

RESEARCH ARTICLE

Evaluación ergonómica de la manipulación manual de explosivos y su incidencia en las lesiones músculo esqueléticas del personal de voladura de la mina Mirador, año 2024.

Verdezoto Leon Guillermo David ¹  Bejarano Naula Carlos Mesias ¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, ECD 060118, Ecuador

✉ Correspondencia: verdezotoguillermo@gmail.com  + 593 98 974 2277

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj82221>

Resumen: Este estudio analiza cómo la manipulación manual de explosivos en minería a cielo abierto representa un riesgo significativo para la salud y seguridad de los trabajadores, principalmente por la alta incidencia de trastornos musculoesqueléticos (TME) asociados a posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas pesadas en ambientes adversos. El objetivo de esta investigación fue identificar y cuantificar los riesgos ergonómicos presentes en las actividades de voladura, así como evaluar la sintomatología musculoesquelética del personal, con el fin de proponer medidas preventivas eficaces. Se empleó una metodología mixta que incluyó la aplicación del Cuestionario Nórdico de Kuorinka para detectar síntomas musculoesqueléticos, y los métodos ergonómicos REBA y GINSHT para evaluar posturas y manipulación manual de cargas. Se realizó observación directa de las tareas de carguío y retacado de explosivos, recolección de datos sobre posturas, pesos manipulados y frecuencia, además de la aplicación de cuestionarios para identificar molestias en diferentes regiones corporales. El análisis se basó en puntuaciones estandarizadas que permitieron clasificar el nivel de riesgo ergonómico y la gravedad de los síntomas reportados. Los resultados mostraron que el 85% de los trabajadores presentó molestias musculoesqueléticas, principalmente en la región lumbar (60%), hombros (45%) y cuello (40%). La evaluación REBA indicó un riesgo ergonómico muy alto en las actividades analizadas, mientras que GINSHT clasificó el riesgo por manipulación de cargas como no tolerable, ya que el peso real excedía el aceptable. En conclusión, la elevada prevalencia de TME y los altos niveles de riesgo ergonómico evidencian la necesidad urgente de implementar medidas preventivas, como ayudas mecánicas, capacitación ergonómica, rotación de tareas y pausas activas, junto con la mejora del diseño de los puestos de trabajo y programas de vigilancia médica. Esta investigación aporta evidencia clave para optimizar la seguridad y salud ocupacional en minería a cielo abierto.

Palabras claves: Riesgos ergonómicos; trastornos musculoesqueléticos; Kuorinka; REBA; GINSHT.



Cita: Guillermo David, V. L., & Bejarano Naul, C. M. (2025). Evaluación ergonómica de la manipulación manual de explosivos y su incidencia en las lesiones músculo esqueléticas del personal de voladura de la mina Mirador, año 2024. Green World Journal, 8(2), 221. <https://doi.org/10.53313/gwj82221>

Received: 25/May/2025

Accepted: 23/June/2025

Published: 29/June/2025

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2025 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Ergonomic Evaluation of Manual Handling of Explosives and Its Impact on Musculoskeletal Injuries among Blasting Personnel at the Mirador Mine, Year 2024

Abstract: This study analyzes how the manual handling of explosives in open-pit mining represents a significant risk to the health and safety of workers, mainly due to the high incidence of musculoskeletal disorders (MSDs) associated with awkward postures, repetitive movements, and handling of heavy loads in adverse environments. The objective of this research was to identify and quantify ergonomic risks present in blasting activities, as well as to evaluate the musculoskeletal symptoms among personnel, in order to propose effective preventive measures. A mixed methodology was employed, including the application of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire to detect musculoskeletal symptoms, and the ergonomic assessment methods REBA and GINSHT to evaluate postures and manual handling of loads. Direct observation was conducted of explosive loading and stemming tasks, data were collected on postures, weights handled, and frequency, and questionnaires were administered to identify discomfort in different body regions. The analysis was based on standardized scores that allowed classification of ergonomic risk levels and the severity of reported symptoms. Results showed that 85% of workers reported musculoskeletal discomfort, mainly in the lower back (60%), shoulders (45%), and neck (40%). The REBA assessment indicated a very high ergonomic risk in the analyzed activities, while GINSHT classified the risk from load handling as unacceptable, since the actual weight exceeded the acceptable limit. In conclusion, the high prevalence of MSDs and elevated ergonomic risk levels highlight the urgent need to implement preventive measures such as mechanical aids, ergonomic training, task rotation, and active breaks, along with improved workstation design and medical surveillance programs. This research provides key evidence to optimize occupational health and safety in open-pit mining..

Keywords: Ergonomic risks; musculoskeletal disorders; Kuorinka; REBA; GINSHT.

1. Introducción

La Asociación Internacional de Ergonomía IEA, por sus siglas en inglés, define a la Ergonomía como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el sistema en su rendimiento. Bajo este contexto, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST) define a la Ergonomía como el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar. En conclusión, el objetivo fundamental de la Ergonomía es mejorar el bienestar laboral.

La Norma Técnica Ecuatoriana en Seguridad e Higiene en el Trabajo del Decreto Ejecutivo 255 menciona que los riesgos ergonómicos son causados por un esfuerzo físico excesivo, movimientos repetitivos o posturas poco naturales durante el desempeño de un trabajo que pueden provocar cansancio, errores, accidentes, enfermedades profesionales o trastornos musculoesqueléticos (TME) como consecuencia de un diseño inadecuado de las instalaciones, las máquinas, los equipos, las herramientas o los puestos de trabajo.

Los TME son aquellos problemas de salud relacionados al aparato locomotor (de los músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios). Estos trastornos se convierten en la principal causa de discapacidad en todo el mundo, provocando jubilaciones anticipadas y limitaciones de la movilidad y la destreza, afectando la calidad de vida e influyendo negativamente en la participación social de los trabajadores [1] (Ávila Angulo et al., 2023a)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2021 los TME afectaron aproximadamente a 1710 millones de personas a nivel global, siendo el más frecuente el dolor lumbar, con una prevalencia de 568 millones de personas y ocasionando discapacidad en 160

países. Los TME engloban más de 150 trastornos que afectan el sistema locomotor, mismos que pueden ser esporádicos, repetitivos, crónicos y permanentes.

A nivel nacional, el Comité de Valuación de Incapacidades y de Responsabilidad Patronal CVIRP calificó a 254 patologías como enfermedades profesionales, la prevalencia del 52% correspondió al sexo masculino y 48% al sexo femenino. Las enfermedades profesionales con mayor número fueron los TME en general, con el 88%, frente al 12% del resto de patologías de origen laboral, en el sexo femenino, hay un predominio de TME de extremidad superior frente al sexo masculino donde la enfermedad profesional dominante es la hernia discal lumbar. [2] (Villacrés et al., 2024)

La minería es clave para la economía ecuatoriana, según el Ministerio de Energía y Minas, hasta el tercer trimestre de 2022 se generaron más de 185 mil empleos entre directos e indirectos, lo cual beneficia a cerca de 722 mil personas a escala nacional. Siendo la Mina Mirador localizada en la provincia de Zamora Chinchipe la principal exportadora de minerales con un 44.82% de las exportaciones totales. En contraste al beneficio económico que genera la minería, desde el punto de vista de la Seguridad y Salud y acorde a lo establecido por el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo, la minería es categorizada como una actividad laboral de Alto Riesgo por las consecuencias graves que puede generar a la salud de los trabajadores.

En ambientes laborales de alto riesgo, como la minería, donde el trabajador es expuesto a condiciones físicamente exigentes resulta esencial prevenir trastornos musculo esqueléticos (TME) o enfermedades profesionales mediante la aplicación de principios ergonómicos que garanticen un ambiente de trabajo seguro y saludable. Actividades como la manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos incrementan el riesgo de desarrollar daños a la salud. Por lo cual, es de vital importancia identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo ergonómicos de manera oportuna a fin de proteger la salud e integridad de los trabajadores. [3] (Nuñez & Aderlin, 2024)

La manipulación manual de cargas en el manejo de explosivos en minas a cielo abierto implica riesgos ergonómicos específicos que requieren medidas técnicas y organizativas. La manipulación manual de explosivos, en este contexto incluye los siguientes factores: Transporte manual de explosivos y accesorios (como detonadores) con pesos superiores a 25 kg. Operaciones de levantamiento, colocación o desplazamiento en terrenos irregulares, con riesgos de caídas o deslizamientos. Los explosivos comerciales suelen presentarse en cajas o contenedores que superan los 25 kg, lo que exige esfuerzo lumbar y de extremidades superiores. En minas a cielo abierto, el transporte manual debe realizarse por el centro del banco para evitar desprendimientos de rocas, lo que incrementa la exigencia postural. Flexiones o torsiones del tronco al cargar/descargar explosivos en vehículos o barrenos de perforación. Caminar en pendientes pronunciadas o superficies inestables mientras se transportan cargas. Falta de formación en técnicas seguras de manipulación. Ausencia de ayudas mecánicas para desplazar cargas voluminosas.

Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo, realizar una evaluación ergonómica en la manipulación manual de explosivos de la mina Mirador donde se ha evidenciado la presencia de TME en el personal de voladura. Para lo cual, se analiza la sintomatología musculoesquelética de los artilleros mediante la aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka. Asimismo, se determina el nivel de riesgo ergonómico asociado con la actividad aplicando los métodos REBA para evaluar posturas forzadas y GINSHT para el manejo de cargas, todo con el propósito de establecer estrategias de prevención para TME en el personal de voladura.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

El Estado Ecuatoriano, el 5 de marzo del 2012, a través del Ministerio de Recursos Naturales No Renovables suscribe en la ciudad de Quito, el primer contrato de explotación minera a gran escala con la empresa Ecuacorriente S.A. (ECSA), que permite la explotación y extracción de cobre, principalmente, a través de la técnica a cielo abierto. La mina "Mirador" está ubicada al sur de Ecuador en la Cordillera del Cóndor, específicamente en la provincia de Zamora Chinchipe, en el cantón El Panguí, parroquia de Tundayme.

Métodos

2.1 Análisis de la sintomatología musculoesquelética

En la primera etapa de investigación se analizó la sintomatología musculoesquelética de los artilleros de la mina Mirador, con relación a la manipulación manual de explosivos. Para lo cual se aplicó el cuestionario Nórdico de Kuorinka a 70 personas del área de voladura, quienes cuentan con una experiencia mayor a 1 año en su labor. Las jornadas de trabajo son de 22/8, entendiendo que trabajan 22 días consecutivos (laboran en promedio 10 horas al día) y descansan 8 días consecutivos.

Cuestionario Nórdico de Kuorinka

El Cuestionario Nórdico de Kuorinka es una herramienta estandarizada utilizada para detectar y analizar síntomas musculoesqueléticos, especialmente útil en estudios ergonómicos y de salud ocupacional, como en la manipulación manual de explosivos en minas a cielo abierto. Su estructura está diseñada para identificar la presencia, localización, duración e impacto funcional de los TME en distintas regiones del cuerpo. El cuestionario consta de tres partes principales, en la primera sección se evalúa la presencia de síntomas musculoesqueléticos por regiones anatómicas. El instrumento analiza nueve regiones corporales, incluyendo cuello, hombros, codos, muñecas/manos, parte dorsal, parte lumbar, caderas/muslos, rodillas y tobillos/pies. Para cada región, se pregunta de forma dicotómica (sí/no) si el trabajador ha tenido molestias (dolor, fatiga o discomfort) en los últimos 12 meses y en los últimos 7 días. Incluye un mapa corporal ilustrado en la Figura 1 para facilitar la identificación de las zonas afectadas. [8]

En la segunda sección del cuestionario, se lleva a cabo la valoración de la severidad de los síntomas. Si un artillero indica que ha sufrido algún dolor o incomodidad en alguna región corporal, se le solicita que evalúe la gravedad de esos síntomas en una escala del 0 al 5, donde 0 significa "sin molestia" y 5 indica "molestias muy fuertes".

La tercera sección del cuestionario recoge información sobre la causa principal a la que atribuye la severidad de los síntomas identificados. Para ello, se consideran las siguientes opciones: Posturas forzadas (Trabajar en posiciones incómodas o mantener la misma postura durante largos períodos). Esfuerzo físico (Realizar tareas que requieren fuerza o levantar objetos pesados sin la adecuada técnica puede provocar lesiones en la espalda, cuello y otras áreas.) Manipulación de cargas (Levantar, mover o transportar objetos pesados). Movimientos repetitivos (Realizar los mismos movimientos de forma repetitiva). Y otras causas.

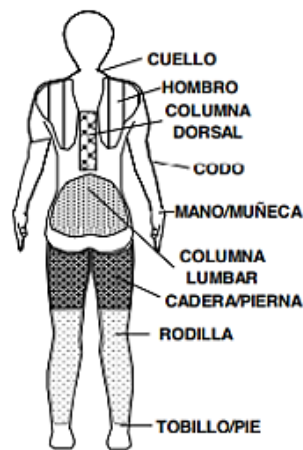


Figura 1. Regiones corporales contempladas en el cuestionario Nórdico de Kuorinka.(8).

2.2 Evaluación ergonómica

En la segunda etapa de la investigación se realizó la evaluación ergonómica mediante los métodos REBA y GINSHT con la finalidad de identificar, cuantificar y controlar los riesgos de lesiones musculoesqueléticas derivados de posturas inadecuadas y esfuerzos físicos excesivos.

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) permite analizar las posturas adoptadas por los trabajadores al manipular cargas, valorando el grado de exposición al riesgo de sufrir accidentes o enfermedades laborales por posturas inadecuadas y esfuerzos repetitivos. Esto es especialmente relevante en la minería, donde las condiciones del terreno y la naturaleza de los explosivos pueden obligar a posturas forzadas y manipulación de cargas en situaciones no ideales.

El método GINSHT, basado en la Guía Técnica del INSST, evalúa si las condiciones de manipulación cumplen con la legislación vigente y los estándares internacionales, estableciendo si el nivel de riesgo es tolerable o no tolerable. Esto facilita la toma de decisiones para implementar medidas preventivas y correctivas.

Ambos métodos ayudan a determinar el nivel de riesgo de aparición de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la espalda, cuello y extremidades, que son frecuentes en tareas de manipulación manual de explosivos.

Método REBA

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) se aplica para evaluar de forma rápida y sistemática el riesgo ergonómico asociado a posturas forzadas o mantenidas durante la realización de una tarea, considerando todo el cuerpo. Su objetivo es identificar la probabilidad de aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME) y determinar la urgencia de intervención para corregir dichas posturas. Para la aplicación del método REBA se observa al artillero durante la manipulación manual de explosivos para identificar las posturas que implican mayor carga postural, ya sea por su duración, frecuencia o desviación respecto a la posición neutra. En minería a cielo abierto, esto puede incluir posturas al levantar, transportar o colocar explosivos en terrenos irregulares o en condiciones ambientales adversas. Se seleccionan las posturas más representativas y de mayor riesgo para ser evaluadas individualmente, ya que REBA analiza posturas individuales y no secuencias completas. El cuerpo se divide en segmentos: muñecas, antebrazos, codos, hombros, cuello, tronco y piernas. Cada segmento se codifica según el ángulo de flexión, extensión o rotación observado durante la tarea. También se considera el tipo de agarre de la carga (explosivos o

accesorios). Se añaden puntuaciones por la fuerza ejercida, la repetitividad del movimiento, la duración de posturas estáticas (por ejemplo, mantener una postura más de un minuto) y cambios bruscos o inestables en la postura. Se combinan las puntuaciones de los segmentos corporales y los factores adicionales mediante tablas específicas para obtener un valor final entre 1 y 15, que indica el nivel de riesgo ergonómico. [9]

En la Figura 3 se ilustra el proceso de obtención del Nivel de Actuación en el método REBA.

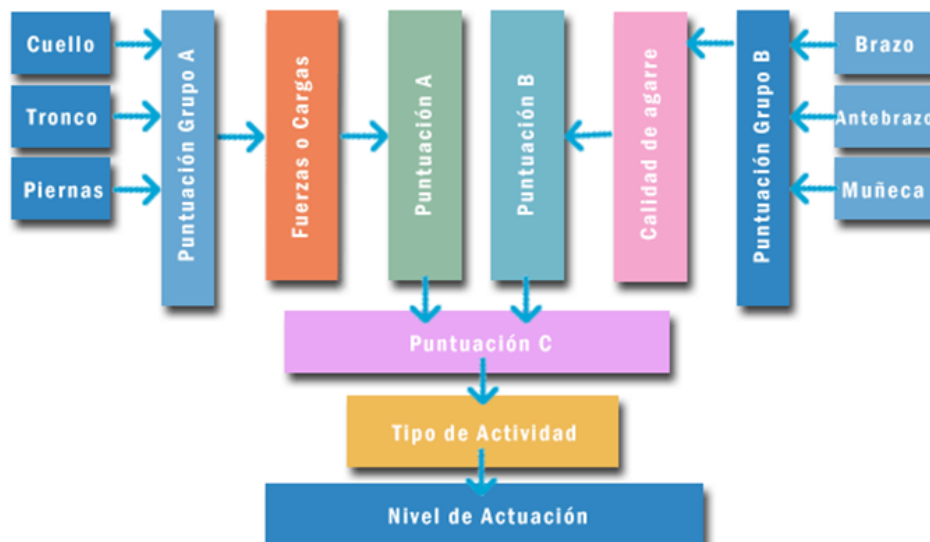


Figura 2. Método REBA. (9)

La puntuación del Grupo A se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (tronco, cuello y piernas). Por ello, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro. La puntuación del Grupo B se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen (brazo, antebrazo y muñeca). Así pues, como paso previo a la obtención de la puntuación del grupo hay que obtener las puntuaciones de cada miembro. Las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación se valorarán las fuerzas ejercidas durante su adopción para modificar la puntuación del Grupo A, y el tipo de agarre de objetos para modificar la puntuación del Grupo B. Obtenida la puntuación final, se proponen diferentes niveles de actuación sobre el puesto. El valor de la puntuación obtenida será mayor cuanto mayor sea el riesgo para el trabajador; el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo, 15, indica riesgo muy elevado por lo que se debería actuar de inmediato. [9]

Tabla 1. Niveles de actuación, Método REBA (9)

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Método GINSHT

El método GINSHT es una herramienta desarrollada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, España) para evaluar y prevenir los riesgos ergonómicos derivados de

la manipulación manual de cargas, especialmente enfocado en prevenir trastornos musculoesqueléticos en la zona dorso-lumbar. En resumen el método consiste en:

- Recopilar datos sobre la tarea y el trabajador.
- Calcular el Peso Teórico Recomendado.
- Ajustar a Peso Aceptable según condiciones reales.
- Comparar con el peso real de la carga.
- Analizar factores adicionales de riesgo.
- Proponer y aplicar medidas correctivas.
- Reevaluar tras las mejoras.

Peso teórico

El peso teórico en el método GINSHT es el peso máximo recomendado que se puede manipular en condiciones ideales, considerando exclusivamente la posición de la carga respecto al cuerpo del trabajador. Este valor es el punto de partida para calcular el peso aceptable, que luego se ajusta según las condiciones reales de la tarea. El Peso Teórico depende de dos valores:

- La Altura o Distancia Vertical a la que se maneja la carga: distancia desde el suelo al punto en que las manos sujetan el objeto.
- La Separación con respecto al cuerpo o Distancia Horizontal de la carga al cuerpo.

La Figura 3 permite determinar el valor del Peso Teórico conocida la zona de manipulación de la carga.



Figura 3. Peso Teórico en función de la zona de manipulación. (9)

Peso aceptable

Una vez calculado el Peso Teórico éste debe corregirse en función de la desviación de las condiciones de la manipulación de carga evaluada respecto a una en condiciones ideales. Para ello se calculará el Peso Aceptable mediante la siguiente fórmula.

$$\text{PESO ACEPTABLE} = \text{PESO TEÓRICO} * \text{FP} * \text{FD} * \text{FG} * \text{FA} * \text{FF}$$

Cada factor identifica una característica propia de la manipulación manual de cargas que puede afectar al riesgo ergonómico. FP es el Factor de Población Protegida, FD es el Factor de Distancia Vertical, FG es el Factor de Giro, FA el Factor de Agarre y FF el Factor de Frecuencia. Los valores que toman los factores varían entre 0 y 1 en función del grado de desviación

respecto a las condiciones optimas. Así pues, en condiciones de manipulación óptimas todos los factores toman el valor 1 y el Peso Aceptable es igual al Peso Teórico. En las siguientes tablas se muestra cómo calcular cada uno de los factores de corrección [9].

Tabla 2. Factor de Corrección de Población Protegida. (9)

Nivel de Protección	% de población protegida	Factor de corrección
General	85%	1
Mayor Protección	95%	0.6
Trabajadores entrenados	Sólo trabajadores con capacidades especiales	1.6

Tabla 3. Factor de Corrección de Desplazamiento Vertical de la Carga. (9)

Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección
Hasta 25 cm.	1
Hasta 50 cm.	0.91
Hasta 100 cm.	0.87
Hasta 175 cm.	0.84
Más de 175 cm.	0

Tabla 4. Factor de Giro (9)

Giro del Tronco	Factor de corrección
Sin giro	1
Poco girado (hasta 30°)	0.9
Girado (hasta 60°)	0.8
Muy girado (90°)	0.7

Tabla 5. Factor de Agarre (9)

Tipo de agarre	Factor de corrección
Agarre bueno	1
Agarre regular	0.95
Agarre malo	0.9

Tabla 6. Factor de frecuencia (9)

Frecuencia de manipulación	Menos de 1 hora al día	Entre 1 y 2 horas al día	Entre 2 y 8 horas al día
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez por minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces por minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces por minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces por minuto	0.37	0.00	0.00
Más de 15 veces por minuto	0.00	0.00	0.00

Para determinar el nivel de riesgo se compara el Peso Real de la carga manipulada por el trabajador con el Peso Aceptable obtenido. Empleando la Tabla 7 se determinará el nivel de riesgo:

Tabla 7. Riesgos en función del Peso Real de la carga y del Peso Aceptable (9)

Peso Real vs. Peso Aceptable	Riesgo	Medidas Correctivas
Peso Real $\leq$ Peso Aceptable	Tolerable	No son necesarias *
Peso Real $>$ Peso Aceptable	No tolerable	Son necesarias

Además del peso de la carga desplazada en cada manipulación, debe considerarse el peso total de la carga manipulada diariamente y la distancia recorrida con la carga. Aunque el peso real de la carga no supere al Peso aceptable (Riesgo tolerable), el transporte excesivo puede modificar dicho resultado si se incumplen los límites recomendados.

El Peso Total Transportado Diariamente (PTTD) se define como los kilos totales que transporta el trabajador diariamente, o lo que es lo mismo, durante la duración total de la manipulación manual de cargas (descontados los descansos).

$$\text{PTTD} = \text{Peso Real} * \text{Frecuencia de manipulación} * \text{Duración total de la tarea}$$

Comparando el Peso Total Transportado Diariamente con los valores de la Tabla 8 es posible que se den las cuatro situaciones definidas en la Tabla 9:

Tabla 8. Límites de carga transportada diariamente en un turno de 8 horas en función de la distancia de transporte. (9)

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)
Hasta 10 metros	10.000 Kg.
Más de 10 metros	6.000 Kg.

Tabla 9. Límites de carga transportada diariamente en un turno de 8 horas en función de la distancia de transporte. (9)

Distancia de transporte	Kilos/día transportados (máximos recomendados)	Riesgo
Hasta 10 metros	PTTD $\leq$ 10.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 10.000 Kg.	No Tolerable
Más de 10 metros	PTTD $\leq$ 6.000 Kg.	Tolerable
	PTTD $>$ 6.000 Kg.	No Tolerable

3. Resultados

3.1 Resultados Cuestionario Nórdico de Kuorinka

La figura 4 muestra los resultados de 70 artilleros sobre la presencia de molestias musculoesqueléticas en el área de voladura.

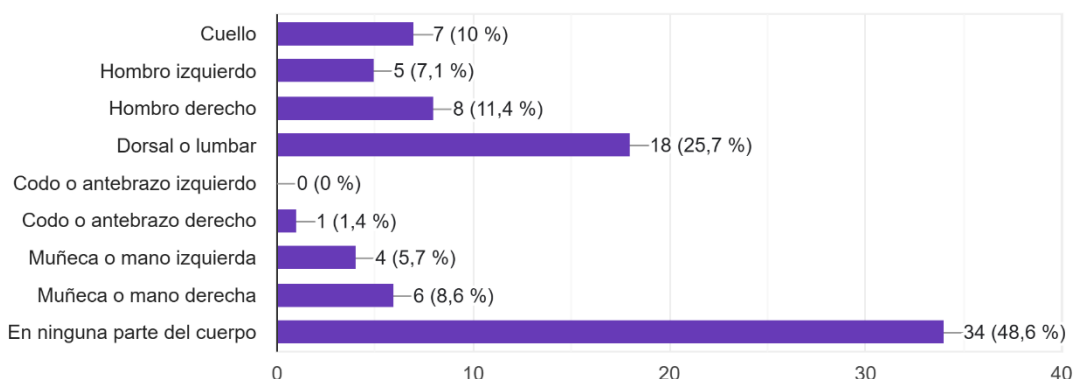


Figura 4. Resultados del Cuestionario de Kuorinka en el personal de voladura, Mina Mirador.

El 51,4% de los trabajadores (36 personas) reportó haber sentido molestias en alguna parte de su cuerpo, mientras que el 48,6% (34 personas) indicó no haber tenido molestias, lo que evidencia que más de la mitad de la muestra presenta síntomas musculoesqueléticos. La región dorsal o lumbar es la más afectada, con un 25,7% de los encuestados (18 personas) reportando molestias en esta zona. Esto es consistente con la literatura, ya que la manipulación manual de cargas, común en el área de voladura, suele generar sobrecarga en la zona lumbar. Las siguientes zonas con mayor frecuencia de molestias son el hombro derecho (11,4%), el cuello (10%), la muñeca o mano derecha (8,6%) y el hombro izquierdo (7,1%). Las molestias en extremidades superiores pueden estar asociadas a posturas forzadas y movimientos repetitivos durante el manejo de explosivos y accesorios. Las molestias en codo o antebrazo son mínimas o inexistentes (1,4% en el derecho y 0% en el izquierdo), lo que indica que estas áreas no son las más comprometidas en este tipo de actividad.

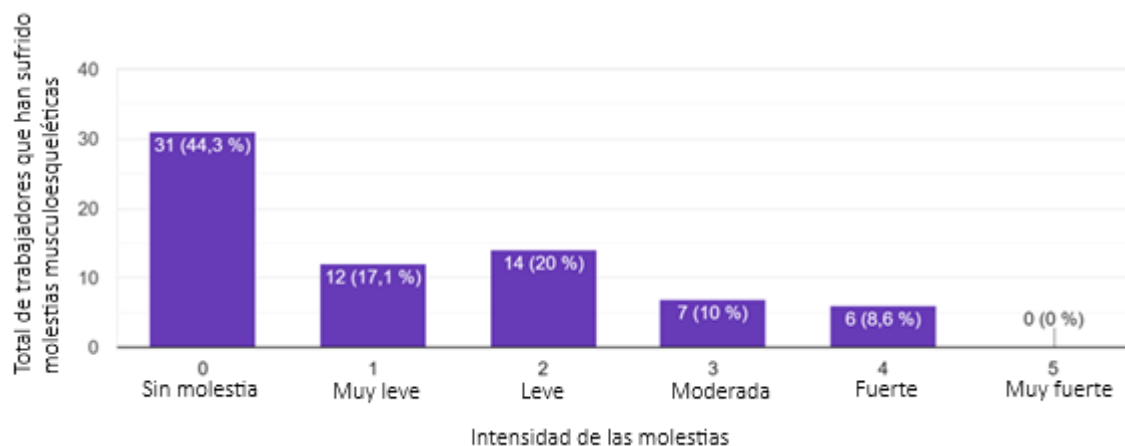


Figura 5. Intensidad de las molestias musculoesqueléticas en el personal de voladura, Mina Mirador.

El análisis sobre la intensidad de molestias musculoesqueléticas en el área de voladura revela que: El 44,3% de los trabajadores (31 personas) no ha experimentado molestias (calificación 0), lo que indica que casi la mitad de la muestra no presenta síntomas. En síntesis, el 55,7% del personal evaluado manifestó algún grado de molestia musculoesquelética, siendo las categorías “leve” y “muy leve” las más frecuentes dentro de este grupo. Un 18,6% de los trabajadores (sumando las categorías “moderada” y “fuerte”) experimentaron molestias de mayor intensidad, lo que indica la presencia de riesgos ergonómicos significativos que requieren atención y medidas preventivas.

específicas para mejorar la salud y el bienestar del personal de voladura. Ningún artillero reportó molestias muy fuertes (nivel 5).

Esto significa que, aunque una parte significativa de los trabajadores no presenta molestias, más de la mitad sí experimenta algún grado de síntoma musculoesquelético, predominando las molestias leves y moderadas. Es relevante que no se reportan casos de molestias muy fuertes, lo que sugiere que, si bien existen síntomas, estos no alcanzan niveles críticos en la mayoría de los casos.

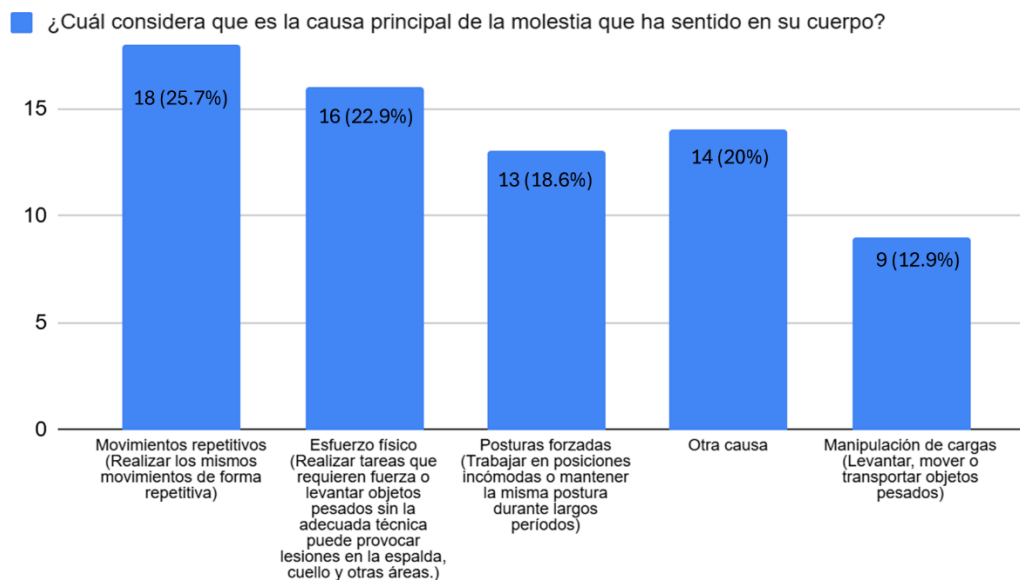


Figura 6. Causas de los TME en el personal de voladura, Mina Mirador

En base a la figura 6, se determina que las causas de los síntomas musculoesqueléticos en la manipulación manual de explosivos son multifactoriales, pero predominan los movimientos repetitivos (25,7%) y el esfuerzo físico (22,9%) como los principales factores identificados por los trabajadores. Les siguen otras causas (20%), posturas forzadas (18,6%) y, en menor medida, la manipulación de cargas (12,9%). Esto indica que, aunque la manipulación de cargas es relevante, la mayor parte de las molestias se relaciona con la repetición de movimientos y la exigencia física de las tareas, lo que resalta la importancia de intervenciones ergonómicas enfocadas en la reducción de movimientos repetitivos y el control de la carga física general. Además, la presencia significativa de "otras causas" sugiere que existen factores adicionales que deben ser investigados para un abordaje integral de la prevención de trastornos musculoesqueléticos en el área de voladura.

En las figuras 7, 8 y 9 se registraron las posturas que los artilleros adoptan al realizar actividades como manipulación de cargas, carguío del explosivo en el interior del barreno y retacado. Lo que permitió evaluar el nivel de riesgo ergonómico presente en las mismas.



Figura 7. Postura del trabajador durante la manipulación manual de cargas en mina a cielo abierto.



Figura 8. Postura del trabajador durante el carguío de explosivos en el interior del barreno.



Figura 9. Postura del trabajador durante el retacado de barrenos.

3.2 Evaluación de la carga postural por el método REBA

En las figuras 10 y 11 se detallan los resultados obtenidos en la evaluación ergonómica por el método REBA en las actividades de carguío de explosivos y retacado de barrenos. Ambas tareas presentan un riesgo ergonómico muy alto, lo que sugiere la necesidad de intervención inmediata.

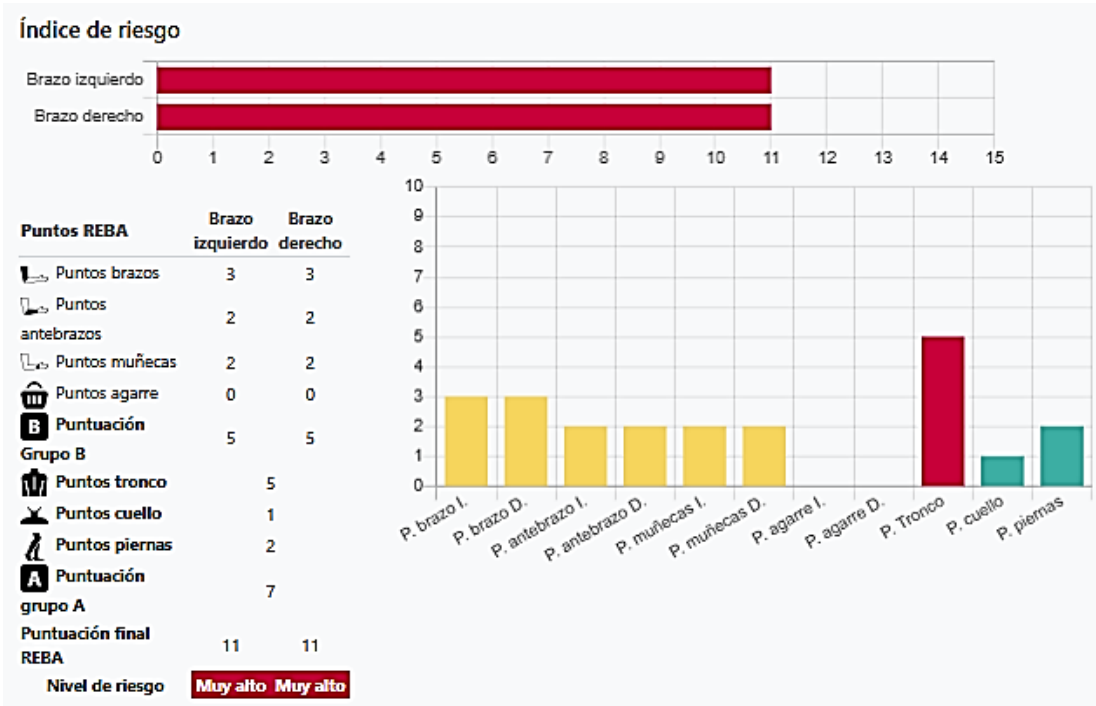


Figura 10. Resultado evaluación REBA. Carguío de explosivos

La evaluación REBA evidencia que la actividad de carguío de explosivos en la mina Mirador implica un nivel de riesgo muy alto, principalmente por la sobrecarga y posturas forzadas. Según la figura 10, la zona del cuerpo que presenta mayor nivel de afectación es el tronco, con la puntuación más elevada, seguido por los brazos y antebrazos. Esto indica que la postura y los movimientos del tronco durante la actividad de carguío de explosivos representan el mayor riesgo ergonómico para los trabajadores. Es fundamental implementar medidas correctivas inmediatas para reducir la exposición a estos riesgos y proteger la salud musculoesquelética del personal.

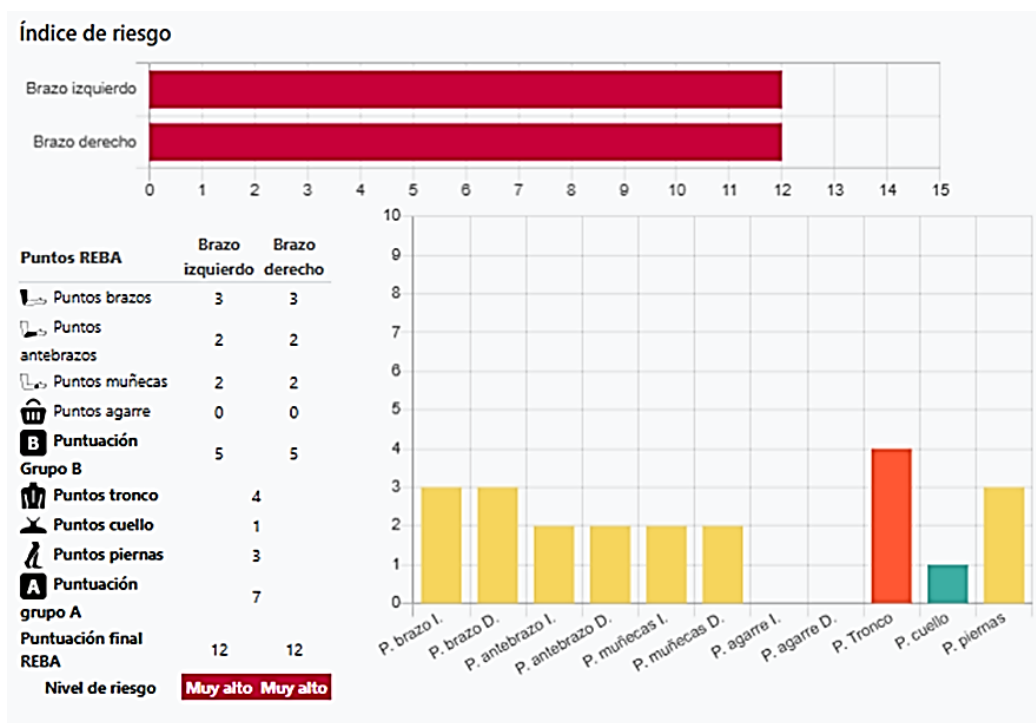


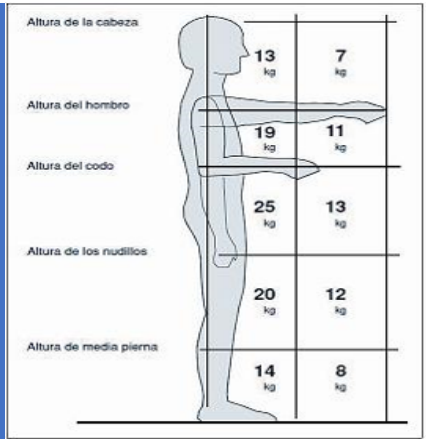
Figura 11. Resultado evaluación REBA. Retacado de barrenos

El retacado de explosivos obtiene una puntuación REBA ligeramente superior (12) respecto al carguío (11), indicando que esta actividad representa un riesgo aún mayor para los trabajadores. Las puntuaciones de brazos, antebrazos y muñecas son iguales en ambas tareas, lo que indica una postura repetitiva y sostenida del tren superior durante ambas fases. En el retacado, se observa un incremento en la puntuación de piernas (3) comparado con el carguío (2), lo cual sugiere una postura más forzada o menos estable. La puntuación del tronco en el carguío es más alta (5) que en el retacado (4), posiblemente por flexiones más pronunciadas o prolongadas. En ambos casos, el cuello y el agarre tienen valores similares, lo que podría indicar movimientos moderados del cuello y una actividad que no requiere fuerza significativa de agarre.

3.3 Evaluación de la manipulación de cargas por el método GINSHT

Datos de las mediciones:

	Peso teórico	13 kg
	Peso del objeto manipulado	27 kg
	Población	General (85%)

	Desplazamiento vertical de carga:	hasta 175 cm.
	Giro del tronco	Poco girado (hasta 30°)
	Calidad de agarre	Malo
	Frecuencia, N° Lev/ min	0.2 Lev/ min
	Frecuencia, Horas de Levantamiento	>2h y <=8h
	Distancia de transporte	10 m
Peso total transportado día	1250 kg/día	

Nivel de riesgo			
Levantamiento de carga	TRANSPORTE CARGA		Riesgo
No tolerable	Tolerable	No tolerable	
Condición	Riesgo	Exposición	Acción recomendada
Peso aceptable mayor peso manipulado	Tolerable	Muy baja exposición	No se requiere
Peso manipulado mayor peso aceptable	No tolerable	Carga alta. Sobreesfuerzo muy probable	Son urgentes medidas de mejora del puesto
Transporte de carga			
<= 10 metros y <= 10000 kg o > 10 m y <= 6000 kg	Tolerable	Muy baja exposición	No se requiere
<= 10 metros y <= 10000 kg o > 10 m y <= 6000 kg	No tolerable	Carga alta. Sobreesfuerzo muy probable	Son urgentes medidas de mejora del puesto

Figura 12. Resultado evaluación método GINSHT.

Según la figura 12, la evaluación ergonómica mediante el método GINSHT para la actividad de manipulación manual de explosivos arrojó los siguientes resultados: Peso teórico aceptable: 13 kg. Peso real del objeto manipulado: 27 kg. Peso aceptable mayor: 13 kg (según la tabla y factores de corrección). El peso real manipulado (27 kg) es más del doble del peso teórico aceptable (13 kg), lo que automáticamente clasifica la tarea como de riesgo no tolerable.

Los factores de corrección muestran valores por debajo de 1.0 en todas las categorías evaluadas, siendo el desplazamiento vertical el factor más crítico (0.84), seguido por la frecuencia de manipulación (0.85). Esto sugiere que las posturas adoptadas durante el manejo de explosivos y la repetitividad de las tareas están generando sobrecarga ergonómica. Los factores de corrección que afectan el peso aceptable incluyen. Desplazamiento vertical de carga: Hasta 175 cm (afecta la biomecánica y el esfuerzo requerido). Giro del tronco: Poco girado (hasta 30°), lo que minimiza pero no elimina el riesgo. Calidad de agarre: Malo, lo que incrementa el riesgo de lesiones. Frecuencia de levantamiento: 0.2 levantamientos/minuto, durante más de 2 horas y menos de 8 horas diarias. Distancia de transporte: 10 metros. Peso total transportado por día: 1250 kg. Estos factores

disminuyen el peso aceptable y aumentan el nivel de riesgo debido a la exposición prolongada, la mala calidad del agarre y el peso excesivo.

El riesgo no tolerable significa que la exposición a la carga y las condiciones actuales de trabajo superan ampliamente los límites aceptables para la salud y seguridad del trabajador. En este caso, existe una alta probabilidad de sobreesfuerzo y lesiones musculoesqueléticas, por lo que es imprescindible intervenir de inmediato.

4. Discusión

Los resultados muestran una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas, especialmente en la región dorsal o lumbar, así como en hombros, cuello y extremidades superiores. Esto coincide con estudios previos en minería, como el realizado en Llocllapampa (Jauja, 2021), donde se identificaron niveles críticos de riesgo ergonómico derivados de posturas forzadas del tronco, particularmente en áreas de perforación y voladura. La prevalencia de síntomas en la zona lumbar se explica por la exigencia física de manipular cargas pesadas (explosivos) en terrenos irregulares y condiciones ambientales adversas, factores que incrementan la carga biomecánica sobre la columna vertebral.

Además, la identificación de movimientos repetitivos y esfuerzos físicos como causas principales de los síntomas musculoesqueléticos en el área de voladura concuerda con investigaciones que señalan que la repetitividad y las posturas forzadas son factores determinantes en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TME). La manipulación manual de explosivos implica no solo carga física sino también posturas estáticas prolongadas y torsiones del tronco, lo que aumenta el riesgo de lesiones.

Desde la hipótesis de trabajo planteada, que establece que la manipulación manual de cargas y condiciones ergonómicas deficientes contribuyen a la aparición de síntomas musculoesqueléticos, los resultados confirman esta relación. La alta incidencia de molestias en zonas críticas sugiere que las condiciones laborales actuales no están adecuadamente diseñadas para minimizar los riesgos ergonómicos.

En un contexto más amplio, estos hallazgos resaltan la importancia de implementar evaluaciones ergonómicas sistemáticas, como las realizadas con métodos REBA y GINSHT, para identificar y cuantificar riesgos y orientar intervenciones específicas.

Las tareas asociadas a la voladura en minería a cielo abierto involucran posturas exigentes que comprometen el bienestar físico del trabajador. El REBA permite identificar de manera sistemática las zonas del cuerpo que están sometidas a mayor carga postural y esfuerzo. En este caso, tanto el carguío como el retacado se desarrollan en espacios reducidos y en posiciones que no permiten una ergonomía adecuada. La falta de apoyo para el tronco, el uso constante del tren superior y las posturas mantenidas de cuclillas o inclinación son factores de riesgo clave.

La evaluación GINSHT proporciona evidencia objetiva para justificar inversiones en mejoras ergonómicas y cambios en los procedimientos operativos, contribuyendo a la prevención de trastornos musculoesqueléticos en una actividad crítica para la seguridad minera. Los hallazgos coinciden con estudios previos en minería que han identificado la manipulación manual de explosivos como una actividad de alto riesgo ergonómico. La reducción del peso aceptable a 7.52

kg refleja las condiciones adversas típicas de las minas a cielo abierto, donde los trabajadores deben manipular cargas en terrenos irregulares, con posturas forzadas y movimientos repetitivos. El factor de desplazamiento vertical (0.84) sugiere que la manipulación ocurre a alturas no óptimas, probablemente relacionada con la colocación de explosivos en pozos de perforación o en diferentes niveles del banco. El factor de frecuencia (0.85) indica que la repetitividad de las tareas está contribuyendo significativamente al riesgo ergonómico. Estos resultados refuerzan la necesidad de implementar ayudas mecánicas y capacitar al personal en técnicas seguras de manipulación. Las medidas correctivas deben enfocarse en reducir el peso de las cargas individuales, mejorar las posturas de trabajo y disminuir la frecuencia de manipulación mediante la introducción de equipos auxiliares como carros transportadores o sistemas de elevación.

Para futuras investigaciones, es recomendable profundizar en la evaluación de factores psicosociales y organizacionales que puedan influir en la percepción y desarrollo de síntomas musculoesqueléticos, así como explorar la eficacia de intervenciones ergonómicas específicas en el área de voladura. También sería valioso realizar estudios longitudinales para evaluar la evolución de los síntomas y la efectividad de las medidas preventivas implementadas.

5. Conclusión

El análisis de la sintomatología musculoesquelética en trabajadores del área de voladura de la mina Mirador, revela una prevalencia significativa de molestias en regiones clave como la zona dorsal o lumbar, hombros, cuello y extremidades superiores. Las preguntas relacionadas con la presencia de dolor o incomodidad en los últimos 12 meses y en la última semana evidencian que más de la mitad de los trabajadores experimentan síntomas musculoesqueléticos, principalmente en la zona lumbar, que es la más afectada. Además, se detecta que estas molestias impactan en la capacidad funcional, limitando la realización de tareas habituales y requiriendo en algunos casos atención médica o cambios en el puesto de trabajo. La sintomatología está estrechamente vinculada a las condiciones laborales propias del manejo manual de explosivos, que implica posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas en terrenos irregulares, factores que incrementan la sobrecarga biomecánica y favorecen la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

La evaluación ergonómica realizada mediante los métodos REBA y GINSHT en las actividades de voladura permite identificar niveles críticos de riesgo ergonómico, especialmente en la tarea de carguío de explosivos y retacado de barrenos. El método REBA señala puntuaciones elevadas que indican posturas forzadas extremas y riesgo muy alto. Por su parte, el método GINSHT calcula un peso aceptable de manipulación considerablemente inferior al peso teórico, con factores de corrección que reflejan condiciones adversas como desplazamiento vertical, giro y frecuencia elevada. La clasificación de riesgo no tolerable confirma que las condiciones reales de trabajo superan los límites ergonómicos seguros, exponiendo a los trabajadores a un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en la zona dorsolumbar.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda implementar un conjunto integral de medidas preventivas para mitigar los riesgos ergonómicos en el área de voladura. Para la actividad de carguío de explosivos, se sugiere la introducción de ayudas mecánicas, como sistemas de transporte que reduzcan la necesidad de posturas forzadas y la manipulación manual de cargas pesadas. La capacitación continua en técnicas ergonómicas y de manipulación segura es fundamental para disminuir la incidencia de movimientos repetitivos y posturas inadecuadas. Además, la rotación de tareas y pausas activas contribuirán a reducir la fatiga muscular y prevenir trastornos acumulativos. En el retacado, aunque el riesgo es menor, se recomienda mejorar las técnicas de trabajo y

proporcionar herramientas ergonómicas para minimizar esfuerzos. Finalmente, se debe establecer un programa de vigilancia de la salud musculoesquelética y promover un ambiente organizacional que priorice la ergonomía como parte integral de la seguridad laboral en minería a cielo abierto.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- 1 Avila Angulo, E., Peppla Marquez, J. G., Rivera Taboada, J. A., Avila Angulo, E., Peppla Marquez, J. G., & Rivera Taboada, J. A. (2023a). Prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos asociados con el trabajo de cargos administrativos: un estudio transversal. *Revista Investigación y Negocios*, 16(28), 5–13. <https://doi.org/10.38147/INVNEG.V16I28.230>
- 2 Condori Condori, R. R. (2024). Riesgo ergonómico y la percepción de los trabajadores para mitigar los incidentes de la Empresa Minera Jharis Arequipa 2023. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2072>
- 3 Evaluación de los riesgo ergonómicos aplicando el método REBA en los puestos de trabajo de la empresa especializada GMI en la Unidad Minera Americana – 2024. (2024). <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/12076>
- 4 Nieto, D. (2023). Evaluación ergonómica de los trabajadores mineros aplicando el método de Owas en el distrito de Llocllapampa, Jauja 2021. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14152/2/IV_FIN_107_TE_Nieto_Munoz_2023.pdf
- 5 Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo (2024). https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/11/Anexo-3_Norma-Tecnica-de-Seguridad-e-Higiene-del-Trabajo-signed-signed-signed-signed.pdf
- 6 Nuñez, R., & Aderlin, B. (2024). Evaluación de los riesgo ergonómicos aplicando el método REBA en los puestos de trabajo de la empresa especializada GMI en la Unidad Minera Americana – 2024. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/12076>
- 7 Villacrés, M., Noroña, D., & Leiton, A. (2024). Prevalencia de enfermedades profesionales en Ecuador durante el periodo 2017–2023. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602024000300006
- 8 Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sorensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms [Internet]. 1987. Disponible en: <http://www.ergonomia.cl/CuestionarioNórdico>
- 9 Diego-Mas, Jose Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta21-06-2025]. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>