

Efecto de innovación ergonómica en síntomas musculoesqueléticos durante manejo de cargas mineras en Chile

Effect of ergonomic engineering innovation on musculoskeletal symptoms during mining heavy load handling in Chile

Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez¹  <https://orcid.org/0009-0005-8418-8008>

Miguel Angel Pérez Lizama²  <https://orcid.org/0000-0002-7257-1713>

Alejandra Elizabeth Pezoa Ahumada³  <https://orcid.org/0009-0003-5916-0914>

Karla Andrea Hernández Pérez³  <https://orcid.org/0009-0008-1380-8187>

Boris Alberto Gary Zambra⁴  <https://orcid.org/0000-0002-9809-3158>

Gabriela Paz Urrejola Contreras^{5*}  <https://orcid.org/0000-0002-8370-4550>

¹Investigador independiente. Chile.

²Universidad Viña del Mar, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Kinesiología. Chile.

³Universidad Viña del Mar, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Terapia Ocupacional. Chile.

⁴Universidad Viña del Mar, Facultad de Ingeniería, Negocios y Ciencias Agroambientales. Chile.

⁵Universidad Viña del Mar, Facultad de Ciencias de la Vida, Unidad de Ciencias Aplicadas. Chile.

*Autor para la correspondencia: gabriela.urrejola@uvm.cl

RESUMEN

Introducción: La ergonomía es esencial para prevenir trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, especialmente en sectores físicamente exigentes como la minería. En Chile, las tareas que implican sobreesfuerzo y posturas incómodas aumentan significativamente el riesgo ergonómico. Los controles de ingeniería han demostrado ser efectivos para reducir la carga física y mejorar la salud ocupacional.

Objetivo. Evaluar la efectividad de un control de ingeniería aplicado al reemplazo de un variador de frecuencia en la reducción de riesgos ergonómicos y síntomas musculoesqueléticos entre los trabajadores de la minería.

Métodos: Se realizó un estudio experimental mixto y transversal con 15 trabajadores mineros. Se evaluaron el riesgo ergonómico y los síntomas musculoesqueléticos usando la Guía Técnica de Manipulación Manual de Cargas, el Cuestionario Nórdico Estandarizado y la Escala *Borg* CR-10. La intervención consistió en



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

implementar un brazo mecánico con polipasto para asistir en la manipulación del variador de frecuencia, comparando las condiciones antes y después de la intervención.

Resultados: Antes de la intervención, manipular el VFD (30–45 kg) requería posturas asimétricas y un esfuerzo físico elevado, lo que resultaba en dolor musculoesquelético, principalmente en la zona lumbar (66,7%) y los hombros (26,7%), con una percepción de esfuerzo calificada como muy fuerte (7). Después de la intervención, el dolor disminuyó significativamente (zona lumbar 6,6%, hombros 0%; $p<0,05$), y la percepción de esfuerzo se redujo a muy débil.

Conclusión: El control de ingeniería redujo de manera efectiva la carga física, el esfuerzo y los síntomas musculoesqueléticos en los trabajadores de la minería.

Palabras clave: salud ocupacional; trastorno musculoesquelético; estación de trabajo ergonómica; riesgos laborales

ABSTRACT

Introduction: Ergonomics is essential for preventing work-related musculoskeletal disorders, particularly in physically demanding sectors such as mining. In Chile, tasks involving overexertion and awkward postures significantly increase ergonomic risk. Engineering controls have shown effectiveness in reducing physical workload and improving occupational health.

Objective. To evaluate the effectiveness of an engineering control applied to the replacement of a variable frequency drive (VFD) in reducing ergonomic risks and musculoskeletal symptoms among mining workers.

Methods: A mixed, cross-sectional experimental study was conducted with 15 mining workers. Ergonomic risk and musculoskeletal symptoms were assessed using the Technical Guide for Manual Load Handling, the Standardized Nordic Questionnaire, and the Borg CR-10 Scale. The intervention consisted of implementing a mechanical arm with a hoist to assist VFD handling, comparing pre- and post-intervention conditions.

Results: Before the intervention, handling the VFD (30–45 kg) required asymmetric postures and high physical effort, resulting in musculoskeletal pain, mainly in the lower back (66.7%) and shoulders (26.7%), with perceived exertion rated as very strong (7). After the intervention, pain decreased significantly (lower back 6.6%, shoulders 0%; $p<0.05$), and perceived exertion was reduced to very weak.

Conclusion: The engineering control effectively reduced physical load, exertion, and musculoskeletal symptoms in mining workers.

Keywords: occupational health; musculoskeletal disorder; ergonomic workstation; occupational risks



Recibido: 19 de mayo de 2026

Aceptado: 17 de agosto de 2026

Publicado: 18 de agosto de 2026

Editor a cargo: MSc. Jesús Salvador Hernández Romero

Introducción

La influencia de la ergonomía en la evaluación, intervención y ajuste de los puestos de trabajo ha sido significativa para promover la salud, prevenir riesgos laborales y reducir los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (TME) que se encuentran entre las principales causas de morbilidad laboral.⁽¹⁾ En este sentido, los estudios sobre factores de riesgo ocupacional relacionados con la probabilidad de desarrollar un TME han enfatizado su asociación con la exposición a tareas muy repetitivas, el uso de posturas incómodas y el sobreesfuerzo durante la manipulación manual de materiales.^(2,3) Aunque se han descrito esfuerzos en la prevención en salud ocupacional, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) indica que los TME siguen siendo un problema persistente y fomenta centrar los esfuerzos a través de la gestión de programas de seguridad y salud en el trabajo para reducir su incidencia.^(4,5)

Específicamente en Chile, la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (TMERT) y el malestar musculoesquelético ocurre en varios sectores productivos, con las tasas más altas observadas entre el personal de salud y clínico (50–65 %), los trabajadores de la construcción (45 %), los trabajadores rurales agrícolas y los empleados del sector minero. En los hombres, la columna lumbar se ve especialmente afectada,^(6,7,8) debido a la manipulación manual de materiales que supera los límites de esfuerzo establecidos por la Ley N° 20.949 (25 kg para hombres y 20 kg para mujeres) (Ministerio de Trabajo y Previsión Social; 2016). Estas tareas se realizan en posturas incómodas y requieren esfuerzo repetido debido a la naturaleza de la actividad del trabajador. Este contexto subraya la necesidad de revisar, evaluar y repensar el diseño de los puestos de trabajo y cómo se realizan las tareas.⁽⁹⁾

En la minería, se pueden observar varios factores de riesgo ergonómico, como el uso de posturas no neutrales, turnos largos con horarios rotativos, altas demandas físicas y la presencia de condiciones ambientales extremas como calor, frío y viento.^(10,11) Los trabajadores a menudo realizan sus tareas a pesar de las molestias, el dolor musculoesquelético y los riesgos de lesiones.⁽¹²⁾ La sobrecarga física sostenida se ha evidenciado en estudios comparativos de poblaciones mineras, mostrando una mayor prevalencia de dolor musculoesquelético entre los trabajadores que realizan tareas de manejo manual de materiales en comparación con otras tareas.⁽¹³⁾ Estos



trabajadores también reportan altos niveles de esfuerzo físico percibido en escalas estandarizadas.⁽⁴⁾ Aunque se han implementado estrategias como pausas activas y rotación de tareas, su efecto ha sido limitado y ofrece pocas ventajas para reducir la sobrecarga fisiológica que los trabajadores experimentan durante sus tareas.^(15,16) Siguiendo esta línea, las revisiones en ergonomía aplicada y ocupacional sugieren que las intervenciones más efectivas son aquellas que involucran controles de ingeniería, soluciones técnicas o rediseños de estaciones de trabajo que reducen de manera categórica la exposición a factores de riesgo físicos y biomecánicos.⁽¹⁷⁾ De hecho, las intervenciones basadas en principios de automatización y mecanización disminuyen considerablemente las exigencias físicas de los trabajadores.⁽¹⁸⁾

Aunque la aplicación práctica de tales innovaciones es limitada en la minería, esto indica un área potencial para el desarrollo de investigación, lo que podría tener un impacto positivo en la salud ocupacional. Por lo tanto, considerando lo anterior, este estudio se centró en evaluar los efectos de una intervención piloto de ergonomía en ingeniería sobre los síntomas musculoesqueléticos de los trabajadores en una tarea originalmente basada en la manipulación manual de materiales.

Para evaluar la efectividad de la medida de control de ingeniería implementada durante la tarea de reemplazo del variador de frecuencia en la reducción de riesgos ergonómicos y síntomas musculoesqueléticos entre los trabajadores en una operación minera.

Métodos

Esta investigación empleó un diseño experimental de intervención pre-post con un enfoque descriptivo, transversal, longitudinal y cuantitativo. Participaron quince trabajadores hombres. Inicialmente, se realizó una observación durante la ejecución de la tarea en el área de la cinta transportadora portátil, donde se encuentran los gabinetes eléctricos en el sector de apilamiento (figura 1).



A. Transportador portátil



B. Frecuencia variable



C. Movimiento del variador de frecuencia



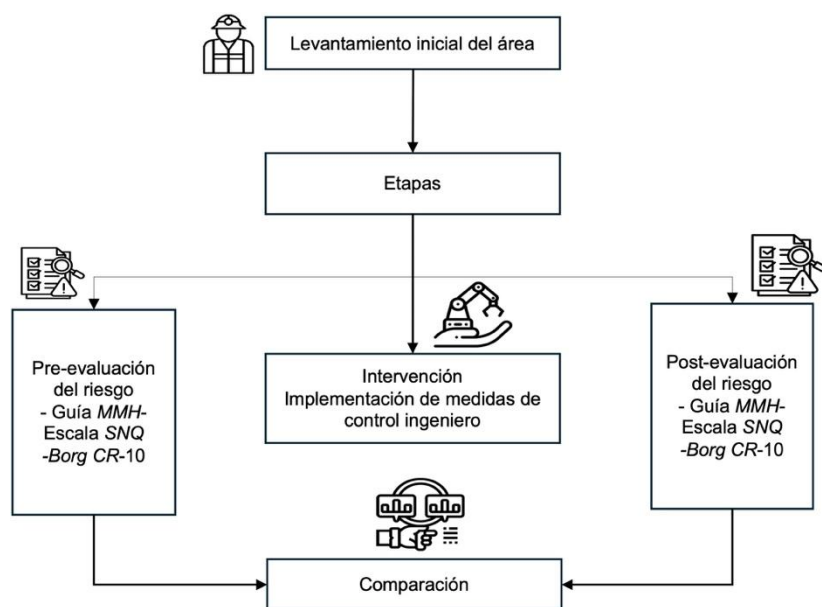
Fuente: Elaboración propia.

Nota: A. Sector de cinta transportadora portátil, B. Variador de frecuencia, C. Zona de tránsito/movimiento.

Fig. 1. Área de campo donde se realiza el reemplazo del variador de frecuencia.

El estudio se estructuró en tres etapas. En la primera etapa, el investigador principal realizó una visita técnica para observar la tarea y determinar la cantidad de trabajadores que la realizaban. Con base en esta información, se seleccionaron los instrumentos para la evaluación posterior. Durante una segunda sesión (la semana siguiente) y durante el turno de los trabajadores, el investigador principal evaluó los riesgos ergonómicos de quienes realizaron la tarea de reemplazo del variador de frecuencia utilizando la Guía Técnica de Manipulación Manual de Materiales (*MMH*, por sus siglas en inglés), un instrumento que examina los factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos y sugiere rediseño de la tarea, capacitación o ayudas mecánicas. Además, se aplicó el Cuestionario Nórdico Estandarizado (*SNQ*, por sus siglas en inglés) para detectar síntomas musculoesqueléticos, en particular dolor, mediante un mapeo de las zonas del cuerpo doloridas y registrando los síntomas durante los últimos siete días y 12 meses. La percepción del esfuerzo se evaluó usando la Escala *Borg CR-10*, donde los trabajadores califican la intensidad de la tarea de 0 (sin esfuerzo) a 10 (esfuerzo máximo). Todas las evaluaciones se realizaron en el lugar por el investigador principal.

La segunda etapa involucró una intervención ergonómica, que consistió en diseñar e implementar una medida de control de ingeniería, seguida de una tercera etapa de re-evaluación del riesgo, lo que permitió comparaciones antes y después de la intervención (figura 2).



Fuente: Elaboración propia.
Fig. 2. Diseño metodológico.

Consideraciones Éticas

El estudio fue aprobado por el comité de ética institucional (CEC-UVM 15-24). Todos los participantes proporcionaron consentimiento informado por escrito.

Análisis Estadístico

Se utilizaron estadísticas descriptivas y comparativas. Se calcularon frecuencias y porcentajes para variables categóricas, y medidas de tendencia central para variables continuas. Se aplicó la prueba de *McNemar* para variables categóricas pareadas (presencia o ausencia de dolor musculoesquelético), y pruebas t pareadas para variables continuas (esfuerzo percibido). La significancia se estableció en $p < 0,05$.

Resultados

Pre-intervención

La Guía Técnica *MMH*⁽¹⁹⁾ y las tablas de verificación iniciales clasificaron la tarea como de alto riesgo, debido al peso de la carga (variadores de frecuencia de 30 a 45 kg según modelo y marca), superando los límites legales establecidos por la Ley N.º 20.949 (25 kg para hombres, 20 kg para mujeres) para el manejo individual. La



distancia entre el vehículo de transporte y el sitio de instalación era de cuatro a cinco metros y no constituía un riesgo mayor. El principal desafío consistía en bajar el equipo del vehículo, transportarlo y subir las escaleras hasta el área de instalación, lo que requería posturas asimétricas de la columna con flexión y rotación combinadas, sin mover los pies.

Intervención

Basado en estos hallazgos, se implementó una medida de control de ingeniería: un brazo mecánico con polipasto para levantar, bajar y transportar la carga con movilidad multidireccional. Los trabajadores solo guían la carga mediante una cuerda de tensión, reduciendo significativamente el esfuerzo físico mientras se mantiene la comodidad ergonómica. (figura 3).



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La manipulación manual del variador de frecuencia implica sujetar, transportar y bajar el equipo.

Fig. 3. Transporte del variador de frecuencia usando una medida de control de ingeniería.

Post-Intervención

La reevaluación usando los mismos instrumentos (guía *MMH*, *SNQ*, escala de *Borg*) reveló reducciones significativas tanto en la prevalencia de dolor musculoesquelético como en la percepción de esfuerzo. El dolor lumbar disminuyó del 66,7 al 6,6 %, y el dolor de hombro del 26,7 % (cuatro trabajadores) a 0 %. En general, el 80 % de los trabajadores reportó dolor en los siete días previos a la intervención, mientras que ninguno reportó dolor después de la intervención. Todas las diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$, prueba de *McNemar*), (tabla 1). La percepción de esfuerzo bajó de una calificación de 7 ('muy duro') antes de la intervención a 1 ('muy ligero') después de la intervención ($p < 0,05$, prueba *t* de muestras pareadas), (tabla 2).

Tabla 1. Prevalencia y duración total del dolor musculoesquelético en trabajadores según la región del cuerpo basado en el Cuestionario Nórdico Estandarizado

Área del cuerpo con dolor	Pre		Post	
	n	%	n	%
Columna lumbar	10	66,7	1	6,6*
Hombro	4	26,7	0	0*
Columna cervical	1	6,6	0	0*
Duración del dolor (últimos siete días)				
1-7	12	80,0	0	0*
8-30	2	13,3	1	6,6*
>30	1	6,6	0	0*

Significancia *McNemar* * $p < 0,05$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Esfuerzo percibido por los trabajadores según la Escala Borg CR-10

Esfuerzo percibido	Pre	Post
Valor	7	1*
Calificación cualitativa	“muy fuerte”	“muy ligero”
% de máxima contracción voluntaria	70 %	10 %

Significancia Prueba *t* * $p < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La innovación ergonómica llevó a una reducción significativa del dolor lumbar, cervical y de hombros, probablemente debido a la disminución de la carga mecánica, la reducción de posturas forzadas y la disminución de la compresión espinal. Se han reportado resultados similares con ayudas mecánicas y exoesqueletos en tareas que requieren posturas incómodas y manejo manual de cargas 20,21. Hwang (2020) también demostró que los dispositivos con asistencia neumática reducen el riesgo de lesiones en cuidadores en la columna lumbar y las extremidades superiores.⁽²²⁾

Al comparar controles de ingeniería con estrategias administrativas tradicionales (rotación de tareas, capacitación, pausas activas), el brazo mecánico con polipasto redefinió las demandas técnicas y biomecánicas

de la tarea, sustituyendo el esfuerzo físico, muscular y postural por un rol de supervisión para guiar la carga, consistente con Bey-Temsamani (2022), quien diseñó una grúa aérea inteligente para el manejo de cargas grandes.⁽²³⁾ Estos hallazgos coinciden con intervenciones mineras anteriores que muestran que la asistencia mecánica o teleoperada aleja a los trabajadores del núcleo físico, reduciendo la exposición ergonómica.

El estudio destaca la importancia de la ergonomía en la gestión de riesgos laborales, especialmente bajo cargas altas y condiciones ambientales extremas. La intervención se alinea con los principios de ergonomía laboral que promueven controles de ingeniería primarios para prevenir los TME (trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo) y apoyar la productividad sostenible.⁽²⁴⁾ El bajo costo y la adaptabilidad del prototipo permiten su réplica en minería, industria y entornos de salud con tareas similares de manejo manual.⁽²⁵⁾ Sornumen y otros (2022), señalaron resultados positivos de la ergonomía sobre la retención laboral, la percepción de salud y la reducción del ausentismo debido a dolor lumbar,⁽²⁶⁾ reforzando el valor de estas estrategias desde una perspectiva biopsicosocial.

Este estudio aporta evidencia sobre los efectos preventivos de la mecanización frente a los TME, mostrando que soluciones de ingeniería simples pueden mitigar la exposición biomecánica y reducir la carga física. Considerando los cambios demográficos en la fuerza laboral, herramientas innovadoras ergonómicas similares pueden proteger la salud, la seguridad y el envejecimiento de los trabajadores.

Finalmente, el enfoque de método mixto demostró ser valioso para orientar futuras intervenciones en entornos reales. Usar tanto herramientas de evaluación de riesgo ergonómico como instrumentos que miden el esfuerzo y el dolor musculoesquelético (*Borg CR-10*, *SNQ*) produjo hallazgos respaldados estadísticamente, a pesar del tamaño pequeño de la muestra ($n=15$).

Limitaciones y futuras direcciones

Las limitaciones incluyen un tamaño de muestra pequeño ($n=15$) y la falta de seguimiento a largo plazo debido a contratos basados en proyecto. Los estudios futuros podrían integrar indicadores adicionales como fatiga, rendimiento y productividad, con muestras más grandes y evaluaciones a medio plazo para valorar la sostenibilidad de los efectos.

Conclusión

Este estudio nos permiten reflexionar que la innovación ergonómica, a través del brazo mecánico, fue muy efectiva para reducir el riesgo musculoesquelético en tareas ocupacionales que implican manejo de cargas



pesadas. Específicamente, la intervención redujo significativamente la carga física, el esfuerzo percibido y los síntomas musculoesqueléticos entre los trabajadores mineros.

Financiamiento

Los autores declaran que no recibieron financiamiento para la presente investigación.

Referencias bibliográficas

1. World Health Organization. International Labour Organization. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: Global monitoring report. Geneva, Switzerland.: WHO. 2021 [acceso 10/05/2026]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034945>
2. Yang F, Di N, Guo W, Ding W, Jia N, Zhang H, *et al.* The prevalence and risk factors of work related musculoskeletal disorders among electronics manufacturing workers: a cross-sectional analytical study in China. BMC Public Health. 2023;23(10). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14952-6>
3. Urrejola G, Pérez D, Pérez M, Gary BA. Postural stress and risk conditions in manual load handling of Chilean industrial workers. International Journal of Occupational Safety and Health. 2023;13(1):47–54. DOI: <https://doi.org/10.3126/ijosh.v13i1.41264>
4. Santos W, Rojas C, Isidoro R, Lorente A, Dias A, Mariscal G, *et al.* Efficacy of Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Clinical Medicine. 2025;14(9):3034. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm14093034>
5. Yağcı M, Yıldızlar O, Yıldırım M. Reduction of work-related musculoskeletal risk factors following ergonomics training and exercise practices in a mechanised underground copper mine. WORK. 2025;80(3):1265–77. DOI: <https://doi.org/10.1177/10519815241289781>
6. SUSESO. SUSESO presenta Informe Anual de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2022. El Ministerio del Trabajo y la Superintendencia de Seguridad Social prestaron esta mañana el Informe Anual de Estadísticas sobre Seguridad y Salud en el Trabajo 2021 [acceso 10/05/2026]. Disponible en: <https://www.suseso.cl/605/w3-article-679828.html>
7. Vega-Hernandez G, Olave E, Lizana P. Musculoskeletal Disorders and Quality of Life in Chilean Teachers: A Cross-Sectional Study. Front Public Health . 2022;29(10):810036. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.810036>



8. Solari G, Rivera M, Velasco A, Álvarez M, Orellana K, Gómez P. Exposure to musculoskeletal and psychosocial risks in SME workers, Antofagasta, Chile, 2021-2022. *Rev Bras Med Trab*. 2024;22(03):1–8. DOI: <https://doi.org/10.47626/1679-4435-2023-1119>
9. Wurzelbacher SJ, Lampl MP, Bertke SJ, Tseng C-Y. The effectiveness of ergonomic interventions in material handling operations. *Appl Ergon*. 2020;87:103139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103139>
10. Zenda KP, Rathebe PC, Moto TP, Masekameni DM, Mbonane TP. Prevalence of Lower Back Pain and Associated Workplace and Ergonomic Factors among Mineworkers in a Nickel Mine, Zimbabwe. *Safety*. 2024;10(3). DOI: <https://doi.org/10.3390/safety10030081>
11. Smith TD, Yu Z, Balogun AO. Assessing the impact of job demands and hazardous workload activities on musculoskeletal symptoms in stone, sand, and gravel mining operations. *WORK*. 2023;75(4):1393–402. DOI: <https://doi.org/10.3233/WOR-220188>
12. Dube G, Chiluba BC. Ergonomic Factors Associated with Lower Back Pain Amongst Load-Haul-Dump Truck Operators at Freda Rebecca Gold Mine, Bindura, Zimbabwe. *JPRM*. 2021;3(1):50–9. DOI: <https://doi.org/10.21617/jprm2021.320>
13. Agusta M. Factors related to bone structure and pain in the spine in traditional diamond mine workers. *Injury: Interdisciplinary Journal and Humanity*. 2025;4(5):232–8. DOI: <https://doi.org/10.58631/lesión.v4i5.1432>
14. Uchimaya K, King J, Wallman K, Taggart S, Dugan C, Girard O. The influence of rest break frequency and duration on physical performance and psychophysiological responses: a mining simulation study. *Eur J Appl Physiol*. 2022;122(9):2087–97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04979-3>
15. Dempsey PG, Kocher LM, Nasarwanji MF, Pollard JP, Whitson AE. Emerging Ergonomics Issues and Opportunities in Mining. *IJERPH*. 2018;15(11):2449. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph15112449>
16. Kunda C, Lupenga J, Meki CD. The Prevalence and Work-Related Risk Factors of Musculoskeletal Disorders Among Miners at Kalumbila Mine, Kalumbila District Zambia: A Cross-Sectional Study. *Health Science Reports*. 2025;8(6):e70907. DOI: <https://doi.org/10.1002/hsr2.70907>
17. Hoe VC, Urquhart DM, Kelsall HL, Zamri EN, Sim MR. Ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck among office workers. Cochrane Work Group, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;2018(10). DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008570.pub3>
18. Abdul NSS, Mohd Z, Ridzwan MIZ. Efficacy of Interventions in Reducing the Risks of Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Workplace Health Saf*. 2023;71(12):557–76. DOI: <https://doi.org/10.1177/21650799231185335>



19. Subsecretaría de Previsión Social. Guía Técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga. Gobierno de Chile; 2016 [acceso 10/05/2026]. Disponible en: https://www.dt.gob.cl/portal/1629/articles-95553_recurso_1.pdf
20. Lu M, Dufour J, Weston E, Marras W. Effectiveness of a vacuum lifting system in reducing spinal load during airline baggage handling. *Applied Ergonomics*. 70:247–52. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.03.006>
21. Richarz HU, Tamayo A, Rahmig J, Siepmann T, Barlinn J. The impact of mechanical devices for lifting and transferring of patients on low back pain and musculoskeletal injuries in health care personnel—A systematic review and meta-analysis. *Journal of Occupational Health*. 2023;65(1):e12423. DOI: <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12423>
22. Hwang J, Ari H, Matoo M, Chen J, Kim JH. Air-assisted devices reduce biomechanical loading in the low back and upper extremities during patient turning tasks. *Applied Ergonomics*. 2020;87:103121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103121>
23. Bey-Temsamani A, Schouterden G, den Bergh JV, Meskens J, Incirci T, Kellens K. Intelligent overhead crane improves operator ergonomics and productivity. 9th CIRP Conference on Assembly Technology and Systems. 2022;106:132–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.167>
24. Hulshof CTJ, Pega F, Neupane S, Van Der Molen HF, Colosio C, Daams JG, *et al.* The prevalence of occupational exposure to ergonomic risk factors: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. *Environment International*. 2021; 146:106157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106157>
25. Oliveira C, Furtado B, Pereira M, Passos L, de Campos F, de Melo J. Fatores de prevenção de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho: revisão narrativa. *Rev Bras Med Trab*. 2019;17(3):415–30. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1679443520190360>
26. Sormunen, E., Mäenpää-Moilanen, E., Ylisassi, H., Turunen, J., Remes, J., Karppinen, J., & Martimo, K. P. Participatory Ergonomics Intervention to Prevent Work Disability Among Workers with Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial in Workplace Setting. *Journal of occupational rehabilitation*. 2022;32(4):731–42. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10926-022-10036-9>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.



Esta obra está bajo una licencia: [Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Contribución de los autores

Conceptualización: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez, Boris Alberto Gary Zambra.

Curación de datos: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez; Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Análisis formal: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez; Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Investigación: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez.

Metodología: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez; Miguel Angel Pérez Lizama, Alejandra Elizabeth Pezoa Ahumada, Karla Andrea Hernández Pérez.

Recursos: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez.

Administración del proyecto: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez; Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Validación: Boris Alberto Gary Zambra, Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Visualización: Boris Alberto Gary Zambra, Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Supervisión: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez, Boris Alberto Gary Zambra, Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Redacción del borrador original: Alejandro Nicolás Galleguillos Rodríguez; Gabriela Paz Urrejola Contreras.

Redacción, revisión and edición: Miguel Angel Pérez Lizama, Alejandra Elizabeth Pezoa Ahumada, Karla Andrea Hernández Pérez, Boris Alberto Gary Zambra, Gabriela Paz Urrejola Contreras.

