



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL
MANEJO DE CARGA Y SU
INFLUENCIA EN LAS ENFERMEDADES
OCUPACIONALES
MUSCULOESQUELÉTICAS EN EL
SECTOR LOGÍSTICO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

ISAIAS RAFAEL CARDENAS VALENCIA

LIMA – PERÚ

2024

Asesor:

Dra. Maria Alejandra Urday Pareja

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. OMAR DANNY BERROSPI TAQUIRE

PRESIDENTE

MG. MARTHA ROCIO LUCERO PEREZ

VOCAL

MG. ARMANDO TALAVERANO OJEDA

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mis padres, por su ayuda y cariño infinito, sin ellos sería imposible que esté
donde esté.

A Fer, por no dejar que me rinda en la mitad del camino.

AGRADECIMIENTOS.

A mis compañeros de la maestría de PRL5 y a los profesores que nos tuvieron
paciencia, en especial a Iselle que no sólo nos enseñó, sino que también nos dio
ánimos para continuar.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Portafolio Autofinanciado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	CARDENAS VALENCIA ISAIAS RAFAEL

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**, autores del trabajo titulado: **RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL MANEJO DE CARGA Y SU INFLUENCIA EN LAS ENFERMEDADES OCUPACIONALES MUSCULOESQUELÉTICAS EN EL SECTOR LOGÍSTICO**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	URDAY PAREJA MARIA ALEJANDRA	FAMED	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **19%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2947018860**; fecha de entrega: **28-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 28 de abril de 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 42852990
ORCID: 0009-0007-1616-8202

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN:	1
II. CAPÍTULO 1: RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL SECTOR LOGÍSTICO	4
Manipulación Manual de Cargas	5
Posturas Forzadas.....	11
Vibraciones.....	14
Medición del Riesgo Disergonómico.....	16
III. CAPÍTULO 2: ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS RELACIONADAS AL SECTOR LOGÍSTICO	22
Datos Estadísticos del Sector Logístico	22
Listado de Enfermedades Profesionales	24
Lumbalgia.....	29
Cervicalgia.....	37
Desórdenes Musculoesqueléticos Múltiples	41
IV. CAPÍTULO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y DE CONTROL TOMADAS CONTRA LOS RIESGOS DISERGONÓMICOS	43
Eliminación de peligros y riesgos:	44
Sustitución:	50
Controles de ingeniería.....	53
Control administrativo	54
Uso de Equipo de Protección Personal (EPP)	57
Diseño de almacén.....	60
V. CONCLUSIONES	64
VI. RECOMENDACIONES	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

ABSTRACT

A topic of physical ergonomics is related to musculoskeletal disorders of occupational cause. Workers who perform a greater number of movements are more likely to present musculoskeletal diseases. It has been seen that the incidence of musculoskeletal disorders is higher in the manufacturing, construction and logistics sectors.

In the logistics sector, the most obvious dangers are those related to the manual handling of loads and work with forced postures, carried out by both warehouse workers and machinery operators. Risk analysis should include the use of observational tools where risk postures can be detected, such as OWAS or RULA.

Musculoskeletal diseases related to the logistics sector include several that are found in national regulations; However, we also found some that are not found in the standards, but there is a record of their occupational origin, such as low back pain and neck pain. Currently, it has been observed that 24% of warehouse workers may suffer from low back pain, with this figure reaching up to 50% in some studies, indicating that many exceed the recommended values for lifting loads and have poor posture.

The implementation of controls is one of the company's obligations and there are legal regulations and international standards that indicate how it should be carried out. It has been shown that by developing ergonomic interventions in workplaces, the frequency of musculoskeletal disorders can be reduced, although the best way to prevent is by designing a safe work environment, based on the dangers and risks to which the employee may be exposed. worker. The correct design of warehouses, considering the ergonomics of workers, is basic at this point, since it would allow the elimination of dangers and disergonomics risks in operational work in the logistics sector.

KEYWORDS

DISERGONOMIC RISK, MUSCULOSKELETAL DISEASES, LOGISTICS, WAREHOUSE, LOW BACK PAIN, MANUAL HANDLING.

I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

1.1 INTRODUCCIÓN

La logística es el conjunto de procesos que permiten el flujo de materiales desde el punto de adquisición, hasta el punto de consumo o del usuario final; incluye la planeación, el control y la implementación del transporte y almacenamiento de bienes, desde el punto de origen hasta el usuario final (1).

Se puede analizar al sector logístico considerando sus subsectores: Logística de abastecimiento, acá se incluye la compra, recepción y almacenamiento de inventarios; logística de planta, incluye mantenimiento y servicios de planta (electricidad, agua, energía, etc.), también se incluyen los procesos de seguridad y cuidado del medio ambiente; logística de distribución, incluye la expedición y distribución del producto terminado (2).

En el Perú, para el año 2022, el sector de “transporte y Almacenamiento”, que agrupa al sector logístico nacional, representaba el 4,9% del producto bruto interno (PBI) del país, moviendo, en el 2020, 1’592’256 unidades de contenedores marítimos, equivalentes a 2’654’289 TEU (Twenty Equivalent Unit, medida internacional equivalente a un contenedor de 20 pies, usada para estandarizar las distintas clases de contenedores existentes).

Asimismo, para el año 2017 había 8732 empresas formales dentro del rubro de transporte y almacenamiento, de las cuales, más del 90% eran pequeñas empresas, el 4% era mediana empresa y 5.8% eran gran empresa, las cuales movían más 300’000 unidades motorizadas registradas únicamente para el transporte de

mercadería. También daban trabajo al 10% de la población económicamente activa (PEA) urbana nacional (3).

Las personas que trabajan en el sector logístico, sobre todo los que trabajan como operadores de almacén y realizan movimiento de mercadería están expuestos a factores de riesgo ergonómico, como la manipulación de carga, posturas forzadas y realizar trabajos repetitivos (4), acorde a los datos de la Unión Europea, entre el 32% y el 35% de los trabajadores europeos realizan tareas de manipulación manual de cargas en, al menos, el 25% de su jornada diaria (5), asimismo, el 24% de los trabajadores operativos de almacén pueden padecer de enfermedades musculoesqueléticas como la lumbalgia (6). Si bien, la lumbalgia no es una enfermedad que produzca mortalidad, si puede traer discapacidad a los trabajadores, sobre todo a los jóvenes, lo cual trae consigo consecuencias sociales (7) impactando la calidad de vida de los trabajadores y provocando incapacidad funcional (8), agregando que es la afección que causa mayor discapacidad global, algo que aumentará con el envejecimiento de la población, lo que trae impactos negativos en la economía (9). En el Perú, en los años 2015 y 2016, los trastornos musculoesqueléticos fueron la causa más frecuente de incapacidad laboral, de esto, el 28.7% se trataban de problemas de lumbalgia, acorde a los datos del Seguro Social de Salud (10).

Por lo descrito, se hace necesario identificar y describir cuáles son los factores de riesgo disergonómico en el sector logístico, las enfermedades que podrían producir y los controles que las empresas deben implementar para evitar perjudicar la salud de los trabajadores; son estos temas lo que se tocarán en el presente portafolio con la finalidad de que las empresas de este sector puedan tomar conocimiento de los

peligros a los que se exponen los trabajadores, a nivel disergonómico, y puedan tomar las decisiones adecuadas para evitar daños.

1.2 CAPÍTULO 1: RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL SECTOR LOGÍSTICO

En 1965, Murrell definió la ergonomía como la ciencia que estudia la relación entre el hombre y su ambiente de trabajo, en donde el término “ambiente” no solo hace referencia al lugar físico donde trabaja, sino también a sus herramientas y materiales, sus métodos y la organización de su trabajo. (11)

Acorde a la Asociación Internacional de Ergonomía, la ergonomía puede ser dividida en tres grandes campos: Ergonomía física, ergonomía cognitiva y ergonomía organizacional. Para el caso de la primera, la ergonomía física, es la más conocida y estudiada y está relacionada a las características anatómicas y las actividades propias del trabajo, los otros dos campos están más relacionados a la psicología (12)

Los factores de riesgo ergonómico son los aspectos de un trabajo o tarea que ejerce un estrés biomecánico al trabajador (13). Los trabajadores del sector logístico, especialmente los que trabajan en el almacenaje y manipulación de la mercadería pueden estar expuestos a factores de riesgo ergonómico en su lugar de trabajo, como la manipulación de carga pesada, posturas forzadas como agacharse o estirar los brazos por encima de los hombros, empujar o jalar cargas pesadas y realizar trabajos repetitivos (4), esto debido principalmente a la gran carga de trabajo y a las altas cuotas de producción exigidas por esta industria (14), actualmente se han realizado estudios donde se ha observado que el 24% de los trabajadores de almacén pueden padecer de lumbalgia, teniendo esto mayor prevalencia en los trabajadores que se

dedican a separar los productos (6). En otros estudios, esta cifra ha llegado al 50% de los sujetos de estudio, indicando que muchos exceden los valores recomendados para el levantamiento de cargas y tienen mala postura (15). Dentro de los principales controles que suelen implementar las empresas están las capacitaciones de ergonomía y posturas adecuadas para la manipulación de cargas, sin embargo, se ha visto que esto no necesariamente disminuye la aparición de desórdenes musculoesqueléticos (DME), esto se debe a que, entre otros factores, el personal que recibe las capacitaciones puede entender lo que le están enseñando, pero no lo pone en práctica, realizando posturas forzadas (16).

Manipulación Manual de Cargas

La manipulación manual de cargas es cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, que por sus características puede conllevar a riesgos (17). Entre las actividades que están dentro de esta categoría se señalan algunas como levantar y descargar, que es mover la carga en sentido vertical, y empujar, tirar y desplazar, que es mover la carga en sentido horizontal; si estas no son realizadas de forma correcta existe el riesgo de sufrir algún tipo de lesión, principalmente DME (18). La manipulación manual de cargas tiene como base el esfuerzo físico del trabajador por lo que, factores como la edad, se deben tener restricciones para menores de 18 y mayores de 45 años (19), sexo, entrenamiento o capacitación previa, posturas o las características de la carga influyen de forma directa en la tarea (20), sin dejar de lado otros factores como el estado nutricional, la actitud mental, los antecedentes de salud, si el trabajador presenta sobrepeso u obesidad o si se trata de una mujer embarazada, para lo cual

se recomienda evitar esta actividad (19). Se considera como una carga, cualquier objeto que pueda ser movido, incluyendo aquellos que deban ser colocados o trasladados en equipos de carga manual, como una grúa o transpaleta manual. A partir de los 3 kg (21), una carga puede conllevar a un potencial riesgo dorsolumbar no tolerable, ya que podría ser un riesgo si se manipula en condiciones ergonómicas no favorables (22).

Acorde a los datos de la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA), entre el 32 y 35% de los trabajadores europeos indican que realizan trabajos de manipulación manual de cargas en, al menos, el 25% de su jornada diaria de trabajo (5), mientras que en un estudio desarrollado en España, se evidenció que las principales actividades donde se realiza manipulación manual de cargas son las relacionadas al campo logístico, como el almacén, el acopio de materiales, la materia prima y la distribución (23). En Alemania se ha visto que problemas musculares como la lumbalgia aumentan de 47.3% en personas que no realizan manipulación manual de carga pesada hasta el 66.5% en personas que sí realizan esta actividad (24). En los Estados Unidos, en el año 2012, el 34% de accidentes y enfermedades fueron DME, donde la mayoría de los casos correspondía a trabajadores que se encargaban de mover y guardar mercadería (25).

- **Peso Máximo Recomendado**

Desde finales de los años 50 se ha estudiado como la manipulación manual de cargas afectan la salud de los trabajadores, ya se sabía que el levantamiento de peso excesivo podía causar hernias abdominales (26) y, de igual forma, se hacían estudios para comprobar las posturas que el

trabajador tenía que realizar para poder levantar cargas pesadas (27). En 1967, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) recomendó que el peso máximo que podía cargar un hombre adulto, sano y entrenado, era de 55 kg (28), en 1972, un estudio de la universidad de Birmingham confirmó que las empresas en donde los trabajadores manipularan cargas pesadas de forma ocasional o cargas ligeras de forma frecuente debían de entrenar a su personal en técnicas correctas de levantamiento y desplazamiento de cargas (29), acorde a lo recomendado por la OIT previamente en la recomendación N° 128 de 1967. La normativa peruana indica que el peso máximo a cargar por un trabajador adulto es de 25 kg, mientras que para las trabajadoras y los adolescentes el peso máximo a cargar es de 15 kg, acorde a la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico (30). Algo necesario para entender el riesgo de la manipulación manual de cargas es entender su biomecánica, para poder realizar esta actividad se involucran, principalmente, las siguientes partes del cuerpo: Las piernas que son el principal propulsor, los brazos como sujeción y la columna vertebral que brinda soporte, teniendo a los discos intervertebrales como amortiguadores, se debe considerar que al momento de realizar un levantamiento de cargas se deben limitar los movimiento de flexión, laterales o de giro del tronco, ya que estos aumentan la presión sobre los discos intervertebrales de la zona lumbar, por ejemplo, si se mantiene el tronco recto, al levantar una carga de 50 kg, la presión ejercida sobre los discos lumbares será de 100 kg, sin embargo, al flexionar el tronco en 90°, la presión sobre los discos lumbares aumentará hasta los 700 kg (19).

- **Factores que aumentan el riesgo en la Manipulación Manual de Cargas**

En el rubro de logística y almacenamiento de mercadería el porcentaje de trabajadores en riesgo aumenta, se ha visto que en trabajadores que trabajan en almacenes de materiales de construcción en la India, el riesgo musculoesquelético en la espalda baja es del 73.24%, principalmente por el peso de los materiales que deben manipular (31), algo similar se vio en Chile en los servicios de logística de productos cárnicos, donde el peso unitario de las piezas que los trabajadores deben de cargar puede llegar a los 81 kg, excediendo lo indicado por la normativa chilena que es de 25 kg como máximo (32), asimismo, en países como Indonesia e Irán, se ha registrado que los estibadores de carga pesada (usualmente sacos que pueden llegar hasta los 91 kg), que principalmente llevan la mercadería en la espalda, presentan trastornos musculoesqueléticos derivados de las actividades que realizan, los cuales pueden afectar hasta al 75% de los mismos (33), (34).

Estudios han demostrado que no solo el peso de la carga afecta a los trabajadores, otros factores como la altura desde donde se está levantando la carga, la posición en la que se dejará la carga, la forma de la carga e incluso el lado por la que se agarra la carga van a influir en la carga de compresión en la columna que pueda ocasionar la actividad (35), se ha comprobado que levantar una carga usando la fuerza de la espalda es más perjudicial para la salud del trabajador que levantar la carga haciendo una posición de sentadilla en la cual se aprecian menores valores de compresión y fuerza de corte en la zona lumbar, asimismo, también se ha demostrado que la posición de semi sentadilla es perjudicial (36), incluso se ha visto que

los pies deben colocarse en la posición correcta al momento de hacer levantamiento de cargas, de lo contrario podría haber un impacto negativo sobre la zona lumbar (37). En un estudio realizado en la ciudad de Calcuta, se observó que de un grupo de trabajadores que transportaban carga pesada con la parte superior del cuerpo (espalda, cuello y cabeza), el 95% presentaba DME en menos de un año de actividad y que el 83% de las posturas que realizaban requerían medidas correctivas urgentes para su propia seguridad (38).

Además de lo ya mencionado, otros factores a tomar en consideración al momento de realizar un levantamiento de mercadería son: El volumen, ya que entre mayor sea el volumen, mayor será la distancia entre la carga y el centro de gravedad del trabajador, aumentando el esfuerzo realizado por este (19); asimismo, la dificultad para sujetar la carga, así como la estabilidad de esta, también son factores para considerar (20).

- **Tareas de Empuje y Tracción**

Las tareas de empujar y tirar, también llamadas de empuje y tracción, son una clase de manipulación manual de cargas en las que la carga no está siendo cargada por el trabajador, sino que esta se encuentra sobre el suelo y sobre alguna superficie que esté en contacto directo sobre el suelo (como una coche, transpaleta o similar), por lo que al tratar de moverla es necesario realizar una fuerza que pueda vencer el rozamiento del suelo (39); es común usar las tablas de Snook y Ciriello para revisar si la tarea se puede considerar aceptable o de riesgosa, para estos autores, una actividad se va a considerar

aceptable sólo si más del 90% de la población trabajadora puede realizarla, en caso no sea así, si más del 75%, pero menos del 90%, pueden realizar la tarea, esta deber ser mejorada y en caso de que menos 75% de trabajadores puedan realizarla, se considerará como una tarea de riesgo, las variables que se toman en cuenta para esta herramienta son la fuerza utilizada, medida con un dinamómetro, la frecuencia de la tarea, la distancia del desplazamiento, la altura a la que se aplica la fuerza y el sexo del trabajador (40). Actualmente, la ISO 11228-2:2007/Amd 1:2022, toma la información existente previa, incluidos los estudios de Snook y Ciriello y otros estudios experimentales de tareas empujar y tirar y sus niveles asociados de carga musculoesquelética, inconfort, dolor y fatiga; y nos dice que las tareas sólo pueden ser aceptables si pueden ser realizadas por más del 90% de la población, menos de eso se considerará como tarea no aceptable (41).

Para los casos de tareas de empujar y tirar, también es necesario revisar que factores podrían aumentar el riesgo de la actividad, un factor importante es la posturas que se haga al momento de realizar la tarea, posturas inclinadas, con el tronco torcido o girado y las manos por encima de la altura de los hombros se considerará más riesgoso, de igual forma, si el objeto a mover no tiene asas o agarraderas o si el equipo a usar no se encuentra en buen estado se considerar una actividad con mayor riesgo, es también importante revisar la ruta que se tomará, si es una ruta larga (más de 30 minutos) o con obstáculos, el riesgo de la actividad será mayor (42).

En un estudio publicado en el 2013, se revisó si el uso más seguro para la transpaleta manual era jalándola o empujándola, para este caso, se diseñó

una transpaleta que tuviese dos puntos de empuje en el manubrio para que la carga pueda seguir estando detrás del operador y se comparó con la forma común de uso que es jalándola desde el manubrio, es necesario mencionar que para el uso común de este equipo, el brazo y el hombro están en una postura forzada mientras realizan el trabajo de jalar el manubrio del equipo. Si bien no se encontró diferencia en la máxima fuerza requerida para maniobrar la transpaleta manual, sí se vio que el gasto físico fue mayor al momento de empujarla (43). En un estudio posterior se vio que el empujar la transpaleta manual disminuye la fuerza ejercida sobre la columna y aumenta el confort del trabajador, en comparación de la forma común de uso de este equipo (44).

Posturas Forzadas

Otro tema relevante dentro de la salud ocupacional en el sector logístico es el de las posturas forzadas. Se tiene que una postura es la ubicación espacial que adoptan los diferentes segmentos corporales o el cuerpo en su conjunto, siendo una postura forzada aquella en la que las articulaciones están cerca del extremo de su rango de movimiento por lo que requiere más trabajo por parte de los tejidos de soporte, esto podría causar algún tipo de trastorno al sistema musculoesquelético (19).

Actualmente, las empresas buscan rentabilizar sus espacios de almacenamiento al máximo posible, pero esto ha conllevado a que se sacrifique la ergonomía de los mismos, trayendo riesgos a los trabajadores al producirse posturas forzadas para poder manipular la mercadería; un estudio realizado en el 2021, determinó como la

altura de surtido o reabastecimiento de mercadería, en un centro de distribución, aumenta el esfuerzo muscular en las zonas de los brazos y la espalda superior e inferior, encontrándose que la altura de menor esfuerzo en la cual se deberían encontrar los productos a surtir se encuentra entre los 60 cm y los 120 cm desde el nivel del suelo (45), un estudio realizó un análisis a trabajadores de almacén que hacían manipulación de cargas a alturas por encima de los hombros y por debajo de las rodillas y obtuvo como resultado que se tratan de posturas de muy alto riesgo para el trabajador, con potencial de producir estrés muscular en el cuello, la región de la espalda y los hombros (46); por otro lado ya existen estudios donde se explica que la rentabilización del espacio y el bienestar del personal no deberían ser temas opuestos, sino más bien deberían complementarse, optimizando los recorridos dentro de la bodega y las formas de almacenamiento de la mercadería (47), al diseñar un almacén es necesario tener en cuenta no solo la parte técnica y elemental de la logística, sino todo lo concerniente a los factores humanos de los trabajadores que harán las tareas, entre estos factores está el hecho que existe el riesgo ergonómico y que este puede impactar no solo en la salud de los trabajadores, sino en las actividades propias del negocio (48).

- **Posturas forzadas en MHE**

Un punto importante a mencionar es el riesgo disergonómico asociado con el uso de los equipos de manipulación y levantamiento de carga (Montacargas o MHE por las siglas en inglés de Material Handling Equipment), las operaciones logísticas se caracterizan por el uso de estas máquinas en los almacenes, pero estos pueden conllevar a enfermedades producidas, primeramente, por las posturas forzadas que los operadores

deben realizar al momento de usarlas, principalmente a la torsión del cuello, hombros y las zonas alta y baja de la espalda y también debido a la vibración que estos tienen. Es necesario acotar que, si bien se ha demostrado que los trabajadores que transportan la mercadería de forma manual presentan más problemas de salud que los que usan MHE, estos no están exentos de ser peligrosos a nivel ergonómico (49), ya desde finales del siglo XX se han dado alarmas epidemiológicas del aumento del riesgo de desarrollo de DME provocados por el uso de MHE en la industria logística (50).

El trabajo de un operador de MHE incluye el estiramiento del cuello cuando debe cargar o descargar mercadería de racks a gran altura, además que deben rotar la cabeza cuando avanzan o retroceden con el equipo, por lo que los operadores de MHE están expuestos a una gran variedad de posturas forzadas de cabeza-cuello durante su jornada laboral. En el año 2018, se realizó un estudio en el cual se demostró, por primera vez, que existe un aumento en el riesgo de sufrir dolor en el cuello entre los operadores de MHE, con respecto a trabajadores de oficina, se observó que el 49% de operadores habían experimentado dolor de cuello y que este se presentaba incluso dentro del primer año de labores, también se observó que el dolor se presentaba sin importar el tipo de movimiento de cuello que realizara el operador de MHE (51), se ha demostrado que el malestar cervical en operadores de MHE es significativamente mayor que en no-operadores (personal administrativo) (52). En otro estudio, realizado en operadores de 2 diferentes tipos de MHE: montacargas contrabalanceado y apilador grúa, se observó que un operador de apilador grúa, en promedio, levanta la cabeza

por encima de los 90° cada 5 minutos de trabajo, por un lapso promedio de 16 segundos por vez, especialmente durante la carga de mercadería en racks altos y gira la cabeza, en más de 90°, 5 veces cada 2 minutos, en promedio, al momento de desplazar la máquina, esto se da debido a que en este MHE, el operador no se sienta mirando hacia el frente, sino que se sienta mirando hacia un lado y debe girar la cabeza en la dirección en la que se desplaza. En los operadores de montacargas contrabalanceado se observó que los operadores giran la cabeza en más de 90° cada 25 min, por un lapso promedio de 50 segundos por vez, esto es cuando está desplazando el MHE en reversa; estas mediciones fueron realizadas usando inclinómetros y análisis de posturas mediante videos (53).

Vibraciones

Aparte de las posturas tomadas al momento de realizar las labores en un MHE, se debe considerar el efecto de la vibración producido por la máquina sobre el trabajador. Si bien la vibración está dentro de los riesgos físicos, se está considerando dentro de este trabajo debido a que es una condición ambiental en el medio de trabajo que puede constituir una fuente de molestia o incomodidad hacia los trabajadores, además de que puede provocar DME similares a los producidos por los riesgos disergonómicos mencionados (54).

La vibración es un fenómeno mecánico producido por vehículos o equipos en movimiento, consiste en un movimiento periódico que se repite cada cierto intervalo de tiempo, para el caso de los MHE, la vibración no es un movimiento oscilatorio continuo, sino que es una mezcla de frecuencias y amplitudes que están en constante cambio (55). En un estudio realizado en el 2021 se ha visto que al

aumentar la velocidad del MHE, aumenta la intensidad de la vibración, asimismo, al aumentar el peso de la carga que transporta, la intensidad de la vibración disminuye; además, la intensidad de la vibración también puede aumentar si el piso en el que se transporta el MHE presenta irregularidades, también se agrega el hecho que los MHE alimentados a combustible presentan mayor vibración que aquellos que funcionan a electricidad (56). Acorde a la ISO 2631-1, la zona de precaución para vibraciones está entre 0.45 m/s² y 0.9 m/s², para una exposición a 8 horas, en este rango de vibración la salud del trabajador está expuesta a riesgos potenciales; el riesgo de exposición a vibración menor a 0.45 m/s² no ha sido documentado de forma clara y la exposición a valores mayores a 0.9 m/s² podría resultar en efectos negativos a la salud del trabajador (57).

El sistema típico para medir la vibración es mediante un equipo que mide el sentido de la vibración, un acelerómetro, y un instrumento que mide el nivel de la vibración. El acelerómetro produce una señal eléctrica y el tamaño de esta señal es proporcional a la aceleración que se le aplicó. La red de frecuencias ponderadas imita la sensibilidad humana a la vibración en diferentes frecuencias, esto da un valor como medida de la exposición a la vibración y se expresa como la exposición a vibración en frecuencia ponderada en metros por segundos al cuadrado (m/s²) unidades de aceleración. Para este caso, la ponderación refleja la importancia que se le otorga a las diferentes frecuencias acorde al daño a la salud que podrían causar (58).

Actualmente hay evidencia que la exposición a vibración de cuerpo completo aumenta el riesgo de presentar DME como lumbalgia (59), en un estudio realizado en la India en el 2018, en 47 operadores de MHE (montacargas contrabalaceado),

el 76.6% se encontraba expuesto a vibraciones dentro de la zona de precaución, mientras que el 23.4% se encontraba por encima de esta zona, dentro de las condiciones en las que se desarrolló este estudio estaban que los MHE eran en su mayoría a combustible y el piso por donde se desplazaban, en su mayoría, presentaba superficie irregular (60), en un estudio de similares características, hecho en dos empresas de Estados Unidos, se encontró que en una de las empresas el rango de vibración de los MHE estaba entre 0.42 m/s² y 1.27 m/s², con un promedio de 0.63 m/s², mientras que en la otra empresa el rango estaba entre 0.56 m/s² y 0.92 m/s², con 0.72 m/s² de promedio; como se observa, el promedio en ambas empresas se encontraba dentro de la zona de precaución y, en ambos casos, se encontraron valores unitarios que sobrepasaban los 0.9 m/s², por encima de la zona de precaución y que expone a los trabajadores a un mayor riesgo (61).

Medición del Riesgo Disergonómico

Existen diversos métodos para estudiar el nivel de riesgo disergonómico en las tareas realizadas por los trabajadores, los más usados son los del tipo observacional. Para el caso de ver la carga que puede cargar el trabajador se utiliza principalmente la Ecuación revisada de NIOSH, mientras que para ver temas de posturas realizadas se pueden usar los métodos de OWAS, REBA y RULA, principalmente; estas se caracterizan por no ser costosas, fáciles de aplicar, flexibles y que al momento de usarlas no se requiere interferir con las actividades que realiza el trabajador (62). En esta sección serán descritos los métodos principales ya mencionados:

- **Ecuación Revisada de NIOSH**

Teniendo en consideración los riesgos involucrados en el levantamiento de cargas, en 1991 se publica la Ecuación Revisada de NIOSH, la cual se utiliza para evaluar este tipo de tareas y nos da como resultado el Peso Máximo Recomendado (RWL por sus siglas en inglés) que es el peso máximo recomendado para levantar en las condiciones actuales del puesto, con el fin de evitar DME (63), esta herramienta actualmente es usada por múltiples entidades estatales y particulares con el fin de identificar el riesgo del levantamiento de cargas (64) un ejemplo de esto es lo realizado en el almacén de una empresa que desarrolla vacunas en Cuba, en donde se realizó un estudio ergonómico aplicando la ecuación revisada de NIOSH, arrojando como resultado que el RWL era cero, por lo que se tuvieron que realizar cambios de urgencia por la seguridad y salud de los trabajadores (65). De la misma forma, así como esta herramienta es de mucha utilidad, también presenta algunas debilidades como el hecho que no toma en cuenta las características propias del trabajador ni las del ambiente de trabajo (66), esto último fue estudiado en el 2019 cuando a la Ecuación Revisada de NIOSH se le agregaron otras variables como la edad, el género, el índice de masa corporal y el valor estimado de valor estimado del área transversal del disco intervertebral L5/S1, encontrándose que la adhesión de esta última variable mejoró la estimación del riesgo de los individuos (67), además, en un estudio publicado en el 2023 se encontró que si a la ecuación revisada de NIOSH se le agregan datos antropométricos dentro del límite máximo de peso aceptable (una carga por encima de este valor pone en riesgo al

trabajador) se podría ajustar a diferentes grupos poblaciones basado en sus datos antropométricos (68).

- **OWAS**

El método de OWAS (Ovako Working Posture Analysis System – Sistema de Análisis de Posturas de Trabajo de Ovako) permite la valorización de la carga física ocasionada por el trabajo y se caracteriza porque permite analizar y dar un valor global a todo el conjunto de posturas que el trabajador realiza al momento de hacer la tarea (69). Este método identifica 4 posturas de trabajo para la espalda, 3 posturas para los brazos, 7 posturas para las extremidades inferiores y 3 categorías del peso de la carga manipulada o de la cantidad de fuerza utilizada, todo esto nos da 252 posibles combinaciones (70), si bien es un método muy utilizado, documentado y aplicado a múltiples sectores, también presenta algunas desventajas como el hecho que las valorizaciones que se obtienen no son muy precisas y que no evalúa algunas partes del cuerpo claves como el cuello, la cintura o los codos; este método tampoco considera aspectos organizacionales, el medio de trabajo y la frecuencia con la que se realiza la actividad (71) Si bien se ha documentado el uso de este método en el sector logístico (31), su principal uso se ha dado en los sectores de la industria, la salud y en agricultura y, si bien es uno de los métodos semidirectos más usados para la evaluación de DME, es necesario que su uso sea complementado con otro método directo o indirecto (72).

- **RULA**

El método de RULA (Rapid Upper Limb Assessment – Evaluación Rápida de Extremidad Superior) fue propuesto para hacer una evaluación rápida de la carga sobre el sistema musculoesquelético debido a las posturas del cuello, tronco y extremidades superiores, la función muscular y las cargas externas ejercidas; su objetivo es saber si los trabajadores están expuestos a factores de riesgos de DEM en las extremidades superiores durante el desarrollo de sus tareas (73). A diferencia de OWAS, el método RULA evalúa posturas individuales, por lo que es necesario seleccionar previamente cuáles de las posturas que adopta el trabajador serán evaluadas, se tendrá preferencia por aquellas posturas que tengan una mayor carga postural, por duración, frecuencia o desviación respecto a la postura neutra. Este método evalúa principalmente los ángulos que forman las posturas realizadas y pueden ser medidas de forma directa sobre el trabajador o por medio de fotografías, siempre considerando que las mediciones se deben realizar tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo del cuerpo (74). Algunas ventajas de este método es que es confiable de usar para las tareas repetitivas, principalmente de extremidades superiores, se puede aplicar a trabajadores de diferentes rubros, es de fácil aplicación y no se requiere mucha experiencia para aplicarlo, aunque también presenta desventajas como el que no tome en consideración el tiempo que toma el trabajador en realizar la tarea (75). Este método ha tenido un incremento en su uso en los últimos 10 años y debe ser complementado con otros métodos; y si bien es principalmente usado en el área de manufactura y actividades relacionadas

a la salud humana, se ha encontrado que no es específico para un sector, a nivel del sector logístico se ha aplicado para concluir que las tareas relacionadas a levantar cargas son ergonómicamente más peligrosas que las de bajar cargas (76).

- **REBA**

La técnica de REBA (Rapid Entire Body Assessment – Evaluación Rápida de Cuerpo Entero), es actualmente uno de los métodos de observación para la evaluación de posturas más usados y se desarrolló a partir de métodos publicados previamente, como la ecuación de NIOSH, el método OWAS, el método RULA, entre otros y, en su desarrollo, intervino un equipo multidisciplinario que evaluaron y codificaron más de 600 posturas de trabajo (77). Se diferencia de RULA, principalmente porque no sólo evalúa las extremidades superiores, sino que también evalúa las extremidades inferiores y se diferencia de OWAS en el hecho que no evalúa todas las posturas de forma agrupada, sino que evalúa posturas de forma individual, además que REBA evalúa los ángulos de las posturas, algo que no se hace en OWAS. (78). Dentro de las ventajas que presenta esta técnica está que los aspectos ergonómicos más conflictivos se identifican a partir de la puntuación individual obtenida tras valorar cada parte del cuerpo y que tiene una buena ratio de costo-beneficio, dentro de sus limitaciones está el hecho que no es muy útil para la evaluación de movimientos repetitivos (79). Al igual que los otros métodos descritos, REBA puede ser usado en todos los sectores productivos, incluyendo el sector logístico, en un estudio se estableció que era necesario realizar un rediseño de las estanterías de un

almacén debido a que el análisis de REBA realizado daba como resultado que la distribución que tenían aumentaba el riesgo de DME (65).

- **Métodos No Observacionales**

Existen otros métodos, no observacionales, en los que se hacen mediciones directas a parámetros físicos y biológicos de los trabajadores para medir el riesgo disergonómico, como el Análisis de Variación de Exposición (EVA), el cual se realiza mediante la técnica de electromiografía de superficie. Esta es una técnica simple, específica y no invasiva, que se usa para evaluar la activación de los músculos superficiales (80) y consiste en la colocación de electrodos para medir el potencial eléctrico en la piel a razón de la contracción de los músculos, indicándonos si el músculo se encuentra activo durante un movimiento o postura (81); mediante esta técnica se mide la actividad muscular que se necesita para realizar el levantamiento de cargas en intervalos determinados durante una jornada de trabajo (15).

1.3 CAPÍTULO 2: ENFERMEDADES MUSCULOESQUELÉTICAS RELACIONADAS AL SECTOR LOGÍSTICO

Los DME tienen una especial prevalencia en ciertas industrias y sectores ocupacionales como el de logística, transporte y almacenamiento, manufactura y producción, cuidado de la salud y asistencia social, agricultura, pesca, construcción, entre otros (82).

La administración logística es un componente esencial de la cadena de suministro y se enfoca en abastecer las demandas de los clientes; incluye la planeación, el control y la implementación del transporte y almacenamiento de bienes, desde el punto de origen hasta el usuario final. Este proceso inicia con la obtención de las materias primas y va hasta su última etapa que consiste en la distribución del producto terminado (1).

Datos Estadísticos del Sector Logístico

Acorde a los datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), durante el año 2021 el sector correspondiente a “Transporte, almacenamiento, correo y mensajería” creció en un 19% a nivel nacional (83), representado el 4.8% del Producto Bruto Interno (PBI) del país en ese año, esta cifra aumentó al 5.2% en el segundo trimestre del año 2022 (84). Asimismo, al año 2021, el sector de “Transporte y Comunicaciones” (donde se encuentra incluida la actividad logística del país), agrupaba al 8% de la población económicamente activa (PEA) del país,

que consiste en más de 1 millón 300 mil trabajadores, con un crecimiento de más del 19% en comparación con el año 2020 (85).

Durante el año 2022, el sector de “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones”, reportó un total de 257 accidentes ante el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), correspondiente al 10.8% del total accidentes reportados en el 2022, de esta cantidad, 31 corresponden a la categoría de “Esfuerzos Excesivos o falsos Movimientos”, que abarcan a los que involucraron: Esfuerzos físicos excesivos al empujar objetos o tirar de ellos, esfuerzos físicos excesivos al levantar objetos, esfuerzos físicos excesivos al manejar o lanzar objetos y falsos movimientos, esto significa que más del 12% de reportes involucran desórdenes musculoesqueléticos relacionados a sobreesfuerzos en el trabajo. Acorde a los datos del MTPE, el sector de “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones” ocupa el cuarto lugar en reportes relacionados a esfuerzos excesivos, sólo por detrás de los sectores de Manufactura, Inmobiliario y Comercio, siendo mayor que otros sectores considerados comúnmente como de trabajo pesado, como Minería y Construcción (86).

A setiembre del 2023, la cifra de reportes de accidentes por esfuerzo físico ya sobrepasó lo reportado en el 2022, siendo 34 reportes en total, representado un aumento del 9.6% frente al total del año anterior, asimismo esto representa el 11% del total de accidentes reportados por el sector de “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones” (87), es importante mencionar que en los años mencionados, a nivel nacional y en todos los sectores, no se reportó ninguna enfermedad musculoesquelética como enfermedad ocupacional, esto podría dar lugar a un subregistro, teniendo en consideración que existe un aumento en el reporte de

accidentes vinculados a desórdenes musculoesqueléticos, asimismo, es necesario considerar que el sector de Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones es uno de los más informales a nivel nacional, con un 82.8% de informalidad (85), lo que implica que, en caso accidentes laborales o enfermedades ocupacionales, estos no serán reportados ante el MTPE, originándose un subregistro.

Listado de Enfermedades Profesionales

Los DME pueden tener diversas causas, estas pueden ser traumáticas, que son las producidas por lesiones, o atraumáticas producidas por procesos de degeneración o por sobreesfuerzo repetitivo, también pueden clasificarse en agudas o crónicas. Es común que el primer síntoma que tenga un paciente con un DME sea dolor, otros síntomas pueden ser contractura muscular, hinchazón o aumento de volumen, inestabilidad o disfunción alrededor de las articulaciones (88).

Para el diagnóstico de estas enfermedades, la evaluación inicial debe seguir las pautas de traumatología de rutina para descartar lesiones articulares graves. Sin embargo, las evaluaciones típicas en la clínica siguen los componentes tradicionales del examen físico y deben incluir inspección, palpación y evaluación de la amplitud del movimiento y el estado neurovascular.

Existen pruebas especiales para evaluar cada articulación.

- **Pruebas de provocación:** Recrean el mecanismo de lesión para reproducir el dolor del paciente.
- **Pruebas de esfuerzo:** Aplican carga a los ligamentos de interés.

- **Pruebas funcionales:** Solicita realizar tareas sencillas del día a día, son útiles para evaluar la gravedad de las lesiones

Pruebas especiales como el análisis del fluido articular o de imágenes, como la resonancia magnética nuclear, también son usadas para el diagnóstico de ciertos DME, en especial cuando no ha sido posible dar con el diagnóstico usando las pruebas anteriores (88).

En este punto es necesario indicar que la legislación peruana, tiene la Resolución Ministerial 425-65 establece el Listado de Enfermedades Profesionales, estas se definen como aquellas enfermedades en las que se ha establecido una relación tipo causa – efecto entre los riesgos a los que se exponen los trabajadores y la enfermedad denunciada. Dentro de este listado encontramos enfermedades causadas por agentes químicos, físicos, biológicos, también por la inhalación o el contacto con la piel de sustancias o agentes no comprendidos en los primeros grupos y las enfermedades causadas por agentes carcinogénicos (89). Debido al ámbito en el que se desarrolla este estudio, el enfoque estará en las enfermedades musculoesqueléticas, las cuales se encuentran en el grupo de enfermedades causadas por agentes físicos, relacionadas a las tareas realizadas en el sector logístico.

- **Discopatía de Columna Dorsolumbar**

Una de las primeras enfermedades mencionadas por esta norma es la Discopatía de Columna Dorsolumbar, que tiene como agente las vibraciones repetidas de transmisión vertical y tiene como principales actividades capaces de producirla (con exposición al agente), los trabajos que supongan una

exposición diaria a la vibración de todo el cuerpo por encima de 0.7 m/seg^2 , tales como conducir vehículos todo terreno, camiones, autobuses, helicópteros y carretillas elevadoras (89); como ya se sabe, estos últimos equipos (también denominados Montacargas o MHE por sus siglas en inglés Material Handling Equipment) son clave en las operaciones de logística de mercadería en las actividades de almacenamiento. La discopatía de columna lumbar, también llamada enfermedad degenerativa del disco (o DDD por sus siglas en inglés, Degenerative Disc Disease), es una enfermedad degenerativa de los discos intervertebrales, provocada por una mezcla de factores genéticos y ambientales. Los discos intervertebrales están formados por tejido blando y se encuentran entre cada una de las vértebras que conforman la columna vertebral (90) y tienen como función biomecánica la de transmitir las fuerzas de compresión entre las vértebras, así como la de proveer movilidad y estabilidad a los segmentos de la columna (91). Es necesario indicar que, si bien esta enfermedad es considerada por el estado peruano como enfermedad laboral, acorde a la normativa, actualmente la evidencia científica que sustente que la exposición a la vibración de cuerpo completo producida por un MHE puede producir desgaste en los discos intervertebrales (92), incluso, en un estudio de cohorte realizado en el 2002, se analizó la degeneración de los discos intervertebrales entre trabajadores, cuya actividad principal era operar o manejar vehículos, y sus hermanos gemelos y se halló que, si bien el manejar puede aumentar los síntomas en los problemas de espalda, no aceleraba el desgaste natural de los discos intervertebrales (93).

- **Arrancamiento por Fatiga de la Apófisis Espinosa**

La siguiente enfermedad en ser mencionada en la NTS N° 068-MINSA/DGSP – V.1 es el arrancamiento por fatiga de la apófisis espinosa, que está catalogada dentro de las enfermedades provocadas por posturas forzadas y movimientos repetitivos en el trabajo y se producen principalmente en trabajos de apaleo o de manipulación de carga pesada (89), esta última es una tarea que se puede realizar entre las actividades logísticas. Un arrancamiento por fatiga o fractura por avulsión se debe a que un tendón desplaza un fragmento óseo, en este caso, se da en las vértebras C7, C6 o T1 y se produce por una flexión abrupta del cuello contra los ligamentos del complejo posterior tensados, esto hace que se fracture la apófisis espinosa que son proyecciones óseas que salen de la parte posterior de las vértebras y en las que se insertan los músculos del tronco (94) y que en el caso de las vértebras mencionadas son relativamente más largas y delgadas que en las demás, por lo que son menos resistentes y tienen mayor predisposición a una falla por fatiga o desgaste. En la vértebra C7 se da la inserción del ligamento de la nuca, del músculo trapecio y del romboide menor y es un tirón fuerte de alguno de estos músculos lo que pueda dar como resultado la avulsión de la apófisis espinosa (95). Si bien esta es una enfermedad que ha tenido mayor incidencia en trabajadores que se dedican a la construcción de carreteras, nivelación de suelos o minería, entre otros trabajos donde se usa la pala como herramienta principal (95), también se ha encontrado que personas que levantan peso, usando la espalda, pueden desarrollarla (96), incluso se ha visto en atletas jóvenes (97), escaladores de

rocas (98) y golfistas (99). Actualmente, debido a los procesos de automatización y mecanización del trabajo, el arrancamiento por fatiga de la apófisis espinosa se ha convertido en una enfermedad laboral rara y suele no ser detectada con la debida rapidez (100).

- **Parálisis de los Nervios del serrato mayor, angular, romboides, circunflejo**

Dentro de las enfermedades provocadas por posturas forzadas, también está la Parálisis de los Nervios del serrato mayor, angular, romboides, circunflejo, que se da por trabajos que requieran carga repetida sobre la espalda de objetos pesados y rígidos, como los realizados por los empleados de carga y descarga y similares (89). El nervio del serrato mayor (o serrato anterior), también llamado nervio torácico largo (NTL), inerva de forma exclusiva al músculo serrato mayor que se encarga, principalmente, de fijar y estabilizar el omóplato (también llamado escápula) y la cintura escapular, formada por el omóplato y la clavícula, que es la unión de los miembros superiores con el tronco (101). En caso de insuficiencia en el funcionamiento o de parálisis en este músculo, se genera una separación del omóplato con el tórax haciendo que este sobresalga en exceso de la espalda, lo cual se hace evidente durante la elevación del brazo afectado, esto se llama escápula alada. Además del NTL, también hay evidencia que, en menor medida, esta condición es producida por lesiones en el nervio espinal o accesorio, que inerva el músculo trapecio y muy rara vez, se puede dar por una lesión en el nervio dorsal escapular que inerva el músculo romboides (102). Para todos los casos, se han encontrado casos en los que la afectación

del nervio se debió a que la persona se encontraba cargando objetos pesados (103) (104), incluso se ha encontrado que esto puede suceder en personal que se encuentra entrenado y en buen estado físico (105). Es necesario indicar que el fenómeno de la escápula alada no es usual, pero es necesario que el daño a alguno de los nervios mencionados esté dentro del posible diagnóstico, especialmente si la persona realiza levantamiento de peso, por encima de la cabeza, de forma habitual, ya que esto tiene una gran posibilidad de dañar los nervios que hacen posible el movimiento de los brazos (106); asimismo, es necesario tener en consideración que hay otras posibles causas para la parálisis de los nervios, como accidentes (107), ejercicio intenso (108), mastectomías (109) u otras causas iatrogénicas (110).

Es necesario precisar que el listado dado en la NTS N° 068-MINSA/DGSP – V.1 no es limitativo, sino que es de carácter abierto, con la finalidad de que se puedan seguir agregando enfermedades que puedan ser consideradas como ocupacionales, siempre que esto pueda ser demostrado con evidencias y estudios (89). Haciendo una revisión de literatura científica, se han podido encontrar diversos síntomas, lesiones, dolencias y enfermedades atribuidos a las tareas realizadas en el trabajo, por lo que se hará una descripción de lo encontrado.

Lumbalgia

Una de las dolencias musculoesqueléticas más estudiadas es la lumbalgia; haciendo una búsqueda virtual en la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos

(PubMed), con la frase “low back pain” (“lumbalgia”, en inglés), se obtienen más de 43000 coincidencias; si a la búsqueda le sumamos la palabra “work” (“trabajo”, en inglés) se obtienen cerca de 6000 búsquedas, con la coincidencia más antigua en el año 1953. A nivel global, el 37% de lumbalgias se atribuyen a factores de riesgo ocupacionales, siendo los hombres los más afectados debido a que realizan más trabajos pesados (principalmente tareas de agricultura, levantamiento de cargas pesadas y exposición a vibraciones de cuerpo completo) y, si bien la lumbalgia no produce mortalidad prematura, sí puede causar discapacidad y traer graves consecuencias sociales, especialmente cuando los trabajadores lo desarrollan aun siendo jóvenes (7). Existe evidencia de la asociación de la vibración de cuerpo completo, el trabajo físico pesado y el trabajar con el tronco en posición doblada o torcida y el desarrollo de la lumbalgia (111).

La columna vertebral está compuesta por 33 vértebras, tiene como funciones principales la protección de la médula espinal y como soporte para la cabeza, tórax, abdomen y pelvis, mientras que permite la movilidad y flexibilidad gracias a los discos intervertebrales. La columna se divide por segmentos denominados: Cervical, conformado por 7 vértebras; Torácica, conformado por 12 vértebras; Lumbar, conformado por 5 vértebras; Sacro, conformado por 5 vértebras fusionadas y el Coxis que está conformado por entre 3 y 5 vértebras fusionadas (112). La unión de dos vértebras más un disco intervertebral forman una “unidad espinal funcional de la espalda” o FSU, por sus siglas en inglés (113). Las FSU se pueden ver alteradas biomecánicamente al momento de realizar determinados movimientos, como levantar objetos del suelo, provocando dolor (114). La lumbalgia se puede definir como el dolor percibido en las áreas lumbar o sacra o en ambas (115).

- **Clasificación de la Lumbalgia**

Se pueden definir tres tipos de lumbalgia, acorde al origen del dolor:

- No específico, es el dolor en la zona lumbosacra que varía en función a las actividades mecánicas desarrolladas, no muestra déficit neurológico o motor y el paciente, en general, demuestra un buen estado de salud. El dolor lumbar mecánico se refiere al dolor de espalda que surge de la columna, los discos intervertebrales o los tejidos blandos circundantes. Esto incluye distensión del músculo lumbosacro, hernia de disco, espondilosis lumbar, espondilolistesis, espondilólisis, fracturas por compresión vertebral y lesiones traumáticas agudas o crónicas (116).
- Lumbalgia con compromiso neurológico, caracterizado por dolor que irradia hasta la pierna.
- Lumbalgia con sospecha de patología espinal grave (116).

Otra forma de clasificar a la lumbalgia es acorde a la estructura que da origen al dolor (117):

- En primer lugar, tenemos al dolor facetario, originado por la inflamación de las articulaciones facetarias, que son las responsables de unir y otorgar estabilidad a las vértebras. Las facetas lumbares soportan cerca del 33% de la carga compresiva dinámica (118) y del 35% de la carga estática de la columna vertebral (119), así como el 33% del peso de una persona de pie (120). La causa más común de esta dolencia, también llamada Síndrome Facetario Lumbar (SFL),

es la presencia de signos de erosión e inflamación del cartílago articular, lo que produce el dolor (121). En revisiones se ha visto que el SFL tiene una prevalencia de entre el 15% y el 41% en pacientes con lumbalgia (122); mientras que, en adultos jóvenes con lumbalgia, el SFL está implicado como el principal generador de dolor de entre el 10% y el 15%, lo que aumenta en poblaciones de mayor edad (123).

- El dolor discogénico es ocasionado por la degeneración de los discos intervertebrales. Los discos intervertebrales son un tejido fibrocartilaginoso que funcionan como la unión entre los cuerpos vertebrales y, en conjunto, forman una columna semirrígida y continua; se componen de un anillo fibroso, hecho de fibrocartílago, del núcleo pulposo (124) y de las placas terminales cartilaginosas que separan el disco intervertebral de las vértebras (125). La lumbalgia de origen discogénico puede darse por el envejecimiento del disco intervertebral o por la degeneración de este.
 - Durante el envejecimiento del disco, hay pérdida de proteoglicanos y agua del núcleo pulposo, lo que conlleva a la pérdida de estructura y funciones, incluyendo su biomecánica; produciendo lesiones e inflamación.
 - Por otra parte, la degeneración del disco incluye la pérdida de altura del disco intervertebral, formación de osteofitos, esclerosis de las placas terminales, calcificación internuclear, pérdida del perímetro del núcleo pulposo y del

anillo fibroso, entre otros; el dolor es el resultado de inestabilidad biomecánica, el daño en las placas terminales, crecimiento interno de nervios e inflamación del área. En un estudio realizado en 1990, en sujetos que nunca tuvieron síntomas de lumbalgia, se vio que el 35% de los estudiados, entre 20 y 39 años, presentaban signos de degeneración o deformidad en al menos un disco lumbar (126).

Las causas del dolor discogénico y la degeneración del disco pueden variar desde la sobrecarga mecánica hasta el estrés oxidativo, los desórdenes metabólicos y la genética (127).

Dentro de las diferentes fuentes de lumbalgia, la causa más común es la degeneración intervertebral que conduce a la enfermedad degenerativa del disco y a la hernia de disco lumbar (128). La hernia discal es la protrusión del núcleo pulposo en el interior del anillo fibroso y es una causa de lumbociática, aproximadamente el 95 % de las hernias de discos lumbares ocurren a nivel de las vértebras L4-L5 o L5-S1, en la zona lumbosacra, principalmente debido a que los discos intervertebrales de esta zona son más grandes y los movimientos son mayores (124).

Se ha comprobado que el trabajo acumulado de levantamiento de cargas, por sí solo, no está estrechamente relacionado con la aparición de hernias discales, pero, en compañía de un cuadro de espondilosis (enfermedad degenerativa articular (124)) o de osteocondrosis (necrosis del hueso por pérdida de irrigación arterial

(124)), se ha visto que puede producir una hernia discal con sintomatología relacionada al dolor (129). Asimismo, se ha visto que las hernias pueden tener ser recurrentes en entre el 5% y el 15% de los que la padecen (130) y que entre el 20% y el 28% de personas asintomáticos pueden presentan hernias discales (131).

El origen discogénico tiene una prevalencia de entre el 26% y el 42% de los pacientes con lumbalgia (132).

- El ganglio de la raíz dorsal (GRD) es un órgano del tamaño de un maní pequeño, que se encuentra en todos los niveles vertebrales (133). Es una estructura crítica en la transducción y modulación sensorial, incluida la transmisión del dolor. El GRD se encuentra en una zona comprometida, debido a su proximidad con la articulación facetaria y el disco intervertebral, lesiones como artritis o hernia son causas de radiculopatía (134). La radiculopatía lumbosacra es el término clínico que describe los síntomas ocurridos después como consecuencia de ciclos mecánicos o inflamatorios que comprometen, al menos, una de las raíces nerviosas lumbosacras (135).
- La articulación sacroilíaca (ASI) es la más grande articulación sinovial del cuerpo humano y es esencial para la efectiva transferencia de fuerzas entre la columna y las piernas, debido a sus funciones, como la transferencia de peso, la absorción de impactos y la estabilidad, la ASI tiene una superficie rugosa reforzada con fuertes ligamentos y una red de músculos que entrelazan la pelvis y

la columna (136). Las causas para el dolor de la ASI se pueden dividir entre traumáticas, como caídas, levantamiento de cargas, colisiones, entre otros; y las no traumáticas, como artritis, escoliosis, infecciones, etc. La ASI es una de las fuentes más comunes de lumbalgia, con una prevalencia de entre el 10% y el 38% (137), mientras que, para la lumbalgia crónica, su prevalencia es de entre el 15% y el 30% de los pacientes con esta dolencia (138).

- Los músculos son estructuras altamente inervadas, cuya unidad básica estructural es la fibra muscular estriada y su unidad funcional es una unidad motora, formada por una neurona y las fibras musculares que esta controla (124). Son varios los músculos implicados en el proceso de la lumbalgia, siendo los más estudiados:
 - **Músculo piriforme:** También conocido como músculo piramidal se encuentra localizado sobre la pared posterior de la pelvis menor y posterior a la articulación coxal, pertenecientes a la región glútea (124). El Síndrome Piriforme (SP) se da por el pinzamiento o compresión del nervio ciático cuando el músculo piriforme se contractura o se hipertrofia (139) lo cual ocasiona un cuadro clínico de lumbalgia (140). El SP puede tener una prevalencia de más del 5% de los casos de lumbalgia y dolor de piernas y cadera (141).
 - **Músculos paraespinales:** También conocidos como músculos paravertebrales, son un grupo de músculos

localizados a ambos lados de la columna vertebral y son importantes para estabilidad y funcionalidad de esta, en especial el multifídidos, el erector de la columna y el psoas mayor, por lo que también están asociados con algunos desórdenes de la columna (142). Hay una asociación entre la lumbalgia y la disminución del área de los músculos paraespinales, así como también con la atrofia de estos (143).

- Cuadrado lumbar: Es un músculo que conforma la pared abdominal posterior (junto con el psoas mayor, el cuadrado lumbar, el ilíaco, el transversario y los oblicuos del abdomen) (124), se origina en la cresta ilíaca posteromedial y se inserta en el borde la doceava costilla y en los procesos transversos de las cuatro primeras vértebras lumbares (144). El dolor en este músculo se origina por efecto de los puntos gatillo (TP, por su nombre en inglés “trigger points”) (145) y el Síndrome de Dolor Miofascial (SDM). Se estima que el 80% de los casos de lumbalgia crónica se originan por el SDM y que frecuentemente no se establece su diagnóstico (146).

La lumbalgia es un problema de salud pública que afecta indiscriminadamente a la población, de forma clínica, económica y social, se origina por múltiples causas y aparece en múltiples grupos poblacionales (147). En el 2020 la prevalencia de lumbalgia era de más de 500 millones de casos y, al 2050, este número aumentará hasta los 800 millones de casos (148). La mayor parte de la población tendrá, al

menos, un episodio de lumbalgia aguda durante su vida (149). Se ha visto que la prevalencia de lumbalgia se encuentra en incremento, así como los costos asociados a esta. Entre los factores considerados como de riesgo para la aparición de esta dolencia están los problemas psicológicos, obesidad, falta de ejercicio, edad avanzada, tabaquismo, entre otros factores asociados al estilo de vida (150). Actualmente, es más frecuente que la gente deje su trabajo por lumbalgia que por diabetes, hipertensión, neoplasias, asma, problemas respiratorios o cardiacos, combinados (151).

A pesar de que se diga que los problemas de lumbalgia se resuelven en aproximadamente 6 semanas, en entre el 80% y 90% de pacientes e independientemente del tipo de tratamiento que reciben, y que solo entre el 5% y el 10% de pacientes desarrollan lumbalgia crónica, se ha comprobado que la condición tiende a repetirse y que la mayoría de los pacientes experimentan múltiples episodios años después de haber sufrido esta dolencia por primera vez (150). En el 2022, en un estudio realizado en personas que habían sufrido de lumbalgia en Brasil, se evidenció que el 40% de los participantes del estudio volvieron a sufrir de episodios similares durante el año posterior al primer episodio (152).

Cervicalgia

Otro problema médico importante es la cervicalgia, que es un síndrome doloroso localizado en la región cervical, que puede venir de un problema osteoarticular, muscular o una mezcla de ambos, tiene una alta prevalencia epidemiológica,

afectando entre el 33% y el 65% de la población y a entre el 10.4% y 21.3% de los trabajadores. La región cervical de la columna vertebral empieza en la base del cráneo y está formado por 7 vértebras (denominadas del C1 al C7), entre sus funciones está la de proteger la médula espinal, dar soporte al cráneo y ayudar con los movimientos de flexoextensión, lateralización y rotación de la cabeza (153). En la zona cervical, los problemas pueden ser expresados más como síntomas que como enfermedades y, según la forma en que evolucionan, pueden ser: temporales, permanentes o recidivantes (por crisis). El 90% de las cervicalgias están relacionados a problemas mecánicos o degenerativos y pueden ser originados: En las articulaciones, ligamentos o músculos; o en el sistema nervioso. El 10% restante son debido a enfermedades, como la espondilosis cervical, pero es necesario mencionar que el dolor por artrosis solo se presenta cuando la artropía degenerativa es avanzada, por lo general, los estados iniciales o intermedios no producen dolor (154).

- **Causas de la Cervicalgia**

La influencia del trabajo en la aparición de problemas cervicales está atribuida a 4 grupos de riesgo principales los cuales intervienen en la sobrecarga física, estos son: Posturas forzadas, vibraciones, movimientos repetitivos y manipulación de cargas (153).

- Las posturas forzadas incrementan la carga física del tejido y puede reducir su tolerancia a la carga cambiando las condiciones fisiológicas del tejido; cuando hay elevación de manos y brazos por encima de la cabeza, haciendo una postura forzada, como cuando se

coloca carga en una posición alta, se incrementa la carga en la zona del hombro y se reduce el flujo de sangre en la zona de los brazos y manos; esta posición fatiga rápidamente el sistema hombro-brazo-mano, así la operación haya durado solo unos pocos minutos, y aumenta el riesgo de algún daño físico (82). Dentro del mundo de la logística, el uso de MHE es constante y, como tal, tiene sus peligros, riesgos y consecuencias, entre ellas algunas enfermedades y dolencias relacionadas a la ergonomía y el modo de uso de las máquinas. Muchos estudios relacionan el uso de MHE con problemas en la zona del cuello; en el 2023, en un estudio realizado en Ecuador a una muestra pequeña ($n = 18$) de operadores de MHE, en este caso de tipo montacargas apilador, se vio que el 100% habían tenido problemas de cervicalgia en algún punto de su vida en ese puesto de trabajo, esto se presentaba principalmente en los trabajadores que usaban MHE de hombre a pie (se encuentran de pie durante toda la jornada de trabajo) y que realizaban la tarea de subir y bajar mercadería, donde había mayor extensión cervical, rotación e inclinación del cuello (155). Esto último encaja con un estudio realizado en el 2017, donde observaron que el mayor riesgo que ocasionaba la cervicalgia eran las posturas forzadas realizadas en las actividades laborales (156).

- La vibración de cuerpo completo es aquella vibración mecánica que el cuerpo recibe cuando está sobre una superficie que vibratoria y que conlleva riesgos para la salud, en particular de lesiones de

columna vertebral, un ejemplo de esto es cuando un operador está sentado en el asiento de un MHE (157). Hay evidencia de que las DME en cuello, hombro y brazos están significativamente asociadas con la exposición ocupacional a vibraciones de cuerpo completo cuando esta se da en, al menos, la mitad de la jornada laboral (158); asimismo, la prevalencia de DME aumenta cuando la exposición a vibraciones de cuerpo completo está acompañada de levantamiento y manipulación de cargas, posturas forzadas y ruido y también aumenta a medida que aumenta el tiempo de exposición (159).

- La sobrecarga por movimientos repetitivos se define como el trabajo caracterizado por una secuencia de acciones técnicas casi iguales que se repiten durante más de la mitad del trabajo analizado (41). La ISO 1128-3:2007, define los movimientos repetitivos como el trabajo caracterizado por ciclos, independientemente de la duración de estos, o por una secuencia de acciones técnicas similares que se repiten durante más de la mitad de la jornada laboral (160). En el movimiento repetitivo se involucran los mismos grupos musculares y su sobreuso generan daño a los tejidos (19). El sector logístico tiene múltiples trabajos con movimientos repetitivos, siendo las más importantes el escaneo de productos, las actividades de picking y packing y el guardado de mercadería (161). En un estudio realizado en Canadá en trabajadores que habían sufrido de lesiones por movimientos repetitivos, se vio que el 31% presentaba lesiones en la zona de cuello y hombro (162).

- Como se ha mencionado, la manipulación manual de cargas es cualquier operación de transporte o sujeción de una carga que puede conllevar a riesgos (17), actualmente hay evidencia de la influencia del peso de la carga y la altura de elevación en la carga de trabajo de los músculos de la zona cuello-hombros, durante el abastecimiento de productos, esto se da principalmente cuando se lleva mercadería de posiciones altas a posiciones bajas; mientras que cuando se hace el trabajo contrario, la carga de trabajo se da en los músculos de la espalda baja (163).

Desórdenes Musculoesqueléticos Múltiples

Si bien se han tocado DME de forma independiente, es necesario mencionar que es frecuente que se presente dolencias en diferentes partes del cuerpo a la vez; esto se da, principalmente, debido a que los trabajadores están expuestos a múltiples factores de riesgo disergonómico, la prevalencia de esto es entre el 72% y el 90% (164); se ha encontrado que en trabajadores de otros rubros, como el cuidado dental, el tener lumbalgia tenía una probabilidad 3 veces mayor de tener dolor de cuello y 2,4 veces mayor de tener dolor en la mano o la muñeca (165), estadísticas similares se han encontrado para otros rubros como manufactura y limpieza, en este último se especifica que se realizan actividades de manipulación y traslado de mercadería (164).

Tanto los dolores de cuello como los dolores de espalda son referidos con más frecuencia por las mujeres trabajadoras que por los hombres, llegando a porcentajes de 16.1% (hombres) vs. 24.2% (mujeres) para el caso de dolor de cuello y 37.3% (hombres) vs. 43.3% (mujeres) en dolor de espalda (153); asimismo, las mujeres

son más propensas a reportar dolores en múltiples zonas a la vez que los hombres (166), ya que uno de los factores de riesgo de la aparición de DME es la baja masa muscular (167).

1.4 CAPÍTULO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y DE CONTROL TOMADAS CONTRA LOS RIESGOS DISERGONÓMICOS

Según la OIT, podemos definir “peligro” como cualquier cosa que pueda ocasionar un daño (168), en Perú, la normativa maneja un concepto un poco más amplio, indicando que un peligro es una “situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente” (169), mientras que el riesgo es la combinación de, por un lado, la probabilidad de que ocurra algo peligroso y, por otro lado, la gravedad del daño que pueda producirse (168). Los riesgos pueden clasificarse, según la naturaleza de su origen, en: Biológicos, químicos, físicos, psicosociales y disergonómicos. Los riesgos disergonómicos laborales suelen surgir a partir de un mal diseño del medio de trabajo, como en las configuraciones de las estaciones de trabajo, herramientas, equipos y tareas, esto puede generar tensión en el cuerpo y producir lesiones. Los riesgos disergonómicos pueden provocar problemas visuales, musculares y psicológicos, como fatiga visual, dolor de cabeza, DME, trastornos por trauma acumulativo, lesiones por esfuerzo repetitivo, tensión psicológica, ansiedad y depresión (170). El empleador es el responsable del análisis de factores de riesgo encontrados en el puesto de trabajo, tanto en el proceso de Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC), como en los monitoreos ocupacionales periódicos, con el fin de concretar acciones de mejora eficaces y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores (171).

La idea de realizar prevención es lograr que los peligros no se transformen en riesgos, es por esto por lo que es necesario planificar estrategias para controlar los

riesgos en la misma fuente. Acorde a la normativa peruana, el control de riesgos es el proceso de tomar decisiones basadas en la información obtenida en la evaluación de riesgos. Esto se realiza con el fin de reducir los riesgos a través de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia (169). La legislación peruana, en el artículo 21 de la Ley 29783, ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, establece que las medidas de control de riesgos deben ser aplicadas siguiendo la siguiente jerarquía: La prioridad debe ser eliminar los peligros y riesgos, tanto en su origen, como en el medio de transmisión y en el trabajador; en caso que el riesgo no pueda ser eliminado, se deben tomar medidas técnicas o administrativas para tratar, controlar o aislar los peligros y riesgos; en el tercer lugar de jerarquía está el minimizar los peligros y riesgos mediante medidas de control administrativas; le sigue la sustitución de procedimientos, técnicas, sustancias, medios, entre otros, con el fin de contar con unos que produzcan menos daño y, finalmente, brindar equipos de protección personal (EPP) adecuados a los trabajadores, asegurando su uso correcto y conservación (171). Es necesario mencionar que estándares internacionales, como la ISO 45001:2018, mencionan que la sustitución debe estar en el segundo escalón de la jerarquía, ya que disminuye el riesgo de forma directa en el origen (172). Los controles, a continuación, serán presentados en el orden indicado por la ISO 45001:2018, en lo posible se tomarán ejemplos de su aplicación en empresas a nivel mundial:

Eliminación de peligros y riesgos:

Está considerado como una barrera dura, las cuales se establecen a partir de la idea de que el ambiente de trabajo y el trabajo en sí mismo están diseñados para reducir

la exposición a peligros y riesgos, procurando que el trabajador no ejecute acciones de cuidado o tenga que estar pendiente de su protección, son efectivos gracias a que se producen cambios permanentes y no dependen del comportamiento del trabajador (19).

Las actividades de almacén son realizadas por trabajadores (sistema manual) o máquinas (sistema automatizado); se estima que, hacia la década pasada, el 80% de las operaciones de almacén se realizan de forma manual (173). El picking (recojo de pedidos o surtido), que es la actividad logística que más gasto operacional compromete, puede ser categorizado en parts-to-picker, donde se cuenta con un almacén con cierto grado de automatización y que incluye sistemas de paletizado automático, y en picker-to-parts, donde la mercadería es colocada en lugares fijos y se debe ir hacia la ubicación para recoger la pieza (174).

- **Automatización**

La principal forma de eliminar peligros y riesgos, en el ámbito logístico, es mediante la automatización, en otras palabras, pasando a centros de distribución que funcionen con un sistema de parts-to-picker. Los almacenes pueden ser automatizados de múltiples formas, incluyendo las actividades de picking, carga y transporte de materiales, etiquetado, entre otras. La automatización de un almacén puede dividirse en dos etapas (175):

- Automatización de procesos: Incluye la digitalización de procesos manuales y el uso de códigos de barras y lectoras láser, principalmente para tareas de ingreso y recolección de datos en

procesos de put away, picking y toma de inventarios. Esto reduce los trabajos administrativos manuales de las operaciones logísticas.

- Automatización física: Aquí se incluye el uso de robots autónomos, brazos mecánicos y vehículos con guiado automatizado. Estas implementaciones eliminan los riesgos disergonómicos, eliminando actividades completas como el put away y el picking de la mercadería. En este punto también se agrega el uso de drones con piloto automático, usados para realizar las tomas de inventario en altura, esto elimina peligros para los trabajadores y aumenta la velocidad del proceso (176).

Para el caso de los vehículos autónomos existen 2 categorías:

- Tipo “Posta”: El operador selecciona los productos y los coloca en el vehículo autónomo y este se dirige hacia el lugar donde se realizará la siguiente tarea.
- Tipo “Follow me”: El vehículo autónomo guía a un operador hacia las ubicaciones donde se encuentran las piezas que deben ser recogidas, este coloca las piezas en el vehículo y cuando esta tarea ha finalizado, el vehículo se dirige hacia el lugar de la siguiente tarea (177).

- **Mecanización**

Mientras que la automatización es eliminar la intervención humana en un proceso, la mecanización consiste en el implementar maquinaria para

realizar un proceso, los ejemplos más claros de mecanización en centros de distribución es la incorporación de conveyors y MHE, entre otros:

- Conveyer: También denominado faja transportadora, es un equipo de manejo de cargas que traslada el producto en una ruta fija, existen para mercadería empaquetada o a granel y para diversos pesos y tamaños (178). Si bien la implementación de esta clase de máquinas elimina el riesgo disergonómico de trasladar la carga de forma manual, hace que aparezcan nuevos riesgos, como: atrapamiento en los mecanismos giratorios, caídas de personas en la faja y desde la faja, caída de materiales transportados y, en el caso de transportar materiales a granel, inhalación de polvos (179).
- MHE: El uso de equipos de manipulación de cargas está muy difundido dentro de las operaciones logísticas y son imprescindibles para mover la mercadería paletizada, tanto de forma horizontal como de forma vertical. Se pueden clasificar en:
 - Máquinas sin elevación: Se emplean únicamente para transportar mercadería de forma horizontal. Dentro de este grupo se encuentran las transpaletas eléctricas y manuales. Es necesario mencionar que el uso de transpaletas manuales y de algunos tipos de transpaletas eléctricas pueden causar molestias musculoesqueléticas en los miembros superiores y la espalda (44), por lo que es recomendable el uso de transpaletas eléctricas de hombre montado, las cuales tienen

una plataforma en la cual el operador también es transportado (180).

- Máquinas con elevación: Son las máquinas más conocidas y populares dentro de la industria logística, su principal función el transporte vertical de mercadería, aunque también se usa para transporte horizontal. Las más usadas son las máquinas contrapesadas, también conocidas como montacargas contrabalanceados y las carretillas frontales retráctiles, usualmente denominadas Apiladores (180). Si bien estas máquinas eliminan el trabajo manual del operador, traen consigo otra clase de riesgos disergonómicos relacionados a las posturas forzadas (155).
- Máquinas para preparar pedidos: Es equipamiento específico para desarrollar tareas de put away o picking de mercadería y puede ir desde coches de empuje manual, para piezas pequeñas y a nivel de suelo, hasta order pickers con elevación de operador, para poder manipular mercadería a grandes alturas (180). En mayor o menor medida se realiza manipulación manual de cargas al usar este tipo de equipos, pero el esfuerzo realizado es menor si se compara al realizar la tarea sin la ayuda mecánica.
- Puentes grúa: Sirven para manipular mercadería de grandes dimensiones, forma irregular y mucho peso. Son poco habituales debido a su volumen y a su dificultad para

conseguir el equilibrio entre espacio utilizado, costo y diseño de implementación (180).

- Manipuladores de carga: Son equipos diseñados para eliminar la manipulación manual de cargas y el trabajo repetitivo en las actividades logísticas. Existen múltiples tipos de manipuladores de carga, aunque los principales son aquellos con pinzas, ganchos, garfios o similares y los que usan la succión. Para el caso de los segundos, esto usan un sistema basado en aspiración de aire el cual puede levantar cargas hasta por encima de los 150kg. Son diseñados acorde al tipo de material a levantar y pueden ser fácilmente transportables (181).
- Máquina envolvedora automática: El stretch film (película plástica usada como embalaje) es ampliamente usado en el mundo de la logística, no sólo para proteger la mercadería, sino también para darle forma a los bultos o torres de cajas y evitar que estos se desmoronen en el transporte. La forma tradicional de usar el stretch film es envolviéndolo manualmente alrededor de la mercadería, asegurando que esta esté lo suficientemente firme y asegurada al pallet. La mayor cantidad de lesiones durante esta actividad se deben a que se realizan movimientos repetitivos y posturas forzadas de sobre extensión muscular. La fuerza necesaria para estirar el stretch film y crear la adecuada tensión para asegurar la carga al pallet es de entre 3.5 kg y 4 kg, si bien esta carga no es considerada alta, la repetición de los movimientos hace que se

produzca fatiga acumulada en los músculos (182). La forma de eliminar este riesgo es usando una máquina envolvente automática, estas máquinas cuentan con sensores que calculan las dimensiones de la carga y pueden ser programadas para que apliquen una cantidad determinada de stretch film, acorde al tipo de mercadería o a los estándares internos que se manejen, a nivel de seguridad, actualmente cuentan con un láser que desactiva la máquina cuando algo interfiere en el proceso, con esto se evita accidentes. Esta máquina también tiene una presentación en robot, la cual automatiza el 100% de la tarea (183).

Sustitución:

La sustitución de fuentes de peligro por alguna otra con un potencial daño menor sólo se debe hacer cuando no se pueda eliminar la fuente de peligro, a nivel ergonómico, es común la sustitución de sillas comunes por sillas ergonómicas. La sustitución siempre deja algún riesgo residual por lo que debe ser acompañada por algún control que la complemente (19). A nivel de operaciones en el sector logístico, existen varias formas de hacer sustitución de fuentes de riesgo disergonómico, podemos mencionar las siguientes:

- **MHE**

Se ha comprobado que los trabajos realizados de pie pueden estar relacionados a DME, sobre todo en operadores de MHE que trabajan en

máquinas de hombre montado, principalmente apiladores, por jornadas completas. Actualmente existen máquinas para realizar las mismas tareas que, sin embargo, cuenta con asiento y/o respaldar para que el operador pueda estar sentado o apoyado, en una comparación entre ambos tipos de máquinas se vio que la prevalencia de DME en operadores que trabajan sentados era menor que entre los operadores que trabajaban de pie, en una jornada completa (155). Para este tipo de sustitución de vehículos es necesario revisar con detenimiento las actividades que realiza el operador, para los casos en que el operador deba recorrer distancias largas y levantar carga pesada, se debe preferir un modelo de MHE con asiento, mientras que, si el operador debe de subir y bajar de la máquina de forma constante o debe realizar trabajo de manipulación manual de cargas, se debe optar por un MHE de hombre a pie (184).

- **Desconsolidación de carga**

La desconsolidación de carga es una actividad en la que se desagrupan cargas individuales en paquetes de menor tamaño, esto permite poder trabajar con cargas más fáciles de transportar, mejor manejo de inventarios, reducción de costos y mayor velocidad de traslado, por lo que se convierte en una actividad importante en el sector logístico. A nivel ergonómico, la desconsolidación de carga permite una mayor maniobrabilidad dentro del almacén, reduciendo el peso de la carga total a manipular, lo que conlleva a un menor esfuerzo físico por parte del trabajador (185).

- **Ajustar el tamaño, forma y peso de la carga**

El tamaño de la carga puede afectar la manipulación y transporte manual de la misma; al tener mayor volumen, la carga se aleja del centro de gravedad del cuerpo del trabajador, por lo que el esfuerzo realizado es mayor sobre la columna y los miembros superiores. Una forma de evitar esto es que para mercadería (unitaria o consolidada) que deba ser transportada de forma manual, se dejen de usar cajas grandes y se utilicen cajas que tengan como máximo 60 cm de largo, 50 cm de ancho y 50 cm de altura (19). De igual forma se debe respetar el límite máximo de peso que los trabajadores pueden manipular, que debe ser de 25 kg para varones y 15 kg para mujeres, esto debe ir acompañado de una revisión del personal que realiza la actividad de packing (empaquetado de productos), ya que se debe tratar de proteger a la mayor cantidad de población trabajadora (30).

- **Cambiar el uso de cajas comunes por contenedores o keepers**

Para la realización del picking de piezas pequeñas, es normal que los trabajadores usen las cajas donde se enviarán los productos, estas cajas no ofrecen modos de sujeción seguros ni cómodos, por lo que una opción es sustituirlas por el uso de keepers o jabs plásticas con asas, la presencia de asas o agarraderas facilita el levantamiento y traslado de la carga (19), estos keepers son retornables, por lo que, además de ser un método de trabajo más seguro para el trabajador, hace que se generen menos residuos, ayudando al medioambiente.

Controles de ingeniería

Los controles de ingeniería abarcan una gran cantidad de actividades y acciones que se realizan para aislar o disminuir los peligros y riesgos de los trabajadores, pueden ir desde los mantenimientos programados de las maquinarias, hasta el aislamiento de la fuente o del trabajador (186).

- **Cámaras y pantallas en MHE**

En un estudio se evidenció que un riesgo para los operadores de MHE, específicamente de Apilador, es la continua postura forzada que realiza el cuello al momento de subir y bajar mercadería de las zonas altas de almacenamiento, como los racks (53), esto puede traer complicaciones como dolor y cervicalgia en los trabajadores (52). Un control útil para evitar este movimiento de cuello es el uso de un sistema de cámaras y pantallas de visualización dentro de los equipos MHE. La cámara de video va colocada a la altura de una de las uñas de la horquilla del MHE, en una zona donde no pueda verse afectada por la carga que transporta el equipo y se une mediante cables (alguna pueden ser inalámbricas y funcionan mediante dispositivo Bluetooth) a una pantalla que va dentro de la cabina del MHE, esto evita que los operadores deban hacer posturas forzadas para poder ver la carga en altura y, a la vez, aumenta la seguridad de la operación al aumentar la visibilidad del operador lo que disminuye la probabilidad de caída de la carga desde niveles altos (187).

- **Dispositivo manual para envolver pallets**

Como ya se ha mencionado, envolver pallets con stretch film es una actividad que puede conllevar a DME, por lo que existen múltiples dispositivos que pueden disminuir el riesgo producido por la actividad. Existen dispositivos muy sencillos, los cuales consisten en colocarle asas o agarraderas a los tubos de stretch film con el fin de tener mayor agarre y provocar menos desgaste en los músculos de los miembros superiores, hasta dispositivos más avanzados que cuentan con estructuras metálicas que le dan mayor comodidad y maniobrabilidad al trabajador, a la vez que reducen las posturas forzadas. Este tipo de opciones son útiles para empresas que no puedan costear una máquina envolvedora automática (182).

Control administrativo

Los controles administrativos son considerados como una barrera blanda, ya que, a diferencia de los tres primeros (considerados como barreras duras) que atacaban la misma fuente del riesgo y buscaban eliminarla o reducirla, tratando de que el trabajador no deba realizar acciones extra para cuidarse, las barreras blandas son controles que se basan, principalmente, en intervenciones procedimentales y de organización. A nivel logístico también se cuentan con este tipo de controles que, como se ha mencionado, solo atacan el riesgo residual dejado por alguna barrera dura implementada previamente.

- **Pausas activas**

Las pausas activas son un grupo de ejercicios físicos que realizan los trabajadores y tienen función preventiva y terapéutica, no provocan desgaste físico ya que son de corta duración, y tienen como foco la realización de estiramientos y la compensación de las zonas afectadas por las actividades operativas desarrolladas. Se realiza por un periodo corto, de entre 8 y 10 minutos como máximo, y en el mismo sitio de trabajo. Las pausas activas deben realizarse cuando el trabajador sienta pesadez corporal, cansancio, fatiga, estrés, ansiedad, angustia o cuando estén establecidos dentro de la jornada, de preferencia a media mañana y a media tarde (188).

Las pausas activas son un medio eficaz para mejorar el estado físico de los trabajadores, aumentando su desempeño y se ha visto que hay un desempeño diferenciado pre y postintervención (189).

Una clasificación para los tipos de pausas activas sería la siguiente (190):

- Pausas de introducción: Se realizan al inicio de la jornada laboral, a manera de calentamiento, para preparar los músculos para las exigencias de las tareas. Actúan de forma preventiva.
- Pausas Compensatorias: Actividades de estiramiento que sirven para romper la monotonía del trabajo. Compensan la sobrecarga muscular que se haya podido generar por posturas forzadas, trabajos repetitivos o posturas viciadas, relajando los músculos. Deben darse en intervalos del trabajo, con una duración aproximada de 10 min.

- Pausas de Relajamiento: Se realizan al final de la jornada de trabajo con la finalidad de relajar física y mentalmente a los trabajadores, aliviando el cansancio y la tensión muscular, tiene una duración aproximada de 10 min.

- **Rotación de actividades**

La normativa nacional, en la R.M. N.º 375-2008-TR, Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico, se establece que las actividades relacionadas a posturas forzadas y movimientos repetitivos, entre otras, sólo serán consideradas como un factor de riesgo disergonómico si se realizan por más de 2 horas durante la jornada laboral (30). Es por esto por lo que una de las medidas tomadas, para evitar el daño a los trabajadores es la rotación de actividades, que es estrategia a nivel organizacional que se traduce en la alternancia de tareas en las actividades de los trabajadores, lo ideal es que sean tareas que difieran en las demandas físicas y psicológicas (191). En un estudio realizado en Corea del Sur, se observó que existe una asociación entre la rotación de actividades y la baja prevalencia de lumbalgia relacionada al trabajo en trabajadores operativos, entre los posibles motivos de esta asociación, se indican:

- La rotación de actividades ayuda a prevenir posturas fijas por largas horas de trabajo y reduce la concentración de carga en partes específicas de los músculos lo que puede eliminar diversos factores de riesgo como postura forzada, trabajo pesado, trabajo repetitivo y exposición a la vibración.

- La rotación de actividades puede prevenir los síntomas musculoesqueléticos a través de la recuperación de la fatiga muscular acumulada provocada por el trabajo sostenido. Al usar diferentes grupos musculares en diferentes tareas, se forma un tiempo de recuperación para la fatiga muscular y la tensión causada por los diferentes factores de riesgo.
- Junto con la diversificación de las necesidades físicas y psicológicas de los trabajadores, el cambio de tareas mediante la rotación de actividades tendría un efecto protector tanto sobre los factores de riesgo disergonómicos como psicosociales de las DME (192).

Uso de Equipo de Protección Personal (EPP)

Son medidas basadas en el uso de dispositivos, accesorios o vestimentas por parte de los trabajadores, con el fin de protegerlos contra el daño a la salud o a su integridad física derivados de la exposición a los peligros en el trabajo. Son la última opción en la escala de controles y sólo deben ser usados como complemento de una barrera dura o si no hay una opción más efectiva de control (19). Para el caso del sector logístico, podemos encontrar los siguientes:

- **Soporte lumbar**

Es necesario mencionar que, como tal, el soporte lumbar no es considerado un EPP y no se recomienda su uso, sin embargo, el mismo está muy difundido entre trabajadores que realizan manipulación manual de cargas a

nivel nacional, es por este motivo que se menciona en el presente trabajo. Técnicamente, soporte lumbar es cualquier dispositivo que pueda dar soporte adicional a la zona lumbar, uno de los más conocidos es la faja lumbar, un dispositivo con forma de faja o cinturón ancho, que se lleva ajustado sobre la cintura y zona lumbar. Los efectos biomecánicos de la faja lumbar son la limitación de los movimientos de flexoextensión y flexión lateral, la estabilización de parte de la columna vertebral y la disminución de la carga sobre el tronco (193). El uso de faja lumbar puede producir tensión excesiva en el sistema cardiovascular, límites en la movilidad del tronco, reducción de la elasticidad muscular, disminución en la fuerza de los abdominales, falsa generación de confianza lo que aumenta el riesgo al levantar cargas pesadas (194). También se ha encontrado que puede generar inestabilidad en la columna (195). Diversos estudios concluyen que el uso frecuente de faja lumbar no se encuentra asociado a una menor incidencia de reclamos por lesiones de espalda o lumbalgia (196), asimismo, se ha encontrado que su uso no mejora la funcionalidad lumbar ni la discapacidad de trabajadores con episodios previos de lumbalgia (193). Por estos motivos, en países como Argentina, la faja lumbar no es considerada, formalmente, como un EPP ni están recomendadas para realizar trabajos (197).

- **Exoesqueleto**

Un exoesqueleto es un dispositivo que consiste en una estructura mecánica que se coloca sobre el cuerpo humano para dar soporte al sistema musculoesquelético durante ciertos movimientos y posturas, reduciendo la carga en trabajos demandantes físicamente, también son conocidos con el

término de “wearable robots” ya que se usan a modo de prenda de vestir y están diseñados, usualmente, para hacer una tarea en específico (198). Los exoesqueletos se pueden dividir según la parte del cuerpo que sostienen (usualmente la zona lumbar, el hombro o la pierna) o por la forma en que funcionan, pudiendo ser pasivos o activos. Mientras que los sistemas pasivos funcionan con estructuras mecánicas tipo resortes que almacenan energía durante ciertas secuencias de movimiento y la liberan en otro momento, los exoesqueletos activos utilizan actuadores, como los electromotores (199). Asimismo, los exoesqueletos pasivos son menos complejos, más económicos y ligeros, por otro lado, los exoesqueletos activos tienen un gran potencial gracias a su versatilidad, por lo que pueden ser aplicados en una gran cantidad de actividades (200). Se ha comprobado que el uso de exoesqueletos puede reducir la fuerza de compresión en las vértebras L5-S1, sugiriendo que su uso puede reducir el riesgo de lumbalgia durante el levantamiento de cargas (201), asimismo, se ha visto en un modelo de exoesqueleto, que su uso durante las actividades de demanda física (incluyendo levantamiento de cargas) hace que haya una reducción de la cantidad de latidos por minuto, del VO₂ y de la percepción de esfuerzo cuando se compara con la realización de la misma actividad sin el exoesqueleto (202). Estos dispositivos tienen un gran potencial para minimizar las causas subyacentes que conllevan a DME relacionadas al trabajo (200).

Diseño de almacén

Los centros de distribución son vistos como oportunidades para optimizar las operaciones y el flujo de información, para reducir niveles de inventario y para permitir una distribución más ágil. El éxito del desempeño de un almacén depende de tener estrategia, layout, operaciones y sistemas de manipulación de cargas apropiados (203). La decisión sobre el tipo de almacén es crucial para la rentabilidad de una empresa, comprender los principios de diseño y gestión de almacenes puede desempeñar un papel fundamental para mejorar la eficiencia de las operaciones, reducir la fatiga y la rotación de los empleados y mejorar los niveles de servicio al cliente. Los nuevos sistemas de automatización de almacenes pueden ayudar a aumentar la flexibilidad operativa y satisfacer las crecientes expectativas de los clientes (204). Se han dado muchas propuestas para maximizar la eficiencia del picking, generalmente enfocadas en maximizar la eficiencias y minimizar las distancias de recorrido, sin embargo así como las distancias de caminata disminuyen, la importancia de otras actividades aumenta, por ejemplo, se asume que todos los picking requieren el mismo tiempo, pero esto puede variar acorde a la altura donde se encuentra la pieza a recoger, la cantidad de piezas que conforman el pedido o el volumen del producto (47). Muchos estudios sobre diseños de almacén sólo toman en consideración temas de productividad y tiempos de realización de tareas, sin embargo, no se toman en consideración los factores humanos, ni como los criterios ergonómicos pueden aumentar o disminuir la productividad en las tareas cotidianas de un centro de distribución. Entre los factores que deben ser tomados en consideración al momento de diseñar un almacén, lo referente a estanterías para picking manual, es esencial:

- **Consideraciones sobre las medidas de las estanterías de picking manual**

El layout de la zona de estanterías es uno de los factores más importantes que pueden afectar la eficiencia en un centro de distribución (205). Un layout inadecuado podría ser fuente de malestar asociado con DME, especialmente cuando los accesos son restringidos y se imponen posturas forzadas. Las estanterías son equipamientos que permite el posicionamiento de la mercadería con el fin de ganar altura de almacenamiento y que la mercadería no descansa unos sobre otros. Pueden ser de muchos tipos, dependiendo del tipo de mercadería a almacenar y de la forma de picking que se va a realizar, pero, para este caso nos vamos a focalizar en las estanterías de tipo ligero, en estas zonas se realizan operaciones de picking a bajo nivel, con altura menor a 2 metros, se almacena mercadería de bajo volumen y de bajo peso, el ingreso de mercadería es por pallet, caja o pieza y el picking es por pieza o por caja (206). En estudios realizados se ha visto que la altura a la que debería estar la mercadería, posicionada en las estanterías, está entre los 60 cm y los 120 cm desde el nivel del suelo; a esta altura se realiza el menor esfuerzo para realizar la tarea, en este mismo estudio los investigadores hallaron que, para el reabastecimiento, lo óptimo es que la mercadería de peso medio (mayores a 8 kg) se coloquen a una altura de entre 60 cm y 122 cm desde el nivel del suelo, a alturas mayores de 122 cm la mercadería no debería pasar de 3kg de peso y a alturas menores de 60cm se debería colocar mercadería más pesada (45). En un estudio se encontró que la exposición a manipulación manual de cargas a niveles altos

de estanterías (por encima de los hombros) y a niveles bajos (por debajo de la rodilla) expone a los trabajadores a DME (46).

Otro punto importante para tomar en consideración es la profundidad de las estanterías, por concepto se deben evitar las estanterías muy profundas en las que el trabajador deba agacharse o estirarse de cuerpo completo para poder tomar la mercadería (207). Se define como “espacio de alcance” a aquel en el que un objeto puede ser alcanzado fácilmente, sin realizar movimientos inadecuados, la distribución de los objetos sobre las estanterías debe cumplir con estar dentro del espacio de alcance, para esto debemos obtener cual es el alcance máximo del trabajador, para lo cual se manejan los siguientes conceptos (Fig. 1, Fig. 2):

- **Área máxima de trabajo:** Incluye toda la superficie al alcance del brazo completamente extendido, girando alrededor del hombro desde -90° a $+90^\circ$.
- **Área normal de Farley:** Es el área que se encuentra dentro del movimiento de barrido del antebrazo alrededor del eje definido por el brazo en posición vertical y relajada, tiene como punto de pivote al codo.
- **Área de Squires:** Sugirió que cuando el brazo se aproximaba al extremo del área normal de Farley, podrían aparecer calambres. Indicó que, si bien el brazo seguía de forma vertical y relajado, el codo no permanecía de forma fija, sino que describía un arco de circunferencia y limitó la rotación externa del brazo a 65° (208).

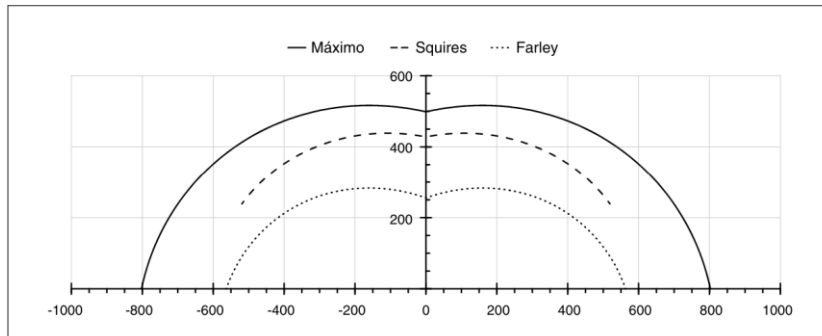


Fig. 1: Curvas de alcance máximo, de Squires y de Farley en el plano horizontal para el percentil 5 de la población masculina (208).

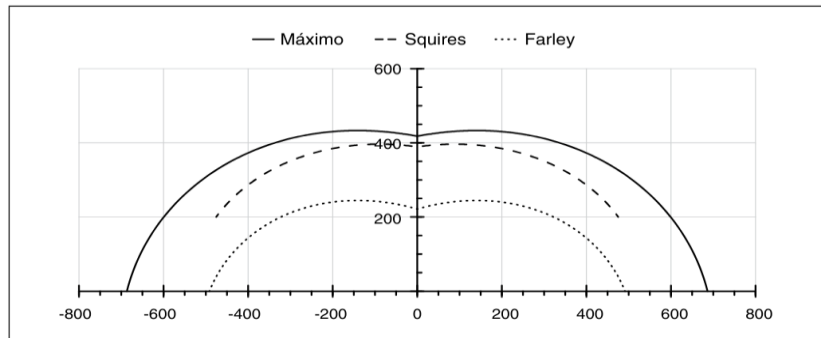


Fig. 2: Curvas de alcance máximo, de Squires y de Farley en el plano horizontal para el percentil 5 de la población femenina (208).

II. CONCLUSIONES

Uno de los principales factores de riesgo, dentro del sector logístico, es el de manipulación manual de cargas. Se ha visto que puede llegar a afectar severamente a los trabajadores, teniendo como principal daño la lumbalgia que, si bien no es una enfermedad mortal, sí es una enfermedad incapacitante que afecta a gran parte de la población, lo cual la convierte en una enfermedad de salud pública.

Los DME son la principal causa de incapacidad a nivel mundial, teniendo a la lumbalgia como la de mayor prevalencia. Tal como hemos revisado, son múltiples las causas que pueden provocar lumbalgia en los trabajadores del sector logístico, por lo que es necesario que las acciones que se tomen sean de carácter multidisciplinario y puedan ser implementadas a través de todos los niveles de la empresa. Asimismo, es necesario recordar que los trabajadores pueden ser afectados por más de un DME a la vez, debido a que están expuestos a múltiples riesgos diferentes.

Es necesario que se creen políticas públicas para poder combatir a los DME, obligando a los empleadores a seguir parámetros específicos sobre los controles mínimos a tomar para eliminar los riesgos disergonómicos en el trabajo. Aplicar medidas de control al momento de diseñar puestos y lugares de trabajo es mucho más efectivo y eficiente que adoptar medidas de control en lugares ya establecidos.

III. RECOMENDACIONES

La minimización de los factores de riesgo disergonómicos es esencial para prevenir lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores del sector logístico. Esto implica la implementación de medidas preventivas específicas, como el uso de equipos de ayuda mecánica y la capacitación adecuada para los trabajadores en técnicas seguras de manipulación de cargas. Los controles a implementar se deben dar acorde al tipo de actividad que realizan, diferenciando incluso entre los diferentes tipos de MMC que puedan presentarse en las operaciones, haciendo un análisis de riesgo a profundidad con el fin de evitar las actividades riesgosas.

La recopilación y análisis de datos estadísticos sobre enfermedades musculoesqueléticas en el sector logístico son fundamentales para comprender la magnitud del problema y desarrollar estrategias efectivas de prevención. Es crucial identificar y priorizar las enfermedades más comunes, como la lumbalgia y la cervicalgia, para implementar programas de entrenamiento ergonómico y promover prácticas laborales seguras. Asimismo, es necesario que los trabajadores con enfermedades musculoesqueléticas pasen evaluaciones médicas para poder identificar el origen de la enfermedad que padecen y puedan tratarse de forma correcta.

La eliminación y sustitución de peligros y riesgos disergonómicos en el entorno laboral deben ser prioritarias, seguidas de controles de ingeniería, administrativos y uso de equipos de protección personal (EPP) para reducir al mínimo la exposición de los trabajadores a condiciones riesgosas. El uso de maquinaria que disminuya

las tareas de MMC y otras actividades donde los trabajadores realicen posturas forzadas debe ser primordial. Actualmente la tecnología nos permite reducir el trabajo manual dentro de los almacenes y centros de distribución; además, el diseño ergonómico de almacenes y espacios de trabajo juega un papel fundamental en la promoción de la salud y el bienestar de los trabajadores, así como en la optimización de la eficiencia operativa y la reducción del riesgo de lesiones; es necesario considerar medidas antropométricas promedio para la población peruana al momento de dimensionar los espacios de trabajo y la profundidad de las estanterías de picking manual.

Estas consideraciones no sólo reducirán el riesgo en el trabajo logístico, sino que aumentarán la productividad operativa y el espacio aprovechable dentro de los centros de distribución.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Indian Institute of Material Management. Logistics and Warehousing Management. [Internet]. Navi Mumbai: Indian Institute of Material Management; 2020 [Consultado el 02 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://iimm.org/wp-content/uploads/2019/12/Logistics-and-Warehousing-Management.pdf>.
2. Monterroso E. El proceso logístico y la gestión de la cadena de abastecimiento. [Internet] Buenos Aires: Universidad Nacional de Lujan; 2000. [Consultado el 30 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ope20156.unlu.edu.ar/pdf/logistica.pdf>
3. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Compendio Estadístico Perú 2021 [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2021 [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3000248-compendio-estadistico-peru-2021>.
4. Occupational Safety and Health Administration. Warehousing. [Internet]. Washington, DC: Occupational Safety and Health Administration; 2023 [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: <https://www.osha.gov/warehousing/hazards-solutions>.
5. European Agency for Safety and Health at Work – EU-OSHA. Work-related musculoskeletal disorders: why are they still so prevalent? Evidence from a literature review. Luxemburgo: Publication Office of the European Union; 2020.
6. Gomes MM, Dos Santos Silva SR, Padula RS. Prevalence and factors associated with low back pain in warehouse workers: A cross-sectional study. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2023;36(4):823-829.
7. Punnett L, Prüss-Utün A, Nelson DI, Fingerhut MA, Leigh J, Tak S, Phillips S. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *Am J Ind Med.* 2005 Dec;48(6):459-69.
8. Pereira L, Dias da Silva D, Dominguez D. Impacto del lumbago en la calidad de vida de los trabajadores: una búsqueda sistemática. *Salud trab (Maracay).* 2016 Jan;24(1):59-62.
9. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, et al. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014 Jun;73(6):968-74.
10. Jhonston EJ, OspinaSalinas E, Mendoza-Carrión A, Roncal-Ramirez RA, Bravo-Carrión V, Araujo-Castillo R. Enfermedades registradas por contingencia laboral en descansos médicos emitidos en la seguridad social de salud peruana 2015-2016. *Acta Med Peru.* 2018; 35(2):116-20.
11. Murrel H. Ergonomics: Man in his working environment [Internet]. Londres: Chapman and Hall Ltd; 1965 [Citado 29 de junio de 2023]. 514 p. Disponible de:

- <https://archive.org/details/ergonomicsmaninh0000murr/page/n535/mode/2up>
12. International Ergonomics Association. IEA Definitions of Ergonomics. En W. Karwowski (ed.), International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors (vol I). Londres: Taylor & Francis; 2001. 1960 p.
 13. Iowa State University. Environmental Health and Safety. [Internet]. Ames: Iowa State University [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: <https://www.ehs.iastate.edu/services/occupational/ergonomics/risk-factors>.
 14. Delp L, Cole B, Lozano G, Riley K. Worker Injuries in Southern California's Warehousing Industry: How to Better Protect Workers in This Burgeoning Industry? *New Solut.* 2021 Aug;31(2):178-192
 15. Jakobsen MD, Sundstrup E, Brandt M, Persson R, Andersen LL. Estimation of physical workload of the low-back based on exposure variation analysis during a full working day among male blue-collar workers. *Cross-sectional workplace study. Appl Ergon.* 2018 Jul;70:127-133.
 16. Hogan DA, Greiner BA, O'Sullivan L. The effect of manual handling training on achieving training transfer, employee's behaviour change and subsequent reduction of work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. *Ergonomics.* 2014;57(1):93-107.
 17. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores, Real Decreto 487/1997 (14 de abril, 1997).
 18. Organización Internacional del Trabajo. Manipulación manual. [Internet]. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/manual-handling/lang--es/index.htm>.
 19. Rueda MJ, Zambrano M. Manual de ergonomía y seguridad. 2da. ed. Bogotá: Alfaomega Colombiana SA; 2018.
 20. Centro de Prevención de Riesgos del Trabajo. Manipulación Manual de Cargas. [Internet]. Lima: Seguro Social de Salud del Perú; 2015. [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: http://www.essalud.gob.pe/downloads/ceprit/FEBRERO_2015.htm.
 21. International Organization for Standardization. (2021) Ergonomics — Manual Handling — Part 1: Lifting, lowering and carrying (ISO Standard No. 11228-1:2021). Disponible en: <https://www.iso.org/standard/76820.html>.
 22. Diego-Mas J. Evaluación de la manipulación manual de cargas mediante GINSHT. [Internet]. Valencia: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [Consultado el 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ginsht/ginsht-ayuda.php>.
 23. Alvarez-Casado E. Análisis De La Exposición Al Riesgo Por Levantamiento Manual De Cargas En Condiciones De Alta Variabilidad [Tesis en internet].

- Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 2012 [Consultado el 29 de febrero de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/117066>
24. Sauter M, Barthelme J, Müller C, Liebers F. Manual handling of heavy loads and low back pain among different occupational groups: results of the 2018 BIBB/BAuA employment survey. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021 Nov 15;22(1):956.
 25. U.S. Bureau Of Labor Statistics. Injuries, Illnesses, and Fatalities. [Internet]. Washington DC: U.S. Department of Labor; 2023. [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: www.bls.gov/iif/oshcdnew.htm.
 26. Davis PR. The causation of herniae by weight-lifting. *Lancet*. 1959 Aug;2(7095):155-7.
 27. Whitney R. The Strength of The Lifting Action In Man. *Ergonomics*. 1958 1(2):101-28.
 28. Organización Internacional del Trabajo. Recomendación R128 - Recomendación sobre el peso máximo, (núm. 128). [Internet]. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P1_2100_ILO_CODE:R128
 29. Davies B. Moving loads manually. *Appl Ergon*. 1972 Dec;3(4):190-4.
 30. Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico, R.M. N° 375-2008-TR (30 de noviembre, 2008)
 31. Abraham T, Binoosh SA, Remesh Babu KR. Virtual modelling and analysis of manual material handling activities among warehouse workers in the construction industry. *Work*. 2022;73(3):977-990.
 32. Ibarra Villanueva C, Astudillo-Cornejo P. Factores de riesgo biomecánico lumbar por manejo manual de cargas en el reparto de productos cárnicos [Lumbar biomechanical risk factors due to manual handling of loads in the distribution of meat products]. *Arch Prev Riesgos Labor*. 2021 Oct 15;24(4):342-354.
 33. Chinichian M, Mehrdad R, Pouryaghoub G. Manual material handling in the Tehran Grand Bazaar, a type of traditional heavy work with musculoskeletal effects. *Arch Environ Occup Health*. 2021;76(1):31-36.
 34. Muslim K, Nussbaum MA. Musculoskeletal symptoms associated with posterior load carriage: An assessment of manual material handling workers in Indonesia. *Work*. 2015 Jun 5;51(2):205-13.
 35. Gallagher S, Heberger JR. The effects of operator position, pallet orientation, and palletizing condition on low back loads in manual bag palletizing operations. *Int J Ind Ergon*. 2015 May;47:84-92.
 36. Dehghan P, Arjmand N. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Recommended Weight Generates Different Spine Loads in Load-Handling Activity Performed Using Stoop, Semi-squat and Full-Squat Techniques; a Full-Body Musculoskeletal Model Study. *Hum Factors*. 2024 May;66(5):1387-1398.

37. Vallée Marcotte J, Robert-Lachaine X, Muller A, Denis D, Mecheri H, Plamondon A, Corbeil P. The influence of transfer distance and pace of work on foot positioning strategies and low back loading in a manual material handling task. *Appl Ergon.* 2024 Jan;114:104129.
38. Sarkar K, Dev S, Das T, Chakrabarty S, Gangopadhyay S. Examination of postures and frequency of musculoskeletal disorders among manual workers in Calcutta, India. *Int J Occup Environ Health.* 2016 Apr;22(2):151-8.
39. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Manipulación Manual de Cargas. Tablas de Snook y Ciriello. Norma ISO 1228. [Internet]. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [Consultado el 01 de noviembre de 2023] Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/509319/SyC_ISO+11228.pdf/a1838f7f-6592-4d68-b91f-fd9495895ea2.
40. Snook SH, Ciriello VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics.* 1991 Sep;34(9):1197-213.
41. International Organization for Standardization. (2022) Ergonomics — Manual Handling — Part 2: Pushing and pulling (ISO Standard No. 11228-2:2007/Amd 1:2022). Disponible en: <https://www.iso.org/standard/26521.html>
42. Health and Safety Executive [HSE]. Risk assessment of pushing and pulling (RAPP) tool. [Internet]. Londres: Health and Safety Executive; 2016 [Consultado el 29 de febrero de 2024] Disponible en: <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg478.pdf>
43. Harris Adamson C, Lin J. Effect of Handle Design on Pallet Jack Operations. *Ergon Des.* 2013 Apr;21(2):15-21
44. Harris-Adamson C, Mielke A, Xu X, Lin J. Ergonomic evaluation of standard and alternative pallet jack handles. *Int J Ind Ergon.* 2016 Jul;54:113-119.
45. Lavender SA, Sun C, Xu Y, Sommerich CM. Ergonomic considerations when slotting piece-pick operations in distribution centers. *Appl Ergon.* 2021 Nov;97:103554.
46. Zhao YS, Jaafar MH, Mohamed ASA, Azraai NZ, Amil N. 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.* 2022 May 14:5767.
47. Larco J, De Koster R, Roodbergen K, Dul J. Managing warehouse efficiency and worker discomfort through enhanced storage assignment decisions. *Int J Prod Res.* 2017; 55(21):6407-22.
48. Grosse EH, Glock CH, Jaber MY, Neumann WP. Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities. *Int J Prod Res.* 2015; 53(3):695-717.
49. Gajšek B, Đukić G, Butlewski M, Opetuk T, Cajner H, Kač SM. The impact of the applied technology on health and productivity in manual "picker-to-part" systems. *Work.* 2020;65(3):525-536.

50. Waters T, Genaidy A, Deddens J, Barriera-Viruet H. Lower back disorders among forklift operators: an emerging occupational health problem? *Am J Ind Med.* 2005 Apr;47(4):333-40.
51. Flodin U, Rolander B, Löfgren H, Krapf B, Nyqvist F, Wåhlin C. Risk factors for neck pain among forklift truck operators: a retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018 Feb 9;19(1):44.
52. Rabal-Pelay J, Cimarras-Otal C, Marcen-Cinca N, Alcázar-Crevillén A, Laguna-Miranda C, Bataller-Cervero AV. Assessment of Spinal Range of Motion and Musculoskeletal Discomfort in Forklift Drivers. A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Mar 13;18(6):2947.
53. Rolander B, Forsman M, Ghafouri B, Abtahi F, Wåhlin C. Measurements and observations of movements at work for warehouse forklift truck operators. *Int J Occup Saf Ergon.* 2022 Sep;28(3):1840-1848.
54. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Aspectos ergonómicos de las vibraciones. [Internet] Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2014. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Aspectos+ergonomicos+de+las+vibraciones.pdf/97befb6a-7ca4-4fee-bf01-58104c1aed1b>
55. Yam KL. *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology.* [Internet]. 3ra. Ed. Nueva Jersey: John Wiley & Son, Inc; 2009 [Consultado el 29 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DE%20LIBROS%20ELECTRONICOS/LE-1595/LE-1595.pdf>
56. Huang Y, Horvath L, Böröcz P. Measurement and Analysis of Industrial Forklifts Vibration Levels for Unit Load Testing Purposes. *Appl Sci.* 2021 11(7):2901.
57. International Organization for Standardization. (1997) Evaluation of human exposure to whole-body vibration – whole-body vibration – Part 1: General Requirements (ISO Standard No. 2631-1:1997). Disponible en: <https://www.iso.org/standard/7612.html>
58. Canadian Center for Occupational Health and Safety. Vibration - Measurement, Control and Standards. [Internet]. Hamilton: Canadian Centre for Occupational Health and Safety; 2016. Disponible en: https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/vibration/vibration_measure.pdf.
59. Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015 May;88(4):403-18.
60. Gopanna K, Sankaranarayanan K, Ganguli A, Muthukumar K. Study of Whole Body Vibration Exposure on Forklift Operators. *ISME Journal of Mechanics and Design.* 2018 3(2):11-18.
61. Lu ML, Werren DM, Ramsey JG, Brueck SE. Evaluation of forklift operators' risk of musculoskeletal disorders. [Internet]. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health; 2018 [Consultado el 29 de

- febrero de 2023] Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2012-0182-0208-3300.pdf>
62. Kee D. Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA Based on a Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jan 5;19(1):595.
 63. Diego-Mas J. Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh. Valencia: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [Consultado el 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>.
 64. Lu ML, Putz-Anderson V, Garg A, Davis KG. Evaluation of the Impact of the Revised National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equation. *Hum Factors*. 2016 Aug;58(5):667-82.
 65. Torres Y, Viña S. Evaluation and redesign of manual material handling in a vaccine production centre's warehouse. *Work*. 2012;41 Suppl 1:2487-91.
 66. Ahmad S, Muzammil M. Revised NIOSH lifting equation: a critical evaluation. *Int J Occup Saf Ergon*. 2023 Mar;29(1):358-365.
 67. Barim MS, Sesek RF, Capanoglu MF, Drinkaus P, Schall MC Jr, Gallagher S, Davis GA. Improving the risk assessment capability of the revised NIOSH lifting equation by incorporating personal characteristics. *Appl Ergon*. 2019 Jan;74:67-73.
 68. Ahmad S, Muzammil M. Predicting the load constant of the revised NIOSH lifting equation based on demographics. *Int J Occup Saf Ergon*. 2023 Sep;29(3):1016-1024.
 69. Diego-Mas J. Evaluación Postural Mediante el Método OWAS. Valencia: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [Consultado el 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>.
 70. Karhu O, Kansu P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Appl Ergon*. 1977 Dec;8(4):199-201.
 71. Cattaneo C, Derudi M, Nano G, Rota R, Copelli S, Torretta V, Raboni M. Manual handling operations in an air shipping company: A comparison between risk evaluation methods. In 22nd Annual Conference on European Safety and Reliability (ESREL); 2013 Sep 18-22; Amsterdam, Países Bajos. ESREL; 2013. p. 1817-25.
 72. Gómez-Galán M, Pérez-Alonso J, Callejón-Ferre ÁJ, López-Martínez J. Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Ind Health*. 2017 Aug 8;55(4):314-337.
 73. McAtamney L, Nigel Corlett E. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon*. 1993 Apr;24(2):91-9.
 74. Diego-Mas J. Evaluación Postural Mediante el Método RULA. [Internet]. Valencia: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [Consultado el 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>.
 75. Gómez-Galán M, Callejón-Ferre ÁJ, Pérez-Alonso J, Díaz-Pérez M, Carrillo-Castrillo JA. Musculoskeletal Risks: RULA Bibliometric Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 17;17(12):4354.

76. Basahel AM. Investigation of work-related musculoskeletal disorders (MSDs) in warehouse workers in Saudi Arabia. In Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE), 2015 Jul 26-30; Las Vegas, NV, USA. AHFE; 2015. p. 4643–9
77. Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). Appl Ergon. 2000 Apr;31(2):201-5.
78. Diego-Mas J. Evaluación Postural Mediante el Método REBA. [Internet]. Valencia: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [Consultado el 24 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>.
79. Hita-Gutiérrez M, Gómez-Galán M, Díaz-Pérez M, Callejón-Ferre ÁJ. An Overview of REBA Method Applications in the World. Int J Environ Res Public Health. 2020 Apr 12;17(8):2635.
80. Estrada C. Electromiografía de superficie como método para el estudio de la transición aeróbica anaeróbica. Ergon Investig Desarro. 2019 Dic 1(1):63-80.
81. Juan-García J. Utilidad de la electromiografía de superficie en rehabilitación. RHBMED. 2017.
82. Charles LE, Ma CC, Burchfiel CM, Dong RG. Vibration and Ergonomic Exposures Associated With Musculoskeletal Disorders of the Shoulder and Neck. Saf Health Work. 2018 Jun;9(2):125-132.
83. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos. 2007-2021. [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2022 [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1846/libro.pdf.
84. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Producto Bruto Interno Trimestral. [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2022 [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-pbi-ii-trim-2022.pdf>.
85. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento, 2007-2021. [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2022 [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1870/libro.pdf.
86. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales - Diciembre 2022. [Internet]. Lima: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo; 2023 [Consultado el 18 de marzo de 2024]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4327880/SAT_DICIEMBRE_2022.pdf?v=1679929130.
87. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales - Setiembre

2023. [Internet]. Lima: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo; 2023 [Consultado el 18 de marzo de 2024]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5379459/4815336-sat_setiembre_2023.pdf?v=1699332164.
88. Ladou J, Harrison R. *Current Occupational and Environmental Medicine*. 5th ed. Nueva York: McGraw-Hill Education; 2014.
 89. Norma Técnica de Salud que Establece el Listado de Enfermedades Profesionales, NTS N° 068-MINSA/DGSP – V.1 (14 de julio, 2008)
 90. Zambrano L, Lammardo A, Miller-Karger C. Modelo numérico del anillo fibroso: Revisión del estado del arte. *Rev Fac Ing UCV*. 2013 Dic; 28(4): 117-130
 91. White A, Panjabi M. *Clinical Biomechanics of the Spine*. Ilustrada ed. Philadelphia: J.B.Lippincott Company; 1978.
 92. Macedo LG, Noguchi KS, de Oliveira LA, Bakaa N, Di Pelino S, Battié MC. The association between whole body vibration exposure and spine degeneration on imaging: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2022;35(4):691-700.
 93. Battié MC, Videman T, Gibbons LE, Manninen H, Gill K, Pope M, Kaprio J. Occupational driving and lumbar disc degeneration: a case-control study. *Lancet*. 2002 Nov 2;360(9343):1369-74.
 94. Sarabia R, Otero A, Carrasco B. Capítulo 10: Traumatismo de la columna cervical inferior. En: *Traumatismo raquímedular*. Madrid: Fundación MAPFRE; 2009. p. 187-214
 95. Posthuma de Boer J, van Wulfften Palthe AF, Stadhouders A, Bloemers FW. The Clay Shoveler's Fracture: A Case Report and Review of the Literature. *J Emerg Med*. 2016 Sep;51(3):292-7.
 96. Watson DJ, Dolbeer JA. C6 Spinous Process Fracture in a Young Adult. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017 Sep;47(9):692.
 97. Murphy RF, Hedequist D. Excision of symptomatic spinous process nonunion in adolescent athletes. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2015 Nov;44(11):515-7.
 98. Kaloostian PE, Kim JE, Calabresi PA, Bydon A, Witham T. Clay-shoveler's fracture during indoor rock climbing. *Orthopedics*. 2013 Mar;36(3):e381-3.
 99. Kang DH, Lee SH. Multiple spinous process fractures of the thoracic vertebrae (Clay-Shoveler's Fracture) in a beginning Golfer: a case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Jul 1;34(15):E534-7.
 100. Cancelmo JJ Jr. Clay shoveler's fracture. A helpful diagnostic sign. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1972 Jul;115(3):540-3.
 101. Bertelli JA, Ghizoni MF. Long thoracic nerve: anatomy and functional assessment. *J Bone Joint Surg Am*. 2005 May;87(5):993-8.
 102. Martin RM, Fish DE. Scapular winging: anatomical review, diagnosis, and treatments. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2008 Mar;1(1):1-11.
 103. Morante de Los Reyes A, Bacle G, Chaves C, Tranier M, Jacquot A, Corcia P, Laulan J, Roulet S. Scapular winging due to rhomboid muscle paralysis:

- clinical assessment of 4 cases and anatomic study of the dorsal scapular nerve. *J Shoulder Elbow Surg.* 2022 Dec;31(12):2595-2601.
104. Akgun K, Aktas I, Terzi Y. Winged scapula caused by a dorsal scapular nerve lesion: a case report. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008 Oct;89(10):2017-20.
 105. Green S, Hodgson H, Bobrowski J. Scapular winging on Exercise Cambrian Patrol: three soldiers in three days - an occupational risk? *J R Army Med Corps.* 2019 Oct;165(5):371-373.
 106. Berthold JB, Burg TM, Nussbaum RP. Long Thoracic Nerve Injury Caused by Overhead Weight Lifting Leading to Scapular Dyskinesia and Medial Scapular Winging. *J Am Osteopath Assoc.* 2017 Feb 1;117(2):133-137.
 107. Ng CY, Wu F. Scapular winging secondary to serratus anterior dysfunction: analysis of clinical presentations and etiology in a consecutive series of 96 patients. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021 Oct;30(10):2336-2343.
 108. Güzel Ş, Ozen S, Sözü S. Scapula winging secondary to prone plank exercise: a case report. *Int J Neurosci.* 2023 Apr;133(4):426-429.
 109. Adriaenssens N, De Ridder M, Lievens P, Van Parijs H, Vanhoeij M, Miedema G, Voordeckers M, Versmessen H, Storme G, Lamote J, Pauwels S, Vinh-Hung V. Scapula alata in early breast cancer patients enrolled in a randomized clinical trial of post-surgery short-course image-guided radiotherapy. *World J Surg Oncol.* 2012 May 16;10:86.
 110. Kauppila LI, Vastamäki M. Iatrogenic serratus anterior paralysis. Long-term outcome in 26 patients. *Chest.* 1996 Jan;109(1):31-4.
 111. Bakker EW, Verhagen AP, van Trijffel E, Lucas C, Koes BW. Spinal mechanical load as a risk factor for low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009 Apr 15;34(8):E281-93.
 112. Sattar MH, Guthrie ST. Anatomy, Back, Sacral Vertebrae. 2023 Jul 30. In: *StatPearls [Internet].* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.
 113. Fung Y. *Biomechanics: Motion, Flow, Stress, and Growth.* 1ra ed. Nueva York: Springer New York; 2013.
 114. Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics.* 1993 Jul;36(7):749-76.
 115. Bogduk N. *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum.* 4th ed. Nueva York: Elsevier/Churchill Livingstone; 2005.
 116. Poitras S, Rossignol M, Dionne C, Tousignant M, Truchon M, Arsenault B, Allard P, Côté M, Neveu A. An interdisciplinary clinical practice model for the management of low-back pain in primary care: the CLIP project. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008 Apr 21;9:54.
 117. Insausti Valdivia J. Lumbalgia inespecífica: en busca del origen del dolor. *Reumatol Clin.* 2009 Aug;5 Suppl 2:19-26.
 118. Mohanty SP, Pai Kanhangad M, Kamath S, Kamath A. Morphometric study of the orientation of lumbar zygapophyseal joints in a South Indian population. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017 Sep-Dec;25(3):2309499017739483.

119. Samartzis D, Cheung JP, Rajasekaran S, Kawaguchi Y, Acharya S, Kawakami M, et al. Critical Values of Facet Joint Angulation and Tropism in the Development of Lumbar Degenerative Spondylolisthesis: An International, Large-Scale Multicenter Study by the AOSpine Asia Pacific Research Collaboration Consortium. *Global Spine J.* 2016 Aug;6(5):414-21.
120. Boos N, Aebi M. *Spinal Disorders: Fundamentals of Diagnosis and Treatment.* 1st ed. Heidelberg: Springer Berlin; 2009.
121. Curtis L, Shah N, Padalia D. Facet Joint Disease. 2023 Jan 9. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.
122. Maas ET, Juch JN, Ostelo RW, Groeneweg JG, Kallewaard JW, Koes BW, Verhagen AP, Huygen FJ, van Tulder MW. Systematic review of patient history and physical examination to diagnose chronic low back pain originating from the facet joints. *Eur J Pain.* 2017 Mar;21(3):403-414.
123. Saravanakumar K, Harvey A. Lumbar Zygapophyseal (Facet) Joint Pain. *Rev Pain.* 2008 Sep;2(1):8-13.
124. Moore KL, Agur AM, Dalley AF. *Fundamentos de Anatomía con orientación clínica.* 7th ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2013.
125. Tomaszewski KA, Saganiak K, Gładysz T, Walocha JA. The biology behind the human intervertebral disc and its endplates. *Folia Morphol (Warsz).* 2015;74(2):157-68.
126. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am.* 1990 Mar;72(3):403-8.
127. Fujii K, Yamazaki M, Kang JD, Risbud MV, Cho SK, Qureshi SA, Hecht AC, Iatridis JC. Discogenic Back Pain: Literature Review of Definition, Diagnosis, and Treatment. *JBMR Plus.* 2019 Mar 4;3(5):e10180.
128. Martin BI, Deyo RA, Mirza SK, Turner JA, Comstock BA, Hollingworth W, Sullivan SD. Expenditures and health status among adults with back and neck problems. *JAMA.* 2008 Feb 13;299(6):656-64.
129. Seidler A, Bolm-Audorff U, Siol T, Henkel N, Fuchs C, Schug H, et al. Occupational risk factors for symptomatic lumbar disc herniation; a case-control study. *Occup Environ Med.* 2003 Nov;60(11):821-30.
130. Huang W, Han Z, Liu J, Yu L, Yu X. Risk Factors for Recurrent Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore).* 2016 Jan;95(2):e2378.
131. Quinet RJ, Hadler NM. Diagnosis and treatment of backache. *Semin Arthritis Rheum.* 1979 May;8(4):261-87.
132. Peng BG. Pathophysiology, diagnosis, and treatment of discogenic low back pain. *World J Orthop.* 2013 Apr 18;4(2):42-52.
133. Esposito MF, Malayil R, Hanes M, Deer T. Unique Characteristics of the Dorsal Root Ganglion as a Target for Neuromodulation. *Pain Med.* 2019 Jun 1;20(Suppl 1):S23-S30.
134. Hogan QH. Labat lecture: the primary sensory neuron: where it is, what it does, and why it matters. *Reg Anesth Pain Med.* 2010 May-Jun;35(3):306-11.

135. Alexander CE, Varacallo M. Lumbosacral Radiculopathy. 2023 Aug 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan.
136. Vleeming A, Schuenke MD, Masi AT, Carreiro JE, Danneels L, Willard FH. The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *J Anat.* 2012 Dec;221(6):537-67.
137. Falowski S, Sayed D, Pope J, Patterson D, Fishman M, Gupta M, Mehta P. A Review and Algorithm in the Diagnosis and Treatment of Sacroiliac Joint Pain. *J Pain Res.* 2020 Dec 8;13:3337-3348.
138. Chuang CW, Hung SK, Pan PT, Kao MC. Diagnosis and interventional pain management options for sacroiliac joint pain. *Ci Ji Yi Xue Za Zhi.* 2019 Sep 16;31(4):207-210.
139. Cahueque LMA, Camey E, Gómez X, Azmitia E. Síndrome piramidal, ciática no discogénica. *Orthotips.* 2022 Jan; 18(3):254-257.
140. de la Peña Parra E, Calle Romero Y, García Sánchez VC, Sanz Pozo B. Lumbalgia de evolución tórpida. *Semergen.* 2013 Nov-Dec;39(8):453-5.
141. Papadopoulos EC, Khan SN. Piriformis syndrome and low back pain: a new classification and review of the literature. *Orthop Clin North Am.* 2004 Jan;35(1):65-71.
142. Hodges PW, Danneels L. Changes in Structure and Function of the Back Muscles in Low Back Pain: Different Time Points, Observations, and Mechanisms. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019 Jun;49(6):464-476.
143. He K, Head J, Mouchtouris N, Hines K, Shea P, Schmidt R, Hoelscher C, Stricsek G, Harrop J, Sharan A. The Implications of Paraspinal Muscle Atrophy in Low Back Pain, Thoracolumbar Pathology, and Clinical Outcomes After Spine Surgery: A Review of the Literature. *Global Spine J.* 2020 Aug;10(5):657-666.
144. Elsharkawy H, El-Boghdadly K, Barrington M. Quadratus Lumborum Block: Anatomical Concepts, Mechanisms, and Techniques. *Anesthesiology.* 2019 Feb;130(2):322-335.
145. Simons DG, Travell JG. Myofascial origins of low back pain. 2. Torso muscles. *Postgrad Med.* 1983 Feb;73(2):81-92.
146. Saxena A, Chansoria M, Tomar G, Kumar A. Myofascial pain syndrome: an overview. *J Pain Palliat Care Pharmacother.* 2015 Mar;29(1):16-21.
147. Manchikanti L. Epidemiology of low back pain. *Pain Physician.* 2000 Apr;3(2):167-92.
148. GBD 2021 Low Back Pain Collaborators. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990-2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Rheumatol.* 2023 May 22;5(6):e316-e329.
149. Knezevic NN, Candido KD, Vlaeyen JWS, Van Zundert J, Cohen SP. Low back pain. *Lancet.* 2021 Jul 3;398(10294):78-92.
150. Manchikanti L, Singh V, Falco FJ, Benyamin RM, Hirsch JA. Epidemiology of low back pain in adults. *Neuromodulation.* 2014 Oct;17 Suppl 2:3-10.

151. Schofield P. Assessment and management of pain in older adults with dementia: a review of current practice and future directions. *Curr Opin Support Palliat Care*. 2008 Jun;2(2):128-32.
152. Medeiros FC, Costa LDCM, Costa LOP, Oliveira IS, da Silva T. Recurrence of an Episode of Low Back Pain: An Inception Cohort Study in Emergency Departments. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2022 Jul;52(7):484-492.
153. Vicente-Herrero T, Ramírez V, García J, Capdevilla L, López A, Aguilar E. *Las cervicalgias en salud laboral, aspectos laborales y médicos legales de la patología*. Bilbao: Lettera Publicaciones SL; 2021.
154. Pérez CD, Rojas CLH, Hernández TS, Bravo AT, Delgado SO. Update on acute mechanical cervialgias. *Rev Cub de Med Fis y Rehab*. 2011;3(2)
155. Mancheno A. Estudio ergonómico de cervialgia mecánica en operadores de montacargas de una multinacional en la provincia de Cotopaxi-Ecuador [Tesis en internet]. Ambato: Universidad Regional Autónoma de Los Andes; 2023 [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/16451/1/UA-MSO-EAC-025-2023.pdf>
156. Kim R, Wiest C, Clark K, Cook C, Horn M. Identifying risk factors for first-episode neck pain: A systematic review. *Musculoskelet Sci Pract*. 2018 Feb;33:77-83.
157. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 839. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo [Internet] Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2009 [Consultado el 03 de marzo de 2024]. 6 p. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/328096/839+web.pdf/eeab2c72-7d28-41f5-879c-eaf9a133270e>
158. Hagberg M, Burstrom L, Ekman A, Vilhelmsson R. The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is confounded by lifting and posture. *J Sound Vibr*. 2006; 298:492–498.
159. Merlino LA, Rosecrance JC, Anton D, Cook TM. Symptoms of musculoskeletal disorders among apprentice construction workers. *Appl Occup Environ Hyg*. 2003 Jan;18(1):57-64.
160. International Organization for Standardization. (2021) Ergonomics — Manual Handling —Part 3: Handling of low loads at high frequency (ISO Standard No. 11228-3:2007). Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/02/65/26522.html?browse=tc>
161. Health and Safety Executive [HSE]. Warehousing and Storage: A Guide to Health and Safety. [internet]. 2nd ed. Londres: Health and Safety Executive; 2007 [Consultado el 29 de febrero de 2024] Disponible en: <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg76.pdf>
162. Ranney D, Wells R, Moore A. Upper limb musculoskeletal disorders in highly repetitive industries: precise anatomical physical findings. *Ergonomics*. 1995 Jul;38(7):1408-23.

163. Skovlund SV, Bláfoss R, Skals S, Jakobsen MD, Andersen LL. The Importance of Lifting Height and Load Mass for Muscular Workload during Supermarket Stocking: Cross-Sectional Field Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar 4;19(5):3030.
164. de Cássia Pereira Fernandes R, Pataro SMS, de Carvalho RB, Burdorf A. The concurrence of musculoskeletal pain and associated work-related factors: a cross sectional study. *BMC Public Health*. 2016 Jul 22;16:628.
165. Alexopoulos EC, Stathi IC, Charizani F. Prevalence of musculoskeletal disorders in dentists. *BMC Musculoskelet Disord*. 2004 Jun 9;5:16.
166. Solidaki E, Chatzi L, Bitsios P, Coggon D, Palmer KT, Kogevinas M. Risk factors for new onset and persistence of multi-site musculoskeletal pain in a longitudinal study of workers in Crete. *Occup Environ Med*. 2013 Jan;70(1):29-34.
167. Seguí Díaz M, Gervas J. El dolor lumbar. *Semergen*. 2002; 28(1):21-41
168. Organización Internacional del Trabajo. Metodología para la Identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos de SST en el sector cafetero. [Internet] 1st ed. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo; 2020. [Consultado el 29 de febrero de 2024] Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_752788.pdf
169. Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, D.S. N° 005-2012-TR (24 de abril, 2012).
170. Organización Internacional del Trabajo. Safe and healthy working environments for all – ILO Introductory Report: Realizing the fundamental right to a safe and healthy working environment worldwide. [Internet]. Proceedings of the 23rd World Congress on Safety and Health at Work; 2023 Nov 27-30; Sydney, Australia. Ginebra: Oficina Internacional de Trabajo; 2023. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_906187.pdf
171. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Ley N° 29783 (20 de agosto, 2011).
172. International Organization for Standardization. (2018) Occupational health and safety management systems. Requirements with guidance for use (ISO Standard No. 45001:2018). [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/37/63787.html>
173. De Koster R, Le-Duc T, Toodbergen KJ. Design and control of warehouse order picking: A literature review. *Eur J Oper Res*. 2007 Oct; 182(2):481-501.
174. Gajšek B, Đukić G, Opetuk T, Cajner H. Human in Manual Order Picking Systems. [Internet]. Proceedings of the Management of Technology – Step to Sustainable Production; 2017 Apr 5-7; Dubrovnik, Croacia. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/154833691.pdf>
175. Sakshi D, Mohan SP, Shailesh T, Girish MS, Hemanth Kumar S. Emerging Trends in Warehouse Automation. *Bull Env Pharmacol Life Sci*. 2023 Mar; 12(4):197-207.

176. Jiang C, Chau KT, Liu C, Lee CHT, Han W, Liu W. Move-and-Charge System for Automatic Guided Vehicles. IEEE Transactions on Magnetics. 2018 Nov; 54(11):1-5
177. Gutelius B, Theodore N. The Future of Warehouse Work: Technological Change in the U.S. Logistics Industry. [Internet]. Berkeley: UC Berkeley Labor Center; 2019. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://laborcenter.berkeley.edu/pdf/2019/Future-of-Warehouse-Work.pdf>
178. Gómez RA, Correa AA. Análisis de implementación de sistemas de bandas transportadoras en patios de almacenamiento en empresas de minería de carbón con simulación discreta y diseño de experimentos. Bol Cienc Tierra. 2011 Jul; 29:55-72.
179. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 89. Cinta transportadora de materiales a granel [Internet]. Barcelona: Centro de Investigación y Asistencia Técnica; 1984 [Consultado el 03 de marzo de 2024]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_089.pdf/bb65df44-5894-4e42-a454-328c696b3712?version=1.1&t=1683195706503
180. MECALUX. Manual técnico de soluciones de almacenamiento para carga paletizada. Barcelona: MECALUX, SA; 2018.
181. Handling Concepts. Vacuum Lifters. [Internet]. Bromsgrove: Handling Concepts; 2021. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.handlingconcepts.co.uk/wp-content/uploads/2021/10/Vacuum-Lifters-Brochure.pdf>
182. Maciukiewicz JM, Whittaker RL, Hogervorst KB, Dickerson CR. Wrapping technique and wrapping height interact to modify physical exposures during manual pallet wrapping. Appl Ergon. 2021 May;93:103378.
183. SOLPACK. Envolvedora de plato. [Internet]. Lima: SOLPACK. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.solpack.com.pe/soluciones/equipos-de-embalaje/envolvedoras-de-stretch/envolvedora-de-plato>.
184. Jagarlamudi S. Failure rate studies and design alternatives for standup forklift trucks [Tesis en internet]. Lexington: University of Kentucky; 2004 [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1331&context=gradschool_theses
185. MECALUX. Desconsolidación de carga: una operativa clave en la recepción. [Internet]. Barcelona: MECALUX; 1 de marzo de 2023 [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.mecalux.es/blog/desconsolidacion-de-carga>
186. Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral. Manual para Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles. [Internet]. Lima: Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral; 2022. [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sunafil/informes-publicaciones/3727397->

manual-para-identificacion-de-peligros-y-evaluacion-de-riesgos-y-determinacion-de-controles

187. TOYOTA. Sistema de cámara para horquillas [Internet]. [Consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://toyota-forklifts.es/accesorios/seguridad/sistemas-de-camara/sistema-de-camara-para-horquillas/>
188. Nuñez O, Haro S. Elaboración de un Plan de Prevención de Riesgos Laborales en los Talleres y Laboratorios de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo [Tesis en Internet]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013 [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/2688>.
189. Ochoa CE, Centeno PA, Hernández EL, Guamán KA, Castillo JR. La seguridad y salud ocupacional de los trabajadores y el mejoramiento del medio ambiente laboral referente a las pausas activas. Rev Univ Soc. 2020 Sep 12(5), 308-313.
190. Gutiérrez C, Torres K, Zavaleta K. Efectividad de un programa de pausas activas para la reducción del nivel de estrés laboral en el personal administrativo en una clínica de Lima [Tesis en internet]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2018 [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3626>
191. Jackson JA, Sund M, Barlari Lobos G, Melin L, Mathiassen SE. Assessing the efficacy of a job rotation for improving occupational physical and psychosocial work environment, musculoskeletal health, social equality, production quality and resilience at a commercial laundromat: protocol for a longitudinal case study. BMJ Open. 2023 May 12;13(5):e067633.
192. Shin JS, Seo K, Oh HJ, Lim M, Kang HT, Jeong KS, Koh SB, Kim SK, Oh SS. Relationship between job rotation and work-related low back pain: a cross-sectional study using data from the fifth Korean working conditions survey. Ann Occup Environ Med. 2021 Jan 28;33:e3.
193. Bataller-Cervero AV, Rabal-Pelay J, Roche-Seruendo LE, Lacárcel-Tejero B, Alcázar-Crevillén A, Villalba-Ruete JA, Cimarras-Otal C. Effectiveness of lumbar supports in low back functionality and disability in assembly-line workers. Ind Health. 2019 Sep 26;57(5):588-595.
194. Instituto de Salud Pública de Chile. Uso de faja lumbar en el trabajo ¿protección o daño? [Internet]. Santiago de Chile: Instituto de Salud Pública de Chile; 2017. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaTecnicaFajaLumbar.pdf>
195. Melgarejo L, Villanueva L. Prevalencia y factores asociados a inestabilidad lumbar y/o lumbalgia en estibadores del mercado mayorista de lima, Perú – 2017 [Tesis en internet]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2017 [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653622/Melgarejo_SL.pdf?sequence=11&isAllowed=y

196. Wassell JT, Gardner LI, Landsittel DP, Johnston JJ, Johnston JM. A prospective study of back belts for prevention of back pain and injury. *JAMA*. 2000 Dec 6;284(21):2727-32.
197. Superintendencia de Riesgos de Trabajo. Enfermedades profesionales de la columna lumbo sacra hernia discal y patologías por vibraciones de cuerpo entero. [Internet]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Producción y Trabajo; 2019. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_enfermedades_columna_lumbosacra_-_mesa_de_consenso_2.pdf
198. Chávez M, Rodríguez F, Baradica A. Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación. *Rev ing bioméd*. 2010 Jan-Jun; 4(7):63-73.
199. Kaupé V, Feldmann C, Lucas M. Exoskelette in der Intralogistik. 1st ed. Wiesbaden: Springer Gabler Wiesbaden; 2021.
200. Ali A, Fontanari V, Schmoelz W, Agrawal SK. Systematic Review of Back-Support Exoskeletons and Soft Robotic Suits. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021 Nov 2;9:765257.
201. Koopman AS, Näf M, Baltrusch SJ, Kingma I, Rodriguez-Guerrero C, Babič J, de Looze MP, van Dieën JH. Biomechanical evaluation of a new passive back support exoskeleton. *J Biomech*. 2020 May 22;105:109795.
202. Martin WB, Boehler A, Hollander KW, Kinney D, Hitt JK, Kudva J, Sugar TG. Development and testing of the aerial porter exoskeleton. *Wearable Technol*. 2022 Jan 7;3:e1.
203. Reis A, Souza C, Costa N, Stender G, Senna P, Pizzolato N. Warehouse design: a systematic literature review. *Braz J Oper Prod Manag*. 2017 14(3):542-55
204. De Koster RBM, Johnson AL, Roy D. Warehouse design and management. *Int J Prod Res*. 2017 Sep 55(21):6327-30.
205. Zhou L, Liu J, Fan X, Zhu D, Wu P, Cao N. Design of v-type warehouse layout and picking path model based on Internet of things. *IEEE Access*. 2019 Apr 7:58419–58428.
206. Mauleon M. Sistemas de almacenaje y picking. [Internet]. 1ra. Ed. Madrid: Díaz de Santos SA; 2003. [consultado el 17 de marzo de 2024]. Disponible en:
<https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25735w/LIBROAlmacen.pdf>
207. Attwood DA, Deeb JM, Danz-Reece ME. Ergonomic Solutions for the Process Industries. Oxford: Elsevier Inc; 2004.
208. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 1088. Alcance máximo y normal en el plano horizontal [Internet]. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2017. [Consultado el 03 de marzo de 2024].
6 p. Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/333553/ntp-1088M.pdf/6acf152b-72f0-4f56-8756-2e2f58a49b9d>