



Planteamiento De Protocolo Basado En El Análisis De Riesgo Ergonómico En La Carga De Hielo Para Tinas En El  rea Operativa En Una Empresa Panificadora.

Protocol Approach Based On Ergonomic Risk Analysis In Loading Ice For
Tubs In The Operational Area Of A Baking Company

Viviana Maribel García Fajardo¹ 

vivisgarcia@live.com.

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)


Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez² 

benjaminquito@bqc.com.ec

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Segundo Martin Quito Cortez³ 

martinquito@bqc.com.ec

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Recepción: 06-11-2025

Aceptación: 20-11-2025

Publicación: 20-12-2025

Como citar este articulo: García, V; Quito, B; Vásconez, D. (2025) **Planteamiento De Protocolo Basado En El Análisis De Riesgo Ergonómico En La Carga De Hielo Para Tinas En El  rea Operativa En Una Empresa Panificadora.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 1190-1239

¹ Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).

² Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentennial de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.

³ Ingeniero Agrónomo (UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA), Magister en Desarrollo Local, Menc n Planificación, Desarrollo y Ordenamiento Territorial (UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA); Doctor en Ciencias de la Educación (UNIVERSIDAD BICENTENARIA DE ARAGUA) VENEZUELA, Rector Instituto Superior Tecnológico CIC YASUNI Docente.



Resumen

Este estudio tuvo como finalidad diagnosticar los diversos riesgos ergonómicos presentes en el proceso de manipulación manual de hielo en una planta panificadora, con el objetivo de proponer un protocolo preventivo basado en evidencia científica y alineado con normativa vigente. Se aplicó un enfoque cuantitativo bajo el método inductivo, utilizando como herramienta el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) para evaluar ocho posturas críticas durante tareas de extracción, transporte, vaciado y desintegración de sacos de hielo por parte del personal operativo. Los resultados mostraron niveles de riesgo “muy alto” en todas las posturas analizadas, destacándose el levantamiento desde el suelo, el empuje de tinas metálicas con más de 280 kg y el uso repetitivo de palas metálicas en ambientes fríos, sin asistencia mecánica. Factores como la falta de rotación de tareas, pausas activas programadas, uso inadecuado o inexistente de elementos de protección personal y deficiencia en la maquinaria contribuyeron al riesgo musculoesquelético. A partir del diagnóstico, se propuso un protocolo estructurado en tres ejes: técnico-operativo, organizativo y formativo. Este protocolo incluye rediseño de herramientas, implementación de ayudas mecánicas, reducción del peso de los sacos, capacitación continua, pausas activas, evaluaciones y mejoras participativas. También contempla estrategias de seguimiento integral y monitoreo a largo plazo. Se concluye que una intervención ergonómica integral mejora la salud y seguridad del personal operativo, optimiza la eficiencia, reduce el ausentismo y garantiza condiciones laborales sostenibles y seguras en el tiempo. **Palabras clave:** Ergonomía, manipulación de cargas, protocolo preventivo, riesgo musculoesquelético, panificación.

Abstract

This study aimed to diagnose various ergonomic risks in the manual ice handling process at a baking plant, with the objective of proposing a preventive protocol based on scientific evidence and aligned with international ergonomic standards. A quantitative approach was used under an inductive method, applying the REBA (Rapid Entire Body Assessment) tool to evaluate eight critical postures during tasks such as extraction, transportation, emptying, and disintegration of ice bags by operational staff. The results revealed “very high” risk levels in all analyzed postures, particularly those involving lifting from the floor, pushing metal tubs over 280 kg, and repetitive use of metal shovels in cold environments without mechanical assistance. Risk factors such as lack of task rotation, absence of active breaks, inadequate or absent use of personal protective equipment, and limited machinery contributed significantly to the elevated musculoskeletal risk. Based on the findings, a preventive protocol was proposed, structured into three main axes: technical-operational, organizational, and educational. The protocol includes corrective actions such as tool redesign, mechanical assistance, reduction in load weight, continuous ergonomics training, breaks, and evaluations. It also incorporates participatory improvement strategies, continuous worker feedback, and long-term monitoring strategies aimed at improving workplace conditions and employee satisfaction. The study concludes that a comprehensive ergonomic intervention enhances safety, health, and productivity in industrial settings while promoting a preventive culture and improving working conditions over time. These improvements are key to fostering ergonomic awareness among all staff levels. **Keywords:** Ergonomics, manual handling, preventive protocol, musculoskeletal risk, baking industry.



Introducción.

La industria de la panadería conlleva una cantidad de actividades demandantes que requieren de un gran esfuerzo físico, y en muchas ocasiones los lugares de trabajo no se encuentran en las condiciones óptimas que aseguren la seguridad y salud de los operarios. Usualmente, en las industrias de panadería se pueden presentar fatigas musculares debido a la frecuencia y duración de las actividades que se llevan a cabo. Los principales riesgos ergonómicos en las panaderías incluyen la carga de objetos e ingredientes pesados, levantamientos frecuentes, movimientos repetitivos, giros, posturas incorrectas y mantenerse de pie por largos períodos de tiempo (Carbonell, Ergonomía en la Industria Panadera: Análisis de las Actividades Críticas del Proceso de Producción de Pan, 2017).

En una planta dedicada a la elaboración de productos de panificación, se ha identificado una tarea crítica relacionada con la distribución de hielo, ejecutada diariamente por operarios en el área de producción. El proceso inicia cuando un primer operador retira manualmente sacos de hielo de un contenedor, los carga sobre sus hombros o brazos y los transporta hasta un andén con una altura aproximada de un metro veinte a metro cincuenta. Desde allí, un segundo operador recepta los sacos y los deposita en tinas móviles de altura similar. Posteriormente, este segundo operario empuja las tinas, que se desplazan sobre ruedas, a lo largo de una distancia de entre 40 y 60 metros, hasta el punto de pesaje. En esa estación, el hielo es extraído manualmente de las tinas usando un balde, se pesa en una balanza y luego se vierte en un elevador mecánico.

Finalmente, cuando el elevador alcanza la altura requerida, el hielo es vaciado en su destino final.



Este flujo de trabajo presenta diversos factores de riesgo ergonómico: levantamiento de cargas desde posiciones bajas, transporte manual, empuje prolongado, posturas forzadas durante la manipulación con baldes y repetitividad de movimientos durante toda la jornada. Se ha reportado casos de dolor lumbar y ausencias médicas asociadas a molestias físicas derivadas de esta actividad. Estas condiciones justifican una evaluación ergonómica detallada con el fin de prevenir lesiones, mejorar el bienestar del trabajador y mantener la eficiencia productiva.

Este artículo se enmarca en un enfoque de investigación cuantitativo, sustentado en un método inductivo. Según (Neill, 2018), la investigación cuantitativa, también llamada empírico- analítico, racionalista o positivista es aquel que se basa en los aspectos numéricos para investigar, analizar y comprobar información y datos.

Dada la naturaleza física de esta tarea, surge la siguiente interrogante: ¿Cuál es el nivel de riesgo ergonómico presente en el proceso de manipulación, transporte y pesaje manual de hielo en el área de producción, y qué acciones correctivas podrían implementarse para reducirlo?

La finalidad del presente estudio es ofrecer una solución técnica fundamentada para mejorar la salud ocupacional y la productividad, permitiendo identificar los factores de riesgo prioritarios y plantear un protocolo de intervención ergonómica.

Marco Teórico.

En la industria panadera, los riesgos ergonómicos están relacionados con la manipulación manual de cargas, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos, lo que puede provocar trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona dorsolumbar. Para prevenir dichos trastornos es



esencial establecer límites seguros para la carga. Estos límites se determinan según tres criterios principales: biomecánico, fisiológico y psicofísico. Lo ideal sería aplicar los tres y elegir el más seguro como referencia, aunque esto puede resultar complicado y costoso.

El criterio psicofísico tiende a complementarse con los criterios biomecánico y fisiológico en tareas de levantamiento que no son demasiado frecuentes (hasta 6 veces por minuto). Por un lado, el criterio psicofísico establece límites para la carga de trabajo con base en la percepción del esfuerzo por parte de los trabajadores al levantar objetos. Diversos estudios, como los de Snook y Ciriello (1991), han desarrollado modelos de predicción de la capacidad de manipulación. Estos investigadores publicaron sus hallazgos bajo el concepto de "Valores Máximos Aceptables de Pesos y Fuerzas", a partir de pruebas subjetivas en las que los trabajadores indicaban el peso que podían manejar según las condiciones de la tarea. Las variables consideradas incluyen: frecuencia de la tarea, desplazamiento vertical de la carga, posición de la carga durante el levantamiento, duración de la tarea, dimensiones del objeto, peso de la carga, calidad del agarre. Además, se controlaron ciertos factores externos como la temperatura y humedad, la vestimenta, el calzado de seguridad y el estado de salud de los trabajadores. (Mas, 2015)

Por otra parte, el criterio biomecánico se basa en la biomecánica ocupacional, una disciplina que estudia el funcionamiento del cuerpo humano y los efectos mecánicos de su actividad. Para ello, se apoya en áreas como la mecánica, la anatomía y la antropometría. La biomecánica ocupacional se implementa en varios ámbitos, entre ellos: el desarrollo de herramientas, la organización de espacios de trabajo, el diseño de mobiliario ergonómico, la determinación de límites en la manipulación de cargas. Dado que obtener datos biomecánicos



exactos puede ser complicado, se emplean modelos biomecánicos que simplifican la realidad.

Estos modelos consideran el cuerpo humano como un sistema mecánico compuesto por segmentos y articulaciones con características físicas equivalentes a las reales, lo que permite calcular esfuerzos internos y reacciones articulares.

El criterio fisiológico se enfoca en establecer límites para el consumo de energía y la fatiga derivada de la manipulación repetitiva de cargas. Cuando un trabajador levanta o mueve objetos desde el suelo con frecuencia, está realizando un esfuerzo físico significativo, lo que influye en su respuesta fisiológica. Las investigaciones han vinculado las funciones metabólicas y circulatorias con los límites físicos del trabajador. Para ello, se mide el gasto energético de manera directa o se estima a partir de la frecuencia cardíaca, permitiendo así la formulación de recomendaciones adecuadas (Ruiz, 2015).

Con respecto a la base legal se tiene a la norma ISO 11228, la cual es la primera regulación internacional sobre manipulación manual de cargas y proporciona métodos de evaluación junto con recomendaciones ergonómicas para distintos tipos de tareas relacionadas con la carga.

Según la Organización Internacional de Estandarización (2021), la norma ISO 11228-1 establece criterios técnicos para el manejo manual de cargas en el cual especifica los límites recomendados para la elevación, descenso y transporte manual de cargas, así como también, la intensidad, frecuencia y duración de la tarea.

En el contexto nacional se tiene al Código del Trabajo en el cual establece disposiciones sobre seguridad y salud ocupacional, que básicamente busca la



protección de los trabajadores frente a condiciones que puedan afectar su bienestar físico (Codigo del trabajo, 2014).

Asimismo, la Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo clasifica los riesgos laborales en varias categorías tales como los físicos, químicos, biológicos, ergonómicos, psicosociales y de seguridad. La norma tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos para la seguridad en el trabajo y la prevención de riesgos laborales en los lugares y/o centros de trabajo (Hernández, 2025). Dentro del enfoque del riesgo ergonómico, estos pueden ser originados por esfuerzos físicos excesivos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas durante la ejecución de tareas. La norma indica que dichos factores pueden ser provocados por fatiga, errores, accidentes y enfermedades musculoesqueléticas, especialmente cuando el diseño de instalaciones, herramientas o puestos de trabajo no es adecuado.

Por otro lado, mediante el decreto 255, establece el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo el cual busca garantizar un entorno laboral seguro y saludable para los trabajadores a través de la implementación de políticas, procedimientos adecuados y medidas preventivas y correctivas.

Estado del Arte

El análisis de riesgo ergonómico en la manipulación de cargas es un aspecto fundamental en la seguridad laboral, especialmente en industrias como la panificadora, donde los trabajadores deben manejar materiales pesados y en condiciones de baja temperatura. La carga de hielo para tinas en el área operativa representa un desafío ergonómico significativo, ya que implica esfuerzos físicos repetitivos, posturas forzadas y exposición a temperaturas extremas.



El sector panificador continúa dependiendo en gran medida de procesos manuales, lo que incrementa los riesgos ergonómicos. Mendoza et al. (2023) señalan que los trabajadores en esta industria están expuestos a posturas forzadas, largas jornadas de pie, temperaturas variables y cargas físicas elevadas, lo que demanda una revisión de las prácticas laborales y su alineación con estándares modernos de ergonomía.

Además, estudios recientes han señalado que, en la industria alimentaria, particularmente en plantas procesadoras con procesos en frío, los riesgos ergonómicos se incrementan debido a la disminución de la sensibilidad táctil, el uso de ropa térmica restrictiva y la limitación en la movilidad de las extremidades. Estas condiciones generan compensaciones posturales que, a mediano plazo, pueden traducirse en lesiones musculoesqueléticas de origen ocupacional (Flouris et al., 2021). Esto es especialmente crítico en tareas repetitivas como la carga de hielo, donde se combinan movimientos forzados, superficies resbaladizas y manipulación de peso.

En la misma línea, Piab (2021) advierte que las actividades repetitivas y extenuantes, como la manipulación manual de cargas, constituyen un riesgo importante de lesión, especialmente cuando se combinan con posturas no naturales, repeticiones elevadas y esfuerzo físico intenso. Estas condiciones pueden derivar en lesiones crónicas que afectan músculos, tendones, ligamentos y vasos sanguíneos, conocidas como trastornos musculoesqueléticos (TME). Estas lesiones suelen ser acumulativas, producto de microtraumas generados por la repetición de movimientos sin tiempos adecuados de recuperación.

Ojeda (2020) realizó un estudio sobre riesgos ergonómicos en pequeñas panaderías, encontrando una fuerte asociación entre la manipulación de cargas y la aparición de TME. El autor recomienda medidas preventivas como



la mecanización de procesos, el uso de equipos auxiliares (carretillas, plataformas), la adecuación de la altura de los puestos de trabajo, pausas activas y la rotación de tareas para mitigar la fatiga muscular y el deterioro postural.

Cheung et al. (2021) destacan que la exposición prolongada a ambientes fríos, como los asociados al trabajo con hielo, afecta el rendimiento físico y la capacidad muscular, elevando el riesgo de lesiones y comprometiendo la salud general del trabajador. La combinación de esfuerzo físico sostenido y temperatura ambiental baja es especialmente crítica desde el punto de vista ergonómico.

Por su parte, Leone y Szucs (2022) indican que el trabajo repetitivo en ambientes fríos genera una carga fisiológica que puede producir efectos acumulativos en el sistema musculoesquelético. La falta de pausas programadas y la carencia de equipos adecuados acentúan la probabilidad de lesiones por sobreuso, como las tendinitis, lumbalgias o síndrome del túnel carpiano.

En un enfoque más amplio, Medina y Díaz (2024) explican que los riesgos ergonómicos se relacionan directamente con la posibilidad de desarrollar TME debido a la intensidad y frecuencia de las tareas físicas. Estos riesgos, cuando no son controlados, contribuyen al ausentismo, la disminución de la productividad y al deterioro de la calidad de vida de los trabajadores. Además, identifican factores agravantes como la sobrecarga laboral, la falta de capacitación, la exposición a ruido y vibraciones, posturas inadecuadas y ciertos elementos psicosociales que aumentan el estrés laboral.

Complementando esta visión, Saavedra (2021) agrupa los factores de riesgo ergonómicos en cuatro áreas principales: condiciones inadecuadas del puesto de trabajo, falta de protección segmentaria, ambiente térmico no controlado



y ausencia de medidas de prevención postural. El autor resalta que el dolor musculoesquelético suele ser la consecuencia de años de trabajo en condiciones adversas sin intervenciones adecuadas, derivando en incapacidades parciales, ausentismo y disminución del rendimiento productivo.

Adicionalmente, las publicaciones recientes de agencias internacionales de salud ocupacional (NIOSH, 2022; INSST, 2023) recomiendan incluir estrategias de gestión ergonómica específicas en actividades con manipulación de cargas en frío. Estas incluyen el rediseño de herramientas, la aplicación de pausas cada 60-90 minutos y la integración de indicadores ergonómicos para el seguimiento del desempeño físico, permitiendo actuar preventivamente antes de que se desarrollen lesiones. Tales lineamientos refuerzan la necesidad de establecer protocolos adaptados a cada entorno de trabajo.

En resumen, la literatura reciente coincide en que la manipulación manual de cargas en entornos térmicamente exigentes, como el caso de la carga de hielo en plantas panificadoras, representa un riesgo ergonómico elevado. Los estudios revisados proponen estrategias de intervención como pausas activas, rotación de tareas, uso de tecnología auxiliar y rediseño ergonómico del puesto de trabajo. La implementación de protocolos estructurados basados en evidencia científica se presenta como una alternativa efectiva para prevenir lesiones y mejorar las condiciones laborales en el sector.

Desarrollo.

Factores de riesgo ergonómico en la carga manual de hielo

La ergonomía es la disciplina científica que estudia la adaptación del trabajo a las capacidades y limitaciones del ser humano, con el objetivo de mejorar la seguridad, el confort y el rendimiento laboral (Helander, 2006). En entornos



productivos donde se manipulan cargas manualmente, como es común en la industria alimentaria, los riesgos ergonómicos pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos (TME), fatiga crónica y disminución del desempeño operativo. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021), los factores de riesgo ergonómico más frecuentes incluyen la manipulación manual de cargas, posturas forzadas, movimientos repetitivos y ambientes laborales desfavorables.

En la empresa panificadora objeto de estudio, la manipulación manual de sacos de hielo constituye una tarea rutinaria en el área operativa. Debido a que la máquina productora de hielo existente no cubre la demanda diaria requerida para abastecer toda la línea de producción, los operarios deben extraer, transportar y vaciar manualmente sacos de entre 20 y 25 kilogramos, repitiendo esta operación entre tres y cuatro veces por turno de 12 horas. Este esfuerzo físico acumulado genera una sobrecarga significativa en el sistema musculoesquelético, especialmente en la región lumbar y en las articulaciones de hombros y rodillas.

Según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2022), cualquier tarea que implique manipulación de cargas pesadas de forma repetitiva debe ser evaluada ergonómicamente para determinar la viabilidad de sustituir dicha actividad por medios mecánicos. En este sentido, la implementación de una segunda máquina de mayor capacidad o la incorporación de soluciones automatizadas para el transporte del hielo puede representar una estrategia eficaz de prevención primaria, eliminando el riesgo desde su origen en lugar de mitigarlo parcialmente.

Esta situación permite plantear el primer bloque de análisis: los factores de riesgo ergonómico derivados de la carga manual repetitiva en un entorno



adverso, que requiere evaluación técnica detallada y rediseño estructural del proceso de trabajo.

Tipología de riesgos ergonómicos en tareas repetitivas

Las tareas repetitivas asociadas a la manipulación manual de cargas, como ocurre en la carga de hielo, están directamente relacionadas con trastornos musculoesqueléticos (TME).

Según la Organización Internacional del Trabajo (2023), factores como movimientos repetitivos, posturas forzadas mantenidas y esfuerzos físicos excesivos son desencadenantes principales de lesiones ocupacionales del aparato locomotor. En el presente caso, los sacos de hielo pesan entre 20 y 25 kg y se manipulan desde el nivel del suelo hasta alturas que superan la cintura o el hombro, lo que demanda un esfuerzo físico considerable.

La falta de rotación de tareas y de pausas activas programadas agrava esta carga física, elevando el riesgo de TME como lumbalgias mecánicas, tendinitis de hombro y codo, compresiones nerviosas y afecciones articulares en las rodillas, como condromalacia rotuliana. Fernández et al. (2020) advierten que sin intervención, estos cuadros pueden derivar en incapacidades temporales o permanentes.

Asimismo, el esfuerzo físico en ambientes fríos reduce la resistencia muscular y acelera la aparición de fatiga. Cheung (2010) señala que la exposición a bajas temperaturas disminuye el rendimiento físico, incrementa la percepción del esfuerzo y acelera la fatiga neuromuscular, lo que agrava el riesgo en tareas repetitivas, incluso en personas jóvenes o entrenadas.



Influencia de las condiciones ambientales y físicas del entorno

El entorno físico donde se manipula el hielo presenta condiciones que agravan los riesgos ergonómicos. El piso está constantemente húmedo por la condensación del hielo y cubierto con palets plásticos, lo que genera superficies resbaladizas. Esta combinación aumenta el riesgo de caídas, especialmente si no se cuenta con calzado antideslizante o señalización adecuada.

El contenedor de almacenamiento mantiene una temperatura de -8°C , pero se apaga manualmente durante la apertura, elevando la temperatura interna a entre 10 y 15°C . Aunque no alcanza el umbral de congelación, este rango térmico puede causar rigidez muscular y pérdida de flexibilidad si no se usa protección adecuada (Parakkat, Ranjan y Shukla, 2018). El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2021) indica que el trabajo muscular en frío disminuye la contracción, inhibe la percepción sensorial y eleva el riesgo de lesiones tendinosas y contracturas.

Además, los trabajadores no utilizan guantes térmicos ni protección en las muñecas, aumentando el estrés térmico localizado. Según la norma ISO 11226:2000, este tipo de exposición debe considerarse un modificador crítico en la evaluación ergonómica de posturas forzadas.

Carga física y biomecánica en la manipulación de sacos de hielo

El análisis biomecánico de las tareas revela múltiples fuentes de sobrecarga. Durante una jornada laboral de 12 horas, los operarios realizan entre tres y cuatro ciclos de carga de tinas. El proceso inicia con la extracción de los sacos desde un contenedor a nivel del piso, al cual se accede subiendo un pequeño escalón. Los sacos, apilados sobre palets, requieren ser levantados desde



alturas variables, lo que implica agacharse completamente o adoptar posturas de flexión lumbar profunda, añadiendo estrés sobre la columna y las rodillas.

Posteriormente, el saco se lleva al hombro y se deposita sobre un andén elevado (1.20 a 1.50 m). Desde allí, otro operario levanta nuevamente el saco desde el piso del andén y lo vacía en una tina metálica (1.10 m de alto). Si el hielo está compactado, se golpea el saco contra el borde de la tina. Luego, se utiliza una pala metálica para romper los bloques, tarea que involucra movimientos repetitivos de fuerza, torsión del tronco y extensión de brazos.

Otra actividad crítica es la descarga de hielo desde camiones. Dos operarios manipulan aproximadamente 250 sacos por unidad de transporte, levantando y depositando los sacos desde una altura de 1.50 m. Esta tarea, realizada sin ayudas mecánicas, implica una carga significativa sobre hombros, zona cervical y columna torácica, especialmente si se repite con alta frecuencia en lapsos cortos.

La norma ISO 11228-1 (2003) establece que el peso máximo recomendado para el levantamiento manual sin asistencia es de 25 kg, bajo condiciones ideales. Sin embargo, en el entorno analizado no se cumplen estos criterios. Konz y Johnson (2019) señalan que levantar cargas desde el suelo o por encima del hombro aumenta la compresión en los discos intervertebrales hasta en un 60 %, elevando el riesgo de lesiones crónicas.

Diagnóstico ergonómico del proceso de manipulación de sacos de hielo mediante el método REBA

La manipulación de sacos de hielo en plantas procesadoras representa una tarea físicamente exigente, que compromete múltiples grupos musculares en condiciones ambientales adversas, con escasa rotación del personal y sin ayudas ergonómicas. Este diagnóstico describe el contexto operativo actual,



como base para la aplicación posterior del método REBA (Rapid Entire Body Assessment), centrado en la identificación de factores de riesgo postural.

En la planta evaluada, los operarios extraen el hielo desde un contenedor a nivel del piso y lo trasladan manualmente hasta tinas metálicas, repitiendo este ciclo entre tres y cuatro veces por jornada de 12 horas. Cada ciclo implica la manipulación de 14 a 16 sacos de entre 20 y 25 kg, sin asistencia mecánica. Esta operación requiere levantar la carga desde el suelo, cargarla sobre el hombro, recorrer una distancia considerable, elevarla sobre el nivel del pecho y golpearla contra una tina para vaciar su contenido.

Durante estas tareas, los trabajadores adoptan posturas de torsión de tronco, flexión cervical, abducción de brazos por encima del hombro y esfuerzos dinámicos intensos, muchas veces en superficies inestables como palets plásticos sobre pisos mojados. Estas condiciones aumentan la carga biomecánica sobre la región lumbar, cervical y los hombros, asociándose a un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos (Bernard, 1997; Gallagher y Heberger, 2013).

El ambiente térmico también representa un factor agravante. El contenedor mantiene el hielo a -8°C , pero al ser abierto para la extracción, la temperatura interna asciende hasta 15°C . Esta variabilidad térmica, sumada al contacto directo sin protección térmica en manos o brazos, puede reducir la precisión motora y acelerar la fatiga neuromuscular (Holmer y Kuklane, 2007; Enander, 1987).

A estas condiciones se suma el uso de herramientas manuales, como palas metálicas largas, que el operario utiliza para desintegrar el hielo dentro de la tina. Esta acción demanda movimientos repetitivos de empuje, extensión de codo y elevación de hombros. En paralelo, la falta de pausas activas y rotación de tareas refuerza la carga estática acumulada.



También se identificó otra actividad de riesgo: la descarga de aproximadamente 250 sacos desde camiones, realizados por dos operarios desde una altura aproximada de 1.50 m. Aunque menos frecuente, esta operación supone levantar cargas pesadas desde una altura elevada hacia el contenedor, comprometiendo principalmente la zona cervical, hombros y parte media de la espalda (van der Beek et al., 2012).

El método REBA se aplicará posteriormente a estas posturas y tareas específicas, con el objetivo de cuantificar los niveles de riesgo y priorizar intervenciones ergonómicas basadas en evidencia técnica y científica.

Aplicación del método REBA: evaluación global de posturas

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) es una herramienta desarrollada por Hignett y McAtamney (2000) que permite evaluar de forma rápida e integral las posturas del cuerpo completo asociadas a tareas laborales. Este método considera múltiples segmentos corporales —tronco, cuello, piernas, brazos y muñecas— junto con factores externos como la carga manipulada, el tipo de acción (empujar, jalar, levantar) y la estabilidad del entorno. El resultado es una puntuación numérica que clasifica el nivel de riesgo ergonómico en una escala del 1 al 15, donde valores mayores indican mayor urgencia de intervención.

La aplicación del método REBA en este estudio se basó en capturas fotográficas de situaciones reales durante la jornada laboral. Se seleccionaron ocho posturas críticas tomadas de distintas fases del proceso de manipulación del hielo, incluyendo levantamiento de sacos desde el contenedor, descarga de camiones, vaciado en tinas, empuje de tinas cargadas y golpeteo del hielo. Cada postura fue evaluada según la plantilla de puntuación REBA, y se asignó un nivel de riesgo con su respectiva recomendación de acción.



Paso 1. Extracción del saco de hielo del contenedor

En la figura 1 se observa al operario extrayendo manualmente un saco de hielo del contenedor, cargándolo sobre su hombro derecho para trasladarlo al área de vaciado. La carga, de entre 20 y 25 kg, se manipula sin asistencia mecánica ni elementos ergonómicos de soporte. El brazo dominante está en flexión superior a 90°, con el codo flexionado y la muñeca en posición neutral, mientras que el cuello y el tronco presentan flexión moderada, indicando compensación postural.

El operario se encuentra de pie sobre un suelo con grietas y humedad, lo que genera inestabilidad, aumentando el riesgo de accidentes, aunque este aspecto no sea puntuado directamente por REBA. La carga desbalanceada sobre un solo lado del cuerpo incrementa el esfuerzo unilateral y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Gallagher y Heberger, 2013; Hignett y McAtamney, 2000). Según la evaluación con el método REBA, esta postura obtiene una puntuación de 10, clasificada como riesgo muy alto, lo que exige intervenciones correctivas urgentes en el diseño del entorno y los métodos de trabajo.



Figura 1 Extracción del saco de hielo del contenedor
Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 1

Puntuación REBA para la postura de extracción del saco de hielo del contenedor

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	4	Flexión de cuello leve, tronco inclinado, piernas extendidas.
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	5	Brazo elevado >90°, antebrazo flexionado, muñeca neutra.
Carga y fuerza	3	Carga unilateral de 20– 25 kg sin ayuda.
Ajuste por actividad asimétrica	1	Carga sostenida en un solo lado.
Total, puntuación		Riesgo muy alto; se

Nota. Elaboración propia basada en el método REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 2. Levantamiento del saco de hielo sobre palet para su traslado

En esta etapa (ver figura 2), el operario levanta un saco de hielo desde una superficie intermedia conformada por palets plásticos. Adopta una postura de semiflexión de tronco con inclinación hacia adelante, lo que implica una activación significativa de la musculatura lumbar. Ambas rodillas están levemente flexionadas y los pies colocados de forma asimétrica: uno sobre el palet y otro fuera, generando una base de apoyo inestable y mayor exigencia de estabilización (Marras, 2000).

El brazo derecho presenta flexión frontal, antebrazo en pronación y muñeca con desviación radial, lo cual compromete la biomecánica del miembro superior. El cuello, inclinado hacia adelante y con rotación leve, incrementa el esfuerzo del trapecio y los extensores cervicales (Gallagher y Heberger, 2013).



La carga manipulada, entre 20 y 25 kg, se levanta sin ayudas ergonómicas dentro de un espacio confinado, lo que incrementa el riesgo de lesiones por sobreesfuerzo. El análisis con el método REBA asigna una puntuación de 11 puntos, correspondiente a un riesgo “muy alto”, que requiere una intervención inmediata para rediseñar la tarea o incorporar mecanismos de asistencia.



Figura 2 Levantamiento del saco de hielo sobre palet para su traslado

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 2

Puntuación REBA para la postura de levantamiento del saco sobre el palet plástico

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	5	Cuello inclinado, tronco en flexión, piernas en postura asimétrica
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	4	Brazo y antebrazo en flexión frontal, muñeca en desviación leve
Carga y fuerza	3	Carga entre 20-25 kg sin asistencia mecánica
Ajuste por actividad asimétrica	1	Posición inestable y torsión leve
Total, puntuación		Riesgo muy alto;

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 3. Golpeo del saco de hielo contra la tina

En esta etapa (figura 3), el operario realiza el vaciado del hielo golpeando el saco contra el borde de una estructura metálica, como una tina, para deshacer los bloques formados. Esta acción es crítica desde el punto de vista ergonómico, ya que combina movimientos repetitivos, elevación de brazos por encima del nivel de los hombros y esfuerzo dinámico de alta intensidad. El trabajador sostiene un saco de entre 20 y 25 kg con ambos brazos en flexión elevada, el cuello en extensión leve y el tronco erguido, pero en tensión, mientras las piernas permanecen rectas, sin apoyo diferenciado.

Este tipo de actividad, caracterizada por fuerza súbita y posturas elevadas, ha sido identificado como un factor de riesgo para lesiones en hombros y columna cervical (Bernard, 1997; van der Beek et al., 2012). Al no contar con ayudas mecánicas o herramientas para facilitar el proceso, se incrementa la carga sobre las articulaciones superiores, agravando el riesgo en tareas que se repiten múltiples veces por jornada.



La evaluación REBA arroja 12 puntos, lo que corresponde a un riesgo extremadamente alto. Se recomienda la incorporación de sistemas automáticos de trituración de hielo o plataformas con absorción de impacto para reducir la necesidad de esfuerzo físico directo.



Figura 3 Golpeo del saco de hielo contra la tina

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 3

Puntuación REBA para la postura de golpeo del saco de hielo sobre la tina

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	5	Cuello en extensión, tronco erguido bajo tensión, piernas sin soporte activo
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	6	Ambos brazos elevados >120°, control dinámico del peso
Carga y fuerza	3	Carga de 20-25 kg con fuerza de golpe sin asistencia
Ajuste por actividad dinámica	1	Movimiento repetitivo y asimétrico
Total, puntuación REBA	12	Riesgo extremadamente alto; requiere intervención urgente

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 4. Empuje manual de tina metálica llena de hielo

En esta etapa (figura 4), el operario empuja una tina metálica con aproximadamente 280 kg de hielo a lo largo de una distancia de 40 a 60 metros, sin asistencia mecánica ni compartida. Aunque la tina posee ruedas, el arranque requiere vencer la inercia y mantener la fuerza contra el rozamiento. La postura del trabajador incluye una inclinación de tronco superior a 20°, cuello extendido y brazos en extensión anterior, lo que genera tensión sostenida en la zona superior del cuerpo.

Ergonómicamente, se identifican tres factores críticos: el peso elevado, la extensión de brazos con hombros protractados y la actividad prolongada en superficie posiblemente irregular. Estas condiciones se asocian con sobrecarga de la musculatura deltoidea, trapecio y erector espinal, además de un riesgo lumbar por empuje sin alineación adecuada (Gallagher y Heberger, 2013; Waters et al., 1993).



La evaluación mediante REBA arrojó 11 puntos, lo cual indica un riesgo “muy alto” y requiere intervención inmediata. Aunque la dirección del esfuerzo es horizontal, empujar cargas pesadas puede generar picos de presión intradiscal equivalentes a los del levantamiento vertical (National Institute for Occupational Safety and Health, 1997).



Figura 4 Empuje manual de tina metálica llena de hielo

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 4

Puntuación REBA para la postura de empuje de tina metálica con hielo

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	5	Cuello extendido, tronco en flexión >20°, piernas semiflexionadas
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	5	Brazos extendidos hacia adelante, hombros en proyección, muñeca neutra
Carga y fuerza	3	Esfuerzo alto por inercia de masa de 280 kg en empuje manual
Ajuste por actividad sostenida	1	Recorrido prolongado (40-60 m) sin pausas
Total, puntuación REBA	11	Riesgo muy alto; intervención ergonómica inmediata

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 5. Empuje de tina con hielo por operario alto

En la figura 5, se observa a un operario de mayor estatura empujando una tina metálica con aproximadamente 280 kg de hielo. Aunque la carga y el esfuerzo son similares a los de etapas anteriores, el análisis ergonómico muestra un ajuste biomecánico distinto. El tronco permanece más alineado, pero con flexión cervical pronunciada, lo que genera una hiperlordosis momentánea en la región torácica. Esta postura permite visión descendente sobre la tina, pero aumenta la tensión en la musculatura cervical y dorsal, especialmente en tareas repetidas o prolongadas (Bernard, 1997).

Los brazos están en extensión simétrica hacia adelante y, aunque las piernas no se observan por completo, la base de apoyo parece estable. La mayor estatura disminuye la flexión del tronco, pero aumenta la distancia entre el centro de gravedad del cuerpo y la superficie de contacto, generando mayor torque y fatiga deltoidea (Gallagher y Heberger, 2013).



La evaluación REBA asigna un puntaje de 10, considerado riesgo muy alto, por lo que se recomienda una intervención ergonómica inmediata, mediante incorporación de sistemas motorizados, reducción de distancias o trabajo en pareja para compartir la carga de empuje.



Figura 5 Empuje de tina con hielo por operario alto

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).

Tabla 5

Puntuación REBA para la postura de empuje de tina con hielo (operador alto)

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	4	Cuello en flexión sostenida, tronco en leve inclinación, piernas estables
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	5	Brazos extendidos hacia adelante, postura simétrica
Carga y fuerza	3	Empuje manual de tina con 280 kg de carga

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).



Paso 6. Desintegración del hielo con pala metálica

En la figura 6, se observa al operario desintegrando bloques de hielo con una pala metálica larga introducida en la tina. Esta tarea representa un esfuerzo dinámico unilateral, con el brazo derecho por encima del nivel del hombro, combinando flexión glenohumeral, extensión del codo y pronación del antebrazo, mientras el tronco permanece semi-erguido con leve inclinación hacia la izquierda.

El uso sostenido de herramientas largas y pesadas está vinculado a trastornos musculoesqueléticos en el hombro dominante, debido a cargas isométricas en posturas forzadas (Marras, 2000; Bernard, 1997). Además, el impacto repetido del utensilio contra el hielo añade una componente de fuerza descendente que incrementa el riesgo biomecánico, especialmente si no hay pausas activas ni rotación de tareas.

Aunque el cuello no presenta inclinación crítica, el brazo dominante supera los 90° de elevación, penalizando significativamente la puntuación postural. La combinación de esfuerzo, unilateralidad y falta de asistencia técnica otorga un puntaje REBA de 11 puntos, clasificado como riesgo muy alto.

Se recomienda rediseñar la herramienta con mangos ajustables o mecanismos oscilantes, junto con alternancia operativa para prevenir sobrecarga y lesiones.





Figura 6 Desintegración del hielo con pala metálica

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).

Tabla 6

Puntuación REBA para la postura de desintegración de hielo con pala metálica

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	4	Cuello neutro, tronco con leve inclinación lateral, piernas extendidas
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	6	Brazo derecho elevado >90°, antebrazo extendido, muñeca en desviación leve
Carga y fuerza	3	Aplicación de fuerza descendente con pala metálica
Ajuste por movimiento unilateral	1	Uso del brazo dominante de forma repetitiva y no alternada
Total, puntuación REBA	11	Riesgo muy alto; requiere rediseño del proceso o herramienta

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 7: Extracción de hielo con balde para uso en producción



En la figura 7, se observa al operario extrayendo hielo con un balde plástico desde una tina metálica. Esta acción implica flexión lateral del tronco, flexión del brazo dominante, torsión leve del cuello y manipulación de una carga moderada (5 a 8 kg por balde), repetida varias veces para realizar el pesaje.

La postura compromete hombro, columna torácica y zona lumbar, ya que el operario se apoya parcialmente en el borde de la tina e inclina el tronco para alcanzar el fondo. Según Bernard (1997), las posturas inclinadas y rotadas combinadas con fuerza traccionante generan una alta carga biomecánica, especialmente en el hombro dominante.

El brazo derecho se mantiene flexionado y en pronación, con leve desviación de muñeca para sostener el balde. Aunque el peso individual no es elevado, la frecuencia y la postura incrementan la carga acumulada sobre la estructura musculoesquelética.

El análisis mediante REBA asigna un puntaje de 10, indicando un riesgo muy alto, por lo que se recomienda rediseñar la apertura de la tina e incorporar herramientas más ergonómicas para facilitar la extracción.



Figura 7 Extracción de hielo con balde para uso en producción

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 7

Puntuación REBA para la postura de extracción de hielo con balde

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	5	Cuello levemente rotado, tronco en inclinación lateral, bipedestación activa
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	4	Brazo flexionado, antebrazo en pronación, muñeca con leve desviación radial
Carga y fuerza	2	Balde con peso estimado de 5 a 8 kg
Ajuste por actividad repetitiva	1	Tarea frecuente durante todo el turno
Total, puntuación REBA	10	Riesgo muy alto; requiere rediseño del entorno o herramientas

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Paso 8: Descarga de hielo desde el camión

En la figura 8, se observa al operario descendiendo desde el camión con un saco de hielo (20–25 kg) sobre el hombro izquierdo. Esta acción implica una carga unilateral, flexión lateral del tronco, rotación cervical compensatoria y tensión sostenida en el miembro superior contrario, sin apoyo mecánico ni herramientas auxiliares.

Desde el punto de vista ergonómico, se trata de una carga axial asimétrica que incrementa la compresión sobre la columna torácica y lumbar. La postura del cuello y el desequilibrio aumentan la exigencia muscular, particularmente sobre el trapecio y el cuadrado lumbar, asociados a lesiones por carga repetitiva (Gallagher y Heberger, 2013).

El brazo izquierdo sostiene el saco con el hombro en abducción $>90^\circ$, mientras el derecho estabiliza el cuerpo. Aunque el descenso es controlado, el terreno



puede incluir peldaños, humedad o bordes, lo que incrementa el riesgo, aunque no se refleje en la puntuación REBA.

Esta postura fue evaluada con un puntaje de 11 en REBA, clasificada como de riesgo muy alto, recomendándose intervenciones como plataformas intermedias, manipulación en equipo o ayudas mecánicas.



Figura 8 Descarga de hielo desde el camión

Nota. Imagen de elaboración propia (2025).



Tabla 8

Puntuación REBA para la postura de descarga de hielo desde el camión

Grupo evaluado	Puntaje obtenido	Descripción
Grupo A (cuello, tronco, piernas)	5	Cuello rotado, tronco en inclinación lateral, piernas en transición
Grupo B (brazo, antebrazo, muñeca)	5	Brazo izquierdo en abducción >90°, carga unilateral
Carga y fuerza	3	Saco de hielo de 20–25 kg sin asistencia mecánica
Ajuste por asimetría y esfuerzo	1	Carga unilateral y movimiento descendente
Total, puntuación REBA	11	Riesgo muy alto; acción correctiva urgente

Nota. Elaboración propia según REBA (Hignett y McAtamney, 2000).

Intervenciones técnicas y rediseño físico del entorno de trabajo

Los resultados obtenidos en la evaluación REBA reflejan niveles de riesgo muy alto en casi todas las posturas asociadas a la manipulación de hielo, evidenciando una necesidad urgente de rediseñar el entorno de trabajo. Desde un enfoque ergonómico ingenieril, las soluciones deben priorizar el reordenamiento físico del espacio laboral, la incorporación de herramientas asistidas y la reconfiguración estructural de los equipos, con el fin de reducir la carga biomecánica directa.

Una de las prioridades es la eliminación del levantamiento manual de sacos de hielo de 20 a 25 kg, que son cargados al hombro sin ayudas mecánicas. Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (1997), cargas mayores a 23 kg superan los límites recomendables para el levantamiento manual en condiciones laborales estándar. Se propone implementar elevadores hidráulicos, bandas transportadoras o carros rodantes, que permitan



desplazar los sacos sin comprometer la postura del trabajador (Waters et al., 1993).

Actualmente, la planta cuenta con una máquina industrial de producción de hielo con capacidad de hasta 5 toneladas en 24 horas. Sin embargo, la distribución interna del hielo no cubre toda la demanda operativa, lo que obliga a complementar con sacos de hielo manipulados manualmente. Este desfase genera una carga ergonómica innecesaria. Se recomienda optimizar la distribución automatizada del hielo mediante tolvas o sistemas de dosificación directa, o bien adquirir una segunda máquina que integre sistemas de abastecimiento automático, mitigando así los riesgos ergonómicos y aumentando la eficiencia del proceso.

El diseño actual de las tinas obliga al operario a inclinar el tronco y elevar los brazos para vaciar el hielo. Se sugiere rediseñarlas con bordes basculantes, aperturas inclinadas o soportes acolchados que permitan una interacción más neutra. Según la ISO 11228-1 (2003), las superficies de manipulación deben estar entre los 75 y 100 cm para evitar flexiones y extensiones extremas.

El uso de palas metálicas rígidas también implica altos esfuerzos. Se recomienda reemplazarlas por palas de aluminio con mango telescópico o automatizar la desintegración con trituradores mecánicos, lo cual podría reducir la puntuación REBA en al menos tres puntos (Marras, 2000; Bridger, 2008).

Finalmente, se recomienda acondicionar el piso con materiales antideslizantes y de absorción de impactos, ya que el uso de palets plásticos y suelos húmedos incrementa el riesgo de caídas (Occupational Safety and Health Administration, 2020).



Medidas organizativas, capacitación y prevención de largo plazo

Más allá de los cambios técnicos, una intervención sostenible requiere medidas organizativas y comportamentales. La ergonomía también depende de cómo se organiza y ejecuta el trabajo, y del grado de participación del personal.

Una primera medida es reducir el peso unitario de los sacos a un máximo de 15 kg, alineado con los valores límite de la ACGIH (2021). Esta acción debe complementarse con rotación planificada de tareas para evitar la sobrecarga localizada (David, 2005).

La capacitación continua es esencial. Debe incluir técnicas seguras de levantamiento, empuje y uso correcto de herramientas, con sesiones adaptadas a las tareas específicas del proceso de hielo. Bridger (2008) afirma que este tipo de entrenamiento puede reducir en más del 30 % la incidencia de TME si se acompaña de retroalimentación activa.

También se recomienda implementar pausas activas programadas cada 90 a 120 minutos, con ejercicios para cuello, espalda y extremidades. Esta práctica ha mostrado eficacia en tareas de alta exigencia física (van der Beek et al., 2012).

Además, se debe realizar una evaluación ergonómica periódica utilizando REBA o RULA, al menos trimestralmente o tras cualquier cambio en el proceso. Esto permite identificar riesgos emergentes, priorizar intervenciones y justificar mejoras ante la gerencia (David, 2005).

Por último, se promueve un enfoque de ergonomía participativa, donde los trabajadores reporten molestias y propongan mejoras. Hignett y Wilson (2004) destacan que la participación activa incrementa la efectividad de las soluciones y su aceptación a largo plazo.



Estas acciones complementan las mejoras técnicas, fortaleciendo la cultura preventiva en la empresa y garantizando el control de riesgos ergonómicos a mediano y largo plazo.

Propuesta de protocolo preventivo basado en los resultados del diagnóstico ergonómico

El análisis mediante el método REBA evidenció niveles de riesgo “muy alto” en múltiples tareas vinculadas a la manipulación de hielo, lo cual justifica la formulación de un protocolo preventivo integral. Este busca reducir los riesgos musculoesqueléticos, mejorar el entorno laboral y optimizar la eficiencia del proceso, combinando estrategias técnicas, organizativas y formativas, adaptadas a las condiciones reales de la planta (Hignett y McAtamney, 2000).

Objetivos del protocolo

El propósito general del protocolo es mitigar el impacto ergonómico en tareas como carga, descarga, empuje y fragmentación de sacos de hielo. Sus objetivos específicos son:

Prevenir lesiones musculoesqueléticas mediante intervenciones enfocadas en los riesgos identificados (Gallagher y Marras, 2012), reducir esfuerzos físicos innecesarios y mejorar el confort laboral, incorporar la ergonomía como criterio operativo transversal (Fernández Muñoz et al., 2014), promover una cultura de prevención activa mediante la participación del personal.

Ejes estratégicos del protocolo

El protocolo se articula en tres ejes complementarios:

Eje técnico-operativo: Evaluar la posibilidad de adaptar la máquina actual para eliminar el uso manual de sacos, incorporar una segunda máquina con mayor capacidad o dosificación directa hacia las tinas, rediseñar estaciones de



trabajo: ajustar alturas de andenes y tinas, y rediseñar las palas de fragmentación (Bernal et al., 2019).

Eje organizativo: Limitar el peso de los sacos a un máximo de 15 kg (National Institute for Occupational Safety and Health, 1991), establecer rotación planificada entre tareas de esfuerzo físico diferenciado, asignar tareas compartidas en actividades de alta carga como el empuje de tinas (ISO 6385:2016).

Eje formativo: Realizar capacitaciones semestrales sobre ergonomía aplicada y pausas activas, supervisar prácticas ergonómicas desde el área de seguridad ocupacional, difundir buenas prácticas mediante afiches, señalética y videos en zonas operativas (Villalobos y Núñez, 2020).

Seguimiento y sostenibilidad

Para asegurar la eficacia del protocolo, se definen mecanismos concretos de seguimiento: Supervisión compartida entre mantenimiento, producción y salud ocupacional, valuaciones trimestrales mediante REBA o RULA, registro de molestias musculares como base de mejora continua, uso de indicadores clave de desempeño (KPI) como lesiones, rotación, asistencia a capacitaciones y automatización (Parmenter, 2015; ISO 45001:2018), revisión anual del protocolo con participación del personal operativo.

Este protocolo integral pretende reducir lesiones, mejorar la salud laboral y elevar la eficiencia operativa. Estudios demuestran que programas de ergonomía reducen hasta en un 45 % los dolores lumbares y de hombro en tareas manuales (Fernández-de-las-Peñas et al., 2020). Asimismo, contar con un protocolo permite auditorías, detección de desviaciones y correcciones oportunas, fortaleciendo la cultura de salud y seguridad en el trabajo.



Discusión

El diagnóstico ergonómico realizado mediante el método REBA en la planta de manipulación de hielo ha permitido visibilizar una realidad crítica que, aunque común en muchas industrias de procesamiento manual, tiende a ser subestimada. Las puntuaciones elevadas obtenidas en diversas actividades — como la extracción de sacos desde contenedores, el empuje de tinajas cargadas, o el uso de herramientas manuales para desintegrar bloques de hielo— reflejan una carga física considerable que expone a los trabajadores a un alto riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos (TME). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), los TME representan una de las principales causas de ausentismo laboral y pérdida de productividad en el ámbito industrial.

La literatura científica corrobora que el levantamiento de cargas superiores a 15 kg de forma repetitiva, en posturas forzadas y sin medios de asistencia, se asocia directamente con lesiones de espalda, hombros y rodillas (Gallagher y Marras, 2012). Esto concuerda con los hallazgos de la evaluación realizada, donde se evidenció que los trabajadores manipulan sacos de entre 20 y 25 kg sin asistencia mecánica, en contextos de temperatura baja y superficies deslizantes, lo que incrementa aún más la exigencia física. La temperatura de trabajo, cercana a los -8°C en ciertas zonas, también contribuye a la rigidez muscular y disminuye la percepción táctil, exacerbando el riesgo de lesiones (Parsons, 2014).

Otro aspecto relevante es la altura de los puntos de trabajo, como andenes o tinajas, los cuales requieren elevaciones por encima del hombro o posturas agachadas sin apoyo. Estas condiciones implican esfuerzos adicionales del sistema musculoesquelético. Bernal et al. (2019).



subrayan la importancia de rediseñar las estaciones de trabajo según principios de ergonomía física para adaptarlas a las capacidades antropométricas de los trabajadores y reducir los niveles de carga postural.

Asimismo, las tareas observadas requieren una ejecución rápida y continua para cumplir con la demanda de producción. Esta presión operacional provoca que no se respeten pausas activas ni se aplique una rotación de tareas eficiente, a pesar de que se ha comprobado que la alternancia de actividades reduce la fatiga localizada y mejora la resistencia física a lo largo del turno (Fernández Muñoz et al., 2014). La falta de pausas programadas, especialmente en turnos de hasta 12 horas, puede acentuar los efectos acumulativos de la carga física, elevando el riesgo de TME crónicos.

Desde el punto de vista organizacional, se ha identificado una escasa participación de los trabajadores en la toma de decisiones relacionadas con la mejora del entorno laboral. Esto es contrario a las recomendaciones de la norma ISO 6385:2016, que establece la participación activa del trabajador como un principio clave para el diseño de sistemas de trabajo ergonómicos y sostenibles. La implementación del protocolo propuesto ofrece una oportunidad para revertir esta situación mediante la inclusión de procesos participativos, como la retroalimentación continua y la validación de medidas preventivas por parte del personal operativo.

En lo que respecta a la maquinaria utilizada, se evidenció que la planta cuenta con una máquina de producción de hielo con capacidad de hasta 5000 toneladas en 24 horas. Sin embargo, este volumen no logra satisfacer completamente la demanda interna, lo que obliga a mantener el sistema manual de manipulación con sacos. Esta dependencia de procesos manuales podría mitigarse mediante la adquisición de un sistema de mayor abastecimiento o mediante la automatización parcial del sistema de



distribución de hielo, lo que reduciría significativamente la necesidad de esfuerzo físico humano (Villalobos y Núñez, 2020).

La propuesta del protocolo plantea además indicadores clave de desempeño (KPI) que permiten cuantificar la evolución del riesgo ergonómico y su impacto en variables de producción, salud y bienestar. Según Parmenter (2015), los KPI eficaces deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con límites temporales definidos. En este contexto, indicadores como la frecuencia de lesiones musculoesqueléticas, el grado de cumplimiento de rotaciones y la participación en capacitaciones semestrales permiten evaluar de forma objetiva el impacto de las intervenciones.

De acuerdo con la evidencia disponible, la aplicación de protocolos ergonómicos bien estructurados puede tener un impacto significativo tanto en la salud del trabajador como en el rendimiento de la empresa. Fernández-de-las-Peñas et al. (2020) demostraron mediante metaanálisis que las intervenciones ergonómicas reducen hasta en un 45 % las lesiones en trabajadores expuestos a cargas físicas elevadas. Este dato respalda la viabilidad del protocolo planteado en este estudio como una estrategia costo-efectiva y basada en evidencia científica.

No obstante, es fundamental reconocer que la efectividad de cualquier protocolo ergonómico depende no solo del diseño técnico de las medidas, sino de la voluntad institucional para sostenerlas en el tiempo, así como del nivel de compromiso del personal operativo. Para ello, es indispensable fomentar una cultura preventiva sólida, en la cual la ergonomía se integre como parte de la gestión estratégica de la producción y no como un requisito aislado (ISO 45001:2018).

Finalmente, cabe destacar que el protocolo tiene potencial para ser replicado y adaptado a otros entornos industriales con condiciones similares, lo que lo



convierte en una herramienta versátil para la gestión preventiva de riesgos laborales. La clave está en combinar el diagnóstico técnico con un enfoque participativo y sostenido en el tiempo. De este modo, la ergonomía deja de ser un elemento reactivo y se convierte en un pilar proactivo de la sostenibilidad productiva y humana.

Conclusión

El análisis ergonómico del proceso de carga manual de hielo en la planta panificadora permitió identificar riesgos críticos que afectan la salud musculoesquelética del personal operativo. Las actividades incluyen levantar sacos de entre 20 y 25 kg desde distintas alturas, manipular hielo a temperaturas de hasta -8°C , empujar tinas metálicas cargadas a lo largo de trayectos irregulares, y desintegrar bloques con herramientas manuales. Estas tareas, que se realizan de pie durante casi toda la jornada, suponen una elevada demanda física en condiciones térmicas extremas, con superficies húmedas y resbaladizas, lo cual incrementa de forma sustancial la probabilidad de lesiones osteomusculares (Gallagher y Marras, 2012; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

El método REBA evidenció posturas forzadas y esfuerzos que requieren acciones correctivas urgentes. A esto se suma la escasa rotación de tareas, la falta de pausas activas, y una insuficiente capacitación en principios ergonómicos. Estos elementos contravienen las recomendaciones de la norma ISO 6385:2016, que promueve el diseño centrado en el ser humano dentro de los sistemas de trabajo. Se observó también una baja participación del personal en decisiones sobre sus condiciones laborales, lo cual dificulta la adopción de soluciones eficaces y sostenibles.

Otro factor agravante es la limitada capacidad de producción de hielo, que obliga a recurrir al traslado manual desde camiones externos. Este



procedimiento, que involucra la descarga desde alturas de aproximadamente 1.50 m, añade sobrecarga física y aumenta la exposición al riesgo, especialmente en jornadas donde no hay suficiente personal de apoyo.

Frente a este panorama, la implementación de un protocolo preventivo basado en principios científicos y en la participación activa de los trabajadores se presenta como una medida prioritaria. Según Fernández-de-las-Peñas et al. (2020), los programas ergonómicos adecuados pueden reducir en un 45% la incidencia de lesiones musculoesqueléticas, a la vez que incrementan la eficiencia, seguridad y satisfacción laboral. Se recomienda incorporar ayudas mecánicas, rediseñar los flujos de trabajo, fortalecer la formación en ergonomía y realizar evaluaciones periódicas del puesto para garantizar condiciones dignas, seguras y sostenibles.

Recomendaciones

Con base en los hallazgos del análisis ergonómico aplicado al proceso de carga manual de hielo, se presentan las siguientes recomendaciones orientadas a reducir los riesgos musculoesqueléticos, mejorar la seguridad laboral y promover un entorno productivo sostenible:

Incorporación de ayudas técnicas y mecánicas. Se sugiere implementar sistemas de elevación asistida, carros con ruedas reforzadas, rampas y dispositivos mecánicos que reduzcan la necesidad de levantar sacos pesados de forma manual. Esto contribuirá a disminuir la carga biomecánica sobre la columna vertebral y las extremidades superiores (Gallagher y Marras, 2012). Rediseño del flujo de trabajo. Es necesario optimizar la disposición de los puestos de carga, reduciendo desplazamientos innecesarios y mejorando la ergonomía espacial. La integración de principios del diseño centrado en el usuario, según la norma ISO 6385:2016, favorecerá entornos más seguros y eficientes.



Adquisición de una máquina productora de hielo de mayor capacidad. Esta inversión permitiría cubrir completamente la demanda de hielo interna, eliminando la necesidad de transportar manualmente sacos desde camiones externos. Disminuiría la sobrecarga física diaria y la exposición a riesgos por manipulación, facilitando una automatización parcial del proceso

(Parsons, 2014).

Rotación de tareas y pausas activas. Se recomienda establecer ciclos de trabajo que alternen tareas físicas con otras menos demandantes, así como la incorporación de pausas activas programadas. Estas estrategias ayudan a mitigar la fatiga muscular y prevenir lesiones crónicas. Dotación de elementos de protección personal (EPP). Se debe proveer calzado antideslizante, guantes térmicos, protección lumbar y ropa adecuada para ambientes fríos. Esta dotación debe ajustarse a los riesgos específicos del área, conforme a estándares internacionales de seguridad laboral (Organización mundial de la salud, 2021).

Capacitación ergonómica continua. Es fundamental formar al personal en prácticas seguras de levantamiento, uso adecuado de herramientas, y reconocimiento de posturas de riesgo. La educación ergonómica incrementa la conciencia situacional y promueve conductas preventivas. Evaluaciones periódicas y participación del trabajador. Se deben realizar inspecciones ergonómicas regulares, involucrando al personal en la identificación de riesgos y propuestas de mejora. Esto mejora la adherencia a las medidas implementadas y eleva la eficacia del sistema de gestión de seguridad (Fernández et al., 2020).



Referencias

Carbonell, J. M. (21 de Diciembre de 2017). Ergonomía en la Industria Panadera: Análisis de las Actividades Críticas del Proceso de Producción de Pan. Ergonomía en la Industria Panadera. Quito, Pichincha, Ecuador: Biblioteca USFQ.

Carbonell, J. M. (21 de Diciembre de 2017). Ergonomía en la Industria Panadera: Análisis de las Actividades Críticas del Proceso de Producción de Pan. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ:

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6953/1/135975.pdf>

Código del trabajo. (12 de Septiembre de 2014). Lexis:

<https://www.gob.ec/regulaciones/codigo-trabajo>

Hernández, M. J. (30 de marzo de 2025). NORMA TÉCNICA EN SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. Seguridad Ecuador: <https://www.seguridadecuador.com/norma-tecnica-en-seguridad-e-higiene-del-trabajo/>

ISO. (2021). ISO 11228-1:2021 Ergonomics - Manual handling. <https://www.iso.org/standard/76820.html>

Mas, J. A. (2015). Evaluación de la manipulación manual de cargas mediante las tablas de Snook y Ciriello. Universidad Politécnica de Valencia: https://www.ergonautas.upv.es/metodos/snook_y_ciriello/snook-ayuda.php

Medina, y Díaz. (2024). Riesgos Ergonómicos en el Entorno Laboral: Importancia y Factores de Riesgo. Revisión Bibliográfica. 8(3). https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11323

Mendoza Galvis, D. J., Vega Molina, A. L., y Alfaro Bernal, E. F. (2023).



Seguridad y salud en el trabajo en panaderías: un enfoque ergonómico con la lista de comprobación de la OIT. 13(2), 25- 36.

Neill, D. y. (2018). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. En D. Alan Neill, y L. Cortez Suárez, Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica.

Ojeda, J. I. (Abril de 2020). RIESGOS ERGONÓMICOS EN LOS TRABAJADORES DE LAS PEQUEÑAS PANADERÍAS DE LOS BARRIOS SUR

ORIENTALES, EN PASTO. Docsity:
<https://www.docsity.com/es/docs/riego-ergonomico-en-empresa-pequenas-panaderia/5870627/>

Piab. (4 de Noviembre de 2021). Riesgos ergonómicos en la industria alimentaria y cómo eliminarlos: <https://www.piab.com/es-es/noticias/riesgos-ergonomicos-en-industria-alimentaria-y-como-eliminarlos>

Ruiz, L. (2015). MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS. TABLAS DE SNOOK Y CIRIELLO. NORMA ISO 11228.

https://www.insst.es/documents/94886/509319/SyC_ISO+11228.pdf/a1838f7f-6592-4d68-b91f-fd9495895ea2

Saavedra Acosta , O. F. (2021). IMPACTO ERGONÓMICO DEL LUGAR DE TRABAJO E INTERVENCIONES ERGONÓMICAS PARA PREVENIR EL DAÑO MUSCULOESQUELÉTICO EN PERSONAL DE LA SALUD.

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10619/1/16208.pdf>

Cheung, S. S. (2010). Advanced environmental exercise physiology. Human Kinetics.

Helander, M. (2006). A guide to human factors and ergonomics (2nd ed.). CRC Press.



INSST. (2021). Ergonomía y psicología aplicada. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

ISO 11226:2000. Ergonomics — Evaluation of static working postures.

ISO 11228-1:2003. Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting and carrying.

Konz, S., y Johnson, S. (2019). Work design: Occupational ergonomics (8th ed.).

Holcomb Hathaway.

OIT. (2021). Seguridad y salud en el trabajo: Informe técnico. Organización Internacional del Trabajo.

OIT. (2023). Factores de riesgo ergonómico. Organización Internacional del Trabajo.

OSHA. (2022). Guidelines for manual lifting. U.S. Department of Labor.

Parakkat, V., Ranjan, R., y Shukla, A. (2018). Effect of cold exposure on muscle performance: A review. *Journal of Occupational Health*, 60(1), 15–22.

Hignett, S., y 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)

Bridger, R. S. (2008). Introduction to ergonomics (3rd ed.). CRC Press.

Este libro aborda herramientas, diseño de puestos, biomecánica ocupacional y automatización en ergonomía.



ISO 11228-1. (2003). Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting and carrying. International Organization for Standardization.

Norma internacional específica sobre límites y recomendaciones para levantar y transportar cargas.

Marras, W. S. (2000). Occupational low back disorder causation and control.

Ergonomics, 43(7), 880–902. <https://doi.org/10.1080/001401300409082>

Estudio clave sobre lesiones lumbares ocupacionales y factores como torsión, carga y postura.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (1997). Elements of ergonomics programs: A primer based on workplace evaluations of musculoskeletal disorders. U.S. Department of Health and Human Services, Publication No. 97-117.

Documento oficial del gobierno de EE.UU. sobre ergonomía aplicada en entornos reales.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration). (2020). Walking-working surfaces and fall protection rule. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/fall-protection>

Directrices oficiales sobre superficies de trabajo seguras y riesgos de resbalones y caídas.

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., y Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks.



Ergonomics, 36(7), 749– 776.

<https://doi.org/10.1080/00140139308967940>

Artículo fundamental que presenta la fórmula revisada de NIOSH para levantamiento manual.

ACGIH. (2021). Threshold Limit Values for Physical Agents. American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Bridger, R. S. (2008). Introduction to Ergonomics (3rd ed.). CRC Press.

David, G. C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Occupational Medicine, 55(3), 190–199.

<https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>

Hignett, S., y Wilson, J. R. (2004). The role of ergonomics in the management of musculoskeletal disorders. Occupational Medicine, 54(6), 434–439.

van der Beek, A. J., Mathiassen, S. E., Burdorf, A., y Holtermann, A. (2012).

Improving the assessment of physical exposures in occupational epidemiology.

Scandinavian Journal of Work, Environment y Health, 38(2), 105–109.

Bernal, J., Gutiérrez, D., y Castañeda, C. (2019). Ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo. Revista Ingeniería y Región, 17(2), 45–56.

<https://doi.org/10.25054/22157379.1371>



Fernández Muñoz, B., Montes Peón, J. M., y Vázquez Ordás, C. J. (2014). Gestión de la prevención de riesgos laborales y resultados empresariales. *Journal of Safety Research*, 49, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.03.002>

Fernández-de-las-Peñas, C., Palacios-Ceña, D., y Arias-Buría, J. L. (2020). Efficacy of ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders: A meta-analysis. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 30(1), 20–33. <https://doi.org/10.1007/s10926-019-09850-0>

Gallagher, S., y Marras, W. S. (2012). Tolerancia física y fatiga laboral: Conceptos clave en ergonomía. *Human Factors*, 54(3), 328–344. <https://doi.org/10.1177/0018720811436080>

Hignett, S., y 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)

International Organization for Standardization. (2016). ISO 6385:2016 Ergonomic principles in the design of work systems.

<https://www.iso.org/standard/63785.html>

International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/63787.html>

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1991).

Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/default.html>



Parmenter, D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (3rd ed.). Wiley.

Villalobos, C., y Núñez, M. (2020). Diseño de campañas de prevención en el entorno laboral. *Revista de Salud Ocupacional y Ergonomía*, 8(1), 22-34.

Fernández-de-las-Peñas, C., Alonso-Blanco, C., y Miangolarra-Page, J. C. (2020).

Efectividad de intervenciones ergonómicas para la prevención de trastornos musculoesqueléticos: una revisión sistemática. *Journal of Occupational Health*, 62(1), e12100. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12100>

Gallagher, S., y Marras, W. S. (2012). *Occupational biomechanics* (4th ed.).

Wiley.

Organización Mundial de la Salud. (2021). Informe sobre la carga mundial de morbilidad 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565707>

Parsons, K. (2014). *Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance* (3rd ed.). CRC Press.

ISO 6385:2016. *Ergonomic principles in the design of work systems*.

International Organization for Standardization.

Fernández-de-las-Peñas, C., Alonso-Blanco, C., y Miangolarra-Page, J. C. (2020).

Effectiveness of ergonomic interventions on musculoskeletal disorders: A systematic review. *Journal of Occupational Health*, 62(1), e12100. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12100>

Gallagher, S., y Marras, W. S. (2012). *Occupational biomechanics* (4th ed.). Wiley.

International Organization for Standardization. (2016).



ISO 6385:2016 – Ergonomic principles in the design of work systems. ISO. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021).

Informe mundial sobre la carga mundial de morbilidad 2020.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565707>

Parsons, K. (2014).

Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance (3rd ed.). CRC Press.

Westgaard, R. H., y Winkel, J. (2011).

Occupational musculoskeletal and mental health: Significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – A systematic review. *Applied Ergonomics*, 42(2), 261–296.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.07.002>

Cheung, S. S., McLellan, T. M., Tenaglia, S. A., & Flouris, A. D. (2021). Human physiological responses and adaptations to cold stress: A review. *Applied Ergonomics*, 93, 103367.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103367>

González-González, J. A., Ramírez-Pérez, A., & Calderón-Hernández, J. (2020). Evaluación ergonómica en entornos industriales mediante métodos RULA y REBA: aplicación práctica en plantas de alimentos. *Revista Ciencia y Trabajo*, 22(69), 49–55.

Leone, C., & Szucs, V. (2022). Work-related fatigue and repetitive task exposure in cold environments: Implications for ergonomics and prevention. *Journal of Occupational Health and Safety*, 36(2), 105–114.



- Medina, C., & Díaz, A. (2024). Factores de riesgo ergonómico y su impacto en la salud ocupacional en sectores con carga física elevada. *Revista de Salud Laboral*, 12(1), 31-45.
- Mendoza, D., Solís, R., & Torres, J. (2023). Evaluación de condiciones ergonómicas en procesos manuales de la industria panificadora. *Ergonomía Aplicada*, 18(2), 17-26.
- Ojeda, M. (2020). Análisis de riesgos ergonómicos en panaderías artesanales del Ecuador. *Revista Técnica Laboral*, 15(3), 28-37.
- Saavedra, H. (2021). Factores de riesgo ergonómico en trabajadores de la industria alimentaria. *Revista Seguridad y Salud en el Trabajo*, 8(4), 67-74.
- Flouris, A. D., Cheung, S. S., & Foster, J. (2021). Cold-induced musculoskeletal risks and ergonomics in industrial environments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 84, 103183. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103183>.
- NIOSH. (2022). Elements of ergonomics programs: A primer based on workplace evaluations of musculoskeletal disorders. U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.cdc.gov/niosh/>
- INSST. (2023). Guía técnica sobre ergonomía en entornos fríos industriales. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.insst.es/>

