





**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE TRABAJO Y COMPORTAMIENTO  
HUMANO**

Trabajo de Fin de Máster Titulado:

**“Métodos de evaluación ergonómica en el levantamiento  
manual de cargas: revisión sistemática exploratoria”**

Realizado por:

**CATALINA MENDOZA ZURITA**

Director del proyecto:

**Dr. Jorge Oswaldo Jara Díaz.**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL CON  
MENCION EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Quito, 28 de marzo de 2023

## **DECLARACION JURAMENTADA**

Yo, CATALINA DEL ROCÍO MENDOZA ZURITA, con cédula de identidad # 0602866741, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



060286674-1

FIRMA Y CÉDULA

## DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'J' followed by a vertical line extending downwards. A horizontal dashed line is drawn across the page, intersecting the vertical line of the signature.

Dr. Jorge Oswaldo Jara Díaz

## LOS PROFESORES INFORMANTES:

YOLIS CAMPOS

PAMELA MERINO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



---

Dra. Yolis Campos



---

Dra. Pamela Merino

Quito, 28 de marzo de 2023

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Catalina Mendoza Zurita', enclosed within a light blue rectangular border.

---

Catalina Mendoza Zurita

C.I.: 0602866741

Artículo de tesis

**Métodos de evaluación ergonómica en el levantamiento manual de cargas. Revisión sistemática exploratoria.**

Catalina Mendoza Zurita <sup>1</sup>, Oswaldo Jara (Tutor)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> catalina.mendoza@uisek.edu.ec

<sup>2</sup> oswaldo.jara@uiseek.edu.ec

**Resumen:** El levantamiento manual de carga (LMC) es un riesgo ergonómico que se presenta en muchos oficios, realizar esta actividad inadecuadamente puede llevar a desarrollar lesiones. El LMC es la principal causa de trastornos en la columna de origen laboral. En el Ecuador, el dolor lumbar y la hernia de disco ocupan el porcentaje más alto dentro las lesiones musculoesqueléticas reportadas (16,1%). Los métodos de evaluación son importantes

para valorar esta ac-

tividad, la aplicación de estos permite detectar el riesgo y prevenir el desarrollo de lesiones. Por lo que se tiene como objetivo realizar esta revisión para sintetizar los métodos de evaluación ergonómica aplicados para el LMC en población trabajadora desde el año 2015 hasta 2022. Metodología: se aplicó la técnica adaptada del enfoque PRISMA para revisiones sistemáticas exploratorias. Resultados: se incluyeron 21 artículos, de estos se extrajo 14 métodos de evaluación 4 software, 4 métodos observacionales, 6 dispositivos portátiles de evaluación. Se utilizó variables bibliométricas y variables que caractericen a las metodologías para describir los resultados. El método más utilizado en los artículos incluidos es el dispositivo portátil de unidades de medición inercial (IMUs), seguido por la electromiografía de superficie (sEMS), y el software de evaluación Tecnomatix Classic Jack. Conclusión: la actualización de los métodos de evaluación en LMC es constante y la aplicación de estos tiene un fin común que es reducir las lesiones musculoesqueléticas lumbares. Los métodos sintetizados en esta revisión invitan a realizar investigaciones futuras para profundizar el conocimiento de cada uno de ellos.

**Palabras clave:** Métodos 1; Evaluación 2; Levantamiento manual de carga 3; Ergonomía 4.

**Abstract:** Manual load lifting (MLL) is an ergonomic risk that occurs in many trades; performing this activity improperly can lead to developing injuries. MLL is the main cause of work-related spinal disorders. In Ecuador, low back pain and herniated disc occupy the highest percentage of reported musculoskeletal injuries (16.1%). The evaluation methods are important to assess this activity, the application of these allows to detect the risk and prevent the development of injuries. Therefore, the objective is to carry out this review to synthesize the ergonomic evaluation methods applied for MLL in the working population from 2015 to 2022. Methodology: the technique adapted from the PRISMA approach was applied for exploratory systematic reviews. Results: 21 articles were included, of which 14 evaluation methods were extracted, 4 software, 4 observational methods, 6 portable evaluation devices. Bibliometric variables and variables that characterize the methodologies were used to describe the results. The most widely used method in the included articles is portable inertial measurement units (IMUs), followed by surface electromyography (sEMS), and Tecnomatix Classic Jack evaluation software. Conclusion: the evaluation methods in CML are constantly updated and their application has a common goal, which is to reduce lumbar musculoskeletal injuries. The methods synthesized in this review invite future research to deepen the knowledge of each of them.

**Keywords:** Methods 1; Assessment 2; Manual lifting 3; Ergonomics 4.

## 1. Introducción

El levantamiento manual de carga es un factor de riesgo ergonómico presente en muchos oficios en algunos presentándose con mayor frecuencia y con cargas más voluminosas como en empresas de construcción, minera, agropecuaria, trabajadores de la salud (Pešáková y otros, 2018), en otros casos presentándose con menor frecuencia como en empresas de retail, comercio informal etc., pero siendo siempre una actividad que puede afectar la salud de los trabajadores (Tzu-Hsien, 2015) (Ibarra & Astudillo, 2021). Mantener una postura inadecuada durante esta actividad aumenta significativamente el riesgo de desarrollar lesiones musculares, articulares y en columna lumbar. Por esta razón las tareas de levantamiento manual de carga y las flexiones repetitivas de la espalda se han considerado como las principales causas de fatiga muscular, trastornos y lesión en la columna relacionadas al trabajo (Skals y otros, 2021).

El dolor lumbar se considera una enfermedad importante dentro de los trastornos musculoesqueléticos (TME). La prevalencia puntual de dolor lumbar fue de hasta el 9,4% a nivel mundial, y se identificó como la principal causa de discapacidad según el Estudio de la Carga Global de Morbilidad de 2010 (Zhang y otros, 2020). Según las estadísticas de la Oficina de Trabajo de USA, en 2016, los trastornos musculoesqueléticos relacionados con la espalda representaron el 38,5 % de todos los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. (Bureau of Labor Statistics, 2016). En el Ecuador, las estadísticas del Seguro General de Riesgos del Trabajo, reportan que la mayor parte de los diagnósticos de enfermedades ocupacionales se centran en problemas relacionados con la columna y extremidades superiores. Los diagnósticos que predominan dentro de las enfermedades profesionales en Ecuador son lumbalgia crónica más hernia de disco con 22,9% de casos en el 2015 y 16,1% casos en el 2016. (IESS, 2018).

Debido a que las estadísticas sobre lesiones lumbares por levantamiento manual de carga son predominantes dentro de las enfermedades profesionales se han realizado esfuerzos sustanciales para comprender cómo el proceso de carga (esfuerzo), durante levantamiento pueden aumentar el riesgo de lesiones en las articulaciones involucradas. Los estudios ergonómicos biomecánicos y observacionales vienen jugando un papel importante en este sentido. En la década de 1960, Morris hizo uno de los primeros intentos de calcular las fuerzas en la columna vertebral utilizando un modelo biomecánico de plano sagital estático simple. En la década siguiente, Chaffin desarrolló más este modelo, que luego se usaría en las directrices de la NIOSH (Skals y otros, 2021). En las directrices NIOSH, se utilizó el modelo biomecánico para estimar la fuerza de compresión en la unión L5-S1, y se evaluó contra datos de tolerancia a fallas de discos intervertebrales de cadáveres, concluyen que la mayoría de los individuos sanos jóvenes podrían soportar aproximadamente 3400 N de fuerza de compresión sin daño a la parte inferior de la espalda, sin embargo, las tareas que generan más de 6400 N de fuerza de compresión en la parte baja de la espalda son peligrosas para la mayoría de las personas. (Tzu-Hsien, 2015).

La ecuación de levantamiento de NIOSH es el método de mayor acogida en nuestro medio ya que usa biomecánica, criterios fisiológicos y psicofísicos para evaluar la seguridad de una tarea de levantamiento. Por otro lado, novedosas metodologías de evaluación se han desarrollado y presentado, como el modelado musculoesquelético de la columna que ha progresado sustancialmente en los últimos años, también otros modelos de evaluación biomecánica como el método de evaluación de arquitectura muscular integral y multinivel, modelado de la articulación espinal, así como comparación/validación con medidas de presión intradiscal y electromiografía muscular. (Ghezlbash y otros, 2020). Estos nuevos métodos de evaluación de levantamiento manual de carga (LMC) se han desarrollado en la última década con ayuda de la tecnología, y muestran nuevas herramientas y criterios para la evaluación de la tarea. (Lun Lu y otros, 2012) (Mehrizi y otros, 2019).

Cabe mencionar que no todos los métodos de evaluación de levantamiento manual carga se enfocan a las mismas variables. Se ha descrito que las que más influyen en esta actividad son el peso de la carga, la postura de levantamiento simétrica o asimétrica (Skals y otros, 2021), la velocidad y frecuencia del levantamiento (Kim & Zhang, 2017), factores que, al no encontrarse dentro de parámetros adecuados para el trabajador, elevan el riesgo de generar lesiones (Tzu-Hsien,

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92



2015). Un estudio epidemiológico realizado en Estados Unidos, indicó que levantar carga en una postura de torsión se asoció altamente con la prevalencia de lesión lumbar debido a su alta fuerza de corte espinal, esta postura de levantamiento asimétrica también requiere un alto nivel de contracción muscular y requiere aumentar la fuerza muscular para proporcionar estabilidad a la columna. (Kim & Zhang, 2017). Otro factor que se encuentra relacionado con la lesión lumbar, es la velocidad de levantamiento que ha sido estudiada por Tzu-Hsien Lee quien indica que la mayoría de las tareas de levantamiento en estudios previos normalmente se realizaban a velocidad normal seleccionada por los participantes, pero al realizar el levantamiento a gran velocidad aumentó la presión de la columna vertebral y se asoció con una alta fuerza de compresión en la espalda baja. Por lo que también sería importante determinar qué variables evalúan cada uno de los métodos para aplicarlos de una manera adecuada, según la tarea a evaluar.

Debido a las características del levantamiento manual de carga y a la elevada prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en el ámbito laboral, los métodos de evaluación son evaluados y actualizados frecuentemente. Por esta razón es importante tener un amplio conocimiento sobre este tema para poder, primero incentivar y guiar el uso correcto de cada uno de ellos según su funcionalidad, segundo, aplicar métodos más actuales en nuestro medio, y, finalmente, tomar medidas preventivas o correctivas adecuadas según los resultados. Por lo que se tiene como objetivo sintetizar los métodos de evaluación ergonómica aplicados para el LMC desde el año 2015 hasta 2022 de artículos publicados en las plataformas SCOPUS y PUBMED. Se busca también clasificar a los métodos según el tipo de evaluación que realicen y mostrar las variables que cada uno de ellos evalúa.

## 2. Materiales and Métodos

Iniciando con la realización de un plan de investigación, se ha realizado una revisión sistemática exploratoria. Para el estudio se utilizó la técnica adaptada del enfoque PRISMA para revisiones sistemáticas exploratorias. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en dos bases de datos la primera SCOPUS que es una base de datos de referencias bibliográficas y citas de ELSEIVER. También se utilizó PUBMED que está especializada en ciencias de la salud, y nos permite consultar contenidos de las bases de datos de MEDLINE y otras de revistas científicas indexadas.

*Planteamiento de búsqueda.* Se aplicó la ecuación de búsqueda (tabla1) para obtenerla información más exacta enfocada en el objetivo de la revisión.

**Tabla 1.** Resultados según la ecuación de búsqueda en las bases de datos.

Base de datos	Ecuación de búsqueda	Cantidad
SCOPUS	Methods OR biomechanical OR biomechanical models OR software OR observational) AND (Assessment OR evaluation) AND ("manual lifting" OR "manual load lifting" OR "manual handling") AND ("occupational activity" OR ergonomics OR "musculoskeletal disorders" OR "occupational health"	95
PUBMED	Methods OR biomechanical OR biomechanical models OR software OR observational) AND (Assessment OR evaluation) AND ("manual lif-ting" OR "manual load lifting" OR "manual handling") AND ("occupa-tional activity" OR ergonomics OR "musculoskeletal disorders" OR "occupational health"	112

### *Límites aplicados.*

- Fecha de publicación: desde 2015 a 2022.
- Idioma de publicación: inglés y español.
- Tipo de publicación: artículos científicos, artículos de conferencia, revisiones sistemáticas exploratorias y revisiones sistemáticas.

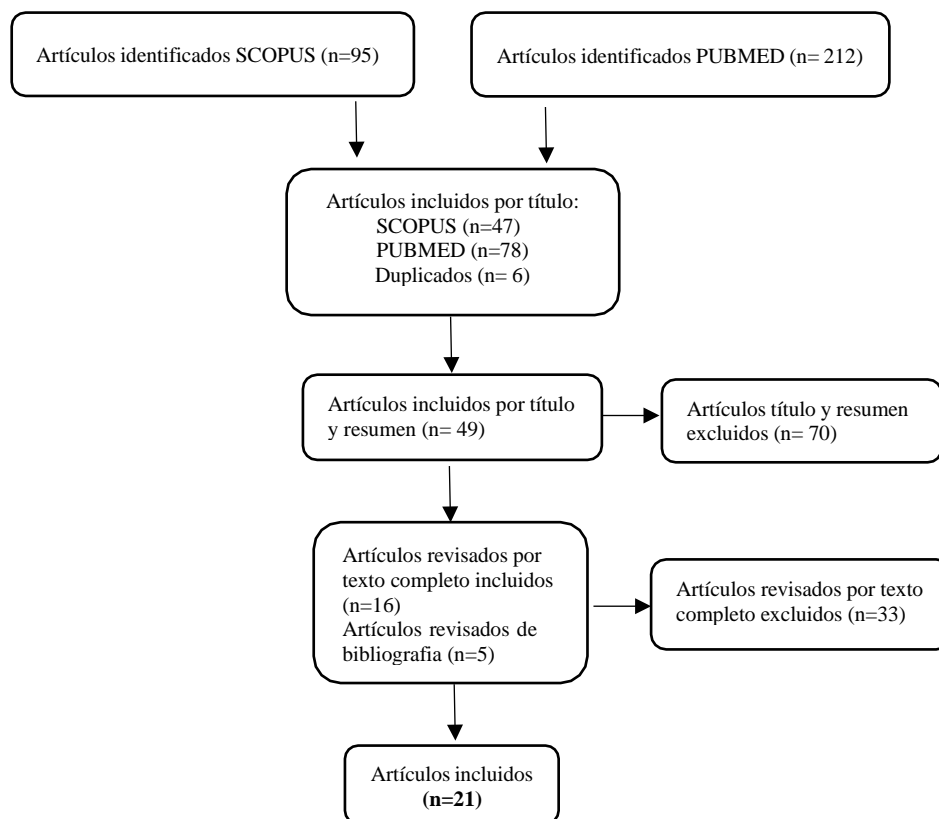
*Criterios de inclusión.* Se incluirá solo artículos científicos, realizados en cualquier parte del mundo; estudios realizados en población trabajadora o enfoque a población trabajadora que tengan mayor relevancia y relación con el objetivo y la temática de esta revisión. (Maldonado y otros, 2009)

*Criterios de exclusión.* Se excluirá estudios que se enfocan en población diferente a la del objetivo planteado, por ejemplo, estudios realizados en deportistas con entrenamiento. Se excluirá también estudios no enfocados a la evaluación de levantamiento manual de carga.

*Clasificación de documentos y esquema de obtención de datos.*

Luego de obtener el primer listado con la ecuación de búsqueda y los límites aplicados, según la información del título se incluyó a los artículos que estaban enfocados en métodos de evaluación para LMC, se excluyó los que se enfocaban en métodos de evaluación de posturas forzadas u otro riesgo ergonómico, también se excluyó los estudios duplicados y los que no se relacionen al objetivo de la investigación como artículos aplicados en deportistas o que se enfocaban en métodos de otro riesgo laboral. De los seleccionados se revisó los títulos y resúmenes, se incluyó los estudios que cumplan con los criterios de inclusión. En el segundo tamizaje de selección se obtuvo la información completa de los artículos, para incluir los más pertinentes en la revisión, también se excluyó información que no era relevante en este punto. (Maldonado y otros, 2009).

**Figura1.** Esquema de extracción de documentos según adaptación enfoque PRISMA para revisiones sistemáticas exploratorias.



### *Análisis de variables.*

Las variables bibliométricas seleccionadas son año, autores, idioma, tipo de publicación y objetivo de la investigación. También se usarán como variables para categorizar el método a que tipo pertenece, y factores que evalúan. (Tricco y otros, 2018)

## **3. Resultados**

Se incluyeron 21 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. La revisión bibliográfica mostro en su mayoría (15/21) publicaciones tipo artículos de revista, seguida por 4 artículos de conferencia y una revisión sistemática. Aunque en la búsqueda siempre se incluyó al idioma español como criterio de inclusión solo se encontraron publicaciones en inglés.

Según el título y el objetivo de cada artículo se pudo determinar que siete de los artículos incluidos se han publicado para mostrar el desarrollo o validación de un método, y catorce de los artículos incluidos se realizaron para evaluar una actividad laboral con el uso de las metodologías de evaluación reportadas o mostrar el uso y aplicación de nuevos métodos de evaluación en diferentes áreas laborales (tabla 2).

En cuanto a los autores se encuentran dos artículos publicados por Carl Mikael et al, en este caso se presentan dos publicaciones seguidas ya que presentan el desarrollo y validación del método RAMP1 en el año 2017 y el desarrollo del método RAMP 2 en el año 2020. El resto de autores se presenta con una publicación para cada uno (tabla 2).

El año con mayor número de artículos publicados e incluidos en esta revisión es el 2020 con 5 publicaciones. (Tabla 2).

En cuanto a los resultados relacionados a las metodologías de evaluación ergonómica para levantamiento manual de carga se encontró 14 métodos de evaluación aplicados o descritos en los artículos revisados. Los métodos encontrados fueron 4 software, 4 métodos observacionales, 6 dispositivos portátiles de evaluación. El método que más se reporta su uso en los estudios realizados es el dispositivo portátil de unidades de medición inercial (IMUs), prestándose su uso en cuatro artículos incluidos en esta revisión, seguido por la electromiografía de superficie (sEMS), y el software de evaluación Tecnomatix Classic Jack cada uno de ellos usados en tres artículos. (Tabla 2).

Las características y factores que evalúa cada método, se sintetizan en la tabla 3. Es importante mencionar que los softwares y la mayoría de métodos observacionales encontrados no se enfocan exclusivamente en evaluar levantamiento manual de carga, por lo que para no obviar esta información también se incluyó en la tabla 3, como otros factores evaluados por el método.

## **4. Discusión y conclusiones**

Partiendo del interés por conocer los métodos que se han desarrollado o usado en los últimos años para la evaluación de levantamiento manual de carga se realizó esta revisión sistemática exploratoria. Se encontraron 14 métodos de evaluación, los mismo que abordan la evaluación de este riesgo de diferente forma por lo que los agrupamos en tres grupos, observacionales, software de evaluación, y dispositivos portátiles para hacer una breve descripción de las características de cada uno. El desarrollo de novedosas metodologías para la evaluación de levantamiento manual de carga se debe a que los trastornos musculoesqueléticos generados por este riesgo siguen siendo un problema de salud ocupacional común y costoso pues se asociada con una pérdida significativa de la productividad laboral y aumenta el ausentismo laboral (D'Anna y otros, 2022), por lo que con el objetivo de reducirlos y tener un evaluación más objetiva, en los últimos años métodos como dispositivos eléctricos inteligentes y tecnología portátiles innovadoras se han utilizado para realizar evaluaciones a trabajadores durante su jornada sin interferir en la actividad (Marín y otros, 2008).

**Tabla 2.** Descripción de los artículos incluidos según las variables bibliométricas.

Ítem	Título	Autores	Año	Tipo de publicación	Plataforma	Objetivo de la investigación
1.	Evaluation of lumbar spine load by Computational method in order to Acknowledge low-back disorders as Occupational diseases.	Hlávková Lebeda, et al.	2015	Artículo de revista	PUBMED	Desarrollar un módulo computacional (Tecnomatix Classic Jack), para la predicción de la fuerza de compresión en el disco L4/L5
2.	Development and evaluation of RAMP I a practitioner's tool for screening of musculoskeletal disorder risk factors in manual handling.	Carl Mikael et al	2017	Artículo de revista	PUBMED	Presentar los resultados científicos base para y el desarrollo de RAMP I Evaluación de su fiabilidad y usabilidad.
3.	Development and evaluation of RAMP II - a practitioner's tool for assessing musculoskeletal disorder risk factors in industrial manual handling.	Carl Mikael et al.	2020	Artículo de revista	SCOPUS	Presentar la evaluación herramienta RAMP II, su desarrollo y análisis científico. Evaluación de su confiabilidad y usabilidad.
4.	Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges—A Systematic Review.	Alberto Rana- volo, et al.	2018	Revisión Sistemática	PUBMED	Describir la implementación de sensores portátiles para evaluaciones cuantitativas de riesgo biomecánico.
5.	Exposure criteria for evaluating lumbar spine load	Pešákov Lenka et al	2018	Artículo de revista	PUBMED	Proporcionar información sobre el uso de un método (Tecnomatix Classic Jack), propuesto para la evaluación de las condiciones de trabajo en un entorno real.
6.	Investigating gripping force during lifting tasks using a pressure sensing glove system	Zhou Guoyang et al.	2022	Artículo de revista	PUBMED	Evaluar la capacidad de los guantes táctiles para medir la fuerza de agarre durante el levantamiento en diferentes condiciones de la tarea.

230

231

232

233

7.	Validation of a wearable system for 3D ambulatory L5/S1 moment assessment during manual lifting using instrumented shoes and an inertial sensor suit	Faber, G. S, et al	2022	Artículo de revista	PUBMED	Evaluar la precisión de un sistema de medición ambulatorio compuesto por un sistema de captura de movimiento inercial (IMU) portátil (Full-body Xsens/MVN Awinda) y zapatos de fuerza instrumentados (FS).
8.	Biomechanical Model-Based Development of an Active Occupational Upper-Limb Exoskeleton to Support Healthcare Workers in the Surgery Waiting Room	Tröster, M., et al	2020	Artículo de revista	PUBMED	Desarrollo y evaluación de un exoesqueleto de asistencia para la transferencia manual de pacientes en la sala de espera de cirugía, según modelo musculoesquelético biomecánico, con el uso de AnyBody Modeling System version 7.2
9.	Variable Lifting Index (VLI): A New Method for Evaluating Variable Lifting Tasks	Waters Thomas et al.	2016	Artículo de revista	PUBMED	Desarrollar un nuevo enfoque para analizar las demandas físicas de tareas de levantamiento altamente variables a través de una adaptación la ecuación de levantamiento revisada (RNLE) de NIOSH, con un índice de levantamiento variable (VLI).
10.	The difference of surface electromyography data processing method based on simulated manal-lifting-task	Q Xu, S W et al.	2020	Artículo de revista	PUBMED	Estudiar las diferencias de los métodos que usan señales de electromiografía de superficie (sEMG) para juzgar la fatiga muscular.
11.	Shoulder electromyography-based indicators to assess manifestation of muscle fatigue during laboratory-simulated manual handling task	Goubault Etienne, et al.	2022	Artículo de revista	PUBMED	Identificar los indicadores electromiográficos del hombro que son más indicativos de fatiga muscular durante una tarea de manipulación manual simulada.
12.	Validation of newly developed and redesigned key indicator methods for assessment of	Klussmann Andre et al	2017	Artículo de revista	PUBMED	Validar métodos KIM existentes (KIM-LHC, KIM-PP Y KIM-LHO) y las versiones

	different working conditions with physical workloads based on mixed-methods design: a study protocol					preliminares de los tres nuevos KIM (KIM-ABP, KIM-BF y KIM-BM).
13.	Ergonomic Assessment in Waste Sorting Jobs with Different Methods	Cunha, Jorge, et al	2020	Artículo de revista	SCOPUS.	Explorar la contribución de varios métodos (KIM) en la lucha contra trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo en los puestos de clasificación de residuos urbanos.
14.	Back and shoulder biomechanical load in curbside waste workers	Silvetti, Alessio; et, al.	2020	Artículo de conferencia	SCOPUS	Investigar algunos parámetros biomecánicos de la tarea de verter contenedores en el bordillo de recolección a través del software 3DSSPP.
15.	Assessing ergonomics and biomechanical risk in manual handling of loads through a wearable system	Conforti, I, et al.	2019	Artículo de conferencia	SCOPUS	Evaluar la factibilidad de discriminar una postura de manejo de carga correcta de una incorrecta a través de un Modelo Biomecánico. (IMU).
16.	Utility analysis of the application of the variable lifting index (VLI)	Álvarez Casado, E.	2018	Artículo de conferencia	SCOPUS	Mostrar la utilidad del VLI para identificar el riesgo más prioritario o factores en los que intervenir.
17.	An Ergonomic Assessment of Caregivers Preparing Patients for Patient Transfer Task	Jimerson, Brittny, et al.	2017	Artículo de conferencia	SCOPUS	Modelar y evaluar los riesgos ergonómicos de los cuidadores masculinos y femeninos que maniobran a un paciente durante la tarea de manipulación manual para colocar un cabestrillo. (Tecnomatix Classic Jack)
18.	Ergotyping tools for ergonomic research on human-machine interfaces in Digital Prototyping	Kamusella, Christiane, et al	2015	Artículo de revista <sup>1</sup>	SCOPUS	Desarrollar una herramienta ergonómica que puedan estimar el estrés relacionado con el trabajo mediante el uso de modelos humanos y ambientales virtuales.

19.	Bipolar versus high-density surface electromyography for evaluating risk in fatiguing frequency-dependent lifting activities	Varrechia, T et al	2021	Artículo de revista <sup>1</sup>	PUBMED	Verificar que la electromiografía de superficie de alta densidad (HDsEMG) permite una discriminación optimizada de los niveles de riesgo asociados con diferentes condiciones de fatiga en levantamiento, en comparación con la sEMG bipolar tradicional.
20.	Biomechanical Evaluation of a Bed Feature to Assist in Turning and Laterally Repositioning Patients	Wiggermann. Neal	2016	Artículo de revista <sup>1</sup>	PUBMED	Investigar los efectos de las características de la cama de hospital sobre las tensiones biomecánicas experimentadas por las enfermeras al girar y reposicionar lateralmente a los pacientes. (3DSSPP)
21.	A Promising Wearable Solution for the Practical and Accurate Monitoring of Low Back Loading in Manual Material Handling	Emily S Matijevich, et al.	2021	Artículo de revista <sup>1</sup>	SCOPUS	Explorar nuevas formas de monitorear con precisión la carga trasera baja utilizando una pequeña cantidad de sensores portátiles (IMU).

<sup>1</sup>Artículos incorporados a partir de la revisión de bibliografía de los artículos incluidos

Estos innovadores métodos han permitido una estimación del riesgo biomecánico en tiempo real, y mediante esta retroalimentación directa buscan disminuir el riesgo en el levantamiento manual de carga (Alberto y otros, 2018). Según Marín et al, en su publicación estas herramientas están siendo más utilizadas pues presentan algunas ventajas como que son portátiles, la recopilación de datos se puede hacer en un entorno real, no son excesivamente intrusivos en el caso de los IMUs; según D'Anna et al, la sEMG tiene la ventaja de que son aplicables en escenarios donde no se puede aplicar la ecuación de elevación revisada del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Lo cual se corrobora con la revisión sistemática enfocada en el estado actual y los desafíos futuros de los dispositivos portátiles realizada en el 2021, que describe y detalla a los dispositivos portátiles más usados en los últimos años (Alberto y otros, 2018). Estos hallazgos se relacionan con los resultados de esta revisión pues la mayoría de métodos encontrados que fueron aplicados en los artículos incluidos son los dispositivos de evaluación portátil, dentro de los más utilizados en los estudios de esta revisión están los IMUs, EMG simple, bipolar o de varios electrodos, y otros con menor frecuencia como los guantes con sensores de presión, dinamómetros y zapatos de fuerza.

En el caso de los dispositivos portátiles de evaluación específicamente los guantes con sensores de presión, y zapatos de fuerza su aplicación para evaluación de levantamiento manual de carga en los artículos de esta revisión se da en laboratorio, simulando condiciones de trabajo. (Zhou y otros, 2022). Mientras que los IMUs, la electromiografía usados de manera conjunta (Faber y otros, 2020) o individualmente (Conforti y otros, 2019), han sido usados en los artículos incluidos tanto para evaluación del riesgo de levantamiento manual de carga en puestos de trabajo como en laboratorio. Esto podría ser una desventaja al momento de sugerir los métodos que ha sido solo probados en laboratorio pues no se tiene datos sobre la aplicación de estos dispositivos en el ámbito laboral real.

En cuanto a los software encontrados en esta revisión 5 de los 7 artículos encontrados tienen como objetivo evaluar una actividad con potencial de generar trastornos musculoesqueléticos, en la cual el riesgo principal es levantamiento manual de carga, llama la atención que de estos artículos tres se aplican en personal de salud, (Wiggermann, 2016), (Jimerson y otros, 2017), (Tröster y otros, 2020) los dos artículos restantes muestran el desarrollo y validación de estas herramientas. Se destaca también que los estudios donde fueron utilizados estos métodos se encuentran entre los años 2015 y 2020, posterior a ese año los métodos más utilizados fueron los dispositivos portátiles. De forma general los softwares encontrados permiten modelar la mecánica y el movimiento del sistema musculoesquelético en función de las características antropométricas de la persona evaluada, la postura en el instante de la actividad y las fuerzas externas que aplica, informando datos sobre esfuerzo muscular, reacciones de las articulaciones (L5 – S1), energía elástica de los tendones entre otros parámetros. (Marín y otros, 2008). Debido a que para la evaluación usa todos estos parámetros para crear un modelo biomecánico del cuerpo humano, (Zhang y otros, 2020) la evaluación con los softwares también da resultados confiables en la evaluación de levantamiento manual de carga y su predicción de un potencial riesgo para el sistema musculoesquelético de los trabajadores.

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277



**Tabla 3.** Tipo de método, características y factores que evalúan.

278

Nombre del método y referencia	Tipo	Descripción del método	Factores incluidos para evaluar LMC	Otros factores evaluados
Tecnomatix Classic Jack.	Software de simulación humana	Calcularon las fuerzas de compresión en el disco L4/L5 en 1300 combinaciones simuladas de varios factores que influyen en la fuerza de compresión. Los parámetros cruciales para la compresión se incluyeron en el algoritmo computacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desviación lateral tronco</li> <li>- Rotación de tronco,</li> <li>- Flexión de tronco,</li> <li>- Fuerza de actuación</li> <li>- Distancia de agarre frontal</li> <li>- Distancia de agarre lateral</li> <li>- Postura de las manos verticalmente</li> <li>- Duración de la tarea</li> <li>- Numero de tareas por turno</li> <li>- Duración del turno</li> </ul>	Postura Predicción de fuerza. <sup>1</sup>
AnyBody Modeling System (AMS) en la versión 7.2	Software de Modelado biomecánico	Plataforma de modelado musculoesquelético, analiza sistemas rígidos de múltiples cuerpos como el sistema musculoesquelético del ser humano, Además, incluye objetos externos, cargas y datos de movimiento medidos en vivo para calcular las fuerzas y el esfuerzo de torción interno del cuerpo. <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carga espinal</li> <li>- Fuerza muscular</li> <li>- Fuerza manual</li> <li>- Movimientos simétricos</li> <li>- Movimientos asimétricos</li> </ul>	Postura
Programa de predicción de fuerza estática 3D (3DSSPP software V 7.0.6)	Software	El software 3DSSPP predice los requisitos de resistencia estática para tareas como levantar, presionar, empujar y jalar. Proporciona una simulación de trabajo. <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genero</li> <li>- Peso</li> <li>- Talla</li> <li>- Fuerza mano derecha e izquierda</li> <li>- Posición de las manos lateral, horizontal, vertical</li> </ul>	Postura Capacidad de fuerza de cada parte del cuerpo Fatiga localizada

				Centro de balance
The Ergotyping tool	Software	Ergotyping, analiza y evalúa un aspecto ergonómico específico y su interactuar con un modelo humano digital.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso de la carga</li> <li>- Postura del cuerpo</li> <li>- La ejecución</li> <li>- Las condiciones</li> <li>- Tiempo</li> <li>- Distancia</li> </ul>	Visibilidad Fuerza postural Postura
RAMP I (7)	Observacional	Desarrollado por un iterativo proceso junto con más de 80 profesionales. Utiliza principalmente observaciones y entrevistas, sin necesidad de costosos equipos de medición.	Trabajo de levantamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso de la carga y frecuencia de levantamiento</li> <li>- Posturas desfavorables para el levantamiento</li> </ul>	Postura Movimientos de trabajo/movimientos repetitivos. Trabajo de empuje y arrastre Factores de influencia Trabajo físico extenuante Malestar físico percibido
RAMP II	Observacional	RAMP II se basa en estudios de investigación y juicios de más de 80 expertos. Se aplica con observación directa o por observación de videos del trabajo evaluado.	Trabajo de levantamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Factor de frecuencia y peso</li> <li>- Factor de área de elevación</li> <li>- Levantamiento con una mano</li> <li>- Torción de tronco más de 30°</li> <li>- Mal agarre</li> </ul>	Postura Movimientos de trabajo/movimientos repetitivos. Trabajo de empuje y arrastre.

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiente caluroso</li> <li>- Dos personas levantan la carga</li> </ul>	
KIM LHC	Observacional	Los métodos KIM se desarrollaron en Alemania por el instituto federal de seguridad y salud en el trabajo. Evalúa el nivel de riesgos en caso de trabajo con cargas físicas. Se aplica por observación directa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia diaria</li> <li>- Peso efectivo de la carga</li> <li>- Condiciones de manipulación de la carga/ubicación de la carga</li> <li>- Postura corporal</li> <li>- Condiciones laborales desfavorables</li> <li>- Organización del trabajo/distribución de este tipo de carga física de trabajo durante el turno</li> </ul>	(KIM-PP) empuje y arrastre manual de cargas. (KIM MHO) operaciones de manejo manual.
El índice de elevación variable (VLI) de la ecuación de elevación revisada NIOSH	Observacional	Se ha presentado como una extensión del RNLE para analizar y evaluar el riesgo relacionado con la elevación manual de cargas en lugares de trabajo donde los pesos de las cargas manipuladas y las posturas y movimientos son muy variables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia y duración</li> <li>- Distancia vertical,</li> <li>- Distancia horizontal</li> <li>- Desplazamiento vertical</li> <li>- Asimetría</li> <li>- Peso</li> <li>- Calidad de agarre.</li> </ul>	NA
Unidades de medición inercial (IMUs)	Dispositivos portátiles	Estos sensores utilizan el principio de inercia: la aceleración puede estar relacionada con la resistencia al movimiento (inercia), de una masa libre acelerada por una fuerza externa o una fuerza de torsión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamiento,</li> <li>- Posición de cada segmento</li> <li>- Velocidad de cada segmento</li> <li>- Aceleración de cada segmento.</li> <li>- Postura de todo el cuerpo.</li> </ul>	N/A
Dinamómetros y dispositivos de fuerza de agarre	Dispositivos portátiles	Dispositivos colocados entre un lugar fijo y la parte del cuerpo del sujeto para evaluar la fuerza muscular isométrica (o grupo muscular), evalúan cambios en el estado funcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuerza muscular isométrica</li> <li>- Fuerza de agarre</li> </ul>	N/A

		de las articulaciones, extremidades inferiores, superiores y tronco.	- Nuevos dispositivos: ángulo	
Sensores de electromiografía de superficie (sEMS)	Dispositivos portátiles	Proporciona la medida de la actividad eléctrica (en la piel) de los músculos involucrados en el movimiento. La sEMG bipolar diferencial simple o doble se realiza mediante el uso de electrodos húmedos.	- Esfuerzo muscular (grupo muscular) - Fatiga muscular local - Tiempo de activación muscular - Amplitud de coactivadores	N/A
Electromiograma de alta densidad de superficie (HDsEMG).	Dispositivos portátiles	Usa varios electrodos de superficie no invasivos para obtener un electromiograma de alta densidad de superficie.	- Esfuerzo muscular - Fatiga muscular - Tiempo de activación muscular	N/A
Sistemas de guantes con sensor de presión	Dispositivos portátiles	Guantes con sistema de sensor fuerza ergonómico. Puede medir la fuerza localizada entre el cuerpo, los dedos, la mano y las superficies y herramientas externas, o entre dos superficies. <sup>1</sup>	- Fuerza de agarre - Peso de levantamiento, - Altura de levantamiento, - Dirección de levantamiento, - Rotación del cuerpo - Manija	N/A
Zapatos de fuerza (FSs),	Dispositivos portátiles	Zapato de fuerza equipado con sensores de fuerza/esfuerzo de torción y sensores magnéticos/inerciales debajo del talón y la parte delantera del pie.	- Momento de fuerza L5-S1 - Momento de fuerza en cada articulación del tobillo	N/A

<sup>1</sup>Información obtenida de fuente externa al artículo

Para las metodologías observacionales encontradas se reportaron en los resultados estudios de validación (Lind CM, 2019), (Walters y otros, 2016), (Klussmann y otros, 2017) (Lind y otros, 2020) y aplicación (Cunha y otros, 2020), (Alvarez Casado, 2019). Los métodos observacionales son los de mayor aplicación en campo pues no requieren mucha instrumentación, (Marín & Marín, 2021), en este caso los resultados de nuestra revisión son opuestos a esto pues no fueron los de mayor uso en los artículos y en el periodo de tiempo de esta revisión. Las metodologías observacionales RAMP I, RAMP II, KIM LHC que fueron mencionadas (tabla 3) no se enfocan específicamente en la evaluación de levantamiento manual de carga, al ser cuestionarios que se aplican durante una tarea de manejo manual de carga evalúan otros factores que se presentan en esta actividad, como movimientos repetitivos, empuje y arrastre. Los resultados del riesgo evaluado con estos métodos son descritos en cada apartado y al final de la aplicación de los cuestionarios y muestran los efectos que podrían ocasionar en la salud y la prioridad de medidas a tomar. (Lind y otros, 2020) (Klussmann y otros, 2017). En estos métodos se recalca la facilidad de su uso ya que no requieren de instrumentos o mayores recursos para ser aplicados en los puestos de trabajo, pero como desventaja pueden estar afectados por la subjetividad del observador. (Marín & Marín, 2021).

En cuanto a las limitaciones de esta revisión al solo incluir las plataformas SCOPUS y PUBMED se puede haber excluido información, en especial en español que no llega a ser extensamente publicada en estas plataformas. La limitante en el tiempo para realizar la búsqueda y escritura del documento también limitó la posibilidad de consultar otras fuentes de información o ampliar la ecuación de búsqueda. Como fortalezas se realizó un plan de investigación, y no se requirieron recursos económicos para el desarrollo de esta revisión sistemática exploratoria.

Finalmente se concluye que el desarrollo y actualización de los métodos de evaluación en levantamiento manual de carga es constante y la aplicación de estos como se reporta en esta revisión tiene un fin común que es reducir las lesiones musculoesqueléticas lumbares generadas por el levantamiento manual de carga. Los métodos sintetizados en esta revisión invitan a realizar investigaciones futuras para una profundización en el conocimiento de cada uno de ellos y para buscar otras metodologías que se estén aplicando o los avances continuos que tenga cada una de ellas.

Si bien en nuestro medio debido a la falta de recurso, conocimiento o muy poca investigación relacionada al tema los métodos más tecnológicos no son aplicados en el ámbito laboral, se espera que a corto o mediano plazo se aumente su uso para obtener evaluaciones más precisas que beneficien la salud de los trabajadores y mejoren sus condiciones laborales.

## Referencias citadas

1. Alberto, R., Draicchio, F., Varrecchia, T., Silvetti, A., & Lavicoli, S. (2018). Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges-A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 9(2001), 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15092001>
2. Alvarez Casado, E. (2019). Utility analysis of the application of the variable lifting index, (VLI). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 820, 484-494. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96083-8\\_63](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96083-8_63)
3. BAuA/ASER/ArbMedErgo/ebus. (s.f.). *Método de propiedades de control para la evaluación y el diseño de cargas en la elevación, sujeción y transporte manuales de cargas de  $\geq 3$  kg KIM-LHC*. <https://www.baua.de/EN/Topics/Work->

- design/Physical-workload/Key-indicator-method/pdf/KIM-LHC-Lifting-Holding-Carrying-ES.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=2 322  
323
4. Bureau of Labor Statistics, U. D. (2016). *The Economics Daily, Back injuries prominent in work-related musculoskeletal disorder cases in 2016* . 324  
325
  5. Conforti, I., Mileti, I. D., & Palermo, E. (2019). Assessing ergonomics and biomechanical risk in manual handling of loads through a wearable system. *2019 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT(8792843)*, 388-393. <https://doi.org/10.1109/METROI4.2019.8792843> 326  
327  
328
  6. Cunha, J., Carneiro, P., & Colim, A. (2020). Ergonomic assessment in waste sorting jobs with different methods . *Studies in Systems, Decision and Control*, 277, 461 -469. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_50) 329  
330
  7. D'Anna, C., Varrecchia, T., Ranavolo, A., De Nunzio, M., Falla, D., Draicchio, F., & Conforto, S. (2022). Centre of pressure parameters for the assessment of biomechanical risk in fatiguing frequency-dependent lifting activities. *Plosone*, 17(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266731> A 331  
332  
333
  8. Ergobuyer. (2023). *Ergobuyer*. <https://ergobuyer.com/ergopak-ergoglove/> 334
  9. Faber, G. S., Kingma, I., Chang, C. C., Dennerlein, J., & van Dieën, J. H. (2020). Validation of a wearable system for 3D ambulatory L5/S1 moment assessment during manual lifting using instrumented shoes and an inertial sensor suit. *Journal of biomechanics*, 102(109671). <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.109671> 335  
336  
337
  10. Ghezelbash, F., Shirazi-Adl, A., & Plamondon, A. . (2020). Comparison of different lifting analysis tools in estimating lower spinal loads – Evaluation of NIOSH criterion. *Journal of Biomechanics*, 112(110024). <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110024> 338  
339  
340
  11. Goubault, E., Martinez, R., Bouffard, J., Dowling-Medley, J., Begon, M., & Dal Maso, F. (2022). Shoulder electromyography-based indicators to assess manifestation of muscle fatigue during laboratory-simulated manual handling task. *Ergonomics*, 65(1), 118-133. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1958013> 341  
342  
343
  12. Hlávková J, L. T. (2016). Evaluation of Lumbar Spine Load by Computational Method in Order to Acknowledge Low-back Disorders as Occupational Diseases. *Cent Eur J Public Health*, 24(1), 58-67. <https://doi.org/doi:10.21101/cejph.a4332>. PMID: 27070971. 344  
345  
346
  13. Ibarra, C., & Astudillo, P. (2021). Factores de riesgo biomecánico lumbar por manejo manual de cargas en el reparto de productos cárnicos. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 24(4), 342-354. <https://doi.org/10.12961/aprl.2021.24.04.02> 347  
348  
349
  14. IESS, S. g. (2018). *Boletín Estadístico*. 350
  15. Jimerson, B., Park, E. H., & Jiang, S. (2017). An ergonomic assessment of caregivers preparing patients for patient transfer task. *Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1839. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16562622/> 351  
352  
353
  16. Kamusella, C., Scherstjanoi, E., & Schmauder, M. (2015). Ergotyping tools for ergonomic research on human-machine interfaces in Digital Prototyping. *Occupational Ergonomics*, 12(3), 97-107. <https://doi.org/10.3233/OER-150227> 354  
355
  17. Kim, H.-K., & Zhang, Y. (2017). Estimation of Lumbar Spinal Loading and Trunk Muscle Forces during Asymmetric Lifting Tasks: Application of Whole-body Musculoskeletal Modelling in OpenSim. *Ergonomics*, 60(4), 563 -576. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1191679> 356  
357  
358
  18. Klussmann, A., Liebers, F., Brandstädt, F., Schust, ., Serafin, P., Schäfer, A., . . . Steinberg, U. (2017). Validation of newly developed and redesigned key indicator methods for assessment of different working conditions with physical workloads based on mixed-methods design: a study protocol. *BMJ open*, 7(8). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015412> 359  
360  
361

- 
19. Lind CM, F. M. (2019). Development and evaluation of RAMP I - a practitioner's tool for screening of musculoskeletal disorder risk factors in manual handling. *Int J Occup Saf Ergon*, 25(2), 165-180. <https://doi.org/doi:10.1080/10803548.2017.1364458>. Epub 2017 Oct 16. PMID: 28795864.
  20. Lind, C. M., Forsman, M., & Rose, L. M. (2017). Development and evaluation of RAMP I – a practitioner’s tool for screening of musculoskeletal disorder risk factors in manual handling. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(2), 165-180. <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1364458>
  21. Lind, C., Forsman, M., & Rose, L. M. (2020). Development and evaluation of RAMP II - a practitioner’s tool for assessing musculoskeletal disorder risk factors in industrial manual handling. *Ergonomics*, 63(4), 477-504. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1710576>
  22. Lun Lu, M., Thomas, W., & Werren, D. (2012). Development of Human Posture Simulation Method. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 00(0), 1-14. <https://doi.org/10.1002/hfm.20534>
  23. Maldonado, R., Tamames, S., María, L., Mohedano, L., D'agostino, M., & Veiga, J. (2009). Revisión Sistemática Exploratoria. *Medicina y Seguridad del trabajo*, 216(55), 12-19. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2009000300002>
  24. Marín, J., & Marín, J. J. (2021). Forces: A Motion Capture-Based Ergonomic Method for the Today’s World. *Sensors(Basel, Switzerland)*, 15(5139), 21. <https://doi.org/10.3390/s21155139>
  25. Marín, J., Ros, R., & Boné, M. (2008). Sistema Predictivo de lesión musculoesquelética (LEMUS), como método de evaluación ergonómica. *12th International Conference on Project Engineering*. Zaragoza: Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8207830>
  26. Matijevich, E., Volgyesi, P., & Zelik, K. (2021). A Promising Wearable Solution for the Practical and Accurate Monitoring of Low Back Loading in Manual Material Handling. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 2(340), 21. <https://doi.org/10.3390/s21020340>
  27. Mehrizi, R., Peng, X., Metaxas, D., & Zhang, X. X. (2019). Predicting 3-D Lower Back Joint Load in Lifting:. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 49(1), 85-94. <https://doi.org/10.1109/THMS.2018.2884811>.
  28. Pešáková, L., Hlávková, J. N., Urban, P., Gaďourek, P., Tichý, T., Boriková, . . . Pelclová, D. (2018). Exposure criteria for evaluating lumbar spine load. *Central European journal of public health*, 26(2), 98-103. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4941>
  29. Pham, M., Rajić, A., Greig, J., Sargeant, J., Papadopoulos, A., & McEwen, S. (2014). A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods* , 5(4), 371-385. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
  30. SIEMENS. (2018). *GEOPLM*. <https://www.geoplms.com/knowledge-base-resources/GEOPLM-Siemens-PLM-Tecnomatix-Jack.pdf>
  31. Silveti, A., Fiori, L., Tatarelli, A., Ranavolo, A., & Francesco, D. (2020). Back and shoulder biomechanical load in curbside waste workers. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1215 AISC, 237-243. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51549-2\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51549-2_31)
  32. Skals, S., Bláfoss, R., de Zee, M., Andersen, L. L., & Andersen, M. S. (2021). Effects of load mass and position on the dynamic loading of the knees, shoulders and lumbar spine during lifting: A musculoskeletal modelling approach. *Applied Ergonomics*, 96(103491). <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103491>
  33. Tricco, A., Erin, L., Wasifa, Z., Kelly, O., Daniel, L., David, M., . . . Christina, G. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 467 - 473. <https://doi.org/doi:10.7326/M18-0850>

- 
34. Tröster, M., Wagner, D., Müller-Graf, F., Maufroy, C., Schneider, U., & Bauernhansl, T. (2020). Biomechanical Model- 402  
Based Development of an Active Occupational Upper-Limb Exoskeleton to Support Healthcare Workers in the Surgery 403  
Waiting Room. *International journal of environmental research and public health*, 14(5140), 17. 404  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17145140> 405
35. Tzu-Hsien, L. (2015). The effects of load magnitude and lifting speed on the kinematic data of load and human posture. 406  
*International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 21(1), 55-61. 407  
<https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1017956> 408
36. Varrecchia, T., Ranavolo, A., Conforto, S., Marco De Nunzio, A., Arvanitidis, D. F., & Falla, D. (2021). Bipolar versus 409  
high-density surface electromyography for evaluating risk in fatiguing frequency-dependent lifting activities. *Applied* 410  
*ergonomics*(103456), 95. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103456> 411
37. Walters, T., Occhipinti, E., Colombini, D., Alvarez Casado, E., & Fox, R. (2016). Variable Lifting Index (VLI): A New 412  
Method for Evaluating Variable Lifting Tasks. *Human factors*, 58(5), 695-711. <https://doi.org/10.1177/0018720815612256> 413
38. Wiggermann, N. (2016). Biomechanical Evaluation of a Bed Feature to Assist in Turning and Laterally Repositioning 414  
Patients. *Human factors*, 58(5), 748-757. <https://doi.org/10.1177/0018720815612625> 415
39. Xu, Q., Zhong, S. W., Zhang, X. Y., Jia, N., Qu, Y., Zhang, X., & Wang, Z. X. (2020). The difference of surface 416  
electromyography data processing method based on simulated manual-lifting-task. *Chinese journal of industrial hygiene* 417  
*and occupational diseases*, 38(9), 651 -656. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121094-20191030-00507> 418
40. Zhang, Y., Jinjing, K., Xiang, W., & Luo, X. (2020). A Biomechanical Waist Comfort Model for Manual Material Lifting. 419  
*International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17( 5948), 1-18. 420  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17165948> 421
41. Zhou, G., Ming-Lun, L., & Denny, Y. (2022). Investigating gripping force during lifting tasks using a pressure sensing 422  
glove system. *Applied ergonomics*, 107(103917). <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103917> 423  
424  
425