



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

CRITERIOS METODOLÓGICOS APLICADOS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DISERGONÓMICOS

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

EDITH JIMENEZ HUAUYA
JOSE ALCIDES MONDOÑEDO BRICEÑO

LIMA – PERÚ

2026

ASESOR

MG. ARMANDO WILLY TALAVERANO OJEDA

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. BRUNELLA YSABEL LIZARDO OTERO

PRESIDENTE

MG. CLAUDIA MYLENA TIRADO COSSER

VOCAL

MG. LENIN OVIDIO ROMANI CHANG

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA.

A mi familia, por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi crecimiento personal y profesional. Su apoyo incondicional, comprensión y confianza fueron la fuerza que me permitió culminar este proceso académico con perseverancia y convicción.

A quienes creen en el valor del trabajo digno y seguro, y a todos los trabajadores que día a día enfrentan riesgos invisibles en sus labores. Esta investigación está dedicada a ellos, con la esperanza de contribuir a entornos laborales más saludables, humanos y sostenibles.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a mi compañero de tesis por el compromiso, la responsabilidad y el trabajo en equipo que hicieron posible culminar esta investigación. Su apoyo y disposición fueron fundamentales en cada etapa del proceso.

A mi asesor, por la exigencia académica y las observaciones que fortalecieron la calidad del estudio.

También agradezco a mi entorno cercano por la comprensión y el respaldo constante, y a mí misma, por la perseverancia y la determinación para llegar hasta el final.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DEDICATORIA.

A mi familia por su constante aliento, mis padres, mi esposa Johannita, mi hermano Eduardo y Sra Monika por su preocupación y respaldo permanente. Gracias por acompañarme y creer en mí para alcanzar este objetivo profesional.

AGRADECIMIENTOS.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi compañera de tesis por su alto sentido de responsabilidad, conocimiento y dedicación, así como por el permanente apoyo y aliento brindado para poder culminar esta investigación.

A mi asesor, por la guía permanente que permitieron mejorar y elevar la calidad del presente estudio.

Agradezco a mí mismo, que tuve las agallas de poder empezar los estudios de maestría y poder finalizarlos satisfactoriamente. Lo logramos José

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	JIMENEZ HUAUYA EDITH
2.	MONDOÑEDO BRICEÑO JOSE ALCIDES

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO**, autores del trabajo titulado: **CRITERIOS METODOLÓGICOS APLICADOS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DISERGONÓMICOS**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

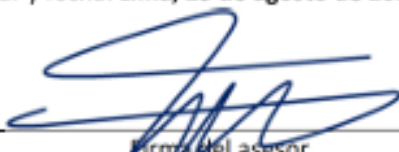
En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	TALAVERANO OJEDA ARMANDO WILLY	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 **11%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **3017754282**; fecha de entrega: **25-08-2026**).
- 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, 25 de agosto de 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 10303105
ORCID: 0000-0003-3541-6180

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	4
IV.	DESARROLLO DEL ESTUDIO	9
V.	CONCLUSIONES	66
VI.	RECOMENDACIONES	68
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad analizar críticamente los criterios metodológicos aplicados en la identificación, evaluación y control de riesgos disergonómicos en entornos laborales. **Objetivo:** Analizar críticamente la información científica y técnica disponible sobre metodologías aplicadas a la gestión de riesgos disergonómicos. **Metodología:** Se basa en la revisión de artículos de investigación y documentos científicos actualizados. **Resultados:** Se analizaron y sistematizaron las principales corrientes y modelos ergonómicos aplicados al ámbito laboral, se identificaron y clasificaron los factores de riesgo disergonómicos junto con sus metodologías de evaluación, y se establecieron medidas de control orientadas a la mejora de las condiciones de trabajo. **Conclusión:** La revisión realizada evidencia que la ergonomía actual se sustenta en enfoques integrales capaces de abordar la complejidad de los entornos laborales, reconociendo el carácter multifactorial de los riesgos disergonómicos y la necesidad de contextualizar tanto las metodologías de evaluación como las medidas de control, priorizando aquellas orientadas al diseño o rediseño del sistema de trabajo con participación activa de los trabajadores. **Recomendaciones:** La gestión ergonómica debería ser un componente estratégico en el sistema de seguridad y salud en el trabajo, incorporando estándares técnicos y modelos participativos que brinden la identificación, evaluación y control frente a los riesgos disergonómicos.

PALABRAS CLAVES

ERGONOMÍA. RIESGOS DISERGONÓMICOS. CRITERIOS
METODOLÓGICOS. EVALUACIÓN ERGONÓMICA. MEDIDAS DE
CONTROL

ABSTRACT

The present study aimed to critically analyze the methodological criteria applied in the identification, assessment, and control of ergonomic risk factors in workplace environments. **Objective:** To critically analyze the available scientific and technical information on methodologies applied to the management of ergonomic risks. **Methodology:** The study is based on a review of research articles and updated scientific documents. **Results:** The main ergonomic approaches and models applied in the workplace were analyzed and systematized; ergonomic risk factors were identified and classified along with their evaluation methodologies; and control measures were established to improve working conditions. **Conclusion:** The review conducted demonstrates that modern ergonomics is grounded in comprehensive approaches capable of addressing the complexity of work environments, recognizing the multifactorial nature of ergonomic risk factors and the need to contextualize both assessment methodologies and control measures, prioritizing those focused on the design or redesign of work systems with the active participation of workers. **Recommendations:** Ergonomic management should be considered a strategic component within occupational safety and health systems, incorporating technical standards and participatory models that enable the identification, assessment, and control of ergonomic risks.

KEYWORDS

ERGONOMICS. ERGONOMIC RISK FACTORS. METHODOLOGICAL CRITERIA. ERGONOMIC ASSESSMENT. CONTROL MEASURES.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda por mejorar las condiciones de trabajo ha evidenciado la necesidad de integrar criterios metodológicos específicos para la gestión de riesgos disergonómicos, entendidos como aquellos derivados de posturas forzadas, movimientos repetitivos y esfuerzos físicos que afectan negativamente la salud musculoesquelética de los trabajadores. En el ámbito ocupacional, estos riesgos han sido históricamente subestimados frente a otros de mayor visibilidad, a pesar de constituir una de las principales causas de trastornos musculoesqueléticos, ausentismo laboral y disminución de la productividad (European Agency for Safety and Health at Work, 2020; Punnett & Wegman, 2004).

A nivel internacional, se han desarrollado diversas metodologías orientadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo disergonómico, tales como métodos observacionales, modelos biomecánicos y herramientas normativas basadas en estándares técnicos (International Organization for Standardization, 2016; McAtamney & Corlett, 1993; Hignett & McAtamney, 2000). No obstante, su aplicación suele estar fragmentada o desarticulada, especialmente en contextos latinoamericanos, donde las regulaciones son incipientes y los recursos para implementar programas ergonómicos integrales son limitados. En este contexto, la selección y aplicación adecuada de herramientas metodológicas —como listas de chequeo, métodos semicuantitativos y sistemas de evaluación ergonómica— representa no solo un desafío técnico, sino también una oportunidad para estructurar procesos sostenibles de mejora continua. En este sentido, resulta necesario analizar los principales criterios metodológicos que sustentan la gestión de riesgos disergonómicos, clasificando las herramientas según

el tipo de riesgo, nivel de intervención y grado de aplicabilidad en diversos sectores productivos.

La presente investigación busca sistematizar los principales criterios metodológicos que sustentan la gestión de riesgos disergonómicos, clasificando herramientas según el tipo de riesgo, nivel de intervención y grado de aplicabilidad en diversos sectores. Con ello, se pretende no solo aportar una base teórica robusta para la toma de decisiones preventivas, sino también establecer lineamientos útiles para su implementación práctica en organizaciones que busquen integrar la ergonomía como parte de su cultura preventiva.

La pertinencia del estudio se refuerza por la limitada integración comparativa de metodologías ergonómicas en la literatura técnica en español y por la necesidad de adaptar metodologías a realidades productivas diversas, como las que se encuentran en sectores como la manufactura, minería, salud y administración pública. La aplicación de criterios metodológicos correctos permitirá no solo reducir los trastornos musculoesqueléticos (TME), sino también incrementar el bienestar de los trabajadores, impactar positivamente la eficiencia operativa y fomentar el cumplimiento normativo vigente.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar críticamente los criterios metodológicos aplicados en la identificación, evaluación y control de riesgos disergonómicos en entornos laborales.

2.2 Objetivos específicos

- a. Identificar los modelos y corrientes ergonómicas aplicados a nivel internacional.
- b. Recopilar información sobre los factores de riesgos disergonómicos establecidos.
- c. Clasificar la metodología de identificación de factores ergonómicos.
- d. Revisar las metodologías de evaluación de riesgos disergonómicos.
- e. Identificar las medidas de control aplicadas a riesgos disergonómicos.

III. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Se desarrolló una revisión documental narrativa con enfoque estructurado, orientada al análisis crítico de metodologías ergonómicas aplicadas a riesgos disergonómicos:

3.1 Criterios de inclusión

- a. Se incluyeron publicaciones científicas y documentos técnicos publicados en los últimos 15 años, considerando literatura clásica cuando su relevancia conceptual o metodológica lo justificaba.
- b. Se incluyeron artículos científicos, libros especializados, normas técnicas, guías institucionales y documentos académicos relacionados con la identificación, evaluación y control de riesgos disergonómicos.
- c. Se incluyeron publicaciones en idioma español, inglés y portugués, por su relevancia en el campo de la ergonomía y salud ocupacional.
- d. Se incluyeron documentos con texto completo disponible, que permitiera el análisis crítico de su contenido metodológico.
- e. Se incluyeron estudios y documentos aplicados a entornos laborales reales, tales como industria, manufactura, minería, salud, oficinas, logística u otros sectores productivos.

3.2 Criterio de exclusión

- a. Se excluyeron artículos que no abordaban directamente metodologías de identificación, evaluación o control de riesgos disergonómicos.

- b. Se excluyeron documentos duplicados identificados en más de una base de datos.
- c. Se excluyeron documentos cuya calidad metodológica o trazabilidad bibliográfica no permitía verificar adecuadamente su contenido.
- d. Se excluyeron publicaciones enfocadas exclusivamente en patologías clínicas sin relación directa con la gestión ergonómica del riesgo laboral.

El alcance del presente trabajo comprendió la revisión y análisis de los principales modelos, corrientes, metodologías y medidas de control utilizadas en la gestión de los factores de riesgo disergonómicos a nivel internacional. Si bien se abordaron los enfoques biomecánico, antropométrico y sistémico, así como las corrientes Americana y Francófona, el mayor énfasis del análisis se orientó hacia el modelo biomecánico y las metodologías desarrolladas bajo la influencia de la Escuela Americana, debido a que concentran la mayor producción científica, técnica y normativa disponible para la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo asociados a los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Esta orientación permitió realizar una revisión comparativa de las principales herramientas ergonómicas, analizar sus criterios de aplicación, fortalezas, limitaciones y ámbitos de uso, proporcionando una base científica para la selección de metodologías de evaluación y el diseño de estrategias preventivas en distintos contextos laborales. No obstante, el estudio reconoce la importancia de integrar los enfoques antropométrico

y sistémico para lograr una comprensión más amplia de la interacción entre el trabajador, la actividad, las herramientas, el entorno y la organización del trabajo.

En el estudio de investigación se aplicaron los siguientes procedimientos y técnicas:

- a) Se exploraron los documentos relacionados a los objetivos del presente estudio de investigación usando buscadores académicos EBSCO host, Scielo, Alicia, Redalyc, Dialnet y Google Académico.
- b) Se recopiló y seleccionó la información relevante para cumplir los objetivos del estudio de investigación aplicando los criterios de inclusión y exclusión.
- c) Se ordenó la información seleccionada en una base de datos, eliminando documentos duplicados y aquellos que no cumplían los criterios de pertinencia temática, trazabilidad bibliográfica o disponibilidad de texto completo verificable.

En el estudio de investigación, durante el análisis y procesamiento de datos se procedió de la siguiente forma:

- a) Se realizó un análisis crítico cualitativo del contenido de los documentos seleccionados, considerando su pertinencia temática, consistencia metodológica y aporte al objetivo del estudio.
- b) Se elaboró el informe final del trabajo de investigación con datos principales de cada documentación científica, para la redacción de las conclusiones y recomendaciones del estudio de investigación.

En el estudio de investigación, se procedió cumpliendo y respetando las siguientes consideraciones éticas:

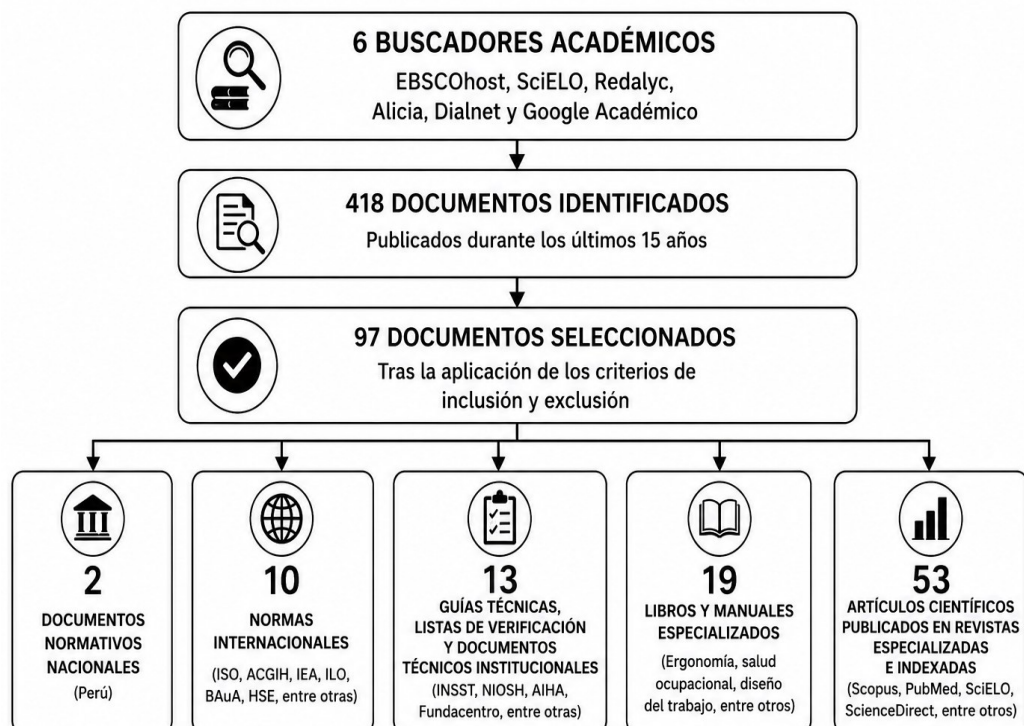
- a) Se obtuvo la aprobación del proyecto del trabajo de grado del Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH).
- b) Se incluyó investigaciones primarias y secundarias para el trabajo de investigación. Se aclara que no se realizó investigación en seres humanos ni animales.
- c) Se respetó los derechos de autor de los documentos incluidos en esta investigación con las referencias bibliográficas respectivas según formato de la American Psychological Association (APA).

En el estudio de investigación, como resultado de la etapa de búsqueda de información científica se obtuvo los siguientes datos:

- a) Como resultado de la búsqueda bibliográfica en las bases de datos académicas seleccionadas, se identificaron inicialmente 418 documentos relacionados con el tema de estudio. Posteriormente, se realizó un proceso de revisión y clasificación temática según su pertinencia con los objetivos de la investigación, agrupándolos en dos ejes principales: modelos y corrientes ergonómicas, con 215 documentos, e identificación, evaluación y control de factores de riesgo disergonómicos, con 203 documentos.
- b) Luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, así como la evaluación de la pertinencia temática, el rigor metodológico, la calidad científica y la verificabilidad de las fuentes consultadas, se seleccionaron 97 documentos, los cuales constituyeron la base documental para el desarrollo del presente estudio y el sustento científico del análisis realizado, los cuales fueron

considerados relevantes para el desarrollo del presente estudio e incorporados en la bibliografía final.

c) Los documentos seleccionados estuvieron conformados por 53 artículos científicos publicados en revistas especializadas e indexadas, 19 libros y manuales especializados, 10 normas internacionales, 13 guías técnicas, listas de verificación y documentos técnicos institucionales, y 2 documentos normativos nacionales. Esta diversidad de fuentes permitió integrar evidencia científica, fundamentos teóricos, criterios normativos y lineamientos técnicos, proporcionando una base documental sólida para el análisis de los modelos, corrientes, metodologías y medidas de control de los factores de riesgo disergonómicos.



IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

4.1 Identificación de los modelos y corrientes ergonómicas aplicadas a nivel internacional

4.1.1. Modelos ergonómicos aplicadas a nivel internacional

a. Modelo ergonómico biomecánico

Es un enfoque que pertenece a la ergonomía física, cuyo objetivo es la interacción entre el cuerpo humano y las demandas mecánicas del trabajo. El modelo se utiliza para la prevención de trastornos musculoesqueléticos, optimizando el desempeño físico (Grandjean. 1993).

El cuerpo humano es un sistema de palancas y articulaciones capaz de generar y resistir fuerzas externas, cuando una tarea mal diseñada puede ocasionar tensiones excesivas en músculos, huesos y articulaciones, afectando la salud del trabajador y su productividad (Chaffin, Andersson y Martín. 2006).

El sistema de palancas tiene en sus componentes la postura que permite la distribución de cargas dentro del sistema musculoesquelético y las posturas forzadas tienden a aumentar la compresión en la columna vertebral y la tensión muscular (McGrill. 2007); las posturas estáticas prolongadas aceleran la aparición de fatiga, en dirección a esto las herramientas como Rappid Upper Limb Assessment (RULA) y Rapid Entire Body Assessment (REBA), permiten clasificar el nivel de riesgo postural mediante observaciones sistemática y asignaciones de puntuaciones (Wilson & Corlett, 2005)

La fuerza depende de factores como la masa muscular, estabilidad del cuerpo, técnica y duración, el riesgo aumenta cuando estas fuerzas aplicadas superan su límite de tolerancia establecida (Chaffin et al. 2006). La ecuación de National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) brinda un método estandarizado para el cálculo del peso máximo recomendado y evitar lesiones. El análisis con ecuación de NIOSH brinda variables como las distancias horizontales al cuerpo, alturas de agarre, peso de la carga, giro del tronco y frecuencia de levantamiento. (Waters et al 1993).

En las actividades laborales se tienen movimientos cíclicos de alta frecuencia que podría generar microtraumatismos acumulativos en tendones, músculos y articulaciones dando lugar a los movimientos repetitivos (Kroemer et al 2001).

Las herramientas para el modelo biomecánico se clasifican en métodos observacionales, modelos matemáticos y mediciones antropométricas entre los cuales tenemos Ovako Working Posture Analysis (OWAS), RULA y REBA que son evaluaciones rápidas basadas en el movimiento y postura. Clasifican el riesgo en niveles indicando si requiere intervención inmediata, cambios necesarios entre otros (Wilson & Corlett 2005). Los modelos matemáticos estiman fuerzas internas como las compresiones en columna lumbar, aplicando geometría corporal y momentos de fuerzas (Mc Gill 2007) y las mediciones antropométricas ayudan en el diseño de equipos, espacios considerando dimensiones corporales de la población (Grandjean 1993).

El modelo en mención tiene aplicaciones directas con los sectores laborales como en las industrias manufacturera, por ejemplo: ensamble de líneas, donde se realiza manipulaciones de carga o movimientos repetitivos. En el sector construcción permite evaluar riesgos asociados al transporte de materiales y al uso de herramientas pesadas (Chaffin et al 2006).

Diseño ergonómico de puestos es un aporte del modelo biomecánico, desde las evaluaciones precisas por ejemplo se puede modificar la altura de las mesas, distancias de alcance, ubicación de herramientas, (Kroemer et al 2001), esto permite una adaptación correcta del entorno laboral mejorando la minimización de riesgos de lesiones como mejorar la productividad.

Este modelo tiene ciertas limitaciones, debido a que se centra en los aspectos físicos del trabajo, dejando de lado los factores cognitivos, emocionales o sociales que influyen igualmente en el rendimiento laboral, se menciona que una tarea biomecánicamente segura puede resultar mentalmente estresante, generando otros tipos de riesgos, en base (McGill 2007). La evidencia revisada muestra que el modelo biomecánico constituye un enfoque fundamental para la prevención de trastornos musculoesqueléticos y el diseño de condiciones laborales saludables. No obstante, su alcance resulta limitado cuando se analiza de manera aislada, por lo que su integración con enfoques cognitivos y sistémicos permite una comprensión más integral del trabajo humano.

b. Modelo ergonómico antropométrico

Es un modelo que permite el diseño de puestos de trabajos, productos y entornos que se ajustan a las características físicas del usuario, basado en recopilaciones, análisis y aplicaciones de mediciones corporales humanas, su objetivo es la compatibilidad de las dimensiones del cuerpo humanos con los objetos, herramientas y espacios de trabajo, contribuyendo la comodidad, seguridad y eficiencia en el desempeño de las tareas (Gonçalves & Arezes, 2017).

La diversidad morfológica existe en las poblaciones como las edades, características físicas o que presentan variaciones en altura, longitudes de extremidades y proporciones corporales esta diversidad es la esencia del modelo, que representan un desafío para el diseño universal, por lo cual busca establecer rangos dimensionales que permitan cubrir un porcentaje amplio de usuarios, la empleabilidad es en base a percentiles para la selección de dimensiones seguras y funcionales (Jayaratne & Fernando, 2021).

La aplicación antropométrica se basa en tres dimensiones o rangos: dimensiones antropométricas estáticas se basa en posturas fijas, dinámicas permite establecer rangos de alcance y zonas de operacionabilidad y rangos funcionales de movimiento en las limitaciones biomecánicas de las articulaciones (Castillo et al, 2018)

La aplicación en lo educativo se da en el diseño de los mobiliarios escolares, dando referencias sobre la falta de correspondencia entre las dimensiones corporales de los estudiantes y las medidas de sillas, mesas, que

generan incomodidad, posturas inadecuadas y dolores musculoesqueléticos (Medeiros et al., 2020).

Así también, el campo hacia la salud contribuye al diseño de dispositivos médicos, mobiliarios hospitalarios que brindan accesibilidad, seguridad y eficiencia; además su aplicación se da en diseño de prótesis y ortesis personalizadas en base a las medidas corporales (Castillo et al., 2018).

Los diseños de productos permiten compatibilizar con la mayoría de los usuarios, garantizando su manipulación evitando posturas incómodas; esta unificación entre funcionabilidad de producto y dimensiones humanas permite la usabilidad de uso (Silva & Arezes, 2022).

Este modelo antropométrico presenta limitaciones debido a las condiciones controladas y muestras reducidas, lo que no representa en algunos casos la diversidad de las poblaciones, además las dimensiones corporales varían con el tiempo sea por los cambios de estilo de vida, variaciones nutricionales crecimiento entre otros; lo que significa que cada cierto periodo las bases deberán de actualizarse ((Jayaratne & Fernando, 2021).

La tecnología ha permitido superar limitaciones, haciendo uso, por ejemplo: de escáneres corporales en 3D, sensores de movimiento y sistemas digitales permitiendo que la información antropométrica permite sea más precisos y representativos. Con la ayuda de esta tecnología permite que los productos sean más inclusivos y adaptables a una diversidad mayor de usuarios (Silva & Arezes, 2022).

c. Modelo ergonómico sistémico

El modelo ergonómico sistémico se fundamenta en la concepción del trabajo como un sistema sociotécnico complejo, en el que interactúan de manera dinámica el trabajador, las tareas, las herramientas, el entorno físico y la organización del trabajo (Wilson, 2014; Guérin et al., 2007). Este enfoque surge como respuesta a las limitaciones de los modelos tradicionales centrados exclusivamente en factores físicos o biomecánicos, incorporando una visión integral que considera dimensiones físicas, cognitivas, organizacionales y sociales del trabajo (Dul et al., 2012; Wilson, 2014).

Desde esta perspectiva, el desempeño humano y los riesgos ergonómicos no deben analizarse de manera aislada, sino como resultado de la interacción entre múltiples componentes del sistema de trabajo, lo que permite comprender mejor la complejidad de las condiciones laborales reales y orientar intervenciones más efectivas (Guérin et al., 2007); el análisis del modelo se basa en la actividad real del trabajo, considerando las condiciones organizacionales, variabilidad de tareas y regulaciones de estrategias del trabajador (Abrahao & Falzon).

El modelo se basa en los principios de la ergonomía de sistemas y organizacional, direccionado hacia las intervenciones de mejora simultánea en la salud, seguridad y eficiencia del sistema productivo (Dul J. W. & Wilson). Las intervenciones de mejora se relacionan a la adaptación de herramientas, tecnologías, reorganización del trabajo, mejora de la gestión de procesos y rediseño de actividades (Mondelo & INSST).

El enfoque permite la ejecución de la ergonomía participativa en forma directa con los trabajadores, supervisores y especialistas para identificar problemas en el diseño, fortalecimiento la apropiación de las medidas preventivas y su eficacia a largo plazo (Abraham & Dul J.W.).

El análisis y la intervención en el sistema de trabajo priorizan una visión integral del entorno laboral, considerando la interacción entre el trabajador, la tarea, las herramientas, el entorno y la organización, por encima de intervenciones aisladas centradas únicamente en factores individuales (Guérin et al., 2007; Wilson, 2014).

4.1.2. Identificación de las corrientes ergonómicas

Con respecto a las corrientes se tiene marcadas dos en la actualidad: Escuela de Factores Humanos y la Escuela de la actividad o francófona. (Torres & Rodríguez, 2021)

La escuela de la ergonomía de la actividad abarca un análisis descriptivo sobre las situaciones del trabajo que ejecuta el trabajador mediante el uso de las ciencias sociales (psicología, sociología y antropología) esta escuela viene siendo aplicada en países desarrollados en donde se tiene procesos de análisis frente a situaciones del trabajo. Para mencionar a la escuela de factores humanos o americana se debe mencionar a Frederick Winslow Taylor que es el fundador de esta escuela, así también, considerar el concepto de Taylor sobre los principales principios: Ciencia para elemento del trabajo, entrenamiento y desarrollo del trabajador, cooperación con el trabajador y dividir las responsabilidades entre dirección y trabajador. (González & Gómez, 2013)

En base a estos principios resaltan la búsqueda de calidad y fiabilidad de los procedimientos y evaluar los riesgos y la peligrosidad del trabajo, sin embargo, en la escuela de la actividad hace mención hacia el diagnóstico ergonómico de una situación de trabajo. (Llaneza, 2007)

Es importante resaltar que ambas corrientes presentan fortalezas y limitaciones; sin embargo, desde la práctica ergonómica contemporánea se reconoce la necesidad de adoptar un enfoque integral que incorpore la participación activa de los trabajadores en el análisis e intervención de las condiciones de trabajo.

4.2 Factores de riesgo disergonómicos

Los factores de riesgo son aquellas condiciones del trabajo que puede incrementar la probabilidad de generar un trastorno musculoesquelético. Los principales factores de riesgo disergonómico a considerar son: presencia de fuerzas, alta frecuencia de movimientos, tiempo prolongado de exposición, la ausencia de tiempos de recuperación, posturas estáticas y factores físicos adicionales, algunos se enfocan en base a las normas preventivas (European Agency for Safety and Health at Work, 2019)

Los factores ergonómicos es una característica propia del trabajo, esto puede presentarse de forma desfavorable por la simultaneidad de otros factores que se encuentran. (Álvarez & Hernández, 2009)

En América Latina los factores de riesgo disergonómico son factores físicos siendo la repetitividad, postura forzada, fuerza, factor ambiental (frío y vibración) los cuales pueden estar relacionados y potenciarse con los factores

psicosociales, individuales y organizacionales. (Ministerio de Salud de Chile MINSAL, 2012).

Entre estos los principales serían las posturas forzadas se entienden como aquellas posturas inadecuadas en las cuales las partes del cuerpo se encuentran en posición de discomfort. (Pincay et al., 2021). Asimismo, los movimientos repetitivos del miembro superior se caracterizan por la ejecución continua de un mismo ciclo de trabajo, manteniendo una secuencia, fuerza y patrón de movimiento similares, lo que incrementa el riesgo de trastornos musculoesqueléticos (Villar, 2015).

Factores ergonómicos biomecánicos; los riesgos disergonómicos se clasifican en función del conocimiento epidemiológico actual para analizarlos y evaluarlos; los cuales serían: manipulaciones manuales de cargas, empuje o tracción manual de cargas, movimientos repetitivos y posturas forzadas (Fundación para la prevención de riesgos laborales, 2015), a continuación, se describirá cada uno de los factores mencionados.

- a) Manejo manual de carga; desde la sujeción, levantamiento, colocación y desplazamiento de un objeto o varios y soportar su peso para dejarlo en otro lugar o posición; considerar una carga el peso de al menos 3 kg. Ello puede generar un riesgo para la salud dependiendo de la frecuencia de la acción, las posturas y movimientos asumidos durante la acción, la duración de la tarea y las características de la carga (Aragón, 2009).
- b) Empuje o tracción manual de cargas; utilizar la fuerza humana para desplazar algo sobre una superficie generalmente en algo tiene ruedas; el

empuje manual de cargas se produce cuando se realiza la fuerza hacia delante del cuerpo; la tracción manual de cargas se hace cuando estiramos o tiramos el objeto, porque lo llevamos detrás del cuerpo. Teniendo en cuenta el punto de agarre, la frecuencia de la acción, distancia recorrida, peso total transportado, característica de ayuda mecánica, superficie sobre la que se transporta y aceleración (Álvarez, Hernández, Tello & Gil, 2012).

- c) Movimiento repetitivo; uso intensivo de extremidades superiores o sobrecarga biomecánica de extremidades superiores. Teniendo en cuenta las variables que pueden incrementar la probabilidad del riesgo, el ritmo de trabajo, las posturas y movimientos que tengan que realizar cada segmento articular, el riesgo de más tiempo de forzar alguna de las articulaciones de las extremidades superiores, aplicar fuerza de forma repetida, la intensidad y períodos mínimos de recuperación (Mendinueta, y otros, 2020).
- d) Posturas forzadas; posiciones que adopta un trabajador cuando realiza las tareas del puesto, donde una o varias regiones anatómicas dejan de estar en posición natural para pasar a una posición que genera hiperextensiones, hiperflexiones y/o hiperrotaciones en distintas partes de su cuerpo. pueden tener la consideración de postura mantenida (estática) o repetida (dinámica); también pueden referirse a una zona corporal concreta o a la posición de cuerpo entero predominante durante la tarea, caracterizando el trabajo realizado como estático o dinámico (Cilveti & Idoate, 2001).

Los factores de riesgo disergonómicos corresponden a condiciones del trabajo que incrementan la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, tales como la aplicación de fuerza, movimientos

repetitivos, posturas forzadas, tiempos prolongados de exposición y ausencia de pausas de recuperación. Estos factores han sido ampliamente estudiados en la literatura científica, evidenciando su relación directa con el desarrollo de lesiones ocupacionales (da Costa & Vieira, 2010).

Diversas investigaciones científicas han demostrado que los factores de riesgo disergonómicos identificados en el presente estudio fuerza, repetitividad, posturas forzadas, tiempo de exposición y ausencia de recuperación coinciden con los principales determinantes de los trastornos musculoesqueléticos. En particular, estudios epidemiológicos han establecido que la combinación de fuerza aplicada, movimientos repetitivos y posturas inadecuadas constituye el núcleo de los factores biomecánicos de riesgo, los cuales se ven agravados por la duración de la exposición y la insuficiencia de pausas de recuperación (Punnett & Wegman, 2004).

Asimismo, revisiones sistemáticas han confirmado que estos factores no actúan de manera aislada, sino que interactúan entre sí, incrementando significativamente la probabilidad de desarrollar lesiones musculoesqueléticas en diferentes sectores productivos.

4.3 Metodologías para la identificación de factores ergonómicos

Para lograr ambientes laborales más seguros y saludables, es crucial reconocer qué aspectos del trabajo pueden afectar el bienestar físico, mental y organizacional de las personas. Al identificar los factores ergonómicos presentes en cada actividad, podemos aplicar las herramientas más adecuadas para analizar y mejorar las condiciones reales en campo. Existen múltiples guías y metodologías que nos orientan en este proceso, como cuestionarios,

listas de chequeo y tablas de referencia, desarrolladas por instituciones internacionales y nacionales. Estos recursos nos permiten detectar con mayor precisión qué tareas podrían generar incomodidad, fatiga o lesiones, y así priorizar soluciones prácticas: (Ministerio de Salud de Chile (MINSAL), 2012)

- a. La lista de comprobación ergonómica (LCE), elaborado por el ministerio de trabajo e inmigración de España del año 2000. (INST, 2000)
- b. Ergonomics Checkpoints, elaborado por la International Labour Office y la International Ergonomics Association en el año 2010. (IEA, 2010)
- c. Manual para la evaluación y prevención de riesgos disergonómicos y psicosociales en la pyme, elaborado por el Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo y el Instituto Biomecánico de Valencia, España- 2003. (INSST & IBV, 2003)
- d. La norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT), elaborado por el ministerio de salud de Chile -2012. (MINSAL, 2016)
- e. Tablas de identificación ergonómica rápida basadas en las normas International Organization for Standardization (ISO) 11226, ISO 11228-1, ISO 11228-2, ISO 11228-3 e ISO 12100, los cuales se encuentran traducidos al español en la norma RTP-ISO/TR 12295 del Instituto Nacional de Calidad (INACAL-Perú). (Instituto Nacional de Calidad - INACAL, 2021)
- f. Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer (PLIBEL). Herramienta práctica para identificar factores de riesgo relacionados con posturas

forzadas, manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos, diseño del puesto y condiciones del entorno laboral. Los resultados evidenciaron una adecuada capacidad para priorizar puestos críticos que posteriormente requerían evaluaciones cuantitativas más específicas (Kemmlert, 1995).

En nuestro país desde el año 2008 rige la resolución ministerial 375-2008-TR, “Norma básica de ergonomía y de procedimientos de evaluación de riesgos disergonómicos” que brinda los primeros lineamientos para identificar los factores de riesgos disergonómicos en la matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos con la finalidad de brindar bienestar, seguridad y mejorar la eficiencia en el desempeño de los trabajadores y así contribuir a una mayor eficacia y productividad de las empresas. (Ministerio de Trabajo y promoción del Empleo MTPE, 2008)

Las herramientas de evaluación ergonómica constituyen una base técnica esencial para prevenir riesgos laborales relacionados con el diseño y organización del trabajo. Instrumentos como la Lista de Comprobación Ergonómica (LCE), los Ergonomics Checkpoints, el Manual de evaluación para pymes del IBV, la norma chilena TMERT, la guía técnica ISO/TR 12295 traducida por INACAL y la RM N.º 375-2008-TR en el Perú, ofrecen enfoques prácticos, sistemáticos y validados para identificar condiciones de trabajo que puedan afectar la salud de los trabajadores. Estas herramientas no solo permiten detectar riesgos físicos evidentes, como las posturas forzadas o el esfuerzo físico excesivo, sino también otros factores menos visibles, como los psicosociales u organizacionales. Su implementación, adaptada a cada entorno

productivo, favorece decisiones basadas en evidencia, promueve una cultura preventiva y fortalece el compromiso con el bienestar laboral. En conjunto, estas metodologías no deben verse como simples listados de verificación, sino como oportunidades estratégicas para transformar el entorno de trabajo en espacios más seguros, eficientes y humanos.

En Chile, se utilizó la Lista de Comprobación Ergonómica (LCE) en pequeñas y medianas empresas manufactureras como herramienta de evaluación inicial (SUCESSO, 2015). La aplicación permitió identificar múltiples factores de riesgo disergonómico en puestos de trabajo con alto nivel de repetitividad y carga postural. El informe concluyó que la LCE es útil como método diagnóstico preliminar, aunque carece de capacidad para establecer prioridades de intervención o cuantificar los niveles de exposición con precisión.

Dentro de las metodologías de identificación preliminar, Kemmlert (1995) desarrolló la herramienta PLIBEL (Plan för Identifiering av Belastningsfaktorer) con el propósito de detectar de forma rápida los peligros ergonómicos presentes en los puestos de trabajo. La metodología fue aplicada en más de 200 puestos pertenecientes a diversos sectores productivos, demostrando ser eficaz para identificar factores de riesgo asociados con posturas forzadas, manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos y deficiencias en el diseño del puesto. Debido a su enfoque cualitativo y facilidad de aplicación, PLIBEL constituye una herramienta de tamizaje que permite priorizar las tareas que requieren posteriormente evaluaciones ergonómicas más específicas (Kemmlert, 1995).

En el sector confecciones, Isler et al. (2018) aplicaron PLIBEL, REBA y OWAS para evaluar posturas de trabajo en 65 operarios de ocho empresas textiles en Turquía. Los autores utilizaron PLIBEL como herramienta inicial para identificar regiones corporales expuestas a riesgo, mientras que REBA y OWAS permitieron obtener resultados más cuantitativos y detallados. El estudio evidenció que todas las áreas evaluadas requerían mejoras ergonómicas, destacando el área de corte como la más crítica. Estos hallazgos refuerzan que PLIBEL es útil como metodología de identificación preliminar, aunque debe complementarse con métodos específicos cuando se requiere cuantificar el nivel de riesgo.

En el sector construcción, Simonsson y Rwamamara (2009) aplicaron PLIBEL junto con QEC y ErgoSAM para comparar la exposición ergonómica durante el uso de concreto convencional y concreto autocompactante. Los autores identificaron que el método convencional generaba mayor exposición a posturas forzadas, vibración mano-brazo y ruido, mientras que el concreto autocompactante reducía parte de estas exigencias físicas. Este estudio evidencia que PLIBEL puede utilizarse como herramienta de identificación preliminar en tareas dinámicas de campo, permitiendo reconocer factores de riesgo musculoesquelético antes de aplicar evaluaciones más específicas.

Comparativamente, las metodologías aplicadas tienen en común su utilidad como instrumentos de diagnóstico inicial y conciencia preventiva. Mientras que Ergonomic Checkpoints y LCE destacan por su accesibilidad y enfoque cualitativo, métodos como REBA o TMERT ofrecen mayor precisión al cuantificar el riesgo. Sin embargo, una crítica transversal es que muchas

evaluaciones no van acompañadas de intervenciones estructurales, seguimiento longitudinal ni participación de los trabajadores, limitando así su impacto sostenido.

4.4 Metodologías de evaluación de riesgos disergonómicos

Para la evaluación de riesgos disergonómicos de un puesto de trabajo se debe tener en cuenta que son diversos factores de riesgo a considerar mencionados anteriormente como manipulación de carga, carga postural, repetitividad además de carga mental, condiciones ambientales y otros. Se busca elegir siempre un método que engloba todos los factores de un puesto de trabajo debido a la complejidad el cual sería ideal; por ello se requiere elegir variedad de métodos que puedan cubrir los factores presentes (Madrid S. d., 2016).

4.4.1 Evaluación global

Busca evaluar la totalidad de factores no solo biomecánicos, ambientales, organizacionales y psicosociales siendo una evaluación completa; por lo cual se indican las siguientes metodologías:

- a) Método RENAULT: Realiza una valoración de múltiples variables de las condiciones de trabajo, siendo útil en actividades repetitivas y de alta exigencia física (Fundación Mapfre, 2011).
- b) Método Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail (LEST): Evalúa el conjunto de factores que contiene el trabajo que pueda afectar la salud de los trabajadores, brinda una primera valoración para definir si requiere una evaluación específica. (Ministerio de Salud MINSAL, 2012)

- c) Lista de comprobación ergonómica (LCE): Check list para la evaluación inicial de riesgos disergonómicos. (Ministerio de Salud MINSAL, 2012)
- d) Ergonomic Checkpoints: metodología desarrollada por la International Ergonomics Association (IEA) y la International Labour Organization (ILO), orientada a la identificación práctica de oportunidades de mejora ergonómica mediante listas de verificación aplicables a diversos contextos laborales (IEA, 2010).
- e) ISO/TR 12295: guía técnica internacional que orienta la identificación preliminar y selección de metodologías específicas para la evaluación de riesgos ergonómicos relacionados con manipulación manual, posturas y movimientos repetitivos (INACAL, 2021).

En conjunto, estas herramientas permiten realizar una aproximación inicial e integral a las condiciones de trabajo. Métodos como RENAULT y LEST aportan una visión amplia de los factores físicos, organizacionales y ambientales, mientras que la LCE, Ergonomic Checkpoints e ISO/TR 12295 son útiles para la identificación preliminar y selección posterior de métodos específicos. La elección de la metodología debe considerar el tipo de tarea, el contexto organizacional, los recursos disponibles y la finalidad del diagnóstico.

A nivel internacional han aplicado metodologías de evaluación ergonómica global y específica, aportando evidencia sobre su aplicabilidad, fortalezas y limitaciones en contextos reales.

A nivel más técnico, Carvalho, Silva y Melo (s.f.) compararon el método RENAULT con el Strain Index y el método OCRA en una planta automotriz

de Brasil. El estudio reveló que el método RENAULT era más accesible y sensible para puestos repetitivos y de ciclo corto, especialmente en líneas de ensamblaje, aunque su limitación era la escasa cobertura de aspectos organizacionales o cognitivos. En cambio, el método LEST ha sido utilizado por Guerinoni Lahoud et al. (2023) en Brasil para evaluar condiciones en entornos de teletrabajo, demostrando una correlación entre carga mental y satisfacción laboral, destacando la importancia de incluir factores psicosociales. Su enfoque global facilitó el diseño de intervenciones organizacionales y de pausas activas, aunque su aplicación requiere una guía sistemática por parte de evaluadores entrenados.

En relación con la evaluación de tareas repetitivas de miembros superiores, Roman-Liu et al. (2013) compararon los procedimientos de evaluación utilizados por OCRA y ULRA en 18 puestos de trabajo repetitivo. Los autores encontraron una correlación significativa entre ambos métodos; sin embargo, señalaron que las diferencias conceptuales y matemáticas de cada herramienta pueden generar variaciones en la clasificación final del riesgo. Estos hallazgos evidencian la importancia de seleccionar la metodología considerando tanto las características de la tarea como los criterios de ponderación utilizados por cada método.

Metodologías globales como RENAULT o LEST ofrecen una visión más integral, aunque exigen mayor tiempo y especialización. La tendencia global apunta a combinar estas metodologías según el diagnóstico inicial, promoviendo una intervención ergonómica más precisa y efectiva.

4.4.2 Evaluación específica

Enfocadas en un factor de riesgo disergonómico como puede ser la repetitividad, carga postural, manipulación manual de cargas, empuje y tracción; los cuales se describen a continuación por cada clasificación:

a) Carga postural

- Método Rapid Upper Limb Assessment (RULA): Permite evaluar la exposición a riesgos derivados de posturas inadecuadas asociadas principalmente a miembros superiores, cuello y tronco, siendo ampliamente utilizado en tareas repetitivas, administrativas e industriales (McAtamney & Corlett, 1993).
- Loading on the Upper Body Assessment (LUBA): Es un sistema de clasificación basado en la combinación de ángulos articulares, incomodidad percibida y tiempo máximo de sostén postural, permitiendo estimar el nivel de carga biomecánica sobre cuello, hombros, codos, muñecas y tronco. (Kee & Karwowski, 2001).
- Método Rapid Entire Body Assessment (REBA): Evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo asociados a posturas dinámicas y estáticas que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos, considerando el cuerpo completo (Hignett & McAtamney, 2000).
- Método (Ovako Working Posture Analysis System (OWAS): Metodología orientada al análisis ergonómico de la carga postural mediante la clasificación sistemática de posturas adoptadas durante la ejecución de tareas laborales (Karhu et al., 1977).

- Método Rapid Office Strain Assessment (ROSA): herramienta diseñada para evaluar riesgos disergonómicos en puestos administrativos con uso de pantallas de visualización de datos, considerando mobiliario y configuración del puesto de trabajo (Sonne et al., 2012).
- Quick Exposure Check (QEC): La metodología desarrollada para estimar la exposición a factores de riesgo musculoesquelético mediante observación directa y percepción del trabajador, incorporando variables como postura, repetitividad, fuerza y factores organizacionales (Li & Buckle, 1999).
- Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). Es una metodología de evaluación observacional desarrollada para valorar el riesgo postural en trabajos manuales cíclicos de corta duración. El método analiza cada tarea del ciclo de trabajo mediante la evaluación de la postura, la fuerza aplicada y la duración de la exposición, facilitando la identificación de las actividades con mayor riesgo ergonómico y el diseño de intervenciones específicas (Chander & Cavatorta, 2017).

Las metodologías RULA, REBA, OWAS, ROSA y QEC ofrecen enfoques diversos para evaluar riesgos disergonómicos asociados principalmente a la carga postural, aunque con distintas aplicaciones, niveles de profundidad y alcances. El método RULA, desarrollado por McAtamney y Corlett (1993), se especializa en miembros superiores y resulta útil para tareas de precisión o trabajo en oficinas.

En contraste, REBA, propuesto por Hignett y McAtamney (2000), amplía el análisis a todo el cuerpo, siendo más adecuado para actividades dinámicas o

que implican posturas complejas, como sucede en sectores de manufactura o construcción.

Con el propósito de mejorar la evaluación postural del tren superior, Kee y Karwowski (2001) desarrollaron la metodología LUBA (Loading on the Upper Body Assessment). Este método integra criterios biomecánicos y psicofísicos mediante la valoración de la incomodidad asociada a los movimientos articulares y el tiempo máximo de mantenimiento de las posturas, permitiendo estimar la carga biomecánica sobre cuello, hombros, codos, muñecas y tronco. Los autores demostraron que LUBA ofrece una mayor sensibilidad para diferenciar niveles de riesgo postural en tareas donde predominan posturas estáticas o movimientos de precisión, constituyéndose en una alternativa complementaria a metodologías como RULA para la evaluación del tren superior. Como ejemplo de aplicación industrial, Miller (2018) utilizó la metodología LUBA dentro de un programa de evaluación ergonómica en la industria electrónica de India. El estudio permitió identificar posturas de riesgo en actividades de ensamblaje y orientar mejoras en el diseño de los puestos de trabajo, evidenciando la utilidad de LUBA como herramienta de apoyo para la implementación de intervenciones ergonómicas.

Como evidencia aplicada, Kamalinia et al. (2013) utilizaron la metodología LUBA para evaluar la carga postural en 193 trabajadores de una empresa de telecomunicaciones en Irán. Los resultados mostraron que el 94.3% de los trabajadores presentó una carga postural considerable o alta, confirmando la utilidad del método para identificar posturas de riesgo en tareas de ensamblaje con elevada repetitividad y posturas sostenidas.

En el sector metalmecánico, Singh et al. (2016) aplicaron la metodología LUBA para evaluar la carga postural en operadores de soldadura. Los resultados evidenciaron altos niveles de sobrecarga en cuello, tronco y extremidades superiores debido al mantenimiento de posturas forzadas durante la ejecución de las tareas, confirmando la utilidad de LUBA para identificar riesgos posturales y orientar mejoras ergonómicas en procesos de soldadura.

Como evidencia reciente de aplicación, Lazăr et al. (2024) utilizaron las metodologías RULA y REBA junto con sensores portátiles para evaluar el riesgo postural en odontólogos. Los resultados evidenciaron niveles de riesgo alto y muy alto asociados a la inclinación sostenida del cuello, hombros y tronco durante los procedimientos clínicos, confirmando la utilidad de ambas metodologías para identificar posturas de riesgo y orientar intervenciones ergonómicas en el sector salud.

La capacidad de LUBA para identificar trastornos musculoesqueléticos también ha sido evaluada mediante estudios comparativos. Sánchez-Lite et al. (2019) compararon las metodologías RULA, LUBA y NERPA, encontrando que LUBA presentó un mejor desempeño para predecir trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores, particularmente en tareas con posturas sostenidas y elevada carga postural. Estos resultados respaldan la utilidad del método como una herramienta especializada para la evaluación del tren superior.

En una comparación metodológica basada en criterios biomecánicos y datos epidemiológicos, Kee (2022) evaluó el desempeño de las metodologías

LEBA y RULA para la identificación del riesgo postural. Los resultados mostraron que LEBA presentó una mayor capacidad para discriminar distintos niveles de carga postural y una mejor asociación con la presencia de trastornos musculoesqueléticos. Sin embargo, RULA continúa siendo una herramienta ampliamente utilizada debido a su facilidad de aplicación y utilidad para la evaluación rápida de posturas laborales. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar la metodología de acuerdo con las características de la tarea y el propósito de la evaluación ergonómica.

OWAS, creado por Karhu et al. (1977), permite clasificar posturas frecuentes en tareas repetitivas o prolongadas, aunque su sensibilidad frente a factores de carga dinámica es limitada. En Colombia, Velásquez, Valderrama y Giraldo (2016) utilizaron el método OWAS para analizar las posturas de trabajadores del sector agroindustrial del caucho (heveicultores), identificando posturas de riesgo especialmente en el sangrado de árboles, la recolección del látex y la manipulación de moldes. La observación sistemática de los movimientos mediante video permitió identificar cargas posturales críticas, especialmente en espalda y extremidades inferiores. De forma similar, en Venezuela, Muñoz, Miguel y Velasco (2015) aplicaron OWAS en un puesto administrativo universitario, evidenciando hasta 19 posturas distintas que se repetían en el proceso laboral. El análisis reveló riesgos en espalda y piernas debido a posturas mantenidas sin ergonomía adecuada, destacando la utilidad del método para identificar acciones correctivas incluso en entornos no industriales.

Con el propósito de comparar las principales metodologías observacionales, Mork et al. (2021) evaluaron el desempeño de OWAS, RULA y REBA para identificar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Los resultados mostraron que cada herramienta presenta fortalezas específicas: REBA ofrece una evaluación integral del cuerpo completo, RULA es más sensible para analizar el riesgo en cuello, tronco y extremidades superiores, mientras que OWAS permite clasificar de manera sencilla las posturas de trabajo. Estos hallazgos respaldan la importancia de seleccionar la metodología en función de las características de la tarea y del segmento corporal de interés.

La aplicación de PERA ha sido evaluada recientemente en estudios comparativos. Varghese et al. (2025) analizaron el riesgo postural en trabajadores dedicados a la extracción de látex utilizando las metodologías OWAS, REBA, RULA y PERA. Los resultados evidenciaron que todas las herramientas permitieron identificar posturas de riesgo; sin embargo, presentaron diferencias en su sensibilidad y clasificación. En particular, PERA mostró un buen desempeño en la evaluación de tareas cíclicas, mientras que REBA proporcionó una valoración integral del cuerpo completo, RULA fue más sensible para el análisis del cuello y las extremidades superiores, y OWAS facilitó una clasificación general de las posturas de trabajo. Los autores concluyeron que la selección de la metodología debe realizarse en función de las características de la tarea y del objetivo de la evaluación ergonómica (Varghese et al., 2025).

Como evidencia de síntesis, Takala et al. (2022) realizaron una revisión sistemática para comparar las metodologías OWAS, RULA y REBA utilizadas en la evaluación de riesgos posturales. Los autores concluyeron que cada herramienta presenta fortalezas específicas según el tipo de tarea evaluada: OWAS permite clasificar posturas generales del cuerpo, RULA es más sensible para valorar cuello y extremidades superiores, mientras que REBA proporciona una evaluación más integral del cuerpo completo en tareas dinámicas. Estos hallazgos respaldan la importancia de seleccionar la metodología en función de las características del trabajo y del objetivo de la evaluación ergonómica.

ROSA (Sonne et al., 2012) ha sido diseñado específicamente para entornos de oficina, integrando aspectos como la posición del monitor, silla y teclado.

Por su parte, el método QEC de Li y Buckle (1999) incorpora tanto observación como percepción del trabajador, considerando factores psicosociales además del riesgo físico. En conjunto, estas metodologías, aunque complementarias, deben seleccionarse considerando el tipo de tarea, entorno y objetivos del análisis ergonómico, priorizando el equilibrio entre precisión, aplicabilidad práctica y contexto organizacional (Colombini, Occhipinti & Grieco, 2002; Guérin et al. 2007).

En Perú, Carrasco et al. (2023) emplearon el método REBA para evaluar factores de riesgo disergonómico en una refinería en Lima. Los resultados mostraron una alta correlación ($R^2 = 0,851$) entre el puntaje obtenido en REBA y la presencia de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en extremidades superiores y zona lumbar. El estudio destaca la efectividad del

método para vincular exposición y efecto, aunque su aplicación requiere observación directa entrenada y no fue acompañada de una intervención posterior.

En Brasil, Souza et al. (2019) aplicaron el método QEC en panaderías artesanales del estado de Paraná, concluyendo que el trabajo repetitivo, el uso de fuerza en masa manual y la organización deficiente del puesto implicaban riesgo alto de TME, especialmente en hombros y muñecas. En el caso del Reino Unido, Li y Buckle (1999) desarrollaron y validaron el Quick Exposure Check (QEC) aplicándolo inicialmente en operarios de manufactura, incorporando tanto observación como percepción del trabajador, aunque señalaron como limitación la necesidad de capacitar adecuadamente al evaluador para reducir sesgos.

A pesar de su utilidad, estas metodologías presentan limitaciones. OWAS y RULA, desarrolladas por Karhu et al. (1977) y McAtamney y Corlett (1993), respectivamente, no consideran variables clave como la carga manipulada ni la frecuencia de repetición, lo cual puede subestimar el riesgo real en tareas físicamente exigentes. REBA, según Hignett y McAtamney (2000), es más sensible al trabajo dinámico y a posturas complejas, pero su aplicación puede resultar más extensa y demandante en tiempo. Por otro lado, el método QEC (Li & Buckle, 1999) proporciona una visión más integral al incluir factores psicosociales, aunque su confiabilidad depende en gran medida del juicio subjetivo del evaluador y de las respuestas del trabajador. ROSA, diseñado por Straker et al. (2009), tiene un uso extendido en entornos administrativos, pero se restringe a tareas frente a pantallas y requiere de mobiliario estandarizado

para ser plenamente efectivo. En conjunto, la comparación de estas herramientas evidencia la necesidad de adoptar enfoques mixtos y adaptados al contexto específico de cada sector, particularmente en actividades como minería subterránea, mantenimiento o industria pesada, donde convergen múltiples factores disergonómicos de forma simultánea.

Las metodologías ergonómicas han sido aplicadas en diversos contextos laborales, ofreciendo herramientas para la identificación de factores de riesgo musculoesquelético.

b) Manipulación manual de cargas

- Método Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (GINSHT): Evaluación de tareas susceptibles de provocar lesiones de tipo dorsolumbar, orientado a la evaluación de manipulaciones en posición de pie. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2003)
- Ecuación de NIOSH: Contempla tres criterios empleados para definir los componentes de la ecuación: biomecánico, fisiológico y psicofísico. (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 1991)
- Método Manual handling Assessment Charts (MAC): Utiliza una escala cuantitativa para medir el riesgo y un código de colores para calificar cada factor. (Health and Safety Executive [HSE], 2002)
- ISO 11228-1:2003 – Ergonomics – Manual handling – Part 1: Lifting and carrying. Esta norma internacional proporciona criterios para evaluar tareas de levantamiento y transporte manual, con recomendaciones técnicas para

reducir riesgos. Establece límites basados en frecuencia, duración y condiciones ambientales.

- Key Indicator Method (KIM-MHO y KIM-LHC): Desarrollado por el Instituto Alemán Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), el KIM evalúa de forma semicuantitativa la manipulación manual (levantamiento, empuje y transporte) y tareas con movimientos repetitivos. Se divide en submétodos como KIM-LHC (levantamiento, transporte y carga) y KIM-MHO (tareas repetitivas).
- Método Sueco de Carga de Trabajo Físico (Suzanne Rodgers, 1986): Utiliza un sistema de puntuación por cada actividad muscular implicada en el levantamiento, considerando duración, fuerza, ritmo y pausa. Es útil para tareas donde el levantamiento no es el único esfuerzo físico. Es una herramienta observacional diseñada para identificar el riesgo de fatiga muscular localizada mediante la evaluación del esfuerzo, la duración y la frecuencia de las actividades realizadas. Su aplicación permite priorizar tareas con mayor probabilidad de generar sobrecarga muscular y orientar la implementación de medidas preventivas (Rodgers, 1992).
- Movement and Assistance of Hospital Patients (MAPO): Desarrollada específicamente para la movilización de pacientes, integrando variables biomecánicas, organizacionales y ambientales que no son consideradas por metodologías como NIOSH o MAC. (Battevi et al., 2006)

Las metodologías disponibles para evaluar la manipulación manual de cargas presentan enfoques variados, desde herramientas normativas hasta modelos semicuantitativos. Como sustento biomecánico, Elfeituri (2001)

analizó tareas de levantamiento manual realizadas en espacios restringidos mediante un modelo biomecánico tridimensional. Los resultados demostraron que la reducción del espacio de trabajo y el incremento de la torsión del tronco aumentan significativamente las fuerzas de compresión y cizallamiento sobre la columna lumbar, reforzando la importancia de considerar estos factores durante la evaluación del riesgo por manipulación manual de cargas. Como evidencia biomecánica reciente, Alam et al. (2024) compararon las fuerzas lumbares generadas durante el levantamiento manual de ladrillos y sacos en trabajadores de la construcción. Los resultados mostraron que el levantamiento de sacos produjo mayores fuerzas de compresión y cizallamiento sobre el segmento lumbar L5/S1, evidenciando que el tipo de carga, la postura y la técnica de levantamiento influyen directamente en la magnitud de la carga biomecánica. Estos hallazgos respaldan la importancia de considerar dichas variables en la evaluación ergonómica de la manipulación manual de cargas.

La Guía Técnica del INSHT (2003) se destaca por su enfoque práctico y adaptado al marco legal español, proporcionando criterios claros para evaluar tareas de levantamiento, empuje y transporte en posición de pie. Sin embargo, su aplicabilidad puede estar limitada a ciertos entornos europeos y no siempre considera variables como ritmo o pausas, lo que puede generar subestimaciones del riesgo. En contraste, la Ecuación de NIOSH (1991) constituye una herramienta ampliamente utilizada a nivel internacional, especialmente por su rigurosidad científica al integrar criterios biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos. Su principal fortaleza radica en la precisión del cálculo del Límite de Peso Recomendado (RWL), aunque presenta limitaciones al no ser aplicable

a tareas de manipulación asimétrica, con una o ambas manos por debajo de las rodillas, o cuando la carga es inestable (Waters et al., 1993).

El método MAC (HSE, 2002) aporta una ventaja visual significativa mediante su sistema de colores que facilita la comprensión para usuarios no especializados, siendo especialmente útil en inspecciones de campo rápidas. No obstante, su carácter más subjetivo y cualitativo podría generar variabilidad entre evaluadores si no se cuenta con formación previa.

Por otro lado, la norma ISO 11228-1:2003 aporta un marco técnico sólido y estandarizado a nivel internacional, abarcando parámetros como la frecuencia de levantamiento, distancia, peso y condiciones ambientales. Sin embargo, al tratarse de una norma general, requiere interpretación experta para su implementación efectiva en contextos específicos.

El Key Indicator Method (KIM), desarrollado por el Instituto BAuA en Alemania, destaca por su capacidad de evaluar tanto levantamiento (KIM-LHC) como tareas repetitivas (KIM-MHO), con una aproximación semicuantitativa que combina accesibilidad y precisión. Es útil para entornos industriales y logísticos, pero puede no captar adecuadamente riesgos disergonómicos derivados de factores psicosociales o ambientales complejos (BAuA, 2009).

Finalmente, el Método Sueco de Carga de Trabajo Físico (Rodgers, 1986) representa una alternativa valiosa en sectores donde el esfuerzo muscular no solo proviene del levantamiento, sino también de otras formas de carga física sostenida. Aunque es menos conocido globalmente, su fortaleza es el enfoque

detallado en la actividad muscular, aunque requiere un conocimiento profundo del análisis funcional del cuerpo humano para una aplicación precisa. Como evidencia reciente de aplicación, Alwabli et al. (2024) utilizaron las metodologías REBA, RULA y Rodgers Muscle Fatigue Analysis para evaluar el riesgo ergonómico en trabajadores de la industria de la palma datilera. Los resultados evidenciaron elevados niveles de fatiga muscular localizada, principalmente en cuello, hombros y espalda, demostrando que Rodgers MFA permite identificar y priorizar las regiones corporales con mayor demanda muscular, complementando la evaluación postural realizada mediante RULA y REBA.

Ortiz Hugues y Adorno (2024) emplearon conjuntamente las metodologías Rapid Upper Limb Assessment (RULA) y Rodgers Muscle Fatigue Analysis (RMFA) para evaluar el riesgo ergonómico en odontólogos durante procedimientos endodónticos. Los resultados mostraron que el uso de sistemas de magnificación, especialmente el microscopio operatorio, favoreció posturas de trabajo más neutrales y redujo el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. Además, RMFA permitió identificar las regiones corporales con mayor probabilidad de fatiga muscular, complementando la evaluación postural realizada mediante RULA y facilitando la priorización de intervenciones ergonómicas.

Diversas investigaciones han demostrado la aplicabilidad de metodologías de evaluación ergonómica centradas en la manipulación manual de cargas, tanto en Latinoamérica como en otras regiones, aportando evidencia empírica valiosa para el análisis comparativo. En México, un estudio exploratorio aplicó

la ecuación revisada de NIOSH (Revised NIOSH Lifting Equation - RNLE) en una empresa del sector industrial para analizar tareas de levantamiento manual. Los resultados indicaron que múltiples operaciones excedían el Índice de Levantamiento (LI) recomendado, sugiriendo un riesgo considerable de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la región lumbar. Se concluyó que, si bien la metodología es robusta, se requiere su adaptación a las características antropométricas y condiciones reales del contexto latinoamericano (Snell et al., 2016).

Entre las metodologías específicas para la evaluación de la movilización manual de pacientes destaca el Movement and Assistance of Hospital Patients (MAPO), desarrollado para estimar el riesgo biomecánico asociado a las actividades de transferencia y movilización de pacientes dependientes. A diferencia de metodologías orientadas a la manipulación manual de materiales, el índice MAPO incorpora variables relacionadas con la organización del trabajo, la disponibilidad de ayudas mecánicas, las características del entorno físico y el nivel de dependencia de los pacientes. En el estudio de validación realizado por Battevi et al. (2006), que incluyó 191 unidades hospitalarias y 2 603 trabajadores, se evidenció una asociación significativa entre el incremento del índice MAPO y la prevalencia de trastornos lumbares en el personal sanitario, confirmando su capacidad para discriminar diferentes niveles de riesgo y orientar la implementación de medidas preventivas. Asimismo, los autores concluyen que el método constituye una herramienta válida para la gestión ergonómica en el ámbito hospitalario, aunque su aplicación en otros sectores requiere estudios adicionales de validación. Como complemento del

índice MAPO, Battevi y Menoni (2012) desarrollaron el MAPO Screening, una versión simplificada orientada al tamizaje del riesgo por movilización manual de pacientes. En un estudio realizado en 31 unidades geriátricas, demostraron que esta herramienta permite identificar de forma rápida los niveles de riesgo y priorizar las intervenciones ergonómicas, manteniendo una adecuada capacidad de discriminación respecto al método completo. Los autores concluyen que el MAPO Screening constituye una herramienta útil para programas de vigilancia ergonómica, aunque recomiendan complementar los casos de mayor riesgo con la aplicación del índice MAPO completo.

Posteriormente, Cantarella et al. (2020) realizaron una nueva validación del método MAPO, incorporando las mejoras propuestas en el ISO/TR 12296:2012. En un estudio multicéntrico desarrollado en 26 hospitales italianos, que incluyó 116 unidades hospitalarias y 1 998 trabajadores expuestos, los autores confirmaron que el incremento del índice MAPO se asocia significativamente con la ocurrencia de lumbalgia aguda. Asimismo, concluyeron que las modificaciones introducidas mejoran la objetividad del procedimiento sin afectar su capacidad para identificar el riesgo, consolidando al método MAPO como una herramienta confiable para la evaluación ergonómica en el sector salud (Cantarella et al., 2020).

La aplicabilidad del método MAPO también ha sido confirmada fuera de Europa. Zakerian et al. (2015) evaluaron el riesgo ergonómico asociado a la movilización manual de pacientes en personal de enfermería y encontraron que las unidades con mayores índices MAPO presentaban una mayor incidencia de dolor lumbar. Estos resultados respaldan la utilidad del método como

herramienta para identificar áreas críticas y orientar la implementación de medidas preventivas dirigidas a reducir la carga biomecánica en el sector salud.

En el contexto africano, Kgakge et al. (2024) aplicaron el índice MAPO en enfermeras de un hospital terciario público de Botswana, identificando una prevalencia autorreportada de dolor lumbar de 76.6% y un nivel alto de riesgo ergonómico por movilización manual de pacientes en 90.5% de los casos. Aunque no se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre el índice MAPO y el dolor lumbar, los autores señalaron que los resultados permiten reconocer condiciones críticas de exposición y orientar políticas preventivas, especialmente mediante capacitación ergonómica, disponibilidad de ayudas mecánicas y reducción de la manipulación manual directa de pacientes.

La difusión internacional del método MAPO también ha favorecido su adaptación a diferentes contextos culturales. Tani et al. (2024) desarrollaron y validaron la versión japonesa del índice (J-MAPO) para su aplicación en centros geriátricos y residencias de adultos mayores, demostrando adecuados niveles de validez y confiabilidad. Los autores concluyen que esta adaptación mantiene la capacidad del método original para evaluar el riesgo asociado a la movilización manual de pacientes, ampliando su aplicabilidad en programas de prevención de trastornos musculoesqueléticos en el sector salud.

Complementariamente, Menoni et al. (2022) analizaron la aplicación del método MAPO en hospitales y hogares geriátricos, incorporando la frecuencia de movilización manual de pacientes como variable adicional para la gestión

preventiva. El estudio, realizado en 51 unidades asistenciales y 917 trabajadores, evidenció que el turno tarde concentró una mayor frecuencia de tareas sobrecargantes por trabajador, además de identificar una subutilización de ayudas menores y camas regulables en altura. Estos hallazgos refuerzan que la evaluación ergonómica en el sector salud no debe limitarse al cálculo del índice MAPO, sino que debe considerar la organización del trabajo, los turnos y el uso real de los equipos de asistencia.

A nivel europeo, el Key Indicator Method (KIM-MHO y KIM-LHC), desarrollado por el Instituto Alemán BAuA, ha sido objeto de validaciones internacionales que evidencian su aplicabilidad global. Por ejemplo, un estudio publicado por Ellegast et al. (2017) demostró su eficacia en la identificación de riesgos disergonómicos en tareas repetitivas y de levantamiento en la industria manufacturera. La herramienta combina listas de chequeo semicuantitativas con criterios técnicos, aunque una crítica recurrente es la necesidad de formación especializada para garantizar una correcta implementación. Finalmente, la norma internacional ISO 11228-1:2003 ha sido ampliamente utilizada como base para diseñar programas de prevención en tareas de levantamiento y transporte manual. Su aplicación en países como Italia y España ha permitido estandarizar criterios de carga, frecuencia y condiciones ambientales, siendo útil para comparaciones internacionales. Sin embargo, algunos estudios como los de Garg y Kapellusch (2011) advierten que, en climas cálidos o altitudes elevadas, las recomendaciones deben ajustarse para reflejar el impacto ambiental sobre la carga fisiológica del trabajador. En conjunto, estos estudios reflejan una tendencia hacia la adopción de

metodologías ergonómicas con enfoque contextual. Aunque comparten el objetivo de reducir riesgos disergonómicos, presentan diferencias en alcance y complejidad: mientras NIOSH y KIM-MHO ofrecen resultados detallados y cuantificables, OWAS y la ISO 11228-1 se centran más en criterios observacionales y normativos. Una crítica generalizada es la necesidad de validación contextual en regiones latinoamericanas, pues muchas herramientas han sido desarrolladas en países con diferentes realidades ocupacionales, tecnológicas y culturales.

c) Repetitividad

- Método Job Strain Index o Índice de Tensión o Esfuerzo (JSI): Desarrollado por Moore y Garg (1995), es una herramienta semicuantitativa orientada a estimar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos en extremidades superiores. Considera variables como intensidad del esfuerzo, duración del esfuerzo por ciclo, frecuencia de movimientos, postura de muñeca, velocidad de trabajo y duración de la jornada laboral.
- Método Occupational repetitive Action (OCRA): Desarrollado por Colombini y Occhipinti, permite evaluar tareas repetitivas considerando frecuencia de movimientos, aplicación de fuerza, posturas, tiempos de recuperación y factores adicionales. Se encuentra reconocido dentro de la norma ISO 11228-3 como metodología para evaluación de tareas repetitivas en extremidades superiores (Occhipinti & Colombini, 1996; ISO, 2007).
- Assessment of Repetitive Tasks (ART): Metodología desarrollada por el Health and Safety Executive (HSE) del Reino Unido para evaluar tareas

repetitivas de brazos y manos, considerando frecuencia, postura, fuerza, duración y factores adicionales (HSE, 2010).

- Hand Activity Level (HAL) y TLV-HAL (Threshold Limit Value): Herramienta desarrollada por American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2022). TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. ACGIH para evaluar tareas repetitivas mediante la combinación de frecuencia de actividad manual e intensidad del esfuerzo, contrastando los resultados con valores límite permisibles orientados a la prevención de trastornos musculoesqueléticos (ACGIH, 2022).
- Check-List Ocra / Mini Ocra (versión rápida): versión simplificada del método OCRA que permite una evaluación preliminar rápida del riesgo asociado a tareas repetitivas, útil para priorizar puestos que requieren análisis ergonómicos más detallados (Colombini, Occhipinti & Grieco, 2002).

Las metodologías orientadas a evaluar el riesgo disergonómico por movimientos repetitivos en extremidades superiores presentan diferencias importantes en su enfoque, nivel de precisión, aplicabilidad práctica y alcance. El Job Strain Index (JSI) (Moore & Garg, 1995) es una herramienta semicuantitativa que se concentra específicamente en las extremidades superiores, integrando variables biomecánicas clave como el esfuerzo percibido, la frecuencia, la postura de muñeca y la duración del ciclo. Su punto fuerte radica en la facilidad de aplicación en entornos industriales repetitivos como líneas de ensamblaje. No obstante, su principal limitación es que no

considera factores psicosociales ni contextuales, y puede sobrestimar el riesgo cuando las variables subjetivas no se recogen con precisión.

Por otro lado, el método OCRA (Occupational Repetitive Action) (Occhipinti & Colombini, 1996; ISO, 2007) es considerado uno de los más robustos y completos, ya que incluye no solo frecuencia y fuerza, sino también tiempo de recuperación y factores adicionales (por ejemplo, vibraciones o guantes). Es el único reconocido formalmente por la norma ISO 11228-3, y su modularidad (versión Checklist, Index, Mini-OCRA) lo hace adaptable a distintas fases de evaluación. Su desventaja es la curva de aprendizaje, ya que requiere formación especializada y un mayor tiempo de aplicación, especialmente en sus versiones completas.

El método ART (Assessment of Repetitive Tasks) desarrollado por el HSE del Reino Unido (2010) ofrece una alternativa cualitativa y visualmente intuitiva, ideal para contextos industriales y administrativos. Evalúa tareas repetitivas considerando frecuencia, postura, fuerza y otros factores en brazos y manos. Si bien es útil para evaluaciones iniciales y capacitación, su subjetividad puede limitar la precisión en entornos complejos, además de no tener un fundamento biomecánico tan detallado como otros métodos más técnicos.

En el sector confecciones, Vaca Gómez y Cargua López (2024) aplicaron el método Check List OCRA para analizar el riesgo ergonómico en operadoras de maquinaria básica de confección textil en Ecuador. Los autores identificaron niveles de riesgo no aceptables en los puestos evaluados, asociados

principalmente a movimientos repetitivos, posturas mantenidas, esfuerzos de miembros superiores y falta de periodos adecuados de recuperación. Estos hallazgos respaldan la utilidad del método OCRA para evaluar tareas repetitivas en actividades textiles y orientar acciones de mejora ergonómica.

Fathi et al. (2021) evaluaron la correlación entre las metodologías Assessment of Repetitive Tasks (ART) y Occupational Repetitive Actions (OCRA) para la valoración del riesgo asociado a tareas repetitivas de miembros superiores. Los resultados demostraron una correlación significativa entre ambas herramientas, aunque los autores señalaron que las diferencias en los criterios de evaluación pueden generar variaciones en la clasificación del riesgo. Estos hallazgos respaldan la utilización de ambas metodologías y destacan la importancia de seleccionar la herramienta de evaluación de acuerdo con las características de la tarea y el propósito del análisis ergonómico.

El HAL/TLV-HAL propuesto por ACGIH (2022) representa un enfoque cuantitativo validado clínicamente, combinando frecuencia de uso de la mano con la intensidad del esfuerzo y contrastándolo con valores límite (Threshold Limit Values). Es altamente valorado en la literatura científica por su rigor y validación epidemiológica, sin embargo, requiere mediciones precisas de carga y frecuencia, lo que lo hace menos accesible en campo sin equipamiento adicional o entrenamiento. Por último, la versión rápida OCRA/Mini-OCRA o Check-List (Colombini, Occhipinti & Grieco, 2002) permite una evaluación preliminar ágil, útil como cribado inicial para priorizar puestos críticos antes de una intervención completa. Su limitación radica en que no sustituye un

análisis detallado, pero representa una herramienta valiosa para empresas con recursos limitados.

Estudios en Latinoamérica y Asia han aplicado metodologías ergonómicas enfocadas en la evaluación de tareas repetitivas, aportando evidencia significativa sobre los factores de riesgo asociados a trastornos musculoesqueléticos (TME). En Brasil, Silva y Carvalho (2018) utilizaron el método OCRA-Checklist para analizar 12 estaciones de una línea de ensamblaje automotriz en São Paulo. El 75 % de los puestos evaluados presentó riesgos medios o altos, especialmente por la frecuencia elevada de ciclos (>30 por minuto) y cargas manipuladas mayores a 2 kg. Como resultado, se recomendó rotación de tareas y rediseño de puestos, aunque el estudio no incluyó evaluación post-intervención. En México, González y Hernández (2019) aplicaron el método Job Strain Index (JSI) en una planta de empaquetado de alimentos. Los resultados mostraron un índice promedio de 7.8, indicando riesgo moderado-alto, y se identificó que la extensión de la muñeca y la velocidad del trabajo eran los factores más críticos. Sin embargo, el estudio se limitó al análisis de extremidades superiores, sin considerar factores organizacionales ni turnos nocturnos.

Desde India, Patel y Rao (2020) evaluaron operadores de montaje de placas de circuito impreso mediante el método HAL (Hand Activity Level), identificando que el 68 % de los trabajadores superaban los límites de acción recomendados. El estudio evidenció una alta correlación entre el índice HAL y síntomas en la muñeca, lo cual validó la utilidad de esta herramienta en

entornos industriales de precisión, aunque se criticó su enfoque limitado en frecuencia e intensidad sin contemplar otros riesgos.

En Colombia, Ramírez, Chiriboga y Vega (2021) utilizaron OCRA-Index en operarias de floricultura. El índice OCRA fue mayor en trabajadores sin rotación de tareas, lo que reforzó la importancia de esta práctica preventiva. La comparación entre empresas evidenció que la rotación laboral influye positivamente en la reducción de riesgos, aunque no se aisló su efecto para una evaluación más robusta. En Indonesia, Anwar y Putri (2018) aplicaron el OCRA-Checklist en una planta de procesamiento de semillas de maíz. Se identificaron valores altos de riesgo en tareas como pelado y empaquetado, principalmente debido a la frecuencia de movimientos y la falta de pausas. Aunque el método fue útil para priorizar intervenciones, no se consideraron variables ambientales relevantes como temperatura y humedad.

Desde España, García et al. (2020) implementaron el método OCRA en una cadena de montaje de componentes eléctricos. Hallaron que el 70 % de los trabajadores estaban en zona de riesgo y la intervención ergonómica permitió reducir los valores del índice en un 25 %. A diferencia de estudios latinoamericanos, incluyeron fase de validación post-intervención. En China, Zhao et al. (2021) compararon OCRA, HAL y TLV-HAL en una empresa de ensamblaje electrónico. Concluyeron que OCRA era más sensible en detectar sobrecarga muscular, mientras que HAL subestimaba tareas con pausas irregulares. La triangulación de métodos se presentó como una ventaja para diagnósticos más precisos en entornos con alta variabilidad de tarea.

Finalmente, en Argentina, Bustos et al. (2023) emplearon JSI y HAL en una empresa de confección textil. El 60 % de las operarias presentaba valores altos en ambas metodologías, especialmente en actividades de costura fina. El estudio recomendó pausas activas y rediseño de herramientas, aunque reconoció que la estandarización de criterios entre métodos era limitada.

d) Empuje o Arrastre

- Tablas de Snook y Ciriello: Desarrolladas por Liberty Mutual y basadas en estudios fisiológicos y psicofísicos, estas tablas permiten estimar los límites de peso aceptables para tareas de empuje y tracción en función del género, frecuencia, distancia y altura. Se han convertido en una referencia clásica en ergonomía (Snook & Ciriello, 1991).
- International Organization for Standardization. (2007). ISO 11228-2: Ergonomics—Manual handling—Part 2: Pushing and pulling. ISO: Esta norma internacional proporciona criterios detallados para evaluar tareas de empuje y tracción, considerando la fuerza inicial, fuerza sostenida, frecuencia, duración, superficie y postura. Es ampliamente adoptada como base normativa en sistemas de gestión ergonómica (ISO, 2007).
- Revised NIOSH Lifting Equation adaptada a empuje/tracción: Aunque originalmente diseñada para levantamiento, varios estudios han propuesto adaptaciones de la ecuación de NIOSH para estimar riesgos en empuje y tracción, particularmente en combinación con modelos biomecánicos del momento lumbar (Waters et al., 1993; Marras, 2008).
- Push-Pull Guidelines del Health and Safety Executive (HSE), Reino Unido: El HSE ha desarrollado guías específicas para tareas de empuje y tracción,

con recomendaciones de límites de fuerza máxima y sostenida, incluyendo factores como el tipo de superficie, ruedas, pendiente y entorno organizacional (HSE, 2002).

- Key Indicator Method – Pushing and Pulling (KIM-PP): Versión del método KIM desarrollada por el Instituto Alemán BAuA, específicamente para tareas de empuje y tracción. Evalúa factores como distancia recorrida, fuerza requerida, frecuencia, postura corporal y condiciones del entorno (BAuA, 2012).
- Revised Liberty Mutual Tables: Versión actualizada de las tablas originales de Snook y Ciriello, con ajustes para tareas de empuje y arrastre en contextos modernos, incluyendo el uso de carros, carretillas y maquinaria asistida. Se usan en software como 3DSSPP y ErgoPlus.
- Assessment of Manual Handling of Carts (AMHC): Método reciente desarrollado en Asia (Japón y Corea) que integra sensores de fuerza y análisis cinemático para evaluar tareas de empuje con carros de carga, especialmente en hospitales e industria manufacturera ligera (Kim et al., 2019).

Las metodologías ergonómicas desarrolladas a nivel mundial para analizar tareas de empuje y tracción han evolucionado desde modelos psicofísicos clásicos, como las Tablas de Snook y Ciriello (1991), hacia enfoques más integrales como la norma ISO 11228-2 (2007). Las tablas de Snook han sido ampliamente utilizadas por su facilidad y aplicabilidad directa en campo, pero su principal limitación es que no consideran factores biomecánicos complejos ni condiciones específicas del entorno. Por otro lado, la ISO 11228-2

proporciona una evaluación más robusta y técnica, incluyendo fuerza inicial y sostenida, postura, frecuencia y tipo de superficie, siendo ideal para entornos industriales complejos que requieren cumplimiento normativo.

Herramientas más recientes como el método KIM-PP (desarrollado por el Instituto BAuA, Alemania) y las guías del Health and Safety Executive (HSE) del Reino Unido han aportado alternativas prácticas con enfoque semicuantitativo. Estas permiten intervenir en factores organizativos, ambientales y posturales con mayor facilidad en auditorías internas o diagnósticos rápidos. Sin embargo, su precisión puede ser limitada frente a tareas que requieren una evaluación más detallada biomecánicamente, como lo permite la ecuación revisada de NIOSH adaptada para empuje y arrastre. Esta última, aunque precisa, es poco práctica en campo debido a su complejidad técnica y necesidad de instrumentación específica.

Más recientemente, metodologías como el Assessment of Manual Handling of Carts (AMHC), desarrolladas en Asia, integran sensores de fuerza y análisis cinemático para evaluar tareas en tiempo real, siendo ideales en hospitales y líneas de manufactura con uso intensivo de carros. Esta tendencia demuestra una creciente sofisticación en las herramientas de evaluación, aunque también revela una brecha en su accesibilidad y aplicabilidad práctica en países con menor nivel de automatización o recursos limitados. En conjunto, estas metodologías permiten elegir enfoques adecuados según el contexto: desde herramientas rápidas para diagnóstico inicial hasta modelos complejos para rediseño profundo de procesos laborales.

Diversas investigaciones internacionales han aplicado metodologías de evaluación ergonómica en tareas de empuje y tracción, ofreciendo evidencia empírica sobre su efectividad y limitaciones. En Alemania, Klusmann et al. (2010) evaluaron el método Key Indicator Method – Pushing and Pulling (KIM-PP) en el sector industrial, particularmente en tareas con carros de transporte. El estudio concluyó que el método permite identificar niveles de riesgo significativos relacionados con la fuerza ejercida y la distancia recorrida. Sin embargo, una de sus principales críticas es que, al tratarse de una herramienta semicuantitativa, depende de una buena capacitación del evaluador y presenta limitaciones para tareas con esfuerzos variables o poco repetitivos.

En los Estados Unidos, las Tablas de Snook y Ciriello fueron validadas experimentalmente mediante estudios psicofísicos con trabajadores de ambos sexos (Snook & Ciriello, 1991). Estas tablas, ampliamente utilizadas en el diseño ergonómico, permiten establecer pesos máximos aceptables para empujar y arrastrar cargas. Se evidenció que las diferencias de género, la altura de las asas y la frecuencia de la tarea influyen directamente en el esfuerzo percibido. No obstante, su aplicación práctica es limitada para contextos con herramientas asistidas o superficies irregulares, lo que ha llevado a su actualización e integración en software como 3DSSPP.

En Malasia, Selvan y Abdol Rahman (2021) aplicaron la metodología Push/Pull Guidelines del HSE en el sector hospitalario, donde se manipulan camillas y carros de instrumental. Identificaron que los factores críticos para el riesgo disergonómico son el tipo de ruedas, la pendiente del suelo y la frecuencia de traslado. El estudio recomendó rediseñar rutas de circulación y establecer

estándares de fuerza máxima aceptable. Una limitación clave fue la escasa documentación previa sobre fuerza sostenida en contextos tropicales, lo que resalta la necesidad de adaptar las guías al entorno físico y organizacional local.

En Serbia, Petrovic et al. (2022) realizaron un estudio experimental en entornos industriales sobre el uso de carretillas manuales (handcarts), combinando datos cinemáticos y sensores de fuerza. El estudio halló que la fatiga y el dolor lumbar se incrementaban con tareas prolongadas de empuje, especialmente en trabajadores con menor condición física. Se propuso integrar estos resultados con modelos biomecánicos para una evaluación más precisa. No obstante, se criticó la falta de representatividad en la muestra, ya que se usaron voluntarios universitarios en lugar de operarios reales.

En conjunto, estos estudios muestran cómo la evaluación ergonómica del empuje y arrastre debe considerar no solo variables biomecánicas y fisiológicas, sino también factores contextuales como el entorno físico (superficie, pendiente, espacio disponible), la carga psicológica asociada al ritmo de trabajo y los recursos técnicos disponibles en el entorno laboral. Métodos clásicos como las Tablas de Snook y Ciriello (Snook & Ciriello, 1991) y la norma ISO 11228-2:2007 proporcionan criterios técnicos sólidos para establecer límites aceptables de fuerza inicial y sostenida, frecuencias y condiciones de trabajo. Sin embargo, estas herramientas tienden a simplificar las variaciones individuales y no siempre capturan las complejidades del trabajo real en terreno. Por otro lado, metodologías más recientes como el Key Indicator Method – Pushing and Pulling (KIM-PP) (BAuA, 2012) o el Assessment of Manual Handling of Carts (AMHC) desarrollado en Asia (Kim et al., 2019), ofrecen un análisis más integral al incluir

variables como la postura global, la distancia recorrida, el tipo de equipo de transporte y las condiciones organizacionales. No obstante, estas metodologías exigen una mayor formación técnica, recursos tecnológicos como sensores de fuerza o análisis cinemático, y mayor tiempo para su aplicación. Así, se concluye que una gestión efectiva del riesgo por empuje y arrastre requiere integrar herramientas clásicas con métodos modernos, adaptándolos al contexto operativo y al perfil de los trabajadores involucrados.

4.5 Medidas de control en ergonomía

Las medidas de control en ergonomía comprenden un conjunto de estrategias diseñadas para eliminar, reducir o mitigar los riesgos disergonómicos presentes en el entorno laboral, con el objetivo de proteger la salud del trabajador y mejorar su desempeño. Estas medidas deben implementarse de forma jerarquizada, conforme a la pirámide de control de riesgos, priorizando las soluciones en su origen y complementándolas con controles administrativos y el uso adecuado de equipos de protección individual, cuando corresponda (NIOSH, 2015).

4.5.1 Controles en la fuente del riesgo

La estrategia más eficaz en ergonomía es intervenir directamente en el origen del riesgo, es decir, rediseñar el puesto de trabajo, las herramientas o el proceso mismo para que se adapten a las capacidades físicas, cognitivas y sensoriales del trabajador. Esta aproximación no solo reduce la exposición a factores de riesgo, sino que también mejora la eficiencia operativa y disminuye la probabilidad de aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME) en el mediano y largo plazo (NIOSH, 2015; Guérin et al., 2007).

Las medidas de control en la fuente incluyen:

a) Rediseño del puesto o estación de trabajo:

Implica adaptar el espacio físico según los principios de antropometría funcional, permitiendo al trabajador mantener posturas neutras y evitar esfuerzos innecesarios. Esto considera aspectos como la altura del plano de trabajo, el alcance horizontal y vertical de herramientas o materiales, y la disposición lógica de los elementos para reducir movimientos innecesarios (INSST, 2014).

b) Automatización parcial o total de tareas repetitivas:

La incorporación de sistemas automatizados (robots colaborativos, alimentadores automáticos, brazos mecánicos) puede eliminar actividades manuales repetitivas y de alto esfuerzo. Por ejemplo, en la industria automotriz o alimentaria, se ha logrado disminuir la prevalencia de TME mediante celdas de trabajo con asistencia mecánica (Zadry & Dawal, 2012).

c) Sustitución de herramientas manuales:

Se promueve el uso de herramientas neumáticas, eléctricas o de diseño ergonómico con empuñaduras anatómicas, baja vibración y menor peso. Estas herramientas no solo disminuyen el esfuerzo requerido, sino que mejoran el control del movimiento, reduciendo el riesgo de fatiga y lesiones (Colombini, Occhipinti & Grieco, 2002; Fundacentro, 2017).

d) Diseño e implementación de mobiliario ajustable:

Especialmente relevante en oficinas y estaciones administrativas, el mobiliario ergonómico sillas con soporte lumbar, mesas regulables, soportes para monitores permite que cada usuario configure su entorno de forma personalizada, previniendo dolencias por posturas mantenidas o no adaptadas (IBV, 2003; ISO 9241-5, 1998).

e) Control del entorno físico:

El rediseño también incluye condiciones de iluminación, ventilación, temperatura y ruido. Un entorno mal climatizado o iluminado puede forzar al trabajador a adoptar posturas forzadas o a realizar esfuerzos visuales adicionales, afectando directamente su rendimiento y salud (ISO 6385:2016).

En relación con las medidas de control de ingeniería, Mehta et al. (2011) evaluaron el impacto de diferentes características de diseño de camas hospitalarias sobre las demandas físicas del personal sanitario durante el transporte y la movilización de pacientes. Los resultados mostraron que la incorporación de sistemas de bloqueo direccional, altura ajustable del punto de empuje y mecanismos que reducen el deslizamiento del paciente disminuyen significativamente la carga biomecánica asociada a estas tareas. Estos hallazgos respaldan la importancia del rediseño del equipamiento como estrategia preventiva para reducir la exposición a factores de riesgo ergonómico.

Estas acciones, alineadas con el principio de diseño centrado en el ser humano, constituyen el nivel más alto de la jerarquía de controles de riesgos y son fundamentales en programas de ergonomía proactiva. Estudios en entornos industriales, hospitalarios y administrativos han demostrado que el rediseño efectivo puede reducir hasta en un 40% los reportes de dolor musculoesquelético y

mejorar la productividad entre un 15 y 25% (Hedge, 2016; Escalante & Guaita, 2022).

4.5.2 Controles administrativos

Cuando la eliminación del riesgo desde su origen no es viable técnica o económicamente, las medidas organizacionales o administrativas se convierten en una herramienta clave para reducir la exposición a factores disergonómicos. Estas estrategias están orientadas a modificar el modo en que el trabajo se organiza, distribuye o ejecuta, con el fin de reducir la duración, frecuencia o intensidad del esfuerzo físico y mental asociado a determinadas tareas, tal como lo reconocen organismos como el INSST (2014), la OSHA (2020) y el MINSAL (2016).

Entre las medidas más comunes destacan:

- a) Rotación de tareas: Es una técnica preventiva ampliamente aplicada en entornos industriales, la cual busca alternar tareas con diferentes exigencias físicas, cognitivas o posturales para evitar la fatiga localizada o el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos. Se recomienda que la rotación no solo cambie el tipo de esfuerzo, sino también el grupo muscular involucrado (INSST, 2014; Colombini, Occhipinti & Grieco, 2002).
- b) Pausas activas o descansos programados: Estas deben planificarse según el nivel de carga física y mental de la tarea. En trabajos con uso intensivo de computadoras, por ejemplo, se recomienda realizar micro pausas de 5 minutos cada hora para reducir la fatiga visual y postural (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2020; Ministerio de Salud de Chile [MINSAL], 2016).

- c) Capacitación y sensibilización: Entrenar a los trabajadores en principios de ergonomía, biomecánica básica y técnicas adecuadas de manipulación de cargas ha demostrado mejorar la percepción del riesgo y reducir la incidencia de lesiones. La formación debe estar adaptada al puesto y debe actualizarse periódicamente (Fundacentro, 2017; American Industrial Hygiene Association [AIHA], 2020).
- d) Planificación del trabajo: La organización de turnos, descansos y ritmos de producción debe considerar los límites fisiológicos del cuerpo humano. Una carga excesiva sin tiempos adecuados de recuperación puede generar sobrecarga física y psicológica, especialmente en labores repetitivas o de alta exigencia (Karsh et al., 2001; IEA, 2022).

Además, se ha comprobado que el liderazgo participativo y la inclusión de los trabajadores en los procesos de mejora ergonómica fortalecen el compromiso organizacional y la eficacia de las intervenciones. De hecho, enfoques como la ergonomía participativa han sido exitosamente implementados en industrias de manufactura, minería, salud y tecnología en países como Brasil, Canadá, Alemania y Colombia (Pinto, 2015; Bao et al., 2016).

4.5.3 Medidas complementarias individuales (equipos de protección y hábitos)

Si bien las intervenciones ergonómicas más efectivas se orientan al control en la fuente del riesgo y a la organización del trabajo, existen medidas individuales complementarias que pueden contribuir a reducir temporalmente la exposición o mejorar la percepción de confort del trabajador dentro de una estrategia integral de prevención.

Estas medidas no sustituyen el rediseño ergonómico del puesto de trabajo ni las intervenciones organizacionales, sino que actúan como apoyo en situaciones específicas (OSHA, 2020; CCOHS, 2022).

Entre los controles personales más frecuentes destacan:

- a) Equipos de protección individual (EPI/EPP) ergonómicos: Se incluyen elementos como guantes antideslizantes que mejoran el agarre y reducen la carga muscular de manos y antebrazos, rodilleras para tareas prolongadas en posición de arrodillado y calzado ergonómico con absorción de impacto. Estos EPP deben seleccionarse según criterios de confort, peso, ventilación y diseño antropométrico, ya que su mal uso puede generar una falsa percepción de seguridad o incomodidad (Instituto de Biomecánica de Valencia [IBV], 2003; Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2020).
- b) Educación postural y biomecánica básica: La promoción de hábitos saludables como la alineación correcta de la espalda, evitar giros del tronco durante el levantamiento, usar ambas manos para cargar objetos o adoptar pausas para estiramiento, contribuyen significativamente a reducir la incidencia de molestias musculoesqueléticas, especialmente en labores con bajo nivel de automatización o alta repetitividad (Fundacentro, 2017; Canadian Centre for Occupational Health and Safety [CCOHS], 2022).
- c) Autopercepción y autocuidado: Capacitar al personal para reconocer señales tempranas de sobrecarga física como fatiga localizada, entumecimiento o incomodidad persistente permite activar mecanismos de prevención temprana. Esto incluye notificar al área de seguridad y salud ocupacional, solicitar

rotación o ajustes del puesto y participar activamente en los programas de ergonomía participativa (Morais & Silva, 2019).

Es fundamental aclarar que el uso de EPP o la modificación de hábitos personales no reemplaza las acciones prioritarias en la fuente o en la organización del trabajo. Sin embargo, cuando se utilizan como medida de control residual o transitoria, pueden mitigar los efectos de una exposición no controlada y contribuir a una cultura preventiva sostenida en el tiempo.

Investigaciones en Asia y América Latina han demostrado que la implementación de medidas ergonómicas –ya sean en la fuente del riesgo, de tipo organizacional o enfocadas en el trabajador– puede generar mejoras significativas en la salud ocupacional, aunque persisten desafíos metodológicos y operacionales. En Brasil, Moriguchi et al. (2020) realizaron un ensayo clínico aleatorizado en oficinas, donde el rediseño de estaciones de trabajo adaptadas a la antropometría del usuario permitió una disminución significativa del dolor musculoesquelético en cuello, hombros y muñecas. Sin embargo, no se observaron cambios relevantes en la zona lumbar ni en codos, y el seguimiento fue de corto plazo. Este estudio resalta la eficacia de intervenir en la fuente del riesgo, pero también los límites de hacerlo sin una estrategia multimodal.

En Asia, Jin et al. (2025) desarrollaron una intervención ergonómica integral en una línea de ensamblaje de vehículos que combinó rediseño físico, formación y materiales educativos. Evaluando con la herramienta QEC, observaron una reducción significativa de riesgos disergonómicos en cuello, espalda, hombros y muñecas. A pesar de su efectividad, no se pudo atribuir a un solo componente los

resultados obtenidos, y el efecto Hawthorne fue una posible interferencia. De forma complementaria, una revisión sistemática realizada por Mohamed Thari et al. (2023) identificó que en países asiáticos las intervenciones más efectivas combinaban modificaciones físicas con estrategias administrativas, aunque señaló la escasa estandarización y seguimiento como barreras clave.

En cuanto a las medidas organizacionales, Comper y Padula (2014) evaluaron la rotación de tareas en la industria brasileña. Aunque no se evidenció una disminución significativa del riesgo físico, sí se reportaron mejoras en factores psicosociales como la percepción de control y satisfacción laboral. Esto revela que los controles organizativos deben ser cuidadosamente planificados para evitar efectos contraproducentes. Un estudio más reciente de Espíritu et al. (2024) en el sector industrial peruano encontró que las empresas aplican medidas como pausas activas, rediseño de herramientas y rotación, pero también identificó una limitada validación científica de su eficacia en el contexto latinoamericano.

Respecto a los controles personales, Rodríguez et al. (2023) en Colombia evaluaron el uso de cinturones lumbares y guantes ergonómicos en trabajadores de carga manual. Aunque los EPP ayudaron a disminuir la percepción de esfuerzo, los investigadores concluyeron que no sustituyen intervenciones técnicas o administrativas. Por su parte, Liao et al. (2021) en Taiwán probaron una intervención basada en educación postural y pausas activas en trabajadores de oficinas públicas, logrando disminuir el dolor cervical y mejorar la conciencia corporal, aunque con escasa adherencia a largo plazo. Finalmente, Pinto (2015) documentó un programa de ergonomía participativa en la industria gráfica en Brasil, el cual logró reducir el ausentismo y mejorar la percepción de control por

parte de los trabajadores, pero enfrentó resistencia inicial de supervisores por falta de sensibilización previa.

En conjunto, estos ocho estudios evidencian que las estrategias más eficaces en ergonomía son aquellas que combinan intervenciones en la fuente, organizacionales y personales, articuladas mediante un enfoque participativo. La limitación común radica en la sostenibilidad de los cambios, la falta de seguimiento longitudinal y la dificultad de medir el impacto individual de cada medida. Además, las intervenciones personales, aunque importantes, deben entenderse siempre como complementarias, y no como sustitutos de cambios estructurales. Así, la clave de una ergonomía efectiva radica en diseñar sistemas de trabajo adaptados al ser humano, educar a los trabajadores y promover una cultura preventiva desde la organización.

La implementación de medidas de control ergonómico no debe considerarse una acción aislada o puntual, sino parte de un proceso sistemático dentro del ciclo de mejora continua. Evaluar la eficacia de dichas medidas implica no solo verificar la reducción de factores de riesgo físicos, sino también su impacto en la salud, productividad y satisfacción del trabajador. Para ello, es fundamental establecer indicadores ergonómicos cuantificables y mecanismos de seguimiento sostenido en el tiempo (Guérin et al., 2007; IEA, 2022; INSST, 2014).

Entre los principales indicadores de seguimiento ergonómico se encuentran: la disminución de quejas musculoesqueléticas reportadas en evaluaciones médicas o encuestas internas, la reducción del ausentismo por causas osteomusculares, mejoras en la eficiencia operativa (como reducción de tiempos de ciclo, errores o

rotación de personal), y el incremento del cumplimiento de pausas activas o del uso adecuado del mobiliario y los equipos de protección personal ergonómicos. Estos indicadores permiten evaluar de forma objetiva el impacto de las medidas implementadas, siempre que los datos sean recolectados de manera estructurada, periódica y comparados antes y después de la intervención (Guérin et al., 2007; Fundacentro, 2017; OSHA, 2020).

Asimismo, se recomienda utilizar herramientas de auditoría ergonómica periódica como listas de verificación, análisis fotográficos o software de evaluación postural. La retroalimentación directa del trabajador es esencial, pues su percepción permite identificar barreras de implementación, disconformidades o ajustes necesarios en el diseño o en la gestión del cambio (Guérin, Laville, Daniellou, Durauffourg & Kerguelen, 2007; Hedge, 2016).

La mejora continua también implica revisar y actualizar periódicamente los métodos de evaluación utilizados, adaptándose a cambios tecnológicos, organizacionales o normativos. Por ejemplo, estudios como el de Escalante & Guaita (2022) destacan la necesidad de integrar nuevas tecnologías (como sensores, wearables o aplicaciones móviles) para monitorear en tiempo real la carga postural o la repetitividad, fortaleciendo la precisión del diagnóstico y la efectividad de las acciones correctivas. De igual forma, se ha demostrado que la integración de sistemas de gestión ergonómica dentro de marcos como ISO 45001 o programas de calidad total (TQM, Lean Manufacturing) contribuye a institucionalizar la ergonomía como parte del ADN organizacional, garantizando su sostenibilidad y legitimidad dentro del sistema productivo. En conclusión, la evaluación de resultados y la mejora continua no solo validan la efectividad de los

controles implementados, sino que fortalecen la cultura preventiva, fomentan la innovación ergonómica y aseguran una adaptación constante a los nuevos desafíos del entorno laboral.

V. CONCLUSIONES

- A. Respecto a la identificación de modelos y corrientes ergonómicas aplicadas a nivel internacional, la evidencia científica revisada demuestra que existen tres modelos que son biomecánicos, antropométricos y sistémicos dando este último un modelo global del sistema de trabajo involucrando la persona, procesos, actividad y limitaciones, este modelo guarda relación sobre la ejecución de la ergonomía participativa el cual interviene en el sistema de trabajo dando una integración del entorno laboral. Con respecto a las corrientes ergonómicas se tiene dos corrientes la Escuela Americana y Escuela Francófonas cada una tiene sus limitaciones y fortalezas, sin embargo, en las herramientas ergonómicas han crecido bajo la influencia de la Escuela Americana debido a que es más descriptivo sobre el trabajo del trabajador y la Escuela Francófona hace mayor referencia sobre el sistema de trabajo y el entorno del trabajador, siendo él su principal eje.
- B. En relación con la recopilación de información sobre los factores de riesgos disergonómicos se obtuvo en posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulaciones manuales de carga, empuje y tracción, además de condiciones ambientales, organizacionales y psicosociales que influyen de forma directa e indirecta hacia la aparición de TME, además, los más referenciados fueron posturas forzadas y en el último orden movimientos repetitivos
- C. En la clasificación de metodologías para su identificación de factores de riesgo disergonómicos el análisis de información permitió clasificarlo según el tipo de riesgo, grupo corporal evaluado y por el contexto de aplicación o

rubro económico (industrial, minería, manufacturera, administrativa, sanitario, entre otros), esto permite y facilita una selección adecuada de instrumentos de medición según características de cada puesto de trabajo.

- D. Respecto a la revisión de metodologías de evaluación de riesgos disergonómicos, se concluye que no existe una única herramienta universal, sino un conjunto de métodos cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos que deben ser seleccionados en función del tipo de actividad, objetivo del análisis y los recursos disponibles. Por ejemplo, en la literatura evidenciada hace mención que las metodologías como: RULA, REBA, OWAS, OCRA o NIOSH presentan ventajas y limitaciones que deben ser conocidas por los evaluadores.
- E. En cuanto a la identificación de las medidas de control en ergonomía, se concluye que las acciones más efectivas son aquellas que actúan en la fuente del riesgo (diseño, rediseño de puestos, automatización y mobiliario ergonómico). Las medidas organizacionales y personales complementan el control, pero no lo sustituyen. Asimismo, se destaca la necesidad de que toda intervención forme parte de un sistema de mejora continua con participación de los trabajadores.

Las principales limitaciones del presente trabajo estuvieron relacionadas con la disponibilidad y homogeneidad de la evidencia científica. En primer lugar, se identificó una limitada producción bibliográfica de alto nivel sobre los fundamentos teóricos de los modelos y corrientes ergonómicas, especialmente respecto a su evolución conceptual y análisis comparativo, predominando documentos clásicos y literatura de carácter descriptivo. En segundo lugar, la

mayor parte de la evidencia disponible correspondió a estudios observacionales, descriptivos y de aplicación metodológica, orientados principalmente a la evaluación de riesgos disergonómicos mediante herramientas específicas, existiendo una menor disponibilidad de investigaciones experimentales o longitudinales que permitieran evaluar la efectividad de dichas metodologías y de las intervenciones ergonómicas a largo plazo. Asimismo, la heterogeneidad en los contextos laborales, sectores económicos y criterios de aplicación de las diferentes metodologías dificultó la comparación directa entre los estudios revisados.

VI. RECOMENDACIONES

- A. Los estudios y programas de gestión de riesgos disergonómicos se deben incorporar de manera sistemática a los distintos enfoques y/o corrientes ergonómicas identificadas en la literatura internacional, integrando los principios de la ergonomía biomecánica, antropométrica y sistémica en el análisis del trabajo, permitiendo comprender de manera mas completa la integración entre trabajador, actividad, herramientas y entorno organizacional, evitando enfoques centrados únicamente en el ajuste de carga física del puesto de trabajo. Para las siguientes investigaciones se sugiere considerar como base la selección de metodologías de evaluación ergonómica y el diseño de intervenciones preventivas en contextos laborales complejos, donde intervienen factores organizacionales, humanos y técnicos.
- B. Se recomienda priorizar institucionalizar la correcta aplicación de determinación de los factores de riesgos disergonómicos en las industrias

permitiendo con esto una adecuada aplicación de herramienta evaluativa según el tipo de factor de riesgo disergonómico.

- C. Establecer protocolos que definan con claridad el uso de herramientas específicas según el tipo de riesgo (exposición postural, repetitividad, manipulaciones de carga, empuje- tracción entre otras), grupo corporal (segmentos con mayor frecuencia de uso según la actividad) y contexto de aplicación (definir por grupos metodológicos aquellos que permitan garantizar su alineación y detección temprana preventiva sobre la exposición del riesgo disergonómico).
- D. Fortalecer la formación y capacitación técnica en ergonomía aplicada al trabajo, incorporando contenidos prácticos y ejecutables en la realidad sobre las industrias con el fin de alinear metodologías ergonómicas y consolidar una cultura preventiva integrada.
- E. Es recomendable la aplicación científica en los sectores económicos del país, con respecto a la aplicación de medidas de control en ergonomía, dando principal valor ejecutable sobre las mejoras en la fuente de riesgo, pudiendo ser: rediseño de puesto o estación del trabajo, automatización parcial o total, sustitución de herramientas manuales, diseño e implementación de mobiliario y control del entorno físico; y en menor medida el uso de los controles administrativos que pueden ser rotaciones de tareas, pausas activas o descansos, capacitaciones y planificación del trabajo, que a pesar que son medidas de control no necesariamente afecta directa e indirectamente sobre el riesgo disergonómico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrahão JI, Sznelwar LI, Silvino AMD, Sarmet MM, Pinho DLM. Introdução à ergonomia. São Paulo: Blucher; 2009.

Alam, M., et al. (2024). Lumbar forces during load lifting of construction workers: A comparative study between brick and bag lifting.

Álvarez E, Hernández A, Tello S, Gil R. Guía para la identificación de peligros ergonómicos. 1a ed. Catalunya: Secretaria de Política Sindical – Salut Laboral; 2012.

Alwabli, A., et al. (2024). Ergonomic assessment among workers in the date palm industry using REBA, RULA and Rodgers Muscle Fatigue Analysis. BMC Musculoskeletal Disorders.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati (OH): ACGIH; 2022.

American Industrial Hygiene Association (AIHA). Ergonomic assessment toolkit. Falls Church (VA): AIHA; 2020.

Anwar R, Putri A. OCRA index application. J Ergon. 2018;8(2).

Armstrong TJ, Buckle P, Fine LJ, et al. Conceptual model for work-related MSDs. Scand J Work Environ Health. 1993;19(2):73-84.

Asociación Internacional de Ergonomía. Definición y dominios de la ergonomía. Madrid: INSST; 2019.

BAuA. Key Indicator Method – Lifting, Holding, Carrying. Dortmund: BAuA; 2007.

Battevi, N., Menoni, O., Ricci, M. G., & Cairoli, S. (2006). MAPO index for risk assessment of patient manual handling in hospital wards: A validation study. *Ergonomics*, 49(7), 671–687.

Battevi, N., & Menoni, O. (2012). Screening of risk from patient manual handling with MAPO method. *Work*, 41(Suppl. 1), 1920–1927.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). (2012). Key Indicator Method for Pushing and Pulling.

Castillo J, Morales A, Sánchez P. Aplicación de datos antropométricos en el diseño ergonómico de mobiliario hospitalario. *Rev Erg Salud Ocup*. 2018;12(2):45-53.

Cantarella, C., Stucchi, G., Menoni, O., Consonni, D., Cairoli, S., Tasso, M., Manno, R., Galinotti, L., & Battevi, N. (2020). *MAPO method to assess the risk of patient manual handling in hospital wards: A validation study. Human Factors*, 62(7), 1141–1149.

Carayon P, editor. Handbook of human factors and ergonomics in health care and patient safety. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2012.

Comper MLC, Padula RS. Job rotation and MSDs. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2014;15:70.

Chander, D. S., & Cavatorta, M. P. (2017). An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 32–41

Chaffin DB, Andersson GBJ, Martin BJ. *Occupational biomechanics*. 4th ed. Hoboken: Wiley-Interscience; 2006.

Dempsey PG, McGorry RW, Maynard WS. Ergonomic tools survey. *Appl Ergon.* 2005;36(4):489-503.

Dul J, Bruder R, Buckle P, et al. A strategy for human factors/ergonomics. *Ergonomics.* 2012;55(4):377-395.

Dul J, Weerdmeester B. *Ergonomía práctica*. 3a ed. Madrid: McGraw-Hill; 2008.

Elfeituri, F. E. (2001). A biomechanical analysis of manual lifting tasks performed in restricted workspaces. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 7(3), 333–346.

Ellegast R, Gaßmann J, Glitsch U. Validation of KIM. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2017;18:1-12.

Falzon P. *Ergonomia*. São Paulo: Blucher; 2007.

Fathi, H., Choobineh, A., Ghaem, M. R., Daneshmandi, H., & Kashfi, S. M. (2021). The correlation between ART and OCRA methods used for posture assessment of repetitive tasks. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22, 927.

Fundacentro. Pontos de verificação ergonômica. São Paulo; 2017.

Garg A, Kapellusch JM. Safe patient handling. *Ergonomics*. 2011;54(11):1003-1021.

García M, Pérez J, Ruiz F. Intervención ergonómica industrial. *Ergonomía Producción*. 2020;15(3):112-123.

Grandjean E. Ergonomía: adaptación del trabajo al hombre. 5a ed. Barcelona: Omega; 1993.

Gonçalves M, Arezes P. Anthropometric considerations in occupational ergonomics. *Int J Ind Ergon*. 2017;62:102-13.

González R, Hernández PG. Riesgo JSI en alimentos. *Rev Mex Ergon*. 2019;27(1):45-53.

Guillamón M, Torrente C, Gómez R, González R. Intervención digital ergonómica. *Rev Esp Salud Laboral*. 2021;1(1):63-72.

Guérin F, Laville A, Daniellou F, Duraffourg J, Kerguelen A. Compreender o trabalho para transformá-lo. São Paulo: Blucher; 2001.

Guerinoni Lahoud MR, Fadel AL, Santos AC. Método LEST en teletrabajo. *Rev Bras Saude Ocup*. 2023;48:e23.

Health and Safety Executive (HSE). Assessment of repetitive tasks (ART). London: HSE; 2010.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Ergonomía y psicología aplicada. Madrid: INSST; 2018.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2000). Lista de comprobación ergonómica. INSST.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2014). Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. INSST. Madrid: INSST; 2014.

Instituto de Biomecánica de Valencia. Manual para la PYME. Valencia: IBV; 2003.

International Labour Office & International Ergonomics Association. (2010). Ergonomic checkpoints (2nd ed.). ILO.

INACAL. Aplicación de normas ISO en manipulación manual. Lima: INACAL; 2021.

International Organization for Standardization. (2007). ISO 11228-2: Ergonomics—Manual handling—Part 2: Pushing and pulling. ISO.

Isler, M., Kucuk, M., & Guner, M. (2018). Ergonomic assessment of working postures in clothing sector with scientific observation methods. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(6), 757–771.

Jayaratne R, Fernando L. Contemporary anthropometric databases and ergonomic design. *Appl Ergon.* 2021;95:103120.

Jin X, Li Y, Wang Z, Zhou Y. Ergonomic intervention study. *BMC Public Health.* 2025;25:84.

Kamalinia, M., Nasl Saraji, G., Kee, D., Hosseini, M., & Choobineh, A. (2013). Postural loading assessment in assembly workers of an Iranian telecommunication manufacturing company. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 311–319.

Kee, D., & Karwowski, W. (2001). LUBA: An assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*, 32(4), 357–366.

Kee, D. (2022). Comparison of LEBA and RULA based on postural load criteria and epidemiological data on musculoskeletal disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 3967.

Kemmlert, K. (1995). A method assigned for the identification of ergonomic hazards: PLIBEL. *Applied Ergonomics*, 26(3), 199–211.

Kgakge, K., Chelule, P. K., Kahere, M., & Ginindza, T. G. (2024). Investigating the risk of patient manual handling using the Movement and Assistance of Hospital Patients method among hospital nurses in Botswana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(4), 399.

Kroemer KHE, Kroemer HB, Kroemer-Elbert KE. Ergonomics: how to design for ease and efficiency. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2001.

Lazăr, A. M., Repanovici, A., Baritz, M. I., Scutariu, M. M., Tătaru Ostafe, A. I., & Pantea, I. (2024). Postural Risks in Dental Practice: An Assessment of Musculoskeletal Health. *Sensors*, 24(19), 6240.

Li, G., & Buckle, P. (1999). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42(5), 674–695.

Liao CM, Chang CW, Yu CY. Postural education. *Int J Ind Ergon*. 2021;83:103151.

Marras WS. The working back. Hoboken: Wiley; 2008.

Márquez M. Modelos teóricos de TME. *Ing Ind Actual Nuevas Tend*. 2015.

Medeiros T, Alves R, Queiroz L. Ergonomic mismatch between classroom furniture and students. *Hum Factors Educ*. 2020;8(1):23-35.

Mehta, R. K., Horton, L. M., Agnew, M. J., & Nussbaum, M. A. (2011). Ergonomic evaluation of hospital bed design features during patient handling tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 647–652.

Mendinueta M, Herazo Y, Toro L, et al. Movimiento repetitivo. *AVFT*. 2020;39(6).

Menoni, O., Tasso, M., Manno, R., & Battevi, N. (2022). Application of MAPO (Movement and Assistance of Hospitalized Patients) method in hospitals and nursing homes: Frequency of manual patient handling—Part 2. *Ergonomics*, 65(7), 1001–1011.

Miller, D. (2018). *Final report: Ergonomics in the electronics industry*. Maquiladora Health and Safety Support Network (MHSSN).

Ministerio de Salud de Chile. Norma TMERT. Santiago: Gobierno de Chile; 2012.

Ministerio de Salud de Chile. Guía de ergonomía en oficinas. Santiago: MINSAL; 2016.

McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2007.

McAtamney L, Corlett EN. RULA: a survey method. *Appl Ergon*. 1993;24(2):91-99.

Mohamed Thari M, Pathiyil Ravi L, Krishnan R. Ergonomic interventions review. *Int J Occup Saf Ergon*. 2023.

Moriguchi CS, Alencar MCB, Coury HJCG, Padula RS. Ergonomic intervention RCT. *Appl Ergon*. 2020;82:102950.

Mondelo PR, Gregori E, Barrau P. *Ergonomía 1: fundamentos*. Barcelona: Ediciones UPC; 2001.

Moore, J. S., & Garg, A. (1995). The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5), 443–458.

Mork, M. M., et al. (2021). Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 84, 103233.

National Institute for Occupational Safety and Health. (2015). Hierarchy of controls. Centers for Disease Control and Prevention.

Ortiz Hugues, J. C., & Adorno, C. G. (2024). Rapid Upper Limb Assessment (RULA) and Rodgers Muscle Fatigue Analysis (RMFA) of dentists using optical microscope, loupes, or no magnification during endodontic access: A pilot study. *Journal of Contemporary and Advanced Dentistry*.

Occupational Safety and Health Administration. (2020). *Ergonomics: The study of work*. U.S. Department of Labor.

Patel M, Rao S. HAL method in PCB assembly. *Int J Ind Ergon*. 2020;76:102905.

Pinto RM. Ergonomía participativa. *Cienc Trab*. 2015;17(53):128-136.

Rodríguez LM, Castañeda DM, Vargas JC. Efecto EPP ergonómico. *Rev Cienc Salud*. 2023;21(3):1-12.

Roman-Liu, D., Groborz, A., & Tokarski, T. (2013). Comparison of risk assessment procedures used in OCRA and ULRA methods. *Ergonomics*, 56(10), 1584–1598.

Sánchez-Lite, A., García, M., Domingo, R., & Sebastián, M. A. (2019). *Comparing the effectiveness of three ergonomic risk assessment methods—RULA, LUBA, and NERPA—to predict the upper extremity musculoskeletal disorders. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1393.

Silva D, Arezes P. Advances in digital anthropometry for ergonomic product design. *Ergon Des*. 2022;30(4):12-21.

Silva AL, Carvalho EM. Índice OCRA en industria automotriz. *Rev Bras Saude Ocup*. 2018;43:e12.

Simonsson, P., & Rwamamara, R. (2009). Ergonomic exposures from the usage of conventional and self-compacting concrete. En *Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 313–322).

Singh, A., Kumar, R., & Sharma, R. (2016). Ergonomic analysis of welding operator postures. *International Journal of Engineering Associates*, 5(2), 117–122.

Snook, S. H., & Ciriello, V. M. (1991). The design of manual handling tasks: Revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 34(9), 1197–1213.

Souza GS, Bianchini FM, Arzua RT. Método QEC en panaderías. *Rev Bras Saude Ocup.* 2019;44:e21.

Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO). Informe técnico ergonómico. Santiago; 2015.

Takala, R., Pehkonen, M., Forsman, M., Hansson, G. Å., Mathiassen, S. E., Neumann, W. P., Sjøgaard, G., Veiersted, K. B., Westgaard, R. H., & Winkel, J. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 595.

Tani, Y., et al. (2024). Validity and Reliability of the Japanese Version of the MAPO Index (J-MAPO). *Physical Therapy Research*. Advance online publication.

Varghese, A., Panicker, V. V., & George, J. (2025). Posture assessment of rubber tappers: A comparative analysis of OWAS, REBA, RULA, and PERA methods. *La Medicina del Lavoro*, 116(3), Article 15875.

Vaca Gómez, D. M., & Cargua López, M. R. (2024). Análisis del riesgo ergonómicos en las operadoras de confección de las empresas formadoras de

la carrera de confección textil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 7544–7568.

Velásquez S, Valderrama S, Giraldo D. Procesamiento de caucho. *Rev Ing Competitividad*. 2016;18(1):233-245.

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749–776.

Wilson JR, Corlett N. *Evaluation of human work: a practical ergonomics methodology*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2005.

Wilson JR. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. *Appl Ergon*. 2014;45(1):5-13.

Zakerian, S. A., Haghdoost, A. A., Banaee, S., et al. (2015). *Evaluation of ergonomic risk of manual handling of patients with MAPO index and its relationship with incidence of low back pain among nurses. Advanced Materials Research, 1016*, 637–641.

Zhao H, Wang L, Li Y. OCRA, HAL, TLV-HAL comparison. *J Occup Saf Ergon*. 2021;27(1):89-101.