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and Elsevier. **Results:** The main disergonomic risk factor identified is the manual and mechanical handling of loads, as this activity is present in almost all tasks performed. The primary health consequence is the occurrence of low back pain, the most prevalent musculoskeletal disorder (MSD) among warehouse workers. This is due to their exposure to lifting and handling loads, whether manually or mechanically. On the other hand, the Fourth Industrial Revolution, globalization, and the rise of e-commerce have opened up new opportunities for warehouse design and management. Innovations include: virtual reality, pick-to-light systems, voice navigation, automation, augmented reality, wearable devices (scanners), exoskeletons, hands-free systems, and more. **Conclusion:** The existing literature on the management of disergonomic risks among warehouse workers has been extensively documented through various global studies, demonstrating significant concern for workers' health and well-being. These efforts aim to reduce the physical, mental, and psychological consequences of their job activities, which involve physical, mental, and emotional workloads, as well as work-related and psychosocial factors.

KEYWORDS

ERGONOMIC RISK, WAREHOUSE WORKERS, ERGONOMIC FACTOR

I. INTRODUCCION

Ergonomía proviene de la palabra griega que significa ley del trabajo, y se puede describir como el esfuerzo por adaptar el sistema de trabajo al ser humano, en otras palabras, se refiere al ajuste de las limitaciones y capacidades del ser humano mediante la selección y el diseño de tareas, ambientes de trabajo, herramientas y equipos fundamentados (Kamat et al., 2017). La ergonomía es la disciplina que estudia la interacción entre el ser humano y los elementos del sistema de trabajo con la finalidad de optimizar el bienestar humano y el rendimiento óptimo del sistema (Mocan & Draghici, 2018). Esta disciplina adquiere una gran importancia debido a que contribuye a minimizar la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos (TME) para la mejora y bienestar del trabajador contribuyendo también a la productividad y optimización del proceso, mediante la aplicación de teorías, principios, datos y métodos de diseño para que las áreas, puestos de trabajo, productos, entornos y sistemas sean compatibles con las formas en que los trabajadores acceden a ellos (Gabriel et al., 2022; Mocan & Draghici, 2018).

Los almacenes son elementos importantes como sector económico y productivo, y sobre todo, toman mayor relevancia por ser un elemento fundamental dentro de la cadena de suministros a nivel mundial en un mundo actual donde el comercio electrónico, la aparición de nuevos productos, las exigencias por parte de los consumidores, la reducción de los ciclos de vida de los productos y la optimización de procesos y plazos de entrega más cortos hace que los almacenes busquen oportunidades adicionales para aumentar la productividad y la precisión, con la finalidad de satisfacer la demanda de los clientes, y a la vez, acelerar el

crecimiento, sin embargo, a pesar de estos hechos, el 90% de los almacenes en el mundo hoy en día sus operaciones se realizan de manera manual o con bajo nivel de automatización, dependiendo aún del esfuerzo manual del trabajador al manipular los materiales y productos (Calzavara et al., 2017; Glock et al., 2021; Gruchmann et al., 2021; Jimenez et al., 2023; Kumar et al., 2021; Matsuda et al., 2022; Nair et al., 2018; Stockinger et al., 2020).

Dentro de las actividades que realizan los trabajadores de almacén, de manera general, se puede describir el almacenamiento, la preparación de pedidos (picking), la clasificación y el envío (transporte), sin embargo, existe una actividad como la manipulación manual y la preparación de pedidos (picking) que representa entre el 55% y 65% de las operaciones de almacén e involucra la elevación y manipulación de cargas pesadas y exponen a los trabajadores a un alto riesgo de desarrollar los TME debido a la altura y profundidad de las estanterías, el peso de los productos manipulados, la ubicación de los palets, que generan en el trabajador torsión del cuerpo, flexión de rodillas e inclinación del tronco lo que aumenta el riesgo de la ocurrencia de TME (Calzavara et al., 2017; Glock et al., 2021; Matsuda et al., 2022; Matusiak et al., 2017), asimismo, el uso de escáneres y dispositivos móviles tipo pistola durante la preparación de pedidos generan desviaciones radiales y cubitales de la mano, generando una reducción de la fuerza y contribuyendo a la fatiga del trabajador (Nair et al., 2018).

Existen diversos métodos ergonómicos que permiten analizar, evaluar y estudiar al trabajador mientras realiza sus actividades laborales, sumado a la combinación de estos métodos con el conocimiento de la anatomía del cuerpo,

permite diseñar ambientes de trabajo eficaces y saludables que contribuyan a minimizar la ocurrencia de TME (Adams & Berlin, 2017).

La ocurrencia de TME genera un impacto negativo no solo en los trabajadores, sino también en las empresas y organizaciones, esto se ve reflejado en que son causantes de aproximadamente el 50% de las ausencias laborales impactando de manera adversa por la reducción de la productividad laboral y el perjuicio generado en la salud del trabajador (Bláfoss et al., 2024; Maula et al., 2016; Yazdani et al., 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los TME representan el 40% de las enfermedades relacionadas al trabajo y los factores de riesgo disergonómico son los principales causantes de estos TME en los trabajadores, además, se encuentran entre las enfermedades ocasionadas por el trabajo más ampliamente identificadas a nivel mundial siendo en su mayoría originado por tareas manuales, representando un gran desafío para la salud pública (Battini et al., 2014; İmamoğlu & Esi, 2024; Rahman et al., 2022). Resultados publicados por NIOSH demuestran que el costo económico por problemas musculoesqueléticos en los trabajadores alcanzó los 13 billones de dólares, siendo el costo más elevado en comparación con otras molestias de otros sectores económicos (Maula et al., 2016). En esa misma línea, en la Unión Europea (UE) la carga financiera que genera los TME representa el 2% del producto bruto nacional, mientras que en los Estados Unidos, estadísticas indican que el impacto económico se estima en los 20 billones de dólares al año debido a los costos directos (Bláfoss et al., 2024; Calzavara et al., 2017; Lolli et al., 2023).

El sector logístico y almacenes presenta un alto riesgo de sufrir de TME en sus trabajadores a nivel global (Gruchmann et al., 2021), y se ve reflejado en los diversos estudios realizados en todo el mundo; estadísticas en Europa encontraron que, en el sector de almacenes, de todos los problemas de salud relacionados al trabajo, los TME representaban el 62%, mientras que, en los Estados Unidos, el porcentaje fue del 40% de casos reportados de TME respecto al total de enfermedades profesionales (Calzavara et al., 2017). De igual manera, Labus & Gajšek (2018) mencionan que las estadísticas laborales en los Estados Unidos referente a la proporción de TME y accidentes de trabajo en todo el sector privado es una proporción de 33.5 casos por cada 10000 trabajadores, sin embargo, en el sector de almacenes, esta cifra aumenta encontrándose en 80.3 casos de TME por cada 10000 trabajadores, siendo más del doble de las estadísticas laborales en general. Por otro lado, según la Oficina de Estadísticas Laborales (Bureau of Labor Statistics,) de los Estados Unidos, menciona que los TME representaron el 62% de las lesiones reportadas en almacén durante el año 2018 (Lavender et al., 2021) y que el 31.4% de los días de ausencia al trabajo se debe a los TME (Lolli et al., 2023).

Los TME afectan al cuerpo humano manifestándose con diferentes síntomas como dolor, rigidez, debilidad, entumecimiento, hormigueo y movimiento limitado de las articulaciones afectando al sistema musculoesquelético que está compuesto de diferentes estructuras como músculos, tendones, ligamentos, articulaciones y nervios, así como de diferentes segmentos corporales como la espalda, brazos, muñecas, manos y piernas (İmamoğlu & Esi, 2024; Kamijantono et al., 2024), De igual modo, la fatiga corporal puede ser un predictor significativo de presencia de

dolor y de enfermedades musculoesqueléticas entre los trabajadores, además, su prevalencia aumenta el riesgo de ocurrencia de dolores musculares y TME (Bláfoss et al., 2024; Sagherian et al., 2019). De esa manera, el trabajador se ve afectado con la forma normal de realizar sus tareas, debido a que puede presentar limitaciones corporales y funcionales producto de las lesiones ocasionadas, afectando la capacidad de realizar sus tareas de forma eficaz y eficiente (İmamoğlu & Esi, 2024).

Calzavara et al (2017) menciona que en el Reino Unido la incidencia de TME representó más del 43% del total de enfermedades relacionadas al trabajo, considerando todos los sectores productivos. Otros estudios realizados en países como Estados Unidos, Reino Unido y Malasia encontraron que los TME son la enfermedad registrada en mayor número de ocurrencias (Rahman et al., 2022). En Latinoamérica, Brasil, encontraron que existe una prevalencia del 24% con dolor lumbar en los trabajadores de almacén (Gomes et al., 2023), mientras que en Asia países como Malasia, encontraron que las actividades de manipulación manual representan una asociación del 40% de TME, ocasionando principalmente distensiones y esguinces en los miembros superiores, los hombros y la zona lumbar de la espalda generando malestar a largo plazo, discapacidad, costos médicos y cargas financieras (Kamarudin et al., 2024).

Dentro de los TME, la lumbalgia es un problema de salud con una alta prevalencia a lo largo de la vida, donde casi el 80% de la población mundial experimentó la lumbalgia en algún momento de su vida (Al-Hadidi et al., 2020), mientras que las estadísticas a nivel mundial muestran que la prevalencia anual es del 30% en la población mundial (James et al., 2018).

Los TME no solo tienen una relación directa por la exposición a factores de riesgo disergonómico por carga física como levantamiento de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, sino que también existe una relación con factores biomecánicos y psicosociales como la exposición a altas demandas psicosociales en el trabajo, alto índice de masa corporal, presencia de comorbilidades, entre otros más (Gomes et al., 2023). Por otro lado, la depresión y la ansiedad son condiciones comunes que presenta un trabajador con lesiones en la espalda, debido a las limitaciones físicas y los cambios en el estilo de vida que presentan (Nazari et al., 2023).

Matsuda et al., (2022) menciona que aparte del estrés físico que están expuestos los trabajadores de almacén, el estrés psicológico también está presente en las operaciones de almacén y puede ser causado por tareas rutinarias y monótonas, relaciones interpersonales entre múltiples trabajadores extensas jornadas laborales con más horas de trabajo que lo normal y aspectos de confort ambiental como la presencia de ruido, todo esto, puede aumentar el riesgo en el trabajador de presencia de ansiedad, nerviosismo e irritabilidad.

Una gestión logística ineficiente podría verse afectada por una programación inadecuada de la fuerza laboral, debido a que, el desequilibrio en las cargas de trabajo de los trabajadores por una mala programación genera insatisfacción que puede afectar su rendimiento y en muchos casos, la programación solo se centra en la carga de trabajo física y no abarca otros campos adicionales que también son importantes teniendo como consecuencia que muchas empresas no tienen una programación estructurada que considere tanto la carga de trabajo física como la

mental y este es el principal factor que causa el desequilibrio en la carga de trabajo entre los trabajadores, es por ello, que es esencial el diseño una programación que asigne a los trabajadores de forma que equilibre la carga de trabajo, física y mental (Dewi & Septiana, 2015). Estos factores identificados son las posturas forzadas, la carga de trabajo excesiva, los movimientos repetitivos, organización del trabajo, manipulación de objetos pesados, tiempo de recuperación insuficiente, carga estática prolongada y falta de descanso (Basahel, 2015; Gomes et al., 2023; Ismail et al., 2024; Kamat et al., 2017; Maula et al., 2016; Mesquita et al., 2024). La mayoría de los sistemas de trabajo involucran un proceso cognitivo o mental y el esfuerzo físico del trabajador, por lo que el estudio de la ergonomía en el trabajo debe considerar ambos factores en forma conjunta al momento de evaluar y gestionar el riesgo disergonómico (Mehta, 2016).

Ante lo expuesto con anterioridad, se evidencia que existe una vasta información de estudios a nivel internacional que evidencian una relación entre los factores de riesgo disergonómicos con los trastornos de riesgo musculoesqueléticos y con los procesos cognitivos y mentales de los trabajadores en almacén; sin embargo, en el Perú, la información sobre investigaciones relacionadas a estos trabajadores y su relación con los factores de riesgo disergonómicos, así como la gestión para evitar la ocurrencia de TME, es limitada, reduciéndose solo a trabajadores del sector salud y algunos sectores industriales, no encontrándose evidencia de investigaciones en el sector de almacenes. Por ello, es importante realizar una revisión bibliográfica que brinde información actualizada con evidencia científica que permita gestionar adecuadamente los factores de riesgo disergonómico a los que están expuestos los trabajadores del sector productivo de

almacén en pro de su bienestar y en aras de evitar consecuencias negativas a su salud, así como, el desarrollo de TME.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar una revisión bibliográfica sobre la gestión de los riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén

2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar los factores de riesgo disergonómico presentes en las tareas de los trabajadores de almacén.
- b) Describir el nivel de riesgo disergonómico de las tareas de los trabajadores de almacén.
- c) Describir las consecuencias de los riesgos disergonómico en los trabajadores de almacén.
- d) Describir las medidas preventivas para la gestión de los riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén.

III. METODOLOGÍA

Se desarrolló un trabajo de investigación de revisión bibliográfica de tipo narrativo e investigación documental, considerando los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- a) Se incluyó artículos científicos, libros, investigaciones publicadas entre octubre de 2014 a setiembre de 2024. Se puede incluir publicaciones previas en el caso que no se encuentre información relevante para el estudio.
- b) Se incluyó documentos normativos vigentes a la fecha de setiembre del 2024.
- c) Se incluyó documentos publicados en cualquier idioma.
- d) Se excluyó artículos publicados que requieren un pago adicional para acceder al contenido completo.
- e) Se excluyó artículos que solo tienen disponible el resumen.

Para el desarrollo del presente estudio de investigación se aplicaron los siguiente procedimientos y técnicas.

- a) Se recopilaron los documentos relacionados a los objetivos del estudio de investigación en bases de datos confiables: Pubmed, Science Direct, Google Académico y Elsevier.
- b) Se seleccionaron las investigaciones relevantes para cumplir los objetivos del estudio de investigación.
- c) Se organizaron y gestionaron los documentos seleccionados mediante el gestor de referencias Zotero.
- d) Se analizó la información seleccionada para realizar el informe final del presente trabajo.

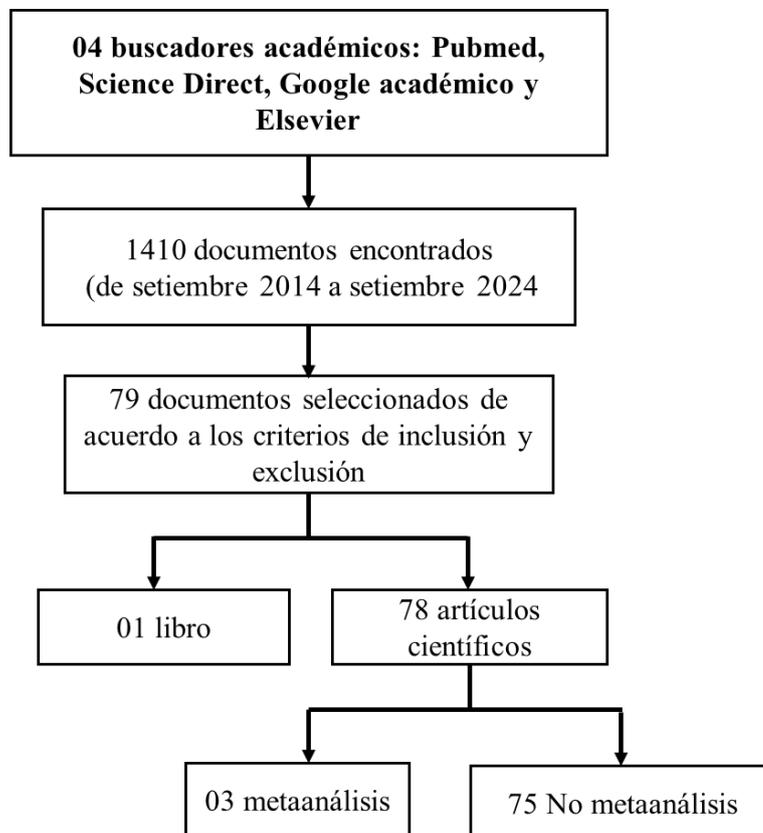
Para el análisis y procesamiento de datos en el presente estudio se realizó lo siguiente:

- a) Se analizaron los datos e información de la bibliografía seleccionada según temáticas concretas para el desarrollo de cada objetivo específico

Se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones éticas:

- a) Se obtuvo la aprobación ante el comité de ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- b) El presente estudio no realizó pruebas en seres vivos (humanos y animales).
- c) Este estudio de investigación respetó el derecho de autor de cada bibliografía consultada y seleccionada, citando correctamente cada investigación utilizada.

Como resultado de la búsqueda de información se detalla lo siguiente:



IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

4.1. FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO PRESENTES EN LAS TAREAS DE LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.

Un almacén es un lugar temporal para almacenar todo tipo de productos o materiales (inventario) dentro de la red de una cadena de suministros, siendo los trabajadores de almacén son responsables de diversas tareas cotidianas y de una amplia gama de actividades que incluyen el almacenamiento, transporte, recepción, revisión, carga y descarga, embalaje de mercancías, gestión del inventario entre otros más (Kumar et al., 2021; Ruslan et al., 2024).

El sector logístico y almacenes juega un rol crucial en el desarrollo económico global, siendo la columna vertebral del comercio internacional debido a que es un elemento esencial que integra a todos los actores de la cadena de suministro para garantizar una continuidad dentro del sistema, siendo los trabajadores de almacén, un grupo ocupacional que se encuentra de forma transversal entre diversos ámbitos económicos; estos trabajadores desarrollan diferentes tareas que involucran el transporte manual de cargas, levantamiento o descenso manual de objetos, aplicación de fuerzas al jalar o empujar materiales usando transpaletas, apilamiento de materiales, embalaje de productos, y que a su vez obliga la adopción de posturas inadecuadas, sobreesfuerzos, trabajo acumulado que se realiza de manera prolongada y repetitiva, bipedestación por tiempo prolongado, generando una alta exposición de lesiones musculoesqueléticas principalmente a nivel de espalda y especialmente en la región lumbar (Dewantari et al., 2024; Gabriel et al., 2022; Glock et al., 2019; Harris-Adamson et al., 2016; Kasap & Abbady, 2024; Kırıcı

et al., 2020; Kumar et al., 2021; Mayang et al., 2024; Mesquita et al., 2024; Rahman et al., 2022; Rajendran et al., 2021; Ruslan et al., 2024; Ulutas & Ozkan, 2019; Zhao et al., 2022; Żywiołek, 2015); asimismo, existen múltiples actividades en el sector de almacenes como preparación de pedidos (picking), la recepción, el almacenamiento y el envío que requieren el uso de maquinaria como montacargas, y que por su versatilidad son equipos muy usados en esta operación, estos equipos también conocidos como carretillas elevadoras son un elemento importante en las cadenas de suministro industriales (almacenes), debido a que transportan bienes y materiales pesados y capaces de alcanzar cargas ubicadas en lugares altos o difícil accesibilidad para el trabajador que de manera manual imposibilita realizar dicha tarea, por ello las investigaciones han demostrado que los operadores de montacargas del sector almacenes están sometidos a una alta exigencia temporal, física y mental y por consiguiente, presentan una alta exposición a posturas sedentarias y estática, torsión y rotación del tronco, flexión lateral del tronco y vibraciones de cuerpo entero, además, los operadores de montacargas en grandes almacenes de gran altura la propia función de trabajo los obliga a extender el cuello al elevar y descender una carga, girar la cabeza de manera frecuente al conducir en retroceso e inclinar de manera lateral la cabeza para una mayor visibilidad (Flodin et al., 2018; Jimenez et al., 2023; Rabal-Pelay et al., 2021).

Un estudio realizado en Alemania, en cuanto a las exigencias físicas del trabajo en trabajadores de almacén, se obtuvo que en relación al tiempo total que dura la jornada de trabajo, realizan trabajos de pie un 80.5%, trabajos con manos un 56.4% levantamiento y transporte de cargas un 46.3% y posturas forzadas un 21.5%;

referente a las exigencias mentales del trabajo, el 72.9% del tiempo realizan trabajos monótonos (Kretschmer et al., 2017).

Estas actividades hacen que los trabajadores de almacén estén expuestos a diversos riesgos disergonómicos que requiere exigencias físicas, mentales e incluyendo a los factores ambientales relacionados con el trabajo (Battini et al., 2014; Ismail et al., 2024; Maettig & Kretschmer, 2019). En ese sentido, la carga física no es el único factor de riesgo disergonómico que interviene en el ámbito laboral, diversos estudios han encontrado una influencia significativa de desarrollo de TME a causa de factores mentales y cognitivos; esto se explica debido a que, factores como la carga de trabajo mental, la fatiga y el estrés de trabajo pueden ser capaces afectar sistemáticamente varios aspectos de las capacidades humanas (Lagomarsino et al., 2022).

Diferentes investigaciones en diversos sectores que incluyen un área de almacén han evidenciado la exposición de factores de riesgo disergonómico en los trabajadores de almacén:

- En el sector electrodomésticos, los trabajadores de almacén están expuestos diversos factores de riesgo disergonómicos por la misma manipulación manual o mecánica de estos equipos que involucran posturas forzadas por la inclinación frecuente y torsión del tronco para levantar y transportar el electrodoméstico de manera manual (cargar) o con ayuda de un elemento mecánico (Maula et al., 2016).
- Los trabajadores de almacén del sector aeroespacial presentan un elevado riesgo de exposición a factores de riesgo disergonómico como la

repetitividad del levantamiento, posturas incómodas al levantar la carga y el levantamiento manual de objetos pesados que oscilan entre 8 – 30 kg (Kamat et al., 2017).

- Los trabajadores de almacén de la industria de Courier y entrega de paquetes realizan diferentes tareas que generan exposición a factores de riesgo disergonómico como las posturas forzadas por flexión y torsión del tronco para realizar el escaneo, clasificación y almacenamiento de paquetes, así como, el levantamiento manual de paquetes para apilarlos y la adopción de posturas forzadas para acceder a los productos dentro de los vehículos (Ismail et al., 2024).
- Grosse et al (2014) identificaron que los trabajadores de almacén del sector de preparación de pedidos (picking) están expuestos a factores de riesgo disergonómico por carga física, mental y emocional, dentro de la carga física se encuentra las posturas forzadas, movimientos repetitivos, sobreesfuerzos debido al levantamiento, empuje, arrastre, transporte, movilización y desplazamiento excesivo de productos que pueden provocar la ocurrencia de TME, así como, el gasto metabólico del trabajador que puede aumentar proporcionalmente con el peso de la carga transportada y puede causar fatiga física, por otro lado, también se tiene factores como el estrés y la fatiga mental ocasionados por la presión de trabajo, tiempos de productividad, fallas en el sistema o información errónea al momento de la preparación de pedidos, finalmente, la presencia de factores psicosociales también están presentes, entre ellos se tiene la rotación laboral, estructura de la fuerza de trabajo y condiciones laborales.

- Glock et al., (2021) menciona que las empresas de almacenes con trabajadores que realizan la manipulación de materiales pueden requerir el recorrido de largas distancias dentro del almacén, además, el uso de carros o contenedores puede requerir estiramientos y flexiones del cuerpo al transportar la carga. Por otro lado, los trabajadores que utilizan equipos digitales para el proceso de escaneo de códigos de barras en su mayoría tienen implementado un escáner portátil, sin embargo, la introducción de escáneres tipo tableta hace que el trabajador adopte una postura forzada con la palma de la mano hacia arriba (supinación) y la muñeca flexionada lateralmente (Mocan & Draghici, 2018).

Investigaciones han demostrado que los operadores de montacargas del sector almacenes están sometidos a una alta exigencia temporal, física y mental y por consiguiente, presentan una alta exposición a posturas sedentarias y estática, torsión y rotación del tronco, flexión lateral del tronco y vibraciones de cuerpo entero, adicionalmente, los operadores de montacargas en grandes almacenes de gran altura la propia función de trabajo los obliga a extender el cuello al elevar y descender una carga, girar la cabeza de manera frecuente al conducir en retroceso e inclinar de manera lateral la cabeza para una mayor visibilidad (Flodin et al., 2018; Jimenez et al., 2023; Rabal-Pelay et al., 2021).

Flodin et al (2018) realizó una identificación de factores disergonómicos por carga física para una población de 150 montacarguistas de diversos almacenes de gran altura, obteniendo como resultado que el 72% de la jornada mantienen el cuello extendido, 69% flexión lateral del cuello, 83% torsión del cuello, 79% movimientos

monótonos de brazo y mano, 35% postura sedente estática y 67% trabajos que involucra manos por encima del nivel de los hombros, Igualmente, se identificó la presencia de factores psicosociales y el 90% de los montacarguistas manifestó el apoyo de sus compañeros de trabajo y el 70% siente que existe libertad de trabajo; adicionalmente, Rabal-Pelay et al (2021) mencionan que los conductores de montacargas realizan una torsión frecuente e inclinación lateral del cuello para obtener una mejor vista al cargar y descargar los productos y estas posturas se ejecutan de manera frecuente y excesiva para superar las restricciones de visibilidad de la cabina del conductor.

4.2. NIVEL DE RIESGO DISERGONÓMICO DE LAS TAREAS DE LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.

Las evaluaciones ergonómicas son muy importantes en el análisis de las operaciones humanas debido a la estrecha relación entre la productividad y la salud del trabajador, para ello, se han desarrollado numerosos métodos y herramientas que ayudan a estimar el los riesgos involucrados en las tareas y actividades laborales como la carga postural, vibraciones, uso de herramientas y equipos, posturas forzadas, la frecuencia de los movimientos y su duración, ambiente de trabajo, el diseño de estaciones de trabajo ergonómicas, etc., entre las herramientas desarrolladas para la carga postural se tiene RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment), OWAS (Ovako Working posture Assessment System), LUBA (Loading on the Upper Body Assessment), ULRA (Upper Limb Risk Assessment), para movimientos repetitivos HAL-TLV (Threshold Limit Value for Hand Activity Level), OCRA (Occupational Repetitive Actions), ISO 11228-3, ART tool (Assessment of repetitive tasks of the upper limbs) y JSI (Job Strain Index), para manipulación manual de cargas ecuación NIOSH, ISO 11228-1 y MAC tool (Manual Handling Assessment Charts) y para aplicación de fuerzas como empuje y tracción las tablas de Snook y Ciriello y la Norma ISO 11228-2 (Battini et al., 2014; Botti et al., 2020; Fox et al., 2019; Joshi & Deshpande, 2019; Lowe et al., 2019; Vallone et al., 2015; Winiarski et al., 2021).

Los trabajadores de almacén del sector de venta de productos (tiendas) están expuestos a posturas de trabajo inadecuadas y a trabajos con alta carga física, ya que la mayoría de estos sectores dependen del trabajo manual en lugar de sistemas automáticos, es así que, un estudio realizado a 92 trabajadores de almacén de una

cadena de supermercados de venta de electrodomésticos en Arabia Saudita, evaluó el impacto de carga postural en dos tareas manuales mediante el método RULA: levantamiento manual que involucró 45 personas y tracción manual con 47 personas, obteniendo como resultados que los trabajadores que están expuestos al levantamiento manual de electrodomésticos con pesos entre 16 – 20 kg, el 48.9% presentaron un nivel 3 y un 24.4% nivel 4 de la puntuación RULA, mientras que la exposición a la tracción mecánica de electrodomésticos con pesos entre 35 – 40 kg, el 36.1% presentaron un nivel 3 y 14.9% nivel 4 de la puntuación RULA, así también, se evaluó la frecuencia cardíaca entre el nivel de reposo y la realización de ambas tareas, resultando que la frecuencia cardíaca en las tareas de levantamiento manual y tracción manual de productos con respecto al nivel de reposo fueron significativas, además el valor más alto de frecuencia cardíaca (>120 rep/min) se asoció con la tarea de levantamiento manual productos y se observó una diferencia significativa entre el valor de frecuencia cardíaca en las tareas de levantamiento y tracción de productos debido a que la tarea de levantamiento exigía más físicamente el estado fisiológico de los trabajadores y a que la postura de trabajo en la tarea de levantar era más estresante que en la tarea de tirar, debido en esta última el trabajador debía agacharse para recoger el producto de una superficie baja, por debajo de la altura de la rodilla (Basahel, 2015); por otro lado, una investigación realizado a 7 trabajadores de almacén de una tienda de calzados, evaluó la exposición a riesgos disergonómicos por carga postural, analizando dos posturas con el método RULA, obteniendo una categoría de riesgo entre 1 y 2 para ambas posturas, la manipulación manual de cargas fue evaluado con el método MAC obteniendo un puntaje final de 15 categoría 3 por lo que se requieren acciones

correctivas a la brevedad, para evitar riesgos disergonómicos, la carga física del trabajador fue evaluada con la medición del consumo metabólico resultando en 363.9 Kcal/min y también se evaluó el tiempo máximo de trabajo el cual fue de 7.32 horas, lo cual se requiere un tiempo de recuperación de 27.79 minutos (Meza et al., 2022).

Un estudio realizado a 6 trabajadores del área de almacén de una empresa manufacturera en Malasia evaluó la manipulación de productos dividido en dos tareas: almacenamiento en estantes bajos y almacenamiento en estantes altos, ambas actividades presentaban exposición a posturas forzadas y utilizando el método REBA se encontró que el 78% de las evaluaciones presentaron un nivel de puntuación 3 (alto), lo que indica que las posturas evaluadas presentan un alto riesgo de lesión para el trabajador y ocurrencia de TME (Zhao et al., 2022); asimismo, trabajadores de almacén de una empresa manufacturera aeroespacial fueron evaluados para determinar el nivel de riesgo disergonómico postural, la primera tarea de levantamiento manual de un núcleo de alerón de 30 kg presentó una puntuación de 7 en RULA, la segunda tarea de levantamiento de cajas de sellador de bolsas de vacío de 8 kg presentó una puntuación de 7 en RULA y la tercera tarea de levantamiento de una caja de 7 kg presentó una puntuación de 7 en RULA, lo que implica un alto riesgo de lesiones ergonómicas debido a la carga de trabajo y la repetición de las tareas (Kamat et al., 2017).

Un estudio realizado a 17 operadores manuales de almacén distribuidos en cuatro grandes compañías del sector industrial, cuantificó la carga de trabajo física en la actividad de picking en estantería y palets, utilizando el método EAWS (Hoja de trabajo de evaluación europea) que evalúa el entorno laboral y combina todos

los aspectos del manejo manual de cargas, haciendo una combinación de posturas estáticas, aplicación de fuerzas, manipulación manual de cargas (MMC) y movimientos repetitivos de miembros superiores; para ello, el estudio se centró en la MMC específicamente en el factor postural, denominado PP, con una valoración de 1 como más favorable y 8 como menos favorable, obteniendo como resultado que los valores más altos de PP (mayor a 5) se obtienen en aquellos productos que se encuentran a menor altura (0.20 m del suelo), el PP alcanza un puntaje mínimo para altura de ubicación de los productos entre 1,0 y 1,2 m, asimismo, a mayor altura de los productos, mayor PP (4 – 5) debido al trabajo por encima de la cabeza y a las mayores distancias entre la carga y el cuerpo, siendo estos resultados un riesgo para la salud del trabajador con posible ocurrencia de TME (Steinebach et al., 2022); por otro lado, un estudio realizado en trabajadores de almacén en una empresa eléctrica de Portugal evaluaron el nivel de riesgo por exposición a manipulación manual de cargas en tres actividades de almacén: etiquetado de materiales, preparación de palets y verificación de palets, comparando 6 metodologías de evaluación ergonómica: ecuación NIOSH, método Comprehensive Lifting Model (CLM), método de SHOAF, guía de MITAL, método KIM-LHC y método RAMP I, evidenciando que la primera actividad de etiquetado de materiales obtuvo un nivel de riesgo medio con los métodos ecuación NIOSH y KIM-LHC y nivel de riesgo bajo para los otros métodos, en la segunda actividad de preparación de palets el nivel de riesgo fue alto y muy alto con los métodos ecuación NIOSH, CLM, SHOAF, nivel de riesgo medio con los métodos MITAL y KIM-LHC y, nivel de riesgo bajo con el método RAMP I, y finalmente la tercera actividad de verificación de palets se obtuvo un nivel muy alto en casi

todos los métodos evaluados a excepción de RAMP I, concluyendo que la tercera actividad es la más crítica porque presentó un mayor nivel de riesgo disergonómico por exposición a manipulación manual de cargas (Gabriel et al., 2022).

En Kuwait se realizó un estudio en tres compañías diferentes: una compañía de almacenes, una fábrica de refrigeradores y una empresa de transporte logístico global, obteniendo como resultados niveles de riesgo significativo debido a las tareas que realizan; la primera tarea evaluada mediante la herramienta Análisis de la espalda baja (LBA) fue la de descarga de productos de un camión y resultó que la fuerza de compresión y la fuerza de corte fueron de 1961 N y 766 N respectivamente representando un riesgo alto para la espalda baja, en la segunda tarea de traslado de productos en el almacén se utilizó la metodología REBA resultando en una puntuación de 5 nivel medio, la tercera tarea de transporte de productos de los estantes evaluado con la metodología OWAS resultó en una puntuación de 2, la tarea 4 que es empujar un carrito se evaluó mediante el método LBA obteniendo que la fuerza de compresión es de 4434 N superando el límite de acción de compresión de la espalda de NIOSH que es de 3400 N además la fuerza de corte fue de 5800 N, representando un riesgo alto en la espalda baja (Kasap & Abbady, 2024). Por otro lado, un estudio en laboratorio realizado a 14 personas evaluó las fuerzas de compresión y corte que ejerce un trabajador al jalar o empujar una transpaleta estándar de almacén con un peso aproximado de 300 kg, obteniendo como resultado que las fuerzas máximas promedio de tracción y empuje fueron de 435 N y 439 N, mientras que las fuerzas de compresión oscilaron entre 678 N y 712 N y las fuerzas de corte alcanzaron picos máximos de 111 N, siendo resultados que están por debajo de los límites de NIOSH de 3400 N, sin embargo, otros factores

adicionales como la frecuencia y duración del esfuerzo y factores personales como las comorbilidades pueden hacer que el riesgo de prevalencia de TME sea considerable (Harris-Adamson et al., 2016).

Existen estudios que han evaluado el nivel de riesgo disergonómico a trabajadores de almacén en la industria de Courier y entrega de paquetes, es así que una investigación realizado en Malasia evidenció que el nivel de riesgo fue Muy alto considerando la metodología REBA, pues se obtuvo una puntuación total de 12 (nivel 4), debido a las posturas forzadas como flexión de tronco y miembros inferiores, manipulación de cargas superiores a 10 kg y posturas sostenidas por más de 1 minuto, al realizar tareas de almacenamiento y apilamiento de paquetes (Ismail et al., 2024); mientras que, un estudio realizado en Indonesia resultó que el nivel de riesgo disergonómico según la metodología REBA osciló entre medio y muy alto para 7 tareas: se obtuvo un puntuación de 7 (riesgo medio) para la actividad de desempaqueado en pilas superiores, puntuación de 10 (nivel alto) para el desempaqueado en pilas intermedias, puntuación de 11 (nivel muy alto) para el desempaqueado en pilas bajos, puntuación de 9 (nivel alto) para el transporte de paquetes para almacenamiento, puntuación de 10 (nivel alto) para la colocación de paquetes, puntuación de 8 (nivel alto) para el transporte de paquetes para la distribución y puntuación de 11 (muy alto) para la colocación de paquetes distribución, siendo clasificados como peligrosos debido a las posturas forzadas que realizan y la manipulación manual de cargas (Putri et al., 2024). Por otro lado, en Filipinas se evaluó el nivel de riesgo a trabajadores de dos almacenes de una de las empresas más grandes del país de servicios de courier, por exposición a actividades de levantamiento de cargas utilizando la metodología de índice de levantamiento

de NIOSH, obteniendo como resultado que para un almacén el peso promedio del paquete fue de 42.75 kg, el límite de peso recomendado (RWL) fue de 16.95 kg y se obtuvo un índice de levantamiento de 2.52, mientras que en el otro almacén el peso promedio del paquete fue de 26.65 kg, el límite de peso recomendado fue de 17.10 kg, obteniéndose un índice de levantamiento de 1.56, en ambos casos el peso promedio de los paquetes manipulados excedió el límite de peso recomendado obteniéndose valores de índice de levantamiento NIOSH superiores a 1.0 indicando que las tareas de levantamiento son peligrosas y potencialmente pueden contribuir a la ocurrencia de TME, adicionalmente, utilizando la metodología Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) se determinó los factores significativos que contribuyen con la generación de riesgos disergonómicos, teniendo como resultado que el riesgo alto se encuentran el levantamiento de paquetes con un peso superior al límite recomendado con un número de prioridad de riesgo (RPN) de 125 y levantamiento de paquetes de gran volumen con un RPN de 100, en riesgo medio se encuentra personal no capacitado en la manipulación de cargas con un RPN de 60, mientras que en riesgo bajo está la dificultad para sujetar un paquete con un RPN de 10 (Estember & Que, 2020).

La industria logística que se encarga en gran medida en distribuir productos a sus clientes, presenta fluctuaciones o incertidumbre en la entrega de pedidos afectando la forma de organización de los trabajadores, especialmente en las subdivisiones de envíos y almacenes, es así que un estudio realizado a trabajadores pertenecientes a dos sectores de una compañía logística en Indonesia, evaluó la carga física utilizando el consumo metabólico obteniendo como resultado que los trabajadores del primer sector presentaron una categoría de consumo metabólico

Bajo oscilando entre 130 a 179 Kcal/hr, mientras que los trabajadores del segundo sector fue Alto, oscilando entre 357 a 397 Kcal/hr según la clasificación del Estándar Nacional de Indonesia (SNI), por otra parte, también se evaluó la carga mental utilizando el método NASA-TLX obteniendo como resultado que los trabajadores del primer y segundo sector obtuvieron una carga mental entre media y alta (Dewi & Septiana, 2015).

Los trabajadores de almacén del área de preparación de pedidos tienen un rasgo característico y es la carga física excesiva, este tipo de carga se asocia con el levantamiento y traslado de material, movimientos repetitivos de manos y brazos así como con la permanencia de pie durante largos periodos o en posiciones incómodas, es por ello, que un estudio evaluó el gasto energético en trabajadores de picking, para ello se utilizó el método cronométrico-tabular de Lehmann que permitió evaluar el gasto energético realizado mediante una estimación por tablas, obteniendo como resultado que el gasto energético fue de 1540 kcal/min clasificado como trabajo pesado y dureza media según el Instituto Central de Protección del Trabajo de Polonia (Żywiołek, 2015).

La manipulación manual de alimentos a granel en trabajadores de almacén que implica el levantamiento de sacos grandes de 50 kg puede provocar severas lesiones al organismo, es así que un estudio en Indonesia en trabajadores de almacén de una empresa que almacena sacos de arroz se evaluó la postura (método REBA) y la manipulación de cargas (NIOSH) durante las actividades de manipulación de sacos de arroz sobre los hombros del trabajador, obteniendo como resultado según el método NIOSH que el índice de levantamiento inicial (LI) fue de 9.23 y el final de 13.56 considerándose un nivel de riesgo alto pudiendo ocasionar problemas a la

mayor parte de los trabajadores, Adicionalmente, según el método REBA, se obtuvo una puntuación total de 11 (nivel 4) considerándose como riesgo Muy Alto que puede derivar en lesiones graves y posibles TME (Dewantari et al., 2024).

El empujar y tirar objetos mecánicos con ruedas interviene como una actividad significativa en los trabajadores de almacén, la norma ISO 11228-2 establece los límites recomendados para empujar y tirar, sin embargo, la realidad revela que los trabajadores de almacén realizan actividades de empuje a mayor velocidad, en ese sentido, una investigación realizada a 96 personas con 2592 simulaciones empujando un carro industrial simulando una tarea de almacén a diferentes velocidades y condiciones de carga evidenció una relación directa entre el aumento de la velocidad de movimiento y mayores fuerzas al momento de empujar el carro, generando un mayor riesgo para la salud de los trabajadores, así como, el incremento de la aparición de lesiones y TME (Botti et al., 2020).

4.3. CONSECUENCIAS DE LOS RIESGOS DISERGONÓMICO EN LOS TRABAJADORES DE ALMACÉN.

Las demandas físicas, mentales y psicosociales en el trabajo son determinantes importantes en la salud y bienestar de los trabajadores, porque pueden aumentar el riesgo de ocurrencia de síntomas físicos y psicosociales como los TME, fatiga corporal, estrés mental, depresión y ansiedad, generando una disminución de la capacidad laboral que resulta en altos costos para las organizaciones por la disminución de la productividad del trabajador y mayor riesgo de ausentismo laboral por enfermedad (Bláfoss et al., 2023, 2024; Sagherian et al., 2019).

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) relacionados al trabajo se definen como las lesiones o desórdenes que están relacionados con músculos, nervios, tendones, articulaciones, cartílagos, ligamentos nervios y discos espinales (Divakar & Tendulkar, 2023; Estember & Que, 2020; Zhao et al., 2022), y que por lo general, están asociados a la presencia de dolor en segmentos corporales y por consecuencia, una disminución en la productividad del trabajador (Amiri & Behnezhad, 2020). Los TME son una de las causas principales de ausentismo laboral, siendo la segunda causa de discapacidad a nivel mundial, generando incapacidad temporal y permanente en el trabajador, altos costos económicos, además de representar un alto riesgo para la salud de los trabajadores en una amplia variedad de sectores industriales (Gomes et al., 2023; Joshi & Deshpande, 2019; Kamijantono et al., 2024; Nino et al., 2020); mientras que, en el sector logístico y almacenes representa el 60% del total de ausentismos (Steinebach et al., 2022) generando en las empresas pérdidas económicas, baja productividad laboral y la interrupción del proceso productivo y planificación del trabajo (Ímamoğlu & Esi, 2024). Estos TME se

originan por hábitos inadecuados en el trabajo producto de la exposición a factores de riesgos disergonómicos como: movimientos repetitivos, posturas forzadas, vibraciones y acciones bruscas, sin embargo, el mayor error que las organizaciones cometen referente a los TME, es ignorarlos, esperando hasta que el trabajador sufra una lesión para recién actuar, generando altos costos económicos por no realizar actividades preventivas (Estember & Que, 2020). Marín-Boné & Marín-Zurdo (2021) hacen referencia a la ISO 11228-3, en la cual, señala que los factores de riesgo para que un trabajador padezca de TME son: repetitividad de las tareas, fuerza, posturas forzadas, duración del trabajo, tiempo de recuperación del trabajador insuficiente y factores adicionales como vibraciones y condiciones ambientales adversas.

Los trabajadores de almacén experimentan estrés físico debido a que la mayor parte de los trabajos que realizan, aún dependen del trabajo manual y por ende, requiere un esfuerzo físico y tensión considerable, esto incluye la manipulación manual de cargas pesadas y posturas fisiológicamente inadecuadas que generan un severo riesgo a la salud del trabajador, reduciendo la eficiencia laboral y aumentando la probabilidad de ocurrencia de TME (Loske et al., 2021; Matsuda et al., 2022; Orgianus et al., 2024). Los TME dependiendo de la naturaleza de la lesión y el proceso de restauración de cada organismo, requerirá de períodos de recuperación variados para que un trabajador vuelva a estar recuperado y regrese nuevamente a trabajar, sin embargo, esta recuperación puede estar condicionada negativamente si el trabajador sigue expuesto a los mismos riesgos disergonómicos causantes de la lesión, esto puede generar una reducción en la calidad de vida de la

persona, siendo un obstáculo para el pleno funcionamiento de las capacidades humanas (Ismail et al., 2024).

Es así, que diversos estudios han demostrado que los trabajadores de almacén presentan una alta prevalencia de TME en la zona baja de la espalda, debido a que están expuestos a factores de riesgo disergonómico por manipulación manual de cargas que se ejecutan en promedio un 74% de la jornada (Estember & Que, 2020; Glock et al., 2019; Gomes et al., 2023; Ismail et al., 2024; Widia et al., 2019). La lumbalgia es el desorden musculoesquelético con la más alta prevalencia en el mundo, con una prevalencia anual a nivel mundial del 30%, y es capaz de generar serias consecuencias a la salud como ocasionar discapacidad y ausencia al trabajo (Gomes et al., 2023; James et al., 2018). Mientras que, en operadores de montacargas de almacenes se ha evidenciado que presentan una mayor riesgo de ocurrencia de TME en el cuello, hombros, antebrazos y zona lumbar por las posturas forzadas (antinaturales de la cabeza), posturas estáticas sedentes, trabajo monótono con la mano, tareas manuales por encima del hombro y movimientos repetitivos (Flodin et al., 2018; Rabal-Pelay et al., 2021; Rolander et al., 2022).

El sector manufacturero, comprende una amplia variedad de tipos de industrias con presencia de departamentos o áreas de almacén, es así que, un estudio realizado en trabajadores de almacén de una empresa manufacturera en Malasia, presentaron una prevalencia de dolor del 56% en la parte baja de la espalda y del 44% en el cuello, hombros, brazos y muslos al estar expuestos a tareas de levantamiento y manipulación de cargas de manera manual (Zhao et al., 2022); adicionalmente, una investigación dirigido a trabajadores de almacén de una empresa embotelladora de

agua en cajas ubicada en Indonesia, se obtuvo que la prevalencia de molestias musculoesqueléticas del total de trabajadores evaluados, fue del 100% en la zona lumbar de la espalda, hombros, glúteos y muñeca, 88.9% en rodillas, 77.8% en parte alta de la espalda y 66.7% en el cuello, esto debido a la exposición a posturas forzadas como la flexión y torsión del tronco y la manipulación y levantamiento manual de cajas (Orgianus et al., 2024).

El sector logístico juega un rol importante en el comercio mundial, debido al almacenamiento, distribución y transporte de una variedad de productos, sin embargo, presenta numerables desafíos relacionado a la ocurrencia de TME, debido a la alta prevalencia de éstos, es así que, un estudio realizado en Malasia para trabajadores de una compañía logística, presentaron que la prevalencia de TME fue del 66.7% en la espalda baja (Ruslan et al., 2024); de igual manera, en Brasil un estudio realizado a 204 trabajadores de almacén de una empresa importadora de autopartes de motocicletas sobre la prevalencia de desórdenes musculoesqueléticos demostró que el 24% de los trabajadores de almacén reportaron lumbalgia, debido al transporte de carga con carros de cuatro ruedas, cargas sostenidas de manera constante, manipulación y transporte manual de cargas y flexión y torsión del tronco (Gomes et al., 2023); por otra parte, un estudio realizado en Corea del Sur a 319 trabajadores de almacén de empresas de almacenamiento y logística, se obtuvo que la prevalencia de TME relacionados al trabajo fue del 23.2% en la zona baja de la espalda, 19.7% en cuello, 19.1% en hombros y extremidades inferiores (pierna, rodilla, tobillo y pie) y 15.7% en extremidades superiores (brazo, muñeca y dedos), siendo una prevalencia del 37.6% del total (Jin-Hee et al., 2017); también, en la India se realizó un estudio para determinar la prevalencia de TME a 112

trabajadores de almacén del área de embalaje de una industria farmacéutica, donde se obtuvo que la prevalencia de TME relacionados al trabajo fue del 64.3% en la espalda baja (64.8% en varones y 62.5% en mujeres), 33.0% en las rodillas (27.3% en varones y 54.1% en mujeres), 17.86% en tobillos y pies (13.6% en varones y 33.3% en damas) y 14.3% en hombros (13.7% en varones y 16.7% en damas) (Murarka & Chauhan, 2020); otro estudio realizado a 36 trabajadores de tres compañías diferentes en Kuwait: una compañía de almacenes, una fábrica de refrigeradores y una empresa de transporte logístico global obtuvo como resultado que la zona corporal con mayor prevalencia de TME fue la espalda baja con un 50%, seguido del cuello con un 22.2%, 16.7% en los hombros y 13.9% en las rodillas (Kasap & Abbady, 2024).

Trabajadores de almacén de la industria de servicio y courier sufren de manera frecuente de TME, de manera especial en regiones corporales como la espalda baja, el cuello y hombros, esto se evidencia en un estudio realizado en Malasia en trabajadores de almacén de una industria de servicios de Courier donde se evidenció que la prevalencia de TME fue del 14.1% en espalda baja (lumbalgia), seguido del 8.39% en cadera/glúteos y 7.9% en cuello (Ismail et al., 2024). En Filipinas, un estudio realizado a 46 trabajadores de almacén de una de las compañías de servicio de Courier más grandes del país, presentaron una prevalencia de TME de 15.6% en espalda baja, 11.2% en pies, 7.7% en espalda alta, 7.02% en hombros y 6.6% en rodilla (Estember & Que, 2020); mientras que, trabajadores de almacén de una empresa de centros de entrega en la India mostraron una prevalencia de TME del 30% en la espalda, seguido del 9% en cuello y finalmente 8.5% en hombros (Srinivasan et al., 2023).

El sector retail y venta minorista de diversos productos y materiales, cuyos trabajadores de almacén están expuestos a la manipulación manual y tracción con equipos manuales, son causantes de consecuencias a la salud, es así que en Arabia Saudita un estudio realizado a 92 trabajadores de almacén de una cadena de supermercados que se dedica a la venta de electrodomésticos reportaron dolor en la espalda y dolor en el brazo en 63.6% y 91% respectivamente para la tarea de levantamiento manual de cargas (16 – 20 kg), y para la tarea de tracción con transpaleta manual (35 – 40 kg) fue del 87.4% de dolor en el antebrazo y 85.1% en muñeca (Basahel, 2015); un estudio en Indonesia en una empresa distribuidora de electrodomésticos se evidenció que hubo un 100% de prevalencia de TME entre todos sus trabajadores, con un 18.8% en nivel bajo, un 37.5% en nivel medio y un 43.7% de nivel alto con mayor incidencia en regiones corporales como la cintura, antebrazo, muñecas y muslos (Maula et al., 2016); mientras que, trabajadores de almacén de una empresa minorista de venta de equipos ferreteros, tuvieron una prevalencia de TME del 66.7% en parte superior de la espalda, muslos y rodillas y del 55.5% en parte inferior de la espalda, piernas y pies (Kamarudin et al., 2024).

Por otro lado, un estudio realizado a 150 operadores de montacargas de un almacén de gran altura en Suecia, evidenció que la prevalencia de dolor de cuello fue del 49% y que 28% reportó dolor en la última semana con una intensidad promedio de 5 en una escala del 1 al 10 con el 0 como sin dolor y 10 como dolor tan intenso, mientras que el 63% presentó dolor de hombros y 35% reportó dolor de hombros en la última semana con una intensidad promedio de 5, asimismo, se midió el estrés laboral entre los trabajadores mediante una puntuación del 0 al 10

donde la puntuación más alta indica un mayor nivel de estrés, obteniéndose una puntuación de 5 (Flodin et al., 2018).

La mayoría de estudios e investigaciones para describir las consecuencias por exposición a factores de riesgo disergonómico en operaciones logísticas se han centrado en consecuencias físicas, sin embargo, también pueden ocurrir consecuencias psicológicas como el estrés y la fatiga mental, que pueden desencadenar en la aparición de depresión y ansiedad, además de aumentar el riesgo de ocurrencia de TME, esto ocurre de manera especial en trabajadores que realizan la preparación de pedidos (picking), debido a la exposición a presión de trabajo, tiempos de entrega, productividad del trabajador, errores en el sistema o máquina y tiempos de esperar en trabajos de picking simultáneo (Bláfoss et al., 2023; Grosse et al., 2014; Matsuda et al., 2022; van Gils, Caris, Ramaekers, Braekers, et al., 2019).

Bláfoss et al. (2024) realizaron una investigación a 85 trabajadores de 10 almacenes diferentes en Dinamarca para determinar la asociación entre el total de levantamiento manual de cargas por jornada con rangos de peso total manipulados entre 0 a 5000 kg con la ocurrencia de dolor en la zona lumbar, presencia de estrés mental y fatiga corporal entre los trabajadores, para ello, se realizaron encuestas para obtener la intensidad del dolor lumbar en una escala numérica de calificación del 0 al 10 donde 0 representaba ningún dolor y 10 el peor dolor, para estrés mental fue una escala del 0 al 10 donde 0 significa nada estresado y 10 máximo estrés y en fatiga corporal la escala fue del 0 al 10, donde 0 era nada cansado y 10 era completamente agotado, obteniendo como resultado que existe una asociación entre

mayor cargas totales de levantamiento acumuladas por jornada (>5000 kg) con una mayor intensidad de dolor en la zona lumbar de la espalda; en relación al estrés mental se evidenció una asociación entre las cargas acumuladas de levantamiento mayores a 5000 kg con un mayor nivel de estrés mental; sin embargo, con respecto a la fatiga corporal estadísticamente no hubo una asociación entre mayores cargas acumuladas de levantamiento y el aumento de la fatiga corporal; por otro lado, otra investigación realizada por Bláfoss et al., (2023) a 224 trabajadores de 13 almacenes diferentes en Dinamarca, para determinar la asociación de trabajar de uno a tres días consecutivos con la aparición de dolores en la zona lumbar y presencia de fatiga corporal y estrés mental entre los trabajadores, por consiguiente, se realizaron encuestas utilizando una calificación numérica del 0 al 10, para la intensidad de dolor en la zona lumbar 0 indica ningún dolor y 10 indica el peor dolor, para la fatiga, 0 representaba nada cansado y 10 completamente agotado, en el caso del estrés mental 0 nada estresado y 10 el máximo nivel de estrés, obteniéndose que, para el dolor lumbar, a más días trabajados existe una mayor intensidad de dolor siendo el día 3 la máxima valoración de dolor, para la fatiga existe una asociación de mayor fatiga corporal y más días consecutivos trabajados (3 días) y finalmente respecto al estrés mental, no necesariamente a más días laborados existe un mayor nivel de estrés mental.

4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS DISERGONÓMICOS EN TRABAJADORES DE ALMACÉN.

Con la introducción de la Industria 4.0 denominada la cuarta revolución industrial, la globalización y el auge del comercio electrónico el concepto de almacén inteligente ha experimentado un rápido crecimiento con el surgimiento de nuevas tecnologías que tienen una tendencia hacia una mayor automatización y digitalización de los procesos que buscan optimizar el rendimiento general y productividad del trabajador, esto ha generado la apertura de nuevas oportunidades para el diseño y gestión de almacenes considerando los factores ergonómicos que son relevantes para el bienestar, la salud y la seguridad de los trabajadores, entre estos se tiene: el uso de realidad virtual, picking por luz, navegación por voz, automatización, realidad aumentada, dispositivos portátiles (escáner), exoesqueletos, sistema de manos libres, entre otros más (Glock et al., 2021; Gruchmann et al., 2021; Kumar et al., 2021; van Gils, Caris, Ramaekers, & Braekers, 2019).

Las medidas preventivas para la gestión de los riesgos disergonómicos se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Mecanización y automatización

La exposición a levantamiento manual de objetos pesados (30 kg) y adopción de posturas forzadas al levantar un carga en trabajadores de almacén de la industria aeroespacial, implica una alta probabilidad de ocurrencia de TME, sin embargo, el reemplazo de esta actividad manual por dispositivos de ayuda mecánica (automatización) como una grúa pórtico portátil que se desliza para reemplazar la elevación manual, es de mucha ayuda para reducir la

exposición por levantamiento manual, evidenciándose una reducción significativa en el nivel de riesgo después de la implementación, resultando muy favorable para la prevención de TME (Kamat et al., 2017).

La implementación de una mesa elevadora hidráulica en trabajadores de almacén de la industria de Courier y entrega de paquetes durante la manipulación manual, de manera especial al descargar y colocar productos de niveles inferiores evitó la postura de flexión del tronco, manteniendo una postura de trabajo ergonómica, evitando el riesgo de ocurrencia de TME y reduciendo el nivel de riesgo evaluado, la mesa diseñada cumple con las siguientes condiciones: regulable en altura, elevación en tijera que permita subir y bajar a diferentes niveles, tablero de la mesa debe ser grande para soportar los diversos pesos y tamaños y garantizar la estabilidad (Putri et al., 2024). Asimismo, en una de las empresas de Courier más grande de Filipinas, donde se superó el índice de levantamiento NIOSH, se diseñó un nuevo lugar de trabajo utilizando la metodología House of Quality (HOQ) para realizar una intervención ergonómica en el área de almacén con la finalidad de reducir el riesgo disergonómico por manipulación manual de cargas, para ello se consideró los siguientes requisitos del cliente: lugar de trabajo adecuado, cómodo para trabajos de bipedestación, fácil manejo de paquetes, comodidad en el manejo de paquetes, reducción de molestias musculoesqueléticas, accesibilidad a los paquetes, facilidad y comodidad en la carga y descarga de paquetes, obteniéndose como resultado las siguientes recomendaciones de rediseño del lugar de trabajo: uso de cinta transportadora para la carga y descarga de paquetes, rediseño del tamaño del paquete con la inclusión de

asas de agarre, reubicación de la etiqueta del paquete y realización continua de capacitaciones y concientización a los trabajadores sobre la manipulación de cargas (Estember & Que, 2020).

Un estudio realizado en Indonesia, evidenció la prevalencia de molestias musculoesqueléticas en distintas regiones corporales del cuerpo debido a posturas forzadas por el traslado manual de cajas de agua de una cinta transportadora hasta un pallet ubicado en el piso, es por ello, que se diseñó una estación de trabajo denominado “Pallet-hidráulico” con una plataforma hidráulica ajustable en altura (sube y baja) que evita que los trabajadores se flexionen el cuerpo al almacenar o manipular las cajas desde la faja transportadora y según las simulaciones realizadas, el trabajador podía mantener una postura erguida durante las tareas de elevación se redujo significativamente el nivel de riesgo por fuerzas de compresión y fuerzas de corte en la columna, representando una mejora significativa al mantener el trabajador una postura correcta, minimizando la flexión y torsión y garantizando un entorno de trabajo seguro (Orgianus et al., 2024).

b) Tecnologías digitales y asistidas

Motmans et al., (2019) realizó un estudio en 10 trabajadores del área de preparación de pedidos de un almacén sobre la implementación de un exoesqueleto, para ello, evaluó la tarea con y sin el dispositivo, obteniendo como resultado mediante la electromiografía (EMG) que la actividad muscular de la espalda fue un 9% y un 12% menor al usar el exoesqueleto, sin embargo, la espalda se inclinó más de 30° durante el 26% de la actividad con el exoesqueleto y el 23% sin él.

La implementación de la realidad aumentada (RA) y la gamificación en el sector almacenes, especialmente en el proceso de preparación de pedidos (picking) ha demostrado una reducción en la percepción del trabajador respecto a la carga física y mental, en comparación con el proceso tradicional de estas actividades, es así, que un estudio realizado en Grecia donde se encuestaron a 29 trabajadores de dos puestos de trabajo: supervisores y operarios de order picking de 11 grandes centros de distribución, se evidenció una disminución de la carga física en un 55% y 44% en la carga mental de los supervisores, mientras que en el puesto de operario el 33% afirmó que la carga física disminuiría y el 39% respecto a la carga mental (Ponis et al., 2020).

Los almacenes modernos están en la búsqueda constante de sistemas logísticos digitales que faciliten al trabajador el desarrollo de sus actividades y ayuden a reducir un factor crítico en el proceso de preparación de pedidos (picking), como es la reducción de errores al preparar los pedidos y productos que generan un agotamiento en el trabajador (Bláfoss et al., 2024), es así que, Ponis et al., (2020) estudió la percepción que tienen los trabajadores de almacén para reducir el agotamiento generado por el trabajo, sobre la posibilidad de implementar realidad aumentada y gamificación que involucra la simplificación de tareas, mayores funcionalidades, visualización inteligente e interactiva, entre otros más durante la preparación de pedidos, obteniendo como resultado que el 55% consideró que la utilización de gafas inteligentes (realidad aumentada) combinado con un sistema gamificado reduciría el agotamiento del trabajador comparado con un sistema tradicional sin la implementación de RA. Este resultado, va acorde con el análisis que

realizó Mocan & Draghici (2018) sobre escáneres de códigos de barras en almacenes, donde usó tres factores: costo económico, ergonomía y esfuerzo de aprendizaje para determinar el dispositivo de escaneo más óptimo, es así que, el uso de gafas inteligentes para reemplazar los escáneres portátiles convencionales, logró un alto puntaje ponderado, con evidencia que reduce en un 25% el tiempo de preparación de pedidos, permitiendo la reorganización del trabajo, la disminución del agotamiento del trabajador y sobre todo la posibilidad de eliminación de tareas repetitivas y manuales durante el escaneo.

En los últimos años, el avance de las nuevas tecnologías ha tenido una influencia positiva en la creación de sistemas que mejoren y optimicen el trabajo humano en almacén, estos sistemas están diseñados para facilitar y acelerar el trabajo que tradicionalmente se viene realizando, es así que, un estudio comparativo realizado en un almacén a trabajadores almaceneros tradicionales y almaceneros con sistema de voz asistida evidenció que al utilizar auriculares conectados a una terminal de audio en la cual el trabajador escucha las instrucciones de pedidos sobre la ubicación del producto y la cantidad a recoger mediante un comando de voz generados por el sistema y una vez realizada la tarea, confirma vocalmente que lo ha completado, convirtiéndose en un diálogo entre el usuario y el sistema de control por voz, esta implementación permitió reducir considerablemente el gasto energético versus el trabajador almacenero tradicional, resultando en una categoría de trabajo ligero, debido a la liberación de manos del empleado, reducción de los movimientos del tronco, disminución de la carga física y diversificación

de la postura corporal durante el trabajo, permitiendo una operación eficiente del proceso de preparación de pedidos (Żywiołek, 2015).

Adicionalmente, un estudio experimental realizado en laboratorio simuló la preparación de pedidos (picking) de un almacén de repuestos de cilindros neumáticos, para ello se seleccionó una muestra de 31 personas que completaron dos tareas de picking: la primera mediante un sistema de selección por luz y el segundo la selección con una hoja de papel, con el objetivo de evaluar diferencias en la frecuencia cardíaca y carga mental del trabajador al comparar ambas tareas, obteniendo como resultado que la frecuencia cardíaca y la carga mental disminuyó significativamente en el trabajador de selección por luz frente a la selección con papel, concluyendo que el uso de tecnología en el proceso de preparación de pedidos ayuda en la reducción de la carga mental y la frecuencia cardíaca, generando una percepción entre los trabajadores de almacén de mayor eficiencia en el trabajo.

c) Rediseño de turnos y jornadas de trabajo

Dewi & Septiana (2015) realizaron un rediseño de programación de turnos de trabajo (turnicidad) de una empresa logística en trabajadores de las áreas de almacén y envíos, en base a los resultados obtenidos de la carga mental, es así que, se propuso las siguientes recomendaciones respecto a las condiciones existentes, para ello se realizó un programación basada en el equilibrio de la carga de trabajo cambiando de tres a dos turnos de trabajo por día, y para mayor eficiencia en tiempo y trabajo se redujo la cantidad de horas de trabajo de 6 a 5 días y las horas a la semana de 42 a 40 horas semanales ayudando a

incrementar la satisfacción del trabajador y la eficiencia operacional, obteniendo como resultado que se requiere menos trabajadores para una actividad, aumento de la utilidad de los trabajadores y minimización de los factores que reducen la productividad, como el desplazamiento; un estudio similar fue realizado por Bláfoss et al., (2023) a 224 trabajadores de 13 almacenes diferentes en Dinamarca para determinar la asociación entre uno a dos días libres de trabajo comparado con trabajos sin días de descanso, con la disminución de la intensidad de dolor lumbar, fatiga corporal y estrés mental, obteniendo como resultado que uno y dos días de descanso llevaron a la reducción de la intensidad de dolor lumbar en comparación con 0 días de descanso (días de trabajo consecutivos), respecto a la fatiga corporal, disminuyó en los días de descanso respecto a los días de trabajo y, finalmente para el estrés mental, los días libres del trabajo resultaron en una disminución considerable del nivel de estrés.

d) Controles administrativos

Gabriel et al (2022) realizaron un estudio en trabajadores de almacén de una empresa eléctrica en Portugal y evaluaron tres actividades: etiquetado de materiales, preparación de palets y verificación de palets, en base al nivel de riesgo medio y alto, se elaboró mejoras de tres tipos: controles de ingeniería, controles administrativos y medidas adicionales; como controles de ingeniería para la actividad de etiquetado y verificación de palets se recomendó elevar la superficie de trabajo para evitar una flexión continua del tronco al elevar o bajar cargas, como controles administrativos se recomendó asignar mayor cantidad de trabajadores para estas actividades que son muy

frecuentes y demandan el cumplimiento de plazos establecidos o la rotación de trabajadores de preferencia alternando entre actividades con y sin presencia de manipulación manual de cargas, también la implementación de un programa de pausas de recuperación de la fatiga siendo distribuidas de manera razonable durante la jornada laboral, así como, la formación, capacitación e información hacia los trabajadores con la finalidad de reducir los factores de riesgo asociados a las actividades de manipulación manual de cargas y, finalmente se recomendó el monitoreo y seguimiento periódico de la salud de los trabajadores que permita la identificación temprana de síntomas por TME y aquellos que ya sufren de los TME puedan ser asignados a actividades que requerirán menor esfuerzo físico.

Mesquita et al., (2024) evaluó el impacto de un programa de ejercicios laborales en un período de 21 meses frente a la prevalencia de sintomatología musculoesquelética en 220 trabajadores varones (96 intervención y 124 grupo control) de un almacén de una empresa distribuidora en Portugal, para ello, se implementó un programa de ejercicios que se ejecutaban de manera diaria al inicio de la jornada de trabajo, el programa incluía nueve ejercicios fáciles de realizar y oportunos para el puesto de trabajo evaluado que consistían en ejercicios para promover la movilidad, la flexibilidad y la fuerza, cada ejercicio se realizaba en series de 10 repeticiones con 10 segundos de pausa entre cada ciclo y una duración aproximada de 8 minutos, además, para motivar a los trabajadores a participar en este programa se realizaron sesiones de capacitación y se difundieron fichas informativas alusivas a los ejercicios en las distintas áreas de la empresa, las evaluaciones de prevalencia de

sintomatología musculoesquelética se realizaron al inicio (M0), a los once meses (M1) y a los 21 meses (M2) obteniendo como resultado que al cabo de 21 meses hubo una reducción de la prevalencia de sintomatología musculoesquelética en hombros, manos y muñecas, zona superior de la espalda, zona lumbar, caderas, muslos, pies y rodillas a comparación del grupo control que hubo un aumento en la sintomatología los diferentes segmentos del cuerpo; la disminución de síntomas en la región lumbar tuvo diferencias estadísticamente significativas de reducción de síntomas, sin embargo, esta reducción no fue significativa en las otras regiones corporales, y, si bien los resultados no son estadísticamente significativos, si hubo una disminución de síntomas en el grupo de intervención debido a la implementación del programa de ejercicios laborales.

e) Rediseño del proceso

Glock et al., (2019) realizaron un modelo matemático integrado que facilita el desarrollo de las operaciones de la preparación de pedidos (picking) reduciendo significativamente el riesgo de ocurrencia de TME en el área de almacén de una fábrica de pinturas y esmaltes donde los artículos con pesos de hasta 40 kg se almacenan en palets de dos niveles superpuestos, por ello, se desarrolló un modelo matemático que abordó la planificación de rutas de pedidos implementado métodos de asignación de artículos de uso frecuente, además, se desarrolló un modelo de rotación de palets de 180°, que contribuye a reducir el tiempo de preparación de pedidos así como, la carga sobre la columna del trabajador reduciendo en más del 50%, porque al rotar el palet cuya parte frontal se ha vaciado, se evita que los trabajadores tengan que

recoger artículos de la parte trasera, reduciendo significativamente la carga sobre el preparador.

Un estudio similar fue realizado por Larco et al., (2017) en dos almacenes de Alemania aplicado sobre 20 y 24 trabajadores utilizando modelos matemáticos y factores de almacenamiento de preparación de pedidos (picking) con la finalidad de optimizar el proceso de picking y disminuir la prevalencia de malestar físico entre los trabajadores, para ello, el estudio la metodología desarrollada consideró la distancia horizontal de recorrido del almacén, la altura de las estanterías, volumen y peso del producto y cantidad para realizar un rediseño de las zonas de picking, obteniendo como resultado una reducción significativa de las molestias físicas en los trabajadores de picking y el aumento de la productividad del trabajador. Battini et al., (2017) desarrollaron un modelo matemático para el redimensionamiento de las cargas y lotes de trabajadores de almacén durante la actividad de preparación de pedidos (picking), para ello, considerando el límite de carga de 3 kg que establece la ISO 11228-1, ISO 11228-2 e ISO 11228-3 estableciendo un umbral de 3,3 kg como límite para cargas bajas, mejorando los periodos de recuperación del trabajador para mantener bajos los niveles de fatiga y riesgo disergonómico.

Matsuda et al., (2022) menciona que una de las formas de reducir la carga del trabajador es reduciendo el tiempo de la preparación de pedidos considerando la distribución del almacén, la asignación de ubicaciones para almacenar, la selección de pedidos y las rutas de trabajo, para ello se debe considerar que, para la asignación de almacenamiento se coloquen los artículos o productos

de alta demanda cerca del punto de recojo. Sin embargo, cuando se cuenta con una adecuada asignación de recursos disponibles (trabajadores), el trabajo simultáneo puede ser un problema serio, por ello, en el caso de la preparación de pedidos realizado por varios trabajadores a la vez, la solución para evitar el tiempo de espera es la aplicación de un método de zonificación que divide el almacén en varias zonas y asigna a cada trabajador en un área, reduciendo así el tiempo de preparación de pedidos y descongestionando el área de trabajo para cada preparador de pedidos, disminuyendo la fatiga y ocurrencia de estrés físico y psicológico (Matsuda et al., 2022; van Gils, Caris, Ramaekers, Braekers, et al., 2019).

Grosse & Glock (2015) lograron desarrollar un modelo numérico que evaluó el efecto del aprendizaje del trabajador en la eficiencia de la preparación de pedidos, obteniendo como resultado que el aprendizaje del trabajador tiene un impacto significativo en la mejora del picking, obteniéndose ventajas como una mejor asignación de los recursos disponibles (trabajadores) y mejor previsión de los plazos de entrega, reduciendo así el riesgo por carga física, emocional y mental en el trabajo; de igual forma, Matsuda et al., (2022) propusieron un nuevo método de reasignación de almacenamiento basado en la zonificación del almacén obteniendo como resultado que se optimó el tiempo de trabajo entre los preparadores de pedidos reduciendo el tiempo de espera y desplazamiento y, sobre todo se redujo la presencia de estrés psicológico entre los preparadores de pedido, considerando que el almacén es un entorno de demanda fluctuante, para ello, los experimentos numéricos y matemáticos determinaron tres tipos de patrones: patrón óptimo, patrón de

zonificación normal y patrón de zonificación dinámica, en el caso del patrón óptimo, se logró disminuir el tiempo total del trabajo y la presencia de estrés psicológico considerando la demanda diaria, la reasignación de zonas de almacenamiento distribuyendo los artículos en los estantes correctos y asignación de una rango de trabajo, en el caso del patrón de zonificación normal, el estrés disminuyó pero el tiempo total de trabajo aumentó debido a la diferencia en la cantidad de trabajo, en cambio, en el patrón de zonificación dinámica el estrés aumentó pero el tiempo total de trabajo disminuyó porque la diferencia en la cantidad de trabajo es pequeña.

4.5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La presente investigación presentó las siguientes limitaciones.

- En la presente investigación no se consideraron los artículos que solicitaban suscripción o pago previo para descarga, estos artículos sólo se tenía acceso libre a los resúmenes y bibliografía.
- Escasa información relevante en el ámbito nacional y latinoamericano para el presente estudio, limitando la posibilidad de comparación de resultados con otros contextos económicos y productivos.

V. CONCLUSIONES

- a) En base a los estudios revisados, se concluye que la bibliografía existente sobre la gestión de riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén ha sido extensamente documentada a través de los diversos estudios en todo el mundo que evidencian una significativa preocupación por la salud y bienestar de los trabajadores, teniendo por finalidad la reducción de consecuencias físicas, mentales y psicológicas debido a las actividades que realizan, donde la carga física, mental, emocional, factores del trabajo y factores psicosociales están involucrados.
- b) Los estudios evidencian que los trabajadores del sector almacén están expuestos a una diversidad de factores de riesgo disergonómico por carga física, mental, emocional y factores relacionados a la organización del trabajo, tales como: la manipulación manual de cargas, posturas forzadas, empuje y tracción por elementos mecánicos; presencia de estrés y fatiga mental y la disponibilidad de recursos, horarios, jornadas de trabajo, estructura de la fuerza de trabajo y condiciones laborales y ambientales. Sin embargo, se identificó que el principal factor presente es la manipulación de cargas de forma manual y mecánica, debido a que están presente en casi todas las actividades que desarrollan: jalar y empujar materiales con elementos mecánicos, cargar elementos pesados, apilamiento de productos, transporte manual de productos, embalaje, recepción de mercadería, preparación de pedidos (picking), entre otros más.
- c) Las investigaciones demuestran que los trabajadores de almacén presentan un mayor nivel de riesgo disergonómico por manipulación manual de cargas

y posturas forzadas. Al primero, se debe a la manipulación de cargas excesivas, cargas acumuladas durante la jornada de trabajo, jornadas de trabajo prolongadas y falta de tiempo adecuado de recuperación, respecto a las posturas forzadas, es causado por el almacenamiento de productos al nivel del suelo o porque se encuentran a alturas elevadas ocasionando la flexión y torsión del tronco, así como, postura de brazo por encima del nivel del hombro y flexión de miembros inferiores, repetición frecuente de las tareas, posturas sostenidas por tiempo prolongado y bipedestación prolongada.

- d) La lumbalgia es la principal consecuencia en la salud de los trabajadores de almacén, siendo el mayor TME reportado, alcanzando en la mayoría de estudios, más del 50% de prevalencia entre los trabajadores de almacén. La ocurrencia de TME en otros segmentos corporales también ha sido evidenciada, pero en menor proporción comparado con la lumbalgia. Por otro lado, también se ha documentado la presencia de consecuencias mentales y psicológicas en los trabajadores, como la fatiga, estrés laboral y la aparición de depresión y ansiedad.
- e) Las medidas preventivas para la gestión de riesgos disergonómicos, ha sido ampliamente documentada. La mecanización y automatización es la principal medida recomendada, debido a que reducen significativamente el riesgo disergonómico por posturas forzadas y manipulación de cargas y disminuyen las fuerzas de compresión en la columna por la minimización de la flexión y torsión del tronco. Por otro lado, el rediseño de los turnos y las jornadas de trabajo son una excelente solución como medida de control

debido a que, permite optimizar y mejorar el rendimiento del trabajador, equilibra la carga de trabajo, genera mayor eficiencia la operación, aumenta la productividad, y sobre todo ayuda en la disminución de la presencia de factores psicosociales como la fatiga y estrés mental, así como, la reducción significativa de la ocurrencia de TME. Finalmente, el uso de tecnologías digitales y asistidas como la realidad aumentada (RA), sistema de voz asistida, gafas inteligentes y sistema de luces han demostrado ser una solución frente a los riesgos disergonómicos presentes en los trabajadores de almacén, que en comparación con el proceso tradicional, la implementación de estas tecnologías ha demostrado una reducción de la percepción del trabajador frente a la carga de trabajo, decrecimiento del agotamiento físico, menor gasto energético y disminución de la carga mental del trabajador.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda impulsar estudios e investigaciones de gestión de riesgos disergonómicos a más sectores económicos y productivos que involucren áreas o departamentos de almacén, debido a que los trabajadores de almacén son un grupo ocupacional que se encuentra de forma transversal entre diversos ámbitos económicos.
- b) Se recomienda ampliar los estudios sobre la identificación de riesgos disergonómicos que no solo involucren factores de carga física, sino también, factores de carga mental, carga emocional, organización del trabajo y factores ambientales, debido a que existe amplios estudios por factores de carga física en comparación con otros factores de riesgo disergonómicos.
- c) Impulsar investigaciones de tipo comparativo sobre riesgos disergonómicos en trabajadores de almacén, donde se evalúe la reducción del nivel de riesgo luego de la implementación de mejoras y medidas preventivas.
- d) Se recomienda ampliar los estudios referentes a las consecuencias mentales y psicológicas en trabajadores de almacén, debido a que son pocos los estudios realizados referente a estos temas, a comparación de la información encontrada por consecuencias físicas por TME, donde sí es extensa.
- e) Considerando el rápido crecimiento de nuevas tecnologías, impulsar los estudios ergonómicos sobre la implementación de métodos, herramientas digitales y dispositivos como medidas de control que ayuden gestionar los riesgos disergonómicos en trabajadores del sector almacenes, además, considerar investigaciones sobre el uso de estas tecnologías donde no solo

se evalúe la reducción del nivel de riesgo por su uso, sino también se investigue la presencia de riesgos no deseados o colaterales que pueden ser perjudiciales para el trabajador.

VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, C., & Berlin, C. (2017). *Production Ergonomics: Designing Work Systems to Support Optimal Human Performance* (Vol. 1). Ubiquity Press.
<https://doi.org/10.5334/bbe>
- Al-Hadidi, F., Bsisu, I., Haddad, B., AlRyalat, S. A., Shaban, M., Matani, N., Dehidi, S., Khater, Y., Shahrouri, R., Muzayen, T. A., & Hawamdeh, H. A. (2020). The prevalence of low back pain among female hospital staff at childbearing age. *PeerJ*, 8, 1-11. <https://doi.org/10.7717/peerj.9199>
- Amiri, S., & Behnezhad, S. (2020). Is job strain a risk factor for musculoskeletal pain? A systematic review and meta-analysis of 21 longitudinal studies. *Public Health*, 181, 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2019.11.023>
- Basahel, A. M. (2015). Investigation of Work-related Musculoskeletal Disorders (MSDs) in Warehouse Workers in Saudi Arabia. *Procedia Manufacturing*, 3, 4643-4649. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.551>
- Battini, D., Glock, C. H., Grosse, E. H., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2017). Reprint of “Ergo-lot-sizing: An approach to integrate ergonomic and economic objectives in manual materials handling”. *International Journal of Production Economics*, 194, 32-42.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.003>
- Battini, D., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2014). Innovative real-time system to integrate ergonomic evaluations into warehouse design and management. *Computers & Industrial Engineering*, 77, 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.08.018>

- Bláfoss, R., Aagaard, P., Clausen, T., & Andersen, L. L. (2023). Effects of consecutive workdays and days off on low back pain, fatigue and stress: Prospective cohort study among warehouse and construction workers. *Occupational and Environmental Medicine*, *80*(11), 650-658. <https://doi.org/10.1136/oemed-2023-109043>
- Bláfoss, R., Aagaard, P., Clausen, T., & Andersen, L. L. (2024). Association of objectively measured lifting load with low-back pain, stress, and fatigue: A prospective cohort study. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, *50*(1), 11-21. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4127>
- Botti, L., Galizia, F. G., Mora, C., & Zecchi, G. (2020). A thorough investigation on pushing activities in industry: The impact of the variation in the speed of motion and load conditions on initial and sustained forces. *Applied Ergonomics*, *85*, 103080. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103080>
- Calzavara, M., Glock, C. H., Grosse, E. H., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2017). Analysis of economic and ergonomic performance measures of different rack layouts in an order picking warehouse. *Computers & Industrial Engineering*, *111*, 527-536. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.001>
- Dewantari, N. M., Taqdisillah, C., Mangaranap, R. Y., Mariawati, A. S., & Herlina, L. (2024). Optimizing worker safety: A case study on lifting load and body posture in rice warehouse operations. *Journal Industrial Servicess*, *10*(1), 63-68. <https://doi.org/10.62870/jiss.v10i1.24479>
- Dewi, D. S., & Septiana, T. (2015). Workforce Scheduling Considering Physical and Mental Workload: A Case Study of Domestic Freight Forwarding.

Procedia Manufacturing, 4, 445-453.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.061>

Divakar, Y., & Tendulkar, S. (2023). Prevalence of musculoskeletal pain and discomfort in courier packaging and moving service workers.

International Journal Of Creative Research Thoughts (IJCRT), 11(1), c669-c676.

Estember, R., & Que, B. (2020). The Prevalence of Musculoskeletal Disorders among Workers in Outlets and Warehouses of Courier Service Industry.

Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Management Science and Industrial Engineering, 296-303.

<https://doi.org/10.1145/3396743.3396797>

Flodin, U., Rolander, B., Löfgren, H., Krapf, B., Nyqvist, F., & Wåhlin, C.

(2018). Risk factors for neck pain among forklift truck operators: A retrospective cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 19(1), 44.

<https://doi.org/10.1186/s12891-018-1956-3>

Fox, R. R., Lu, M.-L., Occhipinti, E., & Jaeger, M. (2019). Understanding outcome metrics of the revised NIOSH lifting equation. *Applied Ergonomics*, 81, 1-6.

<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102897>

Gabriel, A. T., Mendes, M., & Nunes, I. (2022). Ergonomic Assessment of

Warehouse Activities in an Electric Utilities Company. *Human Factors and Systems Interaction*, 52, 66-73. <https://doi.org/10.54941/ahfe1002140>

Glock, C. H., Grosse, E. H., Abedinnia, H., & Emde, S. (2019). An integrated

model to improve ergonomic and economic performance in order picking

- by rotating pallets. *European Journal of Operational Research*, 273(2), 516-534. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.015>
- Glock, C. H., Grosse, E. H., Neumann, P., & Feldman, A. (2021). Assistive devices for manual materials handling in warehouses: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3446-3469. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1853845>
- Gomes, M., Dos Santos, S., & Padula, R. (2023). Prevalence and factors associated with low back pain in warehouse workers: A cross-sectional study. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 36(4), 823-829. <https://doi.org/10.3233/BMR-220035>
- Grosse, E., & Glock, C. (2015). The effect of worker learning on manual order picking processes. *International Journal of Production Economics*, 170, 882-890. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.018>
- Grosse, E., Glock, C., Jaber, M., & Neumann, P. (2014). Incorporating human factors in order picking planning models: Framework and research opportunities. *International Journal of Production Research*, 53(3), 695-717. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.919424>
- Gruchmann, T., Mies, A., Neukirchen, T., & Gold, S. (2021). Tensions in sustainable warehousing: Including the blue-collar perspective on automation and ergonomic workplace design. *Journal of Business Economics*, 91(2), 151-178. <https://doi.org/10.1007/s11573-020-00991-1>
- Harris-Adamson, C., Mielke, A., Xu, X., & Lin, J.-H. (2016). Ergonomic evaluation of standard and alternative pallet jack handles. *International*

Journal of Industrial Ergonomics, 54, 113-119.

<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.05.004>

İmamoğlu, G., & Esi, B. (2024). Ergonomic Risk Analysis of Working Postures for a Textile Factory Worker. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 10(3), Article 3.

<https://doi.org/10.28979/jarnas.1502292>

Ismail, A., Widia, M., Sukadarin, E., Nawi, W., & Abidin, M. (2024). Ergonomic Risk Assessment of Warehouse Workers in the Courier Service Industry: A Case Study from Kuantan, Malaysia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.25077/josi.v23.n1.p61-75.2024>

James, S. L., Abate, D., Abate, K. H., Abay, S. M., Abbafati, C., Abbasi, N., Abastabar, H., Abd-Allah, F., Abdela, J., Abdelalim, A., Abdollahpour, I., Abdulkader, R. S., Abebe, Z., Abera, S. F., Abil, O. Z., Abraha, H. N., Abu-Raddad, L. J., Abu-Rmeileh, N. M. E., Accrombessi, M. M. K., ... Murray, C. J. L. (2018). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 392(10159), 1789-1858. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32279-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32279-7)

Jimenez, J., Sharotry, A., & Mediavilla, F. (2023). Forklift operator Safety & Productivity: A Review of Current Research and Future Directions. *Progress in Material Handling Research*, 17, 1-8.

Jin-Hee, L., Hye-Sun, J., & Hyun-Ju, L. (2017). The Impact on the Musculoskeletal Symptoms of the Warehouse Employees's Work-related

- Characteristics and Job Stress. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, 26(3), 133-141. <https://doi.org/10.5807/kjohn.2017.26.3.133>
- Joshi, M., & Deshpande, V. (2019). A systematic review of comparative studies on ergonomic assessment techniques. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102865>
- Kamarudin, W., Khir, N., Zulkifli, N., Azman, Y., & Ruslan, Q. (2024). Ergonomic Risk Assessment and Mitigation Strategies for Retail Workers: Insights from a Case Study in Dungun. *International Journal of Business and Technology Management*, 6(3), Article 3.
- Kamat, S., Zula, N., Rayme, N., Shamsuddin, S., & Husain, K. (2017). The ergonomics body posture on repetitive and heavy lifting activities of workers in aerospace manufacturing warehouse. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 210, 1-13. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/210/1/012079>
- Kamijantono, H., Sebayang, M. M., & Lesmana, A. (2024). Risk Factors and Ergonomic Influence on Musculoskeletal Disorders in the Work Environment. *Journal La Medihealthico*, 5(3), 660-670. <https://doi.org/10.37899/journallamedihealthico.v5i3.1413>
- Kasap, S., & Abbady, K. (2024). Ergonomic Analysis of Work-Related Musculoskeletal Disorders on Warehouse Workers Using Digital Human Modeling. *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 6(1), 19-25.
- Kırcı, B., Ensari, M., & Uçan, R. (2020). A Case Study in Ergonomics by Using REBA, RULA and NIOSH Methods: Logistics Warehouse Sector in

Turkey. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 7(4), 257-264.

<https://doi.org/10.17350/HJSE19030000194>

Kretschmer, V., Eichler, A., Rinke, G., & Spee, D. (2017). Focus on the human being: Cognitive Ergonomics in intralogistics. *Logistics Journal: Proceedings*, 13, Article 13.

https://doi.org/10.2195/lj_Proc_kretschmer_en_201710_01

Kumar, S., Narkhede, B. E., & Jain, K. (2021). Revisiting the warehouse research through an evolutionary lens: A review from 1990 to 2019. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3470-3492.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1867923>

Labus, N., & Gajšek, B. (2018). Use of ergonomic principles in manual order picking systems. *Logistics, Supply Chain, Sustainability and Global Challenges*, 9(1), 11-22. <https://doi.org/10.2478/jlst-2018-0002>

Lagomarsino, M., Lorenzini, M., De Momi, E., & Ajoudani, A. (2022). An Online Framework for Cognitive Load Assessment in Industrial Tasks. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 78, 102380.

<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102380>

Larco, J. A., de Koster, René, Roodbergen, Kees Jan, & Dul, J. (2017). Managing warehouse efficiency and worker discomfort through enhanced storage assignment decisions. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6407-6422. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1165880>

Lolli, F., Coruzzolo, A. M., Forgione, C., & Neto, P. G. T. (2023). Ergonomic Risk Reduction: A Height-Adjustable Mesh Truck for Picking Activities

Evaluated With A Depth Camera. *Ergonomics In Design*, 77(77), 139-149.
<https://doi.org/10.54941/ahfe1003371>

Loske, D., Klumpp, M., Keil, M., & Neukirchen, T. (2021). Logistics Work, Ergonomics and Social Sustainability: Empirical Musculoskeletal System Strain Assessment in Retail Intralogistics. *Logistics*, 5(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/logistics5040089>

Lowe, B. D., Dempsey, P. G., & Jones, E. M. (2019). Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals. *Applied Ergonomics*, 81, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102882>

Maettig, B., & Kretschmer, V. (2019). Smart Packaging in Intralogistics: An Evaluation Study of Human-Technology Interaction in Applying New Collaboration Technologies. *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 739-748.
<http://hdl.handle.net/10125/59514>

Marín-Boné, J., & Marín-Zurdo, J. (2021). Forces: A Motion Capture-Based Ergonomic Method for the Today's World. *Sensors*, 21, 1-30.
<https://doi.org/10.3390/s21155139>

Matsuda, K., Ichikawa, S., Ishigaki, A., & Nishiyama, H. (2022). A dynamic storage assignment change method considering psychological stress among multiple workers in the logistics warehouse. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 16(5), JAMDSM0057-JAMDSM0057. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2022jamdsm0057>

Matusiak, M., de Koster, R., & Saarinen, J. (2017). Utilizing individual picker skills to improve order batching in a warehouse. *European Journal of*

Operational Research, 263(3), 888-899.

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.05.002>

Maula, N., Suwandi, T., & Nilamsari, N. (2016). Risk analysis of musculoskeletal disorders (MSDs) on Logistic Distribution Workers in Warehouse of PT. X Surabaya. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 2(7), 239580.

Mayang, V., Hartono, M., & Santoso, A. (2024). Integration of Lean Six Sigma and Ergonomics in Internal Logistics in the Supply Chain – A Systematic Literature. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(1), 70-78.

<https://doi.org/10.32734/jsti.v26i1.13743>

Mehta, R. K. (2016). Integrating Physical and Cognitive Ergonomics. *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 4(2-3), 83-87. <https://doi.org/10.1080/21577323.2016.1207475>

Mesquita, C. C., Félix, J. M. S., Lopes, S. da R., & Santos, P. C. (2024). Impact of workplace exercise program in the musculoskeletal symptomatology of warehouse workers: Randomized control trial. *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(3), e1601. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i3.1601>

Meza, G., De la vega, E., Arrellano, O., & Meza, L. (2022). Ergonomic evaluation in warehouse employees of a shoestores. *Ergonomía Ocupacional. Investigaciones y Aplicaciones*, 15, 277-287.

Mocan, A., & Draghici, A. (2018). Reducing Ergonomic Strain in Warehouse Logistics Operations by using Wearable Computers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.03.001>

- Motmans, R., Debaets, T., & Chrispeels, S. (2019). Effect of a Passive Exoskeleton on Muscle Activity and Posture During Order Picking. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, 820, 338-346. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96083-8_45
- Murarka, P., & Chauhan, Dr. M. K. (2020). Musculoskeletal disorders and work assessment in pharmaceutical distribution units: A case study. *International Journal of Home Science*, 6(3), 522-526. <https://doi.org/10.22271/23957476.2020.v6.i3i.1092>
- Nair, C., Tsiopanos, K., Martin, R., & Marshall, G. (2018). Increasing Warehouse Productivity With an Ergonomic Handheld Scanner. *Ergonomics in Design*, 26(3), 23-31. <https://doi.org/10.1177/1064804618757281>
- Nazari, S., Moradi, M., Danyali, Z., Ahmadi, M., Hadi, V., & Hadi, S. (2023). Lifestyle assessment in individuals with spinal cord injuries caused by accidents and disasters in qualitative studies published from 1990 to 2020: A meta-synthesis of qualitative study. *Health Science Reports*, 6(6), e1328. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1328>
- Nino, L., Marchak, F., & Claudio, D. (2020). Physical and mental workload interactions in a sterile processing department. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 76, 102902. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102902>
- Orgianus, Y., Achiraeniwati, E., Fiqri, M., & Oemar, H. (2024). Optimizing ergonomic work facilities in distribution logistics to prevent manual lifting

injuries. *Acta Logistica*, 11(4), 615-625.

<https://doi.org/10.22306/al.v11i4.559>

Ponis, S. T., Plakas, G., Agalianos, K., Aretoulaki, E., Gayialis, S. P., & Andrianopoulos, A. (2020). Augmented Reality and Gamification to Increase Productivity and Job Satisfaction in the Warehouse of the Future. *Procedia Manufacturing*, 51, 1621-1628.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.226>

Putri, M. V. P., Nugraha, W. N., & Safitri, K. N. S. (2024). Assessing High-Risk Manual Handling Activities for Musculoskeletal Disorders (MSDs) in PT DNL Warehouse Using Rapid Entire Body Assessment (REBA) and Manual Handling Assessment Chart (MAC) Tools. *JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.25105/jti.v14i3.19987>

Rabal-Pelay, J., Cimarras-Otal, C., Marcen-Cinca, N., Alcázar-Crevillén, A., Laguna-Miranda, C., & Bataller-Cervero, A. V. (2021). Assessment of Spinal Range of Motion and Musculoskeletal Discomfort in Forklift Drivers. A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), Article 6.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18062947>

Rahman, I., Azis, N., Mahmood, S., Rohani, M., Zaidi, F., Sukri, S., & Zain, M. (2022). The evaluation of worker satisfaction on usability of manual material handling equipment among manufacturing warehouse workers in Malaysia. *Usability and User Experience*, 39(39).

<https://doi.org/10.54941/ahfe1001713>

- Rajendran, M., Sajeev, A., Shanmugavel, R., & Rajpradeesh, T. (2021). Ergonomic evaluation of workers during manual material handling. *Materials Today: Proceedings*, 46, 7770-7776.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.283>
- Rolander, B., Forsman, M., Ghafouri, B., Abtahi, F., & Wåhlin, C. (2022). Measurements and observations of movements at work for warehouse forklift truck operators. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(3), 1840-1848.
<https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1943866>
- Ruslan, A. W., Jamian, R., & Zulkifli, Z. (2024). Ergonomic Risk Assessment Among Warehouse Workers in a Logistics Company. *Progress in Engineering Application and Technology*, 5(1), Article 1.
- Sagherian, K., Geiger-Brown, J., Rogers, V. E., & Ludeman, E. (2019). Fatigue and risk of sickness absence in the working population: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 45(4), 333-345.
<https://doi.org/10.5271/sjweh.3819>
- Srinivasan, R., Reza, A., & Kumar, V. (2023). Prevalence of musculoskeletal disorders in delivery personnel. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*, 10(5), 1861-1866.
<https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20231287>
- Steinebach, T., Wakula, J., Diefenbach, H., Glock, C., & Grosse, E. (2022). Ergonomic parameters considering physical workload for optimization

models in manual order picking. *Physical Ergonomics and Human Factors*, 63(63). <https://doi.org/10.54941/ahfe1002611>

Stockinger, C., Steinebach, T., Petrat, D., Bruns, R., & Zöllner, I. (2020). The Effect of Pick-by-Light-Systems on Situation Awareness in Order Picking Activities. *Procedia Manufacturing*, 45, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.078>

Ulutas, B. H., & Ozkan, N. F. (2019). Assessing occupational risk factors for forklift drivers. *Le Travail Humain*, 82(2), 129-149. <https://doi.org/10.3917/th.822.0129>

Vallone, M., Naddeo, A., Cappetti, N., & Califano, R. (2015). Comfort Driven Redesign Methods: An Application to Mattresses Production Systems. *The Open Mechanical Engineering Journal*, 9, 492-507.

van Gils, T., Caris, A., Ramaekers, K., & Braekers, K. (2019). Formulating and solving the integrated batching, routing, and picker scheduling problem in a real-life spare parts warehouse. *European Journal of Operational Research*, 277(3), 814-830. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.03.012>

van Gils, T., Caris, A., Ramaekers, K., Braekers, K., & de Koster, R. B. M. (2019). Designing efficient order picking systems: The effect of real-life features on the relationship among planning problems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 47-73. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.02.010>

Widia, M., Dawal, S., & Yusoff, N. (2019). Maximum acceptable frequency of lift for combined manual material handling task in Malaysia. *PLOS ONE*, 14(5), e0216918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216918>

- Winiarski, S., Molek-Winiarska, D., Chomałowska, B., Sipko, T., & Dyvak, M. (2021). Added value of motion capture technology for occupational health and safety innovations. *Human Technology*, *17*(3), 235-260.
<https://doi.org/10.14254/1795-6889.2021.17-3.4>
- Yazdani, A., Hilbrecht, M., Imbeau, D., Bigelow, P., Patrick Neumann, W., Pagell, M., & Wells, R. (2018). Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: A qualitative study of key informants' perspectives. *Safety Science*, *104*, 110-118.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.01.004>
- Zhao, Y. S., Jaafar, M., Mohamed, A., Azraai, N. Z., & Amil, N. (2022). Ergonomics Risk Assessment for Manual Material Handling of Warehouse Activities Involving High Shelf and Low Shelf Binning Processes: Application of Marker-Based Motion Capture. *Sustainability*, *14*(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/su14105767>
- Żywiołek, J. (2015). Ergonomic aspects and arduousness of work as a traditional warehouseman... and the warehouseman supported by voice system: Comparative analysis. *The Małopolska School of Economics in Tarnów Research Papers Collection*, *4*(28), 59-67.