

MITIGACIÓN DE RIESGOS DISERGNÓMICOS: MANIPULACIÓN MANUAL DE ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD

YOBER JENRY ARTEAGA-IRENE*

<https://orcid.org/0000-0001-7965-9876>

Departamento de Producción y Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

KATHERINE PRETEL-RUIZ

<https://orcid.org/0009-0000-2630-7738>

Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

ROCÍO SHIRLY CHAUPIS-RAMOS

<https://orcid.org/0009-0000-4681-2352>

Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

DANNY DANIEL MEDINA-AGUILAR

<https://orcid.org/0009-0002-7745-6295>

Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Recibido: 16 de mayo del 2024 / Aceptado: 2 de julio del 2024

Publicado: 12 de diciembre del 2024

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2024.n47.7124>

RESUMEN. La energía eléctrica es un *commodity* fundamental para la sociedad. Sin embargo, la instalación y el montaje de la infraestructura para su generación y distribución plantean desafíos ergonómicos intrincados para los trabajadores. En este contexto, el objetivo del estudio fue evaluar y mitigar los riesgos disergonómicos relacionados con las actividades de carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión de

Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: yarteagai@unmsm.edu.pe; katherine.pretel@unmsm.edu.pe; rocio.chaupis@unmsm.edu.pe; danny.medina@unmsm.edu.pe

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

electricidad. La investigación identificó inicialmente las zonas de incomodidad mediante el diagrama de Corlett y Bishop, seguido por la clasificación de posturas a través del método REBA. Posteriormente, los niveles de riesgo se cuantificaron utilizando el *software* Ergonautas y, finalmente, se formularon e implementaron acciones de mejora para mitigar los riesgos identificados. Los resultados revelaron incomodidad prevalente en las regiones lumbar, dorsal y pie derecho. Además, las medidas de intervención reportaron una reducción significativa del riesgo “muy alto”, “alto” y “medio” en 44 %, 7 % y 6 %, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: ergonomía / seguridad industrial / líneas eléctricas / método REBA / riesgos disergonómicos

MITIGATING DISERGONOMIC RISKS: MANUAL MANIPULATION OF METALLIC STRUCTURES FOR ELECTRIC POWER TRANSMISSION LINES

ABSTRACT. Electricity is a fundamental commodity for society. However, the installation and assembly of infrastructure for its generation and distribution pose intricate ergonomic challenges for workers. In this context, the study aimed to evaluate and mitigate disergonomic risks related to the activities of loading and unloading metallic structures for electrical transmission lines. Initially, the research identified discomfort zones using the Corlett and Bishop diagram, followed by the classification of postures through the REBA method. Subsequently, risk levels were quantified using Ergonautas software, and finally, improvement actions were formulated and implemented to mitigate the identified risks. The results revealed prevalent discomfort in the lumbar, dorsal, and right foot regions. Additionally, the intervention measures reported a significant reduction in “very high”, “high”, and “medium” risk levels by 44 %, 7 %, and 6 %, respectively.

KEYWORDS: ergonomics / industrial safety / transmission lines / REBA method / disergonomic risks

INTRODUCCIÓN

Contexto

Con el advenimiento de la llamada cuarta revolución industrial y la evolución de los sistemas de producción (Arteaga-Irene & Chan, 2021), a nivel mundial las actividades laborales que demanda la industria se encuentran en un estado dinámico de constante evolución. En la medida que los sistemas industriales adoptan nuevas tecnologías emergentes, también se demanda la mejora de la calidad del trabajo para el ser humano. Sin embargo, hoy en día, muchas personas aún se ven obligadas a laborar en empleos sin las condiciones mínimas que garanticen su seguridad y salud. De acuerdo con las cifras de la Organización Internacional del Trabajo (2019), la mayoría de los 3300 millones de personas empleadas en el mundo en el 2018 no gozaban de un nivel suficiente de seguridad, bienestar material e igualdad de oportunidades.

La problemática relacionada con las condiciones de trabajo no es propia de la era contemporánea; en realidad, su origen se remonta a la Primera Revolución Industrial, entre 1760 y 1840, específicamente al invento de la máquina de vapor. En ese entonces, la operación de esta máquina estaba supeditada a la experiencia en el uso de la misma, y surge lo que hoy en día se denomina la interacción hombre-máquina (Niebel & Freivalds, 2009). Más adelante, en 1857, Woitej Yastembowsky introdujo el término *ergonomía* (Bravo & Espinoza, 2016), y a partir de ese momento se empieza a desarrollar teorías y modelos de la actividad laboral humana. Hoy en día, la ergonomía es considerada esencial en el lugar de trabajo, ya que tiene como objetivo optimizar la interacción entre los trabajadores, las herramientas y el entorno para mejorar la productividad y la seguridad, al mismo tiempo que se minimiza el riesgo de lesiones.

Dada la importancia y la trascendencia de la ergonomía, diversos investigadores han desarrollado una variedad de métodos, modelos y técnicas que permiten hacer una evaluación y cuantificación de los riesgos disergonómicos, tales como *checklists* y cuestionarios (Norman et al., 2006), el método *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) (Hignett & McAtamney, 2000), etcétera. Mientras que otros académicos se han centrado en la aplicación de estas herramientas en distintos sectores de la industria, tales como minería (Rodríguez-Ruiz et al., 2019), alimentos (Pincay et al., 2021) y salud (Paredes & Vázquez, 2018; Morales et al., 2017), entre otros.

Por otro lado, han surgido una serie de organizaciones que promueven y difunden conocimientos y avances en materia de ergonomía. Las más relevantes son la International Ergonomics Association (IEA) y la Human Factors and Ergonomics Society (HFES). En esta misma línea, instituciones como la International Organization for Standardization (ISO) en los últimos veinte años han venido publicando una serie de estándares como ISO 9241, ISO 6385, ISO 11228, etcétera, orientados a definir criterios patrones bajo los cuales las

organizaciones deben gestionar la ergonomía en los espacios de trabajo. Adicionalmente, diversos gobiernos de distintos países han venido regulando aspectos asociados a ergonomía laboral. Entre los pioneros están Suecia y Reino Unido, que a inicios de 1950 y 1970, respectivamente, establecieron normas y estándares que enfatizaban la importancia del diseño del lugar de trabajo y el bienestar de los trabajadores. En el Perú, las acciones tomadas en aspectos regulatorios son básicas, ya que a la fecha solo se dispone de la Resolución Ministerial 375-2008-TR (2008) en materia de ergonomía. Tal como argumenta Soares (2006), en este país solo algunas compañías multinacionales realizan intervenciones relacionadas con ergonomía laboral, debido a que las regulaciones no son lo suficientemente fuertes, de manera que en el sector empresarial todas o la mayoría de las organizaciones tengan que desplegar esfuerzos orientados a la adopción de tales prácticas en sus operaciones.

Una situación similar es la que experimenta la compañía objeto del presente estudio, en la cual hay una falta de políticas orientadas a la adopción de prácticas de ergonomía laboral. La firma está inmersa en el rubro de diseño, suministro, construcción, montaje y puesta en operación de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas. Como parte de sus operaciones, se realizan actividades de manipulación manual de estructuras metálicas de líneas de transmisión de electricidad. Específicamente, en el proceso de carga y descarga de tales estructuras con camión grúa. Desde el punto de vista ergonómico, estas tareas se consideran de naturaleza compleja, ya que presentan una serie de características que ponen en riesgo la seguridad y salud de los trabajadores y, por ende, constituyen el foco del presente estudio. La Tabla 1 resume dichas peculiaridades.

La ejecución de estas tareas demanda en promedio 16 personas, quienes están expuestas a diario a condiciones de trabajo inapropiadas, tales como posturas forzadas, sobrecarga postural y movimientos repetitivos. Esta situación ha generado lesiones musculoesqueléticas serias en trabajadores en distintas ocasiones. El hecho más reciente se remonta a inicios del 2023, cuando se reportó un accidente de trabajo incapacitante. Se prevé que la pasividad frente a la situación podría potencialmente materializar hechos que conduzcan a la incapacidad permanente y, por tanto, a la degradación de la salud de los trabajadores. Tomando en cuenta este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar los riesgos disergonómicos en la actividad de carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión de electricidad realizada con camión grúa, e implementar acciones de mejora para mitigarlos.

Tabla 1*Características de las tareas de carga y descarga de estructuras metálicas*

Tipología	Descripción
Levantamiento pesado	Las estructuras metálicas empaquetadas son muy pesadas (más de 200 kg) y requieren una fuerza significativa para levantarlas y moverlas manualmente.
Posturas forzadas	La manipulación manual de estructuras metálicas a menudo requiere de la adopción de posturas de levantamiento incómodas para los trabajadores.
Movimientos repetitivos	Cargar y descargar estructuras metálicas implica movimientos repetitivos en el operador de grúa (movilización de manos y cuello por más de cuatro veces por minuto) y el operario de empaquetado (movilización de manos, cuello y brazos de dos a tres veces por minuto). Estos pueden provocar trastornos traumáticos acumulativos y otros problemas musculoesqueléticos con el tiempo.
Espacio limitado	El espacio de trabajo en el camión grúa es limitado, lo que dificulta las maniobras seguras de trabajadores.
Vibraciones	Los camiones grúa pueden producir vibraciones durante las operaciones de elevación y bajada.
Diseño inadecuado de herramientas	Las barretas hechas para el armado de paquetes de estructuras metálicas no están diseñadas ergonómicamente, por lo que provocan tensión física innecesaria en los operadores y reducen la eficiencia.
Estabilidad y control de carga	Garantizar la estabilidad de las estructuras metálicas durante el izaje y la descarga es fundamental. Si no se controla la carga correctamente, se pueden producir accidentes, caída de objetos y lesiones.
Factores ambientales	Condiciones climáticas (viento, lluvia y temperaturas extremas) generan desafíos adicionales en las operaciones de carga y descarga.
Presión de tiempo	En la mayoría de los casos, las operaciones de carga y descarga se realizan con sentido de urgencia.

Literatura relevante

Diversos investigadores han abordado la problemática de los riesgos disergonómicos en distintos ambientes laborales. A continuación, se presentan los estudios más relevantes tanto en el ámbito nacional como internacional.

Arana et al. (2007) y Lluguay y Muyulema (2015) llevaron a cabo evaluaciones ergonómicas con metodologías y objetivos distintos. El primer estudio utilizó los métodos LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo) y RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) para identificar factores que afectan a trabajadores de selección y molido de plástico reciclado, mientras que el segundo estudio empleó el *software* ERGO IBV para analizar los aspectos psicológicos del estrés laboral en el personal docente y administrativo. Los resultados alcanzados por Arana et al. (2007) mostraron que el 70 % de los procesos analizados presentan puntuación de nivel de 3 y 2 en el lado derecho

e izquierdo de las zonas del cuerpo, respectivamente, por lo que es necesario realizar modificaciones urgentes en las tareas y/o puestos de trabajo. Por su parte, Lluquay y Muyulema (2015) determinaron que el estrés es un precursor de enfermedades bajo determinadas circunstancias, además de evidenciar que existe una relación entre el estrés causado por la ansiedad, depresión e insatisfacción laboral, y los trastornos de salud en el corto y largo plazo. Aunque ambos estudios resaltan la necesidad de acciones de mejora y aportan información valiosa para promover el bienestar de los trabajadores, se limitan a realizar evaluaciones diagnósticas y no se especifica las acciones para mitigar los riesgos.

De manera similar, Rodríguez-Ruiz et al. (2019) y Pincay et al. (2021) examinaron los riesgos musculoesqueléticos en contextos ocupacionales diferentes. En el primer caso, se efectuó la evaluación ergonómica de las tareas realizadas en minería subterránea utilizando los métodos ERIN (Evaluación del Riesgo Individual) y REBA; mientras que, en el segundo caso, se investigaron las posturas inadecuadas y los trastornos musculoesqueléticos utilizando el método REBA en trabajadores que llevan a cabo levantamiento de frutas. Los resultados obtenidos por Rodríguez-Ruiz et al. (2019) señalaron que, de las 13 posturas evaluadas, en las tareas perforación de frente y limpieza, el nivel de riesgo es "alto" y, en las tareas de desatado de rocas, sostenimiento, perforación de frente y voladura, el nivel de riesgo es "alto" y "muy alto". En contraste, los hallazgos de Pincay et al. (2021) reportaron que el 14,4 % de los alzadores de fruta padecían lesiones musculoesqueléticas, siendo la más significativa el dolor en espalda baja. Aunque ambos estudios sugirieron medidas de intervención, estas no fueron llevadas a la práctica para verificar su efectividad en la mitigación de los riesgos.

En la misma línea, Paredes y Vázquez (2018) y Morales et al. (2017) exploraron los trastornos musculoesqueléticos (TME) en personal de enfermería en áreas de unidades de cuidados intensivos (UCI) y medicina interna en hospitales en Valladolid (España) y en Tena (Ecuador), respectivamente. Ambos estudios utilizaron el método REBA para analizar las posturas de trabajo y la exposición a riesgos disergonómicos. Los resultados hallados por Paredes y Vázquez (2018) mostraron que el 100 % de las trabajadoras presentan molestias musculoesqueléticas, con una alta prevalencia de TME en el cuello (94,1 %), hombros (64,7 %), zona dorso-lumbar (88,2 %), codo o antebrazo (18,8 %) y muñeca o manos (18,8 %). Además, se identificó una relación causal entre los TME y factores como la edad, antigüedad en el servicio de UCI y otras variables ergonómicas. Por otro lado, Morales et al. (2017) encontraron que el 23 % de enfermeras presentan un riesgo "alto" de TME, principalmente asociado a tareas como la colocación de pacientes en sillas de ruedas y camillas, así como la aplicación de fuerza de empuje y arrastre. Aunque estos estudios se limitan a hacer evaluaciones diagnósticas, ambos destacan la importancia de evaluar y prevenir los TME en el personal de enfermería y profesionales de la salud.

Otros estudios conducidos en el Perú abordan la evaluación de riesgos disergonómicos en la industria metalmeccánica. Por ejemplo, Guevara y Martínez (2019) se enfocaron en la carga postural como factor de riesgo disergonómico en soldadores de tuberías metálicas. Se utilizó el diagrama de Corlett y Bishop, la hoja de campo REBA y una herramienta de *software* para evaluar las posturas y los riesgos asociados. Los resultados destacaron como posturas críticas la posición recostado y arrodillado, y de pie para soldar la parte inferior y la parte superior de las tuberías metálicas, respectivamente, lo que llevó a la implementación de un plan de acciones correctivas para mejorar las condiciones ergonómicas. En contraste, el estudio de Sosa y Polo (2023) se centró en la gestión de carga postural para reducir los TME en maniobras de izaje, en las cuales inicialmente no se realizaba gestión alguna de riesgos disergonómicos; por ende, el nivel de expectativa de la gestión postural era de 90,4 % de insatisfacción en los 52 operarios evaluados. Posteriormente, se hizo una evaluación integral utilizando REBA y OWAS (*Ovako Working Posture Assessment System*) y se implementaron acciones de mitigación. Los resultados obtenidos indicaron que el nivel de satisfacción se revirtió a 98,1 %, los descansos médicos se redujeron de 9,6 % en el 2019 a 0 % entre el 2020 y el 2021. De la misma manera, el ausentismo laboral disminuyó considerablemente de 21,2 % en el 2019 a 15,4 % en el 2020, y a 0 % en el 2021. Tanto Guevara y Martínez (2019) como Sosa y Polo (2023) resaltan la importancia de abordar los riesgos disergonómicos e implementar acciones preventivas y correctivas para mejorar las condiciones de trabajo en la industria metalmeccánica.

Los estudios revisados ilustran la importancia de la gestión de riesgos disergonómicos en diversos entornos laborales; sin embargo, la mayoría de estos se han limitado a evaluaciones diagnósticas. Además, no se ha encontrado evidencia de investigaciones que aborden problemáticas similares en la industria de líneas de transmisión de electricidad. Por lo tanto, se avizora un vacío que amerita ser estudiado para promover la salud y el bienestar de los trabajadores en dicho sector.

METODOLOGÍA

Participantes

La población considerada para la investigación comprendió a los 19 colaboradores de la compañía objeto del estudio, específicamente a aquellos trabajadores dedicados a las tareas de carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión. La muestra se determinó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) y estuvo compuesta por 16 trabajadores varones físicamente saludables, quienes ejecutan directamente las tareas en mención en proyectos de la región Junín (Perú). Además, estos reportan un rango de edad de 25 a 55 años, un rango de peso

de 55 a 90 kg, un rango de talla de 1,52 a 1,70 metros, y un rango de tiempo de laborar en la empresa de 0,5 a 7 años. Los criterios de selección y/o exclusión fueron la ausencia de cualquier tipo de trastorno musculoesquelético, dolor lumbar, alguna enfermedad general diagnosticada previamente, problemas de equilibrio y aparentes desviaciones posturales.

Procedimiento

Procedimentalmente, el presente estudio siguió cuatro etapas de manera secuencial. En la primera, para la identificación de molestias que perciben los trabajadores en las distintas partes del cuerpo, se utilizó el diagrama de Corlett y Bishop (Corlett & Bishop, 1976). En la segunda etapa, para la tipificación de las posturas (adoptadas por los trabajadores participantes en la investigación) que presentan mayor riesgo disergonómico en la actividad bajo estudio, se aplicó del método REBA (Hignett & McAtamney, 2000). En la tercera etapa, para la cuantificación de los riesgos disergonómicos asociados a la tarea bajo estudio, se utilizó el *software* en línea Ergonautas (Diego-Mas, 2015; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015; Sumaiya & Muzammil, 2022). En la etapa final de este estudio, se plantearon e implementaron medidas de acción para mitigar los riesgos cuantificados siguiendo los conceptos y criterios de controles de ingeniería y controles administrativos (Muñoz, 2015; Schulte et al., 2008). Posteriormente, se realizó una evaluación posimplementación para cuantificar el impacto de la implementación de estas acciones en la reducción de los niveles de riesgo.

Hipótesis

Dadas las características del estudio, las hipótesis formuladas, nula (H_0) y alterna (H_1), están orientadas a evaluar el efecto de la implementación de las medidas de acción para la mitigación de riesgos disergonómicos en las actividades materia de estudio.

- H_0 : no existe diferencia significativa entre los niveles de riesgo de la evaluación inicial y los niveles de riesgo posimplementación de las acciones de mejora propuestas.
- H_1 : existe diferencia significativa entre los niveles de riesgo de la evaluación inicial y los niveles de riesgo posimplementación de las acciones de mejora propuestas.

RESULTADOS

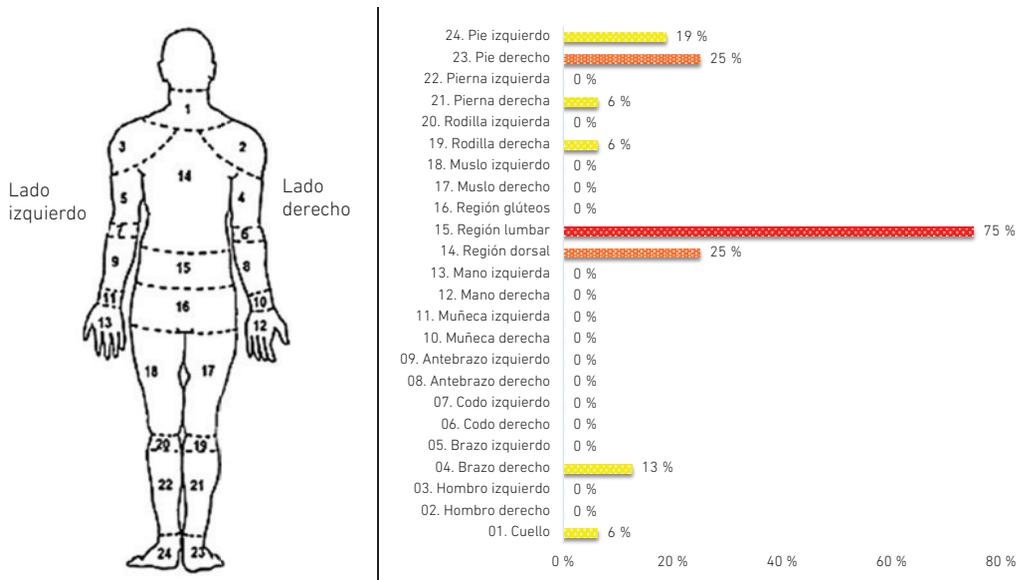
Análisis de riesgos disergonómicos y efectividad de las acciones de mejora

Los resultados obtenidos en la aplicación del diagrama de Corlett y Bishop indicaron que los dolores percibidos con más frecuencia se localizan en la región lumbar (zona

15), región dorsal (zona 14) y pie derecho (zona 23) con un 75 %, 25 % y 25 % de sujetos de estudio que reportaron experimentar dolor en dichas partes del cuerpo, respectivamente. Véase la Figura 1.

Figura 1

Resultados de la aplicación del diagrama de Corlett y Bishop



Luego de procesar los datos recogidos en la hoja de campo REBA y determinar los ángulos de las posturas adoptadas utilizando el *software* Ergonautas, los resultados mostraron que los trabajadores adoptan posturas forzadas, entre las cuales son las más evidentes las de flexión (inclinado hacia adelante, forzando la curvatura de la columna vertebral), inclinación lateral (cuerpo inclinado hacia un lado, lo que puede afectar el equilibrio y la alineación de la columna), y agacharse o arrodillarse (lo que puede poner tensión en las rodillas y la espalda baja). Véase la Figura 2.

Figura 2

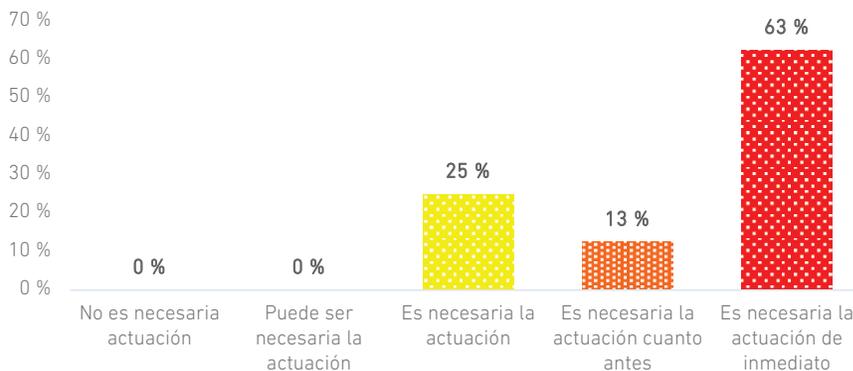
Medición de los ángulos de las posturas adoptadas por los trabajadores



La información recogida en la hoja de campo REBA y los ángulos cuantificados en las fotografías (Figura 2) fueron procesados nuevamente con Ergonautas para cuantificar los riesgos. La Figura 3 presenta la distribución de niveles de riesgo entre los trabajadores participantes. La barra roja indica que se necesita tomar acciones inmediatas en el 63 % de trabajadores (10 participantes), ya que los puntajes oscilan entre 11 y 15, lo que corresponde a un riesgo muy alto. La barra naranja sugiere implementar acciones cuanto antes para el 13 % (2 trabajadores), puesto que reportaron puntajes entre 8 y 10, clasificados como de riesgo alto. La barra amarilla indica que la implementación de acciones es necesaria para el 25 % (4 trabajadores), pero con menor celeridad que en los dos casos anteriores, pues los puntajes, en este caso, oscilan entre 4 y 7, y corresponden a un nivel de riesgo medio. En otras palabras, el 100 % de trabajadores implicados en las tareas de carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión demandan de la implementación de acciones orientadas a mitigar los riesgos musculoesqueléticos identificados.

Figura 3

Resultados del porcentaje de actuación



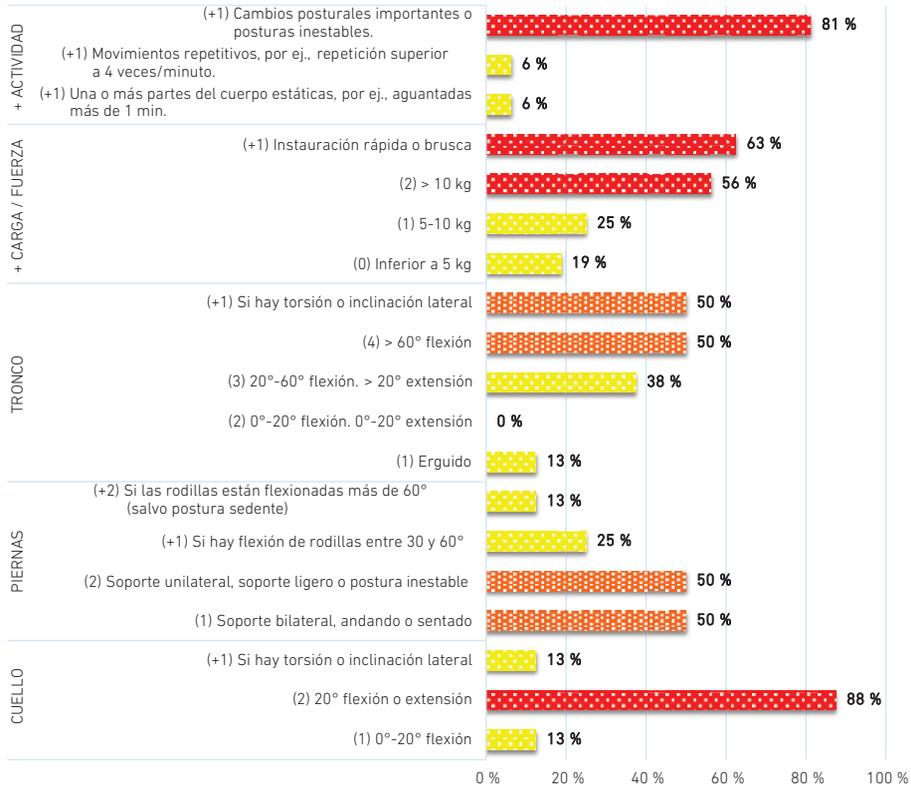
El procesamiento de los datos obtenidos a través de la hoja de campo REBA con Ergonautas también permitió realizar el análisis detallado de las posturas de trabajo adoptadas por los trabajadores. De acuerdo con los criterios del método REBA, para el análisis el cuerpo se divide en dos partes: los segmentos del grupo A (tronco, cuello y piernas) y los segmentos del grupo B (brazos, antebrazos y muñecas). Los resultados se presentan en las Figuras 4 y 5.

En los segmentos del grupo A (Figura 4) se muestra que, mientras se ejecuta la tarea de carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión de electricidad, las posturas de trabajo adoptadas demandan la flexión del tronco a más de 60° en el 50 % de los trabajadores, además de requerir la inclinación lateral o rotación de este en la misma proporción de trabajadores. Este nivel de flexión es uno de los más críticos según los criterios del método REBA, el cual podría traducirse en trastornos musculoesqueléticos. Adicionalmente, en menor proporción, se reporta un 38 % de trabajadores que flexionan o extienden el tronco entre 20° y 60°. Este nivel de flexión o extensión aparentemente es menos dañino para el trabajador; sin embargo, tanto la flexión como la extensión del tronco pueden tener efectos negativos en el cuerpo si se realizan de forma excesiva (frecuencia) o incorrecta. Generalmente, se considera que la flexión excesiva, mayor de 60°, del tronco puede ser peor para la columna vertebral en comparación con la extensión del tronco. Por otro lado, la extensión moderada del pecho, como estar de pie con una buena postura, puede ayudar a mantener la curvatura natural de la columna y brindar apoyo a la parte superior del cuerpo.

Con relación a las posturas adoptadas en el cuello (Figura 4), la realización de la tarea materia de estudio requiere la flexión o extensión de esta parte del cuerpo en más de 20° en el 88 % de los trabajadores, además de la inclinación o giro de la cabeza hacia uno de los lados. Estos resultados reflejan una de las situaciones más significativas y críticas de la tarea bajo estudio. Los efectos asociados directamente a este nivel de flexión son la tensión e incomodidad en los músculos del cuello y los hombros, y el aumento de la presión sobre la columna vertebral. Mientras que los niveles de extensión reportados pueden generar efectos como la tensión de los músculos de la parte posterior del cuello y la parte superior de la espalda, causando molestias y rigidez, así como la presión sobre las articulaciones facetarias, las pequeñas articulaciones que conectan las vértebras de la columna.

Figura 4

Resultados para las posturas adoptadas por los segmentos del grupo A



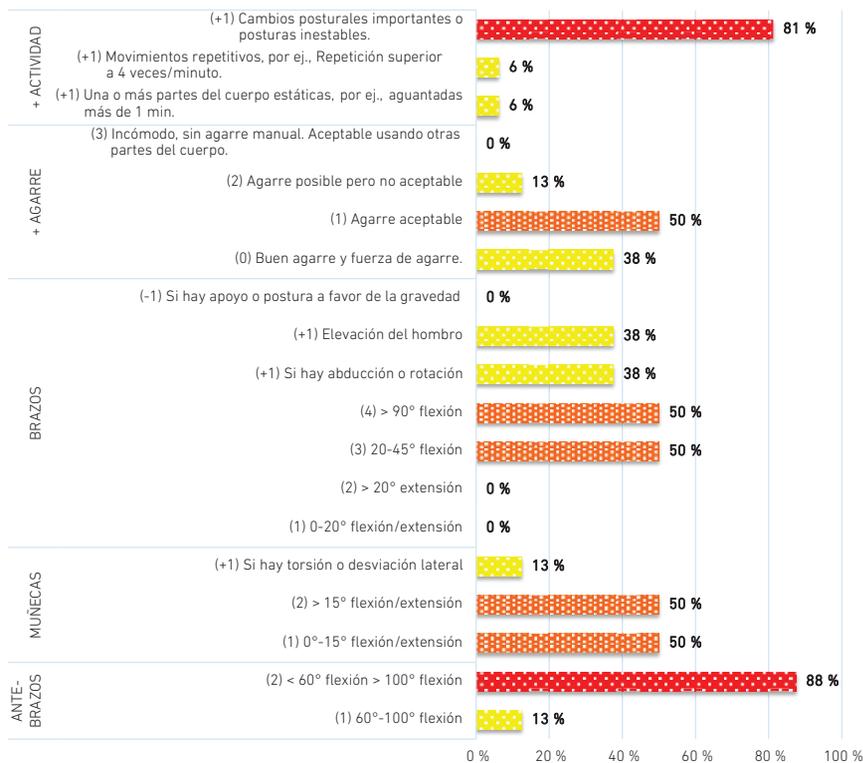
Los resultados más relevantes en las posturas adoptadas en las piernas (Figura 4) por los trabajadores muestran que en el 50 % de los casos estos toman una postura inestable (soporte unilateral o ligero del peso en una de las piernas) y en el 13 % de los casos hay flexión de una o ambas rodillas mayores a 60°. Flexionar las rodillas en ángulos superiores a 60° puede tener una serie de efectos en el cuerpo del trabajador, y es fundamental tener precaución al realizar dichos movimientos. Algunos efectos son distensiones, esguinces, daños en el cartílago articular de la rodilla, dolor e inflamación en la parte delantera de la rodilla, tensión y desgarramiento del menisco, y tendinitis. Es importante mencionar que la flexión de la rodilla es un movimiento normal y esencial para la realización de diversas actividades como ponerse en cuclillas y arrodillarse; sin embargo, la flexión profunda de la rodilla debe abordarse con precaución para evitar que los efectos antes mencionados se materialicen.

Por otro lado, producto de las posturas adoptadas por el trabajador en los segmentos del grupo B (Figura 5), en el 50 % de los casos hay flexión de los brazos que excede los

90°, y en el 50 % de los casos también se reporta flexión que oscila entre los 20° y 45°. Además, en el 38 % de los casos el brazo está abducido o rotado y los hombros por encima de la elevación normal. Los aspectos más críticos de estos resultados están asociados al primer grupo, ya que mantener posturas con brazos flexionados mayor a 90° puede comprometer particularmente la región de los hombros y la parte superior de la espalda. Algunos de los efectos son la fatiga muscular y molestias producto de la mayor tensión en los músculos de los hombros, así como el pinzamiento de los tejidos blandos (como los tendones del manguito de los rotadores), que puede provocar inflamación, dolor y movilidad reducida del hombro, desgarras y tendinitis.

Figura 5

Resultados para las posturas adoptadas por los segmentos del grupo B



En lo que respecta a las posturas que adopta el antebrazo (Figura 5), se reportaron flexiones que fueron menores a los 60° o mayores a los 100° en el 88 % de los trabajadores participantes en el estudio, mientras que en el 13 % de los casos se reportaron valores de flexión que fluctuaban entre los 60° y 100°. Si la flexión y extensión de esta se realizan con alta frecuencia, los efectos pueden ser el síndrome del túnel carpiano, la tendinitis, el codo de tenista, el dedo en gatillo, el dolor de antebrazo y codo, entre otros.

Además de las posturas del antebrazo, también se llevó a cabo la evaluación de las posturas que adoptan las muñecas (Figura 5). Los resultados mostraron que en el 50 % de los casos la flexión y/o extensión de las muñecas exceden los 15°, mientras que el otro 50 % está por debajo de este nivel. Además, los hallazgos revelaron que en un 13 % de los casos las posturas demandan desviación o giro lateral de las muñecas. Cuando se supera los 15° de flexión y/o extensión, se considera un estado crítico de acuerdo con el método de evaluación del presente estudio y pueden materializarse una serie de efectos no deseados, tales como el síndrome del túnel carpiano, la tendinitis, lesiones por esfuerzo repetitivo, dedo en gatillo, dolor de muñeca y mano, etcétera.

Otro aspecto no menos importante es la calidad del agarre (Figura 5) de las estructuras metálicas manipuladas. Este no representa un problema para la actividad, ya que, según los resultados de la evaluación, en el 38 % de los casos se considera “bueno”, en el otro 38 % de los casos “aceptable”, y en el 13 % de los casos “no aceptable”. Por lo tanto, no se evidenció aquí una oportunidad sustancial de mejora.

En la etapa final del estudio, se diseñaron e implementaron seis medidas de acción para mitigar los riesgos iniciales. Dos de las acciones fueron controles de ingeniería, y las cuatro restantes fueron controles administrativos. Las Tablas 2 y 3 resumen las razones de utilidad de cada una de estas.

Tabla 2

Controles de ingeniería implementados

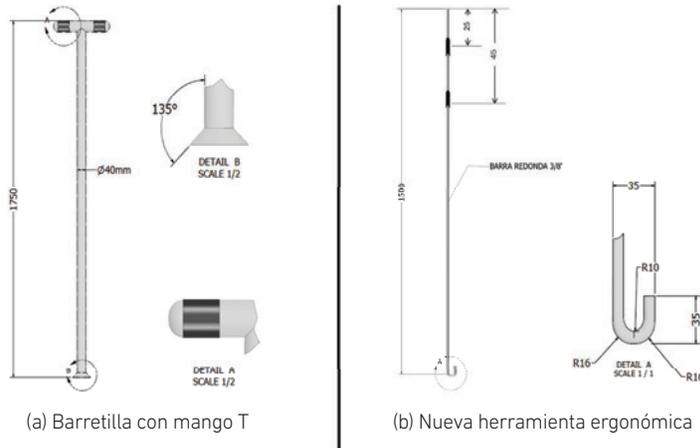
Medida	Propósito/justificación
Implementación de barretilla con mango de goma	Los trabajadores involucrados hacen uso de barretillas convencionales para la ejecución de las tareas. Estas herramientas no cuentan con las características ergonómicas necesarias mínimas, por lo que se planteó el uso de una barretilla con mango de goma T. Véase la Figura 6(a).
Diseño e implementación de herramienta ergonómica para pasar las eslingas sintéticas de extremo a extremo	El diseño e implementación de una herramienta de esta naturaleza reduce los riesgos por adopción de posturas forzadas cuando los trabajadores están empaquetando las estructuras metálicas, previo a la manipulación por el camión grúa para la carga y descarga. Esta acción requirió de la participación de trabajadores quienes hacen el trabajo mecánico y de profesionales familiarizados con la ingeniería de métodos y ergonomía laboral. Véase la Figura 6(b).

Tabla 3*Controles de ingeniería implementados*

Medida	Propósito/justificación
Rotación de personal de la actividad de carga y descarga (por lo menos) cada 21 días	Esta medida se basa en que el descanso prolongado en intervalos más largos puede ayudar a mitigar la fatiga del trabajador y reducir el riesgo de accidentes debido al cansancio. Los empleados bien descansados están más alertas y concentrados, lo que mejora la seguridad general en el lugar de trabajo.
Pausas activas cada dos horas	Las pausas activas cada dos horas, en las que los trabajadores realizan ejercicios de estiramientos de piernas, movimiento de cintura, estiramientos de brazos y manos, fueron esenciales por dos razones. Primero, el estiramiento de piernas ayuda a aliviar la tensión en la parte inferior del cuerpo, promoviendo el flujo sanguíneo y la flexibilidad, lo que reduce el riesgo de rigidez y posibles lesiones (Ekelund et al., 2015). Segundo, los movimientos de la cintura mejoran la movilidad de la columna y disminuyen la tensión en los músculos de la espalda (Roffey et al., 2010).
Campañas trimestrales de concientización	Las campañas trimestrales de concientización contra la exposición a riesgos ergonómicos fueron muy beneficiosas por dos razones. Primero, estas ayudan en la prevención de problemas musculoesqueléticos a través de la educación a los empleados sobre la importancia de adoptar posturas de trabajo adecuadas (Occupational Safety and Health Administration, s. f.). Segundo, estas refuerzan la promoción de una cultura de salud y seguridad (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, s. f.).
Monitorear los riesgos disergonómicos con una frecuencia mínima semestral	El seguimiento y monitoreo frecuente de los riesgos disergonómicos y las acciones implementadas se realizó por seis meses. Estas actividades son fundamentales por las siguientes razones. Primero, la evaluación de la efectividad de las acciones implementadas para verificar si los riesgos identificados se mantienen en niveles aceptables. Segundo, para dar cumplimiento a las regulaciones. En el Perú se cuenta con la Ley 29783 y la RM 375-2008-TR en materia de seguridad y salud en el trabajo, y ergonomía, respectivamente.

Figura 6

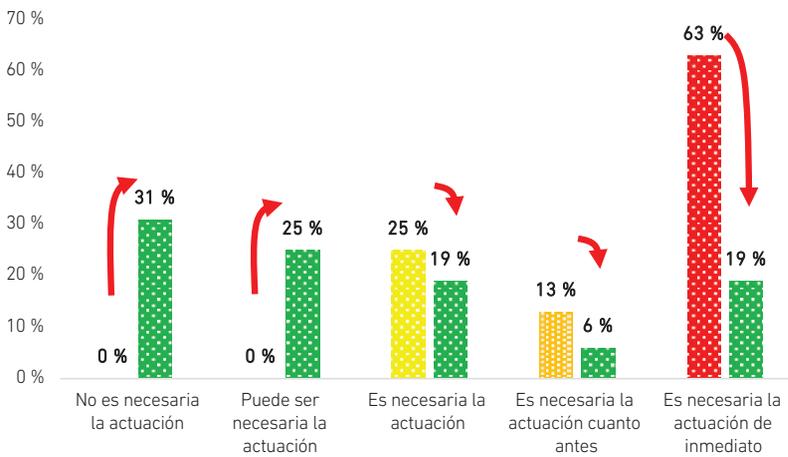
Herramientas implementadas



El impacto de las acciones de mejora en la mitigación de los riesgos fue evaluado luego de seis meses de su implementación. La Figura 7 resume los resultados.

Figura 7

Resultados del porcentaje de actuación posimplementación



Las barras de color amarillo, naranja y rojo muestran los niveles de actuación inicial presentados previamente en la Figura 3, mientras que las barras de color verde representan los niveles de actuación después de la implementación de las acciones de mejora. Los niveles de riesgo se redujeron en 44 % (de 63 % a 19 %), 7 % (de 13 % a 6 %) y 6 % (de 25 % a 19 %) para los casos en los que se requería “actuación inmediata”,

“actuación cuanto antes” y “la actuación puede ser necesaria”, respectivamente. Lo más resaltante es el impacto en la reducción de riesgos en los que se requería tomar medidas de control de manera inmediata, lo que nos lleva a reforzar la idea de que las acciones de mejora tuvieron un efecto positivo en la mitigación de los riesgos disergonómicos.

Otro aspecto importante que confirma la efectividad de las acciones de mejora es el efecto que se observa en los niveles de actuación donde esta “no es necesaria” y “puede ser necesaria”. Los valores mostrados para ambos casos ahora son 31 % y 25 % respectivamente, mientras que antes era 0 %. En otras palabras, al mitigarse los riesgos poniendo en práctica las medidas de acción, los riesgos disergonómicos ahora están en niveles ideales y, por ende, no representan un peligro latente, en el 56 % de los casos, para los trabajadores que ejecutan las actividades relacionadas con la carga y descarga de estructuras metálicas de líneas de transmisión de electricidad.

Contrastación de hipótesis

Utilizando IBM SPSS 25, se realizó la prueba de Wilcoxon (Rosner et al., 2006; Harris & Hardin, 2013) para la comprobación de la hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1). Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

Tabla 4

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

	Rangos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Riesgos antes - riesgos después	Rangos negativos	13 ^a	7,00	91,00
	Rangos positivos	0 ^b	0,00	0,00
	Empates	3 ^c		
	Total	16		

Nota. ^a Riesgos antes < riesgos después. ^b Riesgos antes > riesgos después. ^c Riesgos antes = riesgos después.

Tabla 5

Estadístico de prueba^a

Detalle	Riesgos antes - riesgos después
Z	-3,275 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	0,001

Nota. ^a Prueba de rangos con signo de Wilcoxon. ^b Se basa en rangos positivos.

Como el valor de $p = 0,001 < \alpha = 0,05$, se acepta la hipótesis alterna (H_1). Se indica que existe una diferencia significativa entre los niveles de riesgo antes y después de la intervención. Dicho de otra manera, la implementación de las medidas de acción tuvo un efecto positivo en la mitigación de los riesgos disergonómicos de las actividades materia de estudio.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de la investigación revelan una prevalencia notable de la sensación de dolor en la región lumbar, con un 75 % de los participantes que reportaron molestias. Estos resultados son consistentes con la investigación previa realizada por Pincay et al. (2021), quienes reportaron una incidencia del 35,7 % de dolor dorsal y lumbar entre los trabajadores. De igual forma, Paredes y Vázquez (2018) identificaron un 88,2 % de individuos con dolor en la zona lumbar y dorsal, mientras que Morales et al. (2017) encontraron dolor dorsal en un 70 % de los trabajadores. Adicionalmente, el trabajo de Guevara y Martínez (2019) mostró un 75 % de trabajadores con dolor en la región lumbar. Estos hallazgos convergentes subrayan colectivamente la importancia de gestionar los riesgos disergonómicos que afectan el área lumbar y dorsal, lo que la convierte en una zona de preocupación que justifica estrategias de intervención específicas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron que el 63 % y el 25 % de los trabajadores experimentan riesgos "muy altos" y "altos", respectivamente. Estos hallazgos son congruentes con las investigaciones realizadas por Rodríguez-Ruiz et al. (2019), Paredes y Vázquez (2018), Guevara y Martínez (2019), y Pincay et al. (2021), quienes reportaron niveles de riesgos "altos" y/o "muy altos" en el 53,8 %, 92 %, 100 % y 12,88 % de las poblaciones de estudio, respectivamente. Estos resultados subrayan la urgencia de acciones inmediatas en el lugar de trabajo, además de resaltar la utilidad y eficacia del método REBA como una herramienta valiosa para identificar los riesgos ergonómicos en distintos entornos laborales.

Aunque varios de los estudios conducidos se han realizado sobre personal administrativo (Lluguay & Muyulema, 2015), recolectores de frutas (Pincay et al., 2021) y personal de enfermería (Paredes & Vázquez, 2018; Morales et al., 2017), y no guardan relación directa con el rubro de líneas de transmisión de electricidad; cada uno de ellos han proporcionado valiosas perspectivas en diversos entornos laborales. Cada uno de estos estudios tuvo el propósito de abordar los desafíos y preocupaciones ergonómicas únicas presentes en sus respectivos entornos de trabajo. Por ejemplo, mientras los estudios sobre personal administrativo (Lluguay & Muyulema, 2015) y alzadores de frutas (Pincay et al., 2021) se centraron en movimientos repetitivos y manipulación manual de objetos, las investigaciones sobre el personal de enfermería (Paredes & Vázquez, 2018; Morales et al., 2017) exploraron las demandas físicas asociadas con el cuidado de pacientes.

En contraste, el presente estudio se adentró en actividades de carga y descarga en el ámbito de las líneas de transmisión de electricidad, un rubro dentro del sector de la energía con escasez de literatura publicada que aborde problemáticas desde la arista de la ergonomía laboral.

La evaluación de los riesgos posimplementación de las acciones de mejora evidenció que los niveles de riesgo inicial se redujeron en un 44 % en la categoría de "riesgo muy alto", en 7 % en la categoría de "riesgo alto" y en 6 % en la categoría de "riesgo medio". Sin embargo, es importante resaltar que estos resultados solo reflejan la efectividad en el corto plazo (seis meses después la implementación), por lo que se recomienda continuar con el monitoreo y seguimiento respectivos a fin de garantizar que las mejoras percibidas sean sostenibles tanto a mediano como largo plazo. Esto permitirá realizar una evaluación en términos de reducción de accidentes, descansos médicos y ausentismo laboral, tal como lo hicieron Sosa y Polo (2023).

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio mostraron que, entre los trabajadores que realizan la tarea bajo evaluación, el dolor más frecuentemente reportado se localiza en la región lumbar, informado por el 75 % de los participantes, seguido por la región dorsal y el pie derecho, cada uno mencionado por el 25 % de los trabajadores. En la segunda etapa, se reveló que los trabajadores adoptan posturas forzadas, particularmente flexión, inclinación lateral y posición en cuclillas o de rodillas, lo que puede provocar trastornos musculoesqueléticos. El análisis de las posturas de trabajo para el grupo A (tronco, cuello y piernas) indicó que más del 60 % de los trabajadores adoptaron posturas críticas de flexión, potencialmente perjudiciales para la columna vertebral. En el grupo B (brazos, antebrazos y muñecas), el 50 % de los trabajadores tenían los brazos flexionados más de 90°, lo que podría comprometer las regiones del hombro y la parte superior de la espalda. Además, el 88 % de los trabajadores mostraron flexiones del antebrazo inferiores a 60° o superiores a 100°, lo que plantea riesgos como el síndrome del túnel carpiano y la tendinitis. En cuanto a las posturas de las muñecas, el 50 % superó los 15° en flexión y/o extensión, lo que podría conducir al síndrome del túnel carpiano y otros problemas relacionados.

Las acciones de mitigación se centraron en la implementación de barretillas con mango de goma T, diseñar herramientas ergonómicas para pasar de un extremo a otro las eslingas sintéticas (véanse las Figuras 6(a) y 6(b), respectivamente), realizar monitoreos disergonómicos cada seis meses, rotación del personal por lo menos cada 21 días, realizar pausas activas cada dos horas y efectuar campañas trimestrales de concientización contra la exposición a los riesgos disergonómicos y de masajes para liberar la tensión muscular en la espalda y zona lumbar. La adopción de estas medidas de acción para la ejecución de tareas de carga y descarga de estructuras metálicas

redujo los niveles de riesgo en 44 % en la categoría de “riesgo muy alto”, en 7 % en la categoría de “riesgo alto” y en 6 % en la categoría de “riesgo medio”. Este efecto es positivo, ya que indica que ahora los trabajadores ejecutan las actividades asociadas a carga y descarga de estructuras metálicas de líneas transmisión en condiciones seguras en el 56 % de los casos.

Aunque esta investigación se enfocó en trabajadores de líneas de transmisión, los principios, hallazgos y recomendaciones ergonómicas derivadas de este pueden generalizarse a otras organizaciones que realizan actividades que impliquen manipulación manual de cargas. Sin embargo, es esencial considerar cuidadosamente el contexto y las condiciones en las que se llevan a cabo las tareas. Se deben tener en cuenta varios factores, como las particularidades de los entornos laborales, las tareas y la demografía de la fuerza laboral. Además, la efectividad de las medidas de intervención propuestas debe evaluarse antes de su implementación para determinar su aplicabilidad e impacto.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN A LA AUTORÍA

Yober Jenry Arteaga-Irene: conceptualización, metodología, administración de proyecto, recursos, visualización, redacción: revisión y edición. **Katherine Pretel-Ruiz:** análisis formal, investigación, recursos, validación, redacción: revisión y edición. **Rocío Shirley Chaupis-Ramos:** investigación, administración del proyecto, escritura: borrador original. **Danny Daniel Medina-Aguilar:** análisis formal, validación, visualización, escritura: borrador original.

REFERENCIAS

- Arana, N., Sáenz, D., & Floriano, C. (2007, 25-28 de abril). *Evaluación ergonómica de la empresa procesos y servicios industriales utilizando los métodos RULA, LEST y procesamiento de imágenes* [Presentación de paper]. IX Congreso Internacional de Ergonomía Semac y XIII Reunión binacional de Ergonomía MÉXICO-EUA, Ciudad de México, México. <https://bit.ly/semac-org-mx-Evaluac-ergonomics-RULALEST>
- Arteaga-Irene, Y. J., & Chan, W. K. V. (2021). Additive manufacturing global challenges in the industry 4.0 era. En R. Qiu, K. Lyons & W. Chen (Eds.), *AI and analytics for smart cities and service systems* (pp. 316-336). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90275-9_26

- Bravo, V. P., & Espinoza, J. R. (2016). Factores de riesgo ergonómico en personal de atención hospitalaria en Chile. *Ciencia & Trabajo*, 18(57), 150-153. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492016000300150>
- Corlett, E. N., & Bishop, R. (1976). A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*, 19(2), 175-182. <https://doi.org/10.1080/00140137608931530>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación postural mediante el método REBA*. Ergonautas. Universidad Politécnica de Valencia. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Ekelund, U., Ward, H., Norat, T., Luan, J., May, A., Weiderpass, E., Sharp, S., Overvad, K., Østergaard, J., Tjønneland, A., Johnsen N., Mesrine, S., Fournier, A., Fagherazzi, G., Trichopoulou, A., Lagiou, P., Trichopoulos, D., Li, K., Kaaks, R., Ferrari, P., ... Riboli, E. (2015). Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in European men and women: the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study (EPIC). *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(3), 613-621. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.100065>
- Guevara, N. G., & Martínez, J. (2019). *Prevención de riesgos disergonómicos en el proceso de soldadura de tuberías metálicas de 24 en una empresa minera. Arequipa. 2018* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Seguridad Industrial y Minera, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional de la Universidad Tecnológica del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/1791>
- Harris, T., & Hardin, J. W. (2013). Exact Wilcoxon signed-rank and Wilcoxon Mann-Whitney ranksum tests. *The Stata Journal*, 13(2), 337-343. <https://doi.org/10.1177/1536867X1301300208>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Interamericana.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Posturas de trabajo: evaluación del riesgo - Año 2015*. <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/posturas-trabajo-evaluacion-del-riesgo-2015>
- Ley 29783 del 2011. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. 20 de agosto del 2011. *Diario oficial El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/462576-29783>
- Lluguay, D. J., & Muyulema, J. C. (2015). *Análisis ergonómico del personal docente y administrativo de la Facultad de Mecánica* [Tesis de licenciatura, Escuela Superior

- Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional DSpace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4178>
- Morales, L. A., Aldás, D. S., Collantes, S. M., & Freire, J. V. (2017). Ergonomía del trabajo de enfermeras en el manejo manual de pacientes con metodología REBA y MAPO. *Ojeando la Agenda*, 48, 1-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6105590>
- Muñoz, C. A. (2015). Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a un programa de seguridad eléctrica. *Ciencia & Trabajo*, 17(53), 122-127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492015000200005>
- National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. (s. f.). *Work-related musculoskeletal disorders & ergonomics*. <https://c914.short.gy/musculoskeletal-disorders/index.html>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo* (12.ª ed.). McGraw Hill.
- Norman, K., Alm, H., Tornqvist, E. W., & Toomingas, A. (2006). Reliability of a questionnaire and an ergonomic checklist for assessing working conditions and health at call centres. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 12(1), 53-68. <https://doi.org/10.1080/10803548.2006.11076671>
- Occupational Safety and Health Administration. (s. f.). *Ergonomics*. <https://www.osha.gov/ergonomics>
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Perspectivas sociales y del empleo en el mundo. Tendencias 2019*. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_713013.pdf
- Paredes, M., & Vázquez, M. (2018). Estudio descriptivo sobre las condiciones de trabajo y los trastornos musculoesqueléticos en el personal de enfermería (enfermeras y AAEE) de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 64(251), 161-199. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2018000200161&script=sci_abstract
- Pincay, M. E., Chiriboga, G. A., & Vega, V. (2021). Posturas inadecuadas y su incidencia en trastornos musculoesqueléticos. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 30(2), 161-168. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S3020-11602021000200161&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Resolución Ministerial 375-2008-TR del 2008 [Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo]. Aprueban la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. 28 de noviembre del 2008. <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/394457-375-2008-tr>
- Rodríguez-Ruíz, Y., Pérez-Mergarejo, E., & Barrantes-Pastor, W. A. (2019). Evaluación de la exposición a factores de riesgo de desórdenes musculoesqueléticos de tareas de minería subterránea. *Scientia et Technica*, 24(2), 256-263. <https://doi.org/10.22517/23447214.20061>
- Roffey, D., Wai, E., Bishop, P., Kwon, B., & Dagenais, S. (2010). Causal assessment of workplace manual handling or assisting patients and low back pain: Results of a systematic review. *The Spine Journal*, 10(7), 639-651. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.04.028>
- Rosner, B., Glynn, R. J., & Lee, M. L. T. (2006). The Wilcoxon signed rank test for paired comparisons of clustered data. *Biometrics*, 62(1), 185-192. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00389.x>
- Schulte, P., Geraci, C., Zumwalde, R., Hoover, M., & Kuempel, E. (2008). Occupational risk management of engineered nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5(4), 239-249. <https://doi.org/10.1080/15459620801907840>
- Soares, M. M. (2006). Ergonomics in Latin America: Background, trends and challenges. *Applied Ergonomics*, 37(4), 555-561. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.014>
- Sosa, N. R., & Polo, J. C. (2023). Métodos de gestión de carga postural para reducir trastornos musculoesqueléticos en maniobras de izaje. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 26(51). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.24971>
- Sumaiya, M. S., & Muzammil, M. (2022). Postural assessment of a load-lifting task for females: A comparative assessment of OWAS and REBA method. En D. Bijulal, V. Regi Kumar, S. Subramoniam, R. Iqbal & V. Khanzode, V. (Eds.), *Technology-enabled work-system design* (pp. 131-140). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1884-0_13