



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

**FACTORES DE RIESGO  
DISERGONÓMICO EN EL PROCESO DE  
EMBOLSADO DE CEMENTO**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA  
APLICADA AL TRABAJO**

**ALFREDO IVAN AVALOS MENDOZA**

**LIMA – PERÚ**

**2025**



**ASESOR**

Mg. BRUNELLA YSABEL LIZARDO OTERO

**JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

MG. ARMANDO WILLY TALAVERANO OJEDA

PRESIDENTE

MG. CLAUDIA MYLENA TIRADO COSSER

VOCAL

MG. LENIN OVIDIO ROMANI CHANG

SECRETARIO (A)

## **DEDICATORIA.**

A mis padres que me enseñaron la perseverancia.

A mi esposa, por su constante apoyo.

A mis hijos, por ser el motivo de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A mis hermanos y amigos por su apoyo.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Tesis Autofinanciada



## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	AVALOS MENDOZA ALFREDO IVAN

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO**, autores del trabajo titulado: **FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE CEMENTO**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	LIZARDO OTERO BRUNELLA YSABEL	FAMED	MAESTRÍA

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de 7%, según el reporte emitido por el software Turnitin® (identificador de entrega: 2818204628; fecha de entrega: 17-11-2025).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: Lima, 17 de noviembre de 2025

Firma del asesor  
N° DNI: 41841899  
ORCID: 0000-0001-7494-4766

Firma del Co-asesor  
N° DNI: .....  
ORCID: .....

## ÍNDICE

RESUMEN  
ABSTRACT

I.	INTRODUCCION .....	1
II.	OBJETIVOS .....	7
III.	METODOLOGÍA.....	8
IV.	DESARROLLO DEL ESTUDIO .....	11
V.	CONCLUSIONES .....	45
VI.	RECOMENDACIONES .....	47
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49

## **RESUMEN**

Actualmente la industria cementera en nuestro país se encuentra en un proceso de transformación y mejora permanente en lo que se refiere a la gestión de seguridad y salud en el trabajo, no obstante, aún sus procesos de embolsado, que son una combinación de tecnología, equipos mecánicos y trabajos manuales de transporte o traslado manual de bolsas, presentan factores de riesgos disergonómicos que merecen mayor atención. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de los factores de riesgo disergonómicos presentes en la actividad de embolsado en la industria cementera, así como, definir las consecuencias a la salud, describir los métodos ergonómicos y estrategias para el manejo de dichos factores, a fin de contribuir a la salud de los trabajadores que realizan dicha actividad. Los métodos que se utilizarán consistirán en la recopilación del material bibliográfico, revisión bibliográfica de información, revisión y selección de publicaciones científicas sobre los factores de riesgo disergonómico, para lo cual, se consultarán los buscadores de información especializados como Redalyc, Google académico, Alicia, Scielo, Web of Science, Dialnet, SCOPUS y DOAJ.

## **PALABRAS CLAVE**

RIESGOS DISERGONÓMICOS, EMBOLSADO DE CEMENTO, CONDICIONES DE TRABAJO, MÉTODOS ERGONÓMICOS.

## **ABSTRACT**

Currently, the cement industry in our country is in a process of transformation and permanent improvement in regards to occupational health and safety management, however, its bagging processes, which are a combination of technology, equipment mechanical and manual work of transportation or manual transfer of bags, present dysergonomic risk factors that deserve greater attention. The objective of this work is to carry out a bibliographic review of the dysergonomic risk factors present in the bagging activity in the cement industry, as well as to define the health consequences, describe the ergonomic methods and strategies for the management of said factors, in order to contribute to the health of the workers who carry out said activity. The methods that will be used will consist of the compilation of bibliographic material, bibliographic review of information, review and selection of scientific publications on dysergonomic risk factors, for which specialized information search engines such as Redalyc, Google academic, Alicia, Scielo, Web of Science, Dialnet, SCOPUS and DOAJ.

## **KEYWORDS**

DYSERGONOMIC RISK, CEMENT PACKING, WORKING CONDITIONS, ERGONOMIC METHODS.

## **I. INTRODUCCION**

En el Perú, el despacho de cemento ha mantenido niveles de incremento superiores a los promedios registrados entre los años 2017 y 2019, respectivamente. De manera que, el mercado local es muy atractivo para todos los productores de cemento que están logrando obtener alta rentabilidad, lo cual también les permite invertir en los procesos operacionales para que estos sean más seguros y se mantengan o incrementen los niveles de producción. Asimismo, la información estadística de reportes por enfermedades ocupacionales o relacionadas al trabajo, y que podría decirse que están relacionadas a los riesgos disergonómicos, es muy pobre, no obstante, la autoridad de trabajo del Perú está agotando todos los esfuerzos por llevar un registro real a nivel empresarial y que este sea de consulta libre, permitiendo la toma de decisiones respecto a este tipo de riesgos (ASOCEM, 2023).

El proceso de elaboración de cemento inicia con la recepción de materias primas (caliza, hierro, arena y arcilla) que son mezcladas para convertirse en crudo, este es homogenizado para luego ingresar al precalentador (en contracorriente, desde arriba hacia abajo) y, después, al Hormo Horizontal donde llega a quemarse hasta una temperatura promedio de 1500 °C para transformarse en Clinker, el cual es enfriado en las canchas de Clinker y, finalmente, es transportado hacia los molinos de cemento donde, además, se dosifica, según la calidad de cemento a fabricar, para posteriormente pasar al proceso de embolsado de cemento, que empieza con la recepción de materiales que provienen de dichos molinos de cemento

hacia los silos de almacenamiento, luego este se descarga, mediante fajas transportadoras, en las máquinas de embolsado para después terminar el proceso con el trasiego de las bolsas, de forma manual, a las plataformas de las unidades vehiculares que llevan el producto al mercado. Si bien el proceso se realiza en su mayor parte de forma automatizada, aún se cuenta con procesos que requieren la intervención del hombre, procesos que requieren un manejo manual de cargas, tal como lo refiere el estudio de “Análisis ergonómico en el transporte manual de cargas: un estudio del caso de una empresa de producción de cemento”, el cual señala que existen factores de riesgo disergonómico, tales como manipulación de cargas, posturas de trabajo y movimiento repetitivos ( Apaza et al., 2022; ASOCEM, 2023; Martins et al., 2017;Vonderheyde & Serna, 2021).

La identificación de los factores de riesgos disergonómicos, resulta de importancia debido a que es el punto de partida de todo estudio de ergonomía, por consiguiente, la información recopilada ayudará a comprender y mejorar la situación actual (o realidad) de la empresa, considerando que la elección del método es fundamental a fin de determinar el mejor análisis crítico y pueda realizarse una evaluación según la realidad que afronta la empresa y de acuerdo a las actividades o tareas que se estén ejecutando (Martins et al., 2017;Piedrabuena & Palomares, 2012).

Las estadísticas que maneja el Ministerio de Trabajo de Promoción y el Empleo del Perú, en el sector cementero, respecto a las enfermedades ocupacionales generadas por riesgos disergonómicos, se encuentran relacionadas a los riesgos de posturas forzadas y movimientos repetitivos en

el trabajo, así como a los efectos del ruido y distensión muscular. En este contexto, en el estudio realizado sobre el análisis de manipulación manual de cargas en una planta cementera, refiere que en la época actual se dispone de dispositivos tecnológicos y mecánicos que ayudan al trabajo en la actividad de carga manual de sacos de cemento, sin embargo, dependiendo del esfuerzo físico del trabajador, este se encontraría expuesto a lesiones en la masa muscular y articulaciones, condicionado a mermar su estado de salud y trayendo consecuencias como el ausentismo laboral. Por otro lado, las nuevas formas de organización laboral en la industria provocan cambios de las condiciones de trabajo, siendo estas, a veces, de forma precaria, por lo que exponen a los trabajadores a múltiples riesgos con consecuencias, tales como: trastornos musculo esqueléticos en los miembros superiores e inferiores, lumbalgia o fatiga crónica. En este sentido, toma relevancia la vigilancia de la salud, epidemiológicamente hablando, teniendo en cuenta que las enfermedades del trabajo podrían generar disminución del rendimiento e incremento del ausentismo de los trabajadores afectados, traducándose después en un incremento de costos que afectan a la rentabilidad de la administración general de la empresa. (Apaza et al., 2022; Balbino et al. 2015; Gonzales et al.,2017).

En los trabajos de investigación sobre la identificación de molestias musculoesqueléticas en una planta de manufactura, los autores consideraron que las principales partes del cuerpo expuestas son el cuello y hombros, manifestándose el dolor como percepción, según los datos obtenidos del instrumento utilizado (encuesta), lo cual supuso la implementación y

rediseños ergonómicos en las estaciones o puesto de trabajo. Los métodos ergonómicos utilizados para la identificación de riesgos ergonómicos en el proceso productivo de embolsado, son los métodos Rodgers, NIOSH, OWAS y RULA, los cuales fueron utilizados en una empresa en México, permitiendo el desarrollo y aplicación de un plan de acción que ayudaron a la mejora de condiciones laborales, impactando en la reducción de la incidencia de enfermedades musculoesqueléticas en los trabajadores. De igual modo, para la identificación de los riesgos disergonómicos se usan herramientas tecnológicas que se caracterizan por su fácil uso para la ejecución de un trabajo más eficiente e idóneo. Por otro lado, como una forma de involucramiento general de los trabajadores, se consideró la aplicación de la ergonomía participativa, sin descartar también el método de análisis cuantitativo y cualitativo a través de monitoreos de agentes físicos, químicos, ergonómicos y material particulado. De cualquier forma, la identificación de métodos de evaluación de riesgos disergonómicos se podrían adaptar a las circunstancias o condiciones de cada organización relacionada al proceso de embolsado de cemento, debido a que en dicho proceso el trabajo que se ejecuta es manual y consiste en el traslado (o estiba) de bolsas de cemento hacia las plataformas de despacho. En la actualidad, existen métodos que permiten evaluar los riesgos disergonómicos, con el propósito de prevenir trastornos musculoesqueléticos, basados en la herramienta del método NIOSH en su versión instrumentada (Andrade et al., 2016; Aqueveque et al., 2022; Arévalo et al., 2019; Balbino et al., 2015; Gadea, 2017).

Las estrategias de intervención más recomendadas están asociadas a los registros, consistentes en listas de verificación, participación directa de los trabajadores (ergonomía participativa), mediante entrevistas o registros fotográficos, que después se pueden analizar y revisar, para la realización de planes de mejora o intervenciones más eficientes. La información bibliográfica disponible se podría ajustar a la realidad de la empresa, principalmente para aquellas que busquen lograr un proceso de embolsado más eficaz y seguro (Vonderheyde & Serna, 2021; Aqueveque et al., 2022).

La importancia que tiene actualmente la ergonomía en la identificación de los factores de riesgos disergonómicos en el sector cementero, consiste en mejorar las condiciones de trabajo valiéndose de resultados y análisis de información, debidamente documentada; trascendencia que se ha visto justificada debido a que esto permitirá incrementar el conocimiento de dichos factores en el proceso de embolsado y manipulación de sacos (Almacenamiento y expedición), así como disponer de datos asociados a la aplicación de los métodos de evaluación ergonómica que aplica a empresas productoras e importadoras de cemento, que bien podrían ajustar dichas evaluaciones según sus realidades operacionales. De igual forma, la revisión de la información sobre las evaluaciones de riesgo disergonómico ayudarán en su aplicación a las empresas y estas a su vez puedan realizar notificaciones a la autoridad de trabajo toda vez que presenten se desviaciones o enfermedades relacionadas a dichos factores (Martins et al., 2017; Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008).

El presente estudio esta direccionado en la realización de una revisión documentaria con enfoque cualitativo, centrándose en la identificación, métodos y estrategias sobre los factores disergonómicos en el proceso de embolsado de cemento, así como las consecuencias que dichos factores podrían causar a la salud. En efecto, resulta relevante la revisión de información actualizada, a nivel local, que involucre reportes reales sobre las afecciones a la salud y prácticas relacionadas con los factores de riesgo disergonómico en el proceso de embolsado. De la misma manera, esto permitirá ampliar el conocimiento referente a los factores de riesgo disergonómico en los procesos de embolsado, la cual podrá ser utilizada en análisis y estudios relacionados a reducir el riesgo de exposición de sus trabajadores (y terceros) e incrementar la productividad mediante la aplicación de estrategias para reducir los riesgos detectados. Por lo tanto, la revisión de diferentes fuentes de bibliografía (física o electrónica) o plataformas de búsqueda ayudarán a disponer de la información científica que sustente, en cierta medida, métodos aplicados en términos reales y que puedan servir como material bibliográfico de consulta en aquellas empresas que busquen alternativas reales con enfoque en la reducción de riesgos disergonómicos, asociados a la manipulación de cargas.(Apaza et al., 2022; Martins et al., 2017;Piedrabuena & Palomares, 2012).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- a) Realizar una revisión bibliográfica de los factores de riesgo disergonómico en el proceso de embolsado de cemento.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- a) Identificar los factores de riesgo disergonómico en el proceso de embolsado de cemento.
- b) Definir las consecuencias a la salud de los factores de riesgo disergonómico en el proceso de embolsado cemento.
- c) Describir los métodos ergonómicos aplicados en el análisis de los factores de riesgo disergonómicos en el proceso de embolsado de cemento.
- d) Describir las estrategias para el manejo de los factores de riesgo disergonómico en el proceso de embolsado cemento.

### **III. METODOLOGÍA**

Se efectuó un estudio de revisión documentaria tipo cualitativo, que incluyó revisión de información relacionada a los objetivos del estudio de investigación, para lo cual se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- a) La documentación científica que se consideraron estuvo comprendida entre enero 2014 hasta diciembre 2023. Se incluirán documentos publicados con fechas anteriores en caso de no identificarse información más reciente.
- b) Documentación normativa legal vigente a diciembre del 2023.
- c) Documentos publicados en idioma español, portugués o inglés.

Los procedimientos y técnicas que se consideraron son como a continuación se indica:

- a) Se identificaron los documentos relacionados a los objetivos del estudio de investigación en bases de datos como Scielo, Redalyc, Google académico, Alicia, Web of Science, Dialnet, Scopus, PubMed y DOAJ.
- b) En concordancia con los objetivos establecidos, se revisó y seleccionó documentación de mayor relevancia asociada al estudio de investigación.
- c) La información recopilada fue organizada y enumerada en una carpeta, luego trasladada a una tabla Excel para una mejor distribución.
- d) Se realizó un análisis riguroso de información de los documentos recopilados y organizados que permitieron elaborar el informe del trabajo de investigación.

Para el análisis y procesamiento de dato se consideró:

- a) El alcance de cada objetivo, con la finalidad de realizar un mejor análisis teniendo en consideración la forma y criterios de organización de la información.
- b) Elaborar el informe del trabajo de investigación teniendo en cuenta el análisis y criterios considerados en la investigación, que permitieron una adecuada redacción de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Las consideraciones éticas que se tuvieron en cuenta fueron:

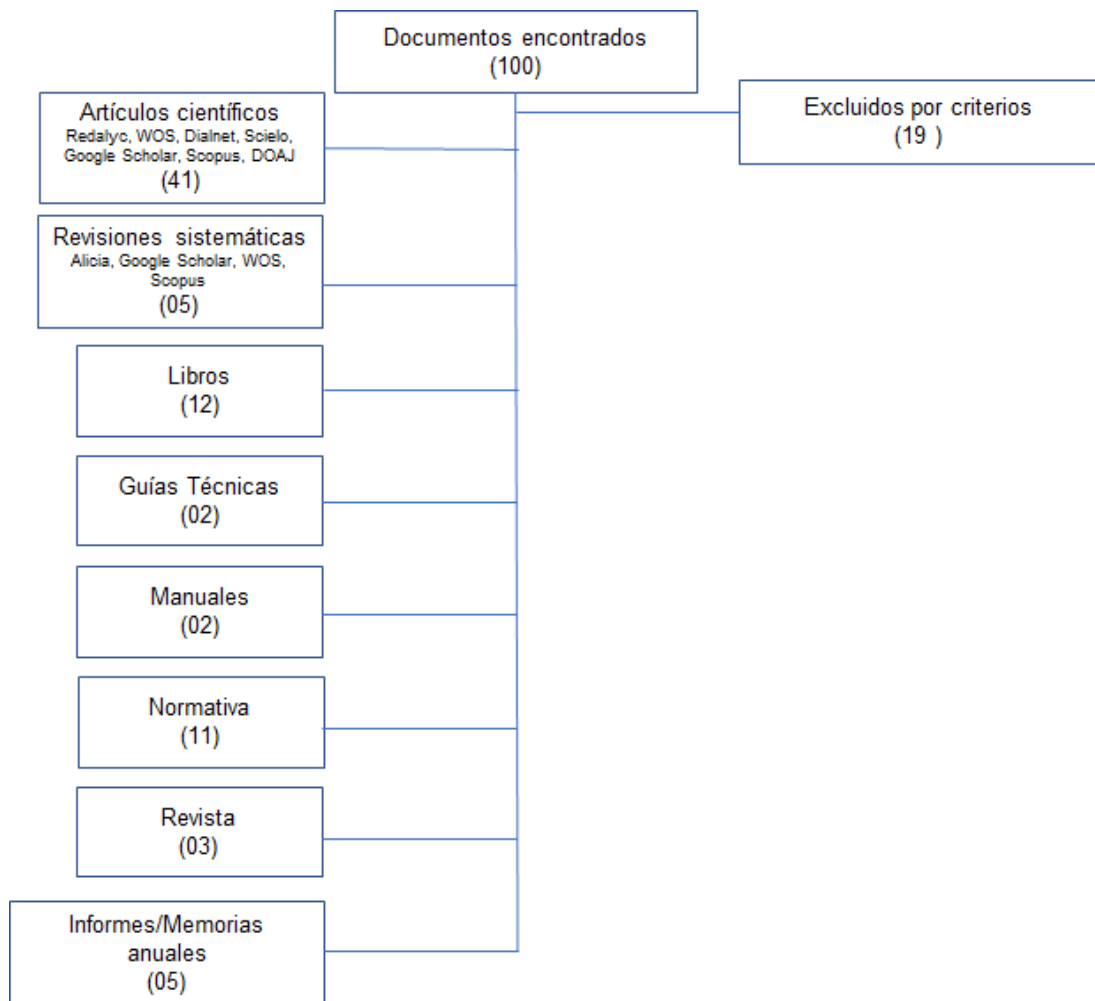
- a) Gestión y requerimiento de aprobación del proyecto del trabajo de investigación al Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- b) Uso de investigaciones secundarias como publicaciones, base de datos e informes regionales y sectoriales relativos a la fabricación y estiba de cemento. .
- c) Respeto por los derechos de autor de la documentación revisada e incluida en la presente investigación, que fueron debidamente referenciadas en el apartado de referencias bibliográficas.
- d) Revisión documental que no implicó ningún riesgo para las personas, pero si el tratamiento de la información se ajustará a la práctica de la conducta ética responsable en investigación.

Como resultado de la búsqueda de la información requerida para el presente estudio se obtuvieron:

- a) 3450 relacionados al tema de investigación.
- b) 81 documentos que fueron revisadas y utilizadas en el presente estudio.

c) 100 documentos relacionados a la información requerida, la cual se muestra su distribución en la figura 1 considerando la información incluida y excluida.

**Figura 1**



*Bibliografías revisadas y utilizadas en el estudio de investigación*

Finalmente, para el presente trabajo de investigación el presupuesto autofinanciado por el estudiante de maestría.

#### IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

##### 4.1 FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE CEMENTO.

Para iniciar con el abordaje de los principales riesgos disergonómicos es de relevancia comprender el proceso de fabricación del cemento, desde la extracción de materia prima hasta el proceso de despacho (incluye proceso de embolsado o ensacado), y los conceptos de ergonomía asociado, en particular al proceso de embolsado o ensacado.

De acuerdo a lo anterior descrito, el proceso de fabricación del cemento se enmarca en las siguientes etapas: Trituración y transporte de las materias primas, pre homogenización, molienda de crudo, pre calcinación, clinkerización, molienda del Clinker y agregado de adiciones, almacenamiento del cemento y expedición o despacho (Superintendencia de Riesgos del Trabajo [SRT], 2024, p.4).

A continuación, se describe el proceso de elaboración del cemento:

- **Trituración (o molienda):** el proceso inicia con la extracción de la caliza de la cantera, luego se continua con el proceso de molienda, para lo cual la caliza es transportada en unidades vehiculares hasta la instalación y luego mediante fajas transportadoras que llegan hasta la unidad de chanado donde es triturada hasta una granulometría no mayor de 20 mm, luego esta es transportada, mediante un sistema de transporte de fajas, hacia almacenamiento preparándose el material para la siguiente etapa del proceso (Amaya, 2022).

- **Pre homogenización y molienda de crudo:** luego de la molienda de los materiales estos son transportados mediante fajas transportadoras a almacenamiento donde recibe o es mezclado con agregados como: aluminio, arcilla, hierro, otros, según el tipo de cemento que se quiere producir. Dichos materiales pasan al proceso de molienda para formar el crudo buscando reducir variaciones en la composición de la materia prima y finalmente es almacenado en Silos donde el material es homogenizado, en constante suspensión, por un sistema neumático que opera los tres turnos de trabajo de 8 h (Dantas, 2023).
- **Pre Calcinación y Clinkerización:** el material fino y homogenizado es dosificado hacia un intercambiador de calor (estructura vertical de gran altura), en el cual circulan gases a contra corriente, que son resultado de la combustión del horno horizontal lo cual permite la cocción de la materia (hasta aproximadamente 1400°C) para completar el proceso de clinkerización y obtener el producto intermedio denominado Clinker, que es enfriado en grandes espacios de almacenamiento para enfriamiento y posterior transporte hacia el proceso de molienda (Marchena et al., 2023).

- **Molienda de Clinker y agregado de adiciones (molienda de cemento):** El Clinker que es molido, se le agrega yeso y otros materiales importantes para el fraguado (Ej. Yeso), y de acuerdo las características del cemento que se quiere obtener, luego el producto obtenido es transportado hacia los silos de almacenamiento (Amaya, 2022).
- **Almacenamiento y expedición (o despacho):** El cemento almacenado en Silos, es transportado mediante fajas y otros sistemas de transporte, como cangilones, hacia el área de ensacado (o embolsado), en sacos desde 25 kg hasta 50 kg. Asimismo, el producto también se dispone en big bag desde 1.5 t (Nikolova, 2016).

En la zona de expedición o despacho de cemento, se identifican dos áreas: ensacado (o embolsado) y estiba. En este contexto, también se realiza el apilamiento o acomodo de las bolsas o sacos de cemento en las unidades móviles o plataforma de unidades móviles.

**Ensacado de cemento:** el trabajador, parado o sentado, coloca manualmente las bolsas vacías (transportadas en paquetes al lugar de trabajo en montacargas), una a una, en la máquina encargada del llenado y empaque, luego estas son transportadas por una faja (o cinta) donde el trabajador recibe las bolsas (o sacos) en la plataforma de la unidad móvil donde la apila para su adecuado despacho (Matovalle, 2016).

**Estiba:** dos trabajadores, sobre la plataforma del tráiler o camión, posicionan la salida de la faja (movible) a la altura de la cadera y desplazan el saco hacia dicha plataforma, pero al armar rumas requiere que ambos levanten los sacos de cemento para evitar sobreesfuerzos (Bastante y Matovelle,2017).

La función de Estibador incluye aspectos relacionados a factores de riesgo disergonómicos como: Posturas inadecuadas, movimientos repetitivos con torción de tronco y esfuerzo físico intenso en el levantamiento y transporte de peso manual. Esto es, debido a que el trabajador permanece de pie largos periodo de tiempo, sube y baja plataformas y transporta sacos o bolsas de cemento manualmente. Por otro lado, las consecuencias a la salud podrían ser: dolores en las piernas, cansancio físico, estrés y torciones en la columna vertebral (Rocha et al., 2016).

La información revisada ha permitido identificar que los problemas ergonómicos se presentan a consecuencia de la falta de control de las empresas y que se centra en problemas asociados a la manipulación manual de cargas, actividad relevante en el proceso de embolsado de cemento, que tiene como factores de riesgo disergonómico las posturas forzadas o inadecuadas, movimientos repetitivos y fatiga acumulada por manipulación de cargas. En consecuencia, los estudios revisados y que fueron elaborados en empresas de producción de cementos, se enfocaron en analizar las tareas más representativas, características y aspectos ergonómicos de las actividades que involucran la actividad en embolsado o empaqueo de cemento (Piedrabuena & Palomares, 2012; Rocha et al., 2016, Velásquez, 2009).

Algunos de los factores de riesgo disergonómicos asociados al proceso de ensacado, se describen a continuación:

**Posturas forzadas e inadecuadas:** la exposición a trabajos que involucran trabajos con posturas inadecuadas, predispone al trabajador para que desarrolle Trastornos Musculo Esqueléticos (TME) que están asociadas a las lesiones en nervios, tendones, músculos y estructuras de soporte (huesos y articulaciones), de acuerdo con la información pública de la NIOSH. Este factor, según la gravedad, podría a generar síntomas menores o graves, tanto agudos como crónicos, llegando incluso a causa incapacidad (Pincay et al., 2021).

**Manipulación de cargas**, que ocurre debido a que normalmente en el proceso de descarga manual de cemento no hay una técnica de levantamiento de cargas, por tanto, el trabajo incurre en una incorrecta manipulación del producto (bolsas de cemento) y que al realizar cargas frecuentes (depende de la cantidad y duración del proceso de estiba) genera alta carga física diaria para los trabajadores (Chamucero y quinteros, 2014).

En este contexto, los factores de riesgo disergonómicos están asociados a manipulación manual de cargas, posturas forzadas de cuello, espalda, brazos y piernas; sin embargo, para un adecuado control y prevención de las posibles lesiones musculares o articulares se aplican acciones que van desde la ejecución de estiramientos o ejercicios, rotación del personal hasta controles de ingeniería (Fundación CEMA, 2011).

**Movimientos repetitivos**, se considera cuando se ejecutan tareas frecuentes y repetidas que afectan principalmente una zona del cuerpo en específico y está asociada a las extremidades superiores, con alta probabilidad de causar tendinitis, síndrome del túnel carpiano y síndrome cervical por tensión, que tiene mayor incidencia en el área de ensacado, debido a las actividades de manipulación que involucran el transporte y giro corporal para el posicionamiento de las bolsas o sacos de cemento (Fundación CEMA, 2011).

En la industria cementera, es difícil que el personal evite los movimientos repetitivos, sin embargo, estos se podrían minimizar si se consideran estudios de ergonomía adecuadamente estructurados y que contemplen a siguiente secuencia: recopilación de datos antropométricos de colaboradores de una planta cementera, ejecución de estudio usando un cuestionario y, finalmente, el uso de HumanCAD, software que permite el análisis de post. Los resultados obtenidos podrían usarse para tomar acciones que sean eficaces y que pudieran replicarse en áreas de similares condiciones de manipulación manual de cargas y exposición postural (Ullah y Maqsood, 2021).

En Etiopia, los trabajadores de una fábrica de cementos se exponen a múltiples factores de riesgo, siendo los más comunes los factores psicosociales, factores ergonómicos y características sociodemográficas de los trabajadores, así como las condiciones ambientales y sociales. En este escenario, según la investigación realizada, con índice de confianza del 95%, y de acuerdo con los resultados obtenidos quedo demostrado que los trabajadores de Planta tenían 2.9 veces mayor probabilidad de desarrollar lesiones que sus compañeros de sala, siendo además responsabilidad del liderazgo brindar los recursos necesarios y oportunos para su protección (Fresenbet et al.,2022).

En una fábrica de cemento los trabajadores de ensacado (o embolsado) están expuestos a peligros físicos, químicos y ergonómicos, de los cuales los primeros toman mayor relevancia debido a su impacto generado por la exposición a las vibraciones, generales o en el cuerpo, y los últimos que guían el diseño de las condiciones asociadas al puesto de trabajo, por tanto, en ambos casos se toman acciones que involucra la ingeniería para evitar enfermedades y lesiones que podrían generar pérdidas en la producción o tiempo de trabajo (Noah et al., 2022).

#### **4.2 CONSECUENCIAS A LA SALUD DE LOS FACTORES DE RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE CEMENTO.**

Según la información revisada, las consecuencias están asociadas al nivel de exposición (horas de trabajo) y las condiciones durante la ejecución de las actividades, siendo esto según a continuación se indica:

- **Postura de pie (Permanencia de pie):** está definida como la posición que permite tener el tronco completamente erguido, no girado y con los brazos estirados hacia abajo con la mirada sobre la horizontal (INSHT, 2015); por otro lado, una jornada laboral mayor a 10 h y por 7 días a la semana, eleva preponderantemente el nivel riesgo, pudiendo llegar a presentar dolencias o sintomatología en cadera, tobillos y pies. Asimismo, el caminar por largos periodos durante la jornada expone al trabajador a sufrir lesión en las articulaciones de las extremidades inferiores (Sánchez et al., 2017). Asimismo, la norma básica de ergonomía del Perú, regulación vigente, para este tipo de trabajo, considera que para la ejecución

segura de dichos trabajos se debe implementar asientos para que los trabajadores puedan descansar durante las pausas de la actividad (MTPE, 2008).

Debido a la naturaleza física de las actividades de las fábricas de cemento, las dolencias más comunes están asociadas al dolor de cabeza, trastornos musculares y dolor corporal. Asimismo, debido a que los trabajadores permanecen mucho tiempo de pie reportan dolores de espalda, dolor de cintura y otros problemas musculo esqueléticos; de igual forma, la exposición a vibración de la articulación mano-brazo podría generar el síndrome de Raynaud que tiene como consecuencia entumecimiento, sensación de hormigueo y, en algunos casos, pérdida de sensibilidad que regularmente se traduce en ausentismo del lugar de trabajo (Noah et al., 2022; FCEM 2019).

- **Movimientos repetitivos con torción y esfuerzo físico:** los movimientos repetitivos podrían causar TME que afectan los músculos y tendones (Khaviya y Manoj, 2017); en estudios realizados, en el sector cementero, con el software HumanCAD, donde se realizaron representaciones sobre diferentes posturas y considerando datos antropométricos, así como teniendo en cuenta condiciones de carga reales, incluyendo además cargas biomecánicas estáticas como la fuerza generada y el torque, se pudo identificar que la tensión repetida en los hombros puede causar tendinitis. Asimismo, cabe precisar que no se ha podido asociar a la actividad las dolencias como lordosis espinal, dolor lumbar y cifosis,

para lo cual se requiere ampliar el tema de investigación desde el punto de vista de salud (Ullah y Maqsood, 2021).

En la producción de cemento se identificaron actividades que para su desarrollo los trabajadores se expusieron a movimientos repetitivos que provocaron torción en la columna, debido al esfuerzo físico de los trabajadores evaluados que ejecutaron la carga de bolsas o sacos de cemento hacia camiones, actividad considerada pesada y crítica, con una duración de 35 minutos y que genera un gasto metabólico medio estimado en 440 kcal/hora, que se traduce en dolencias en la columna y ausencia en el puesto de trabajo. Por otro lado, aunque existen medios mecánicos, producto de la evolución tecnológica, se sigue dependiendo del esfuerzo físico y la susceptibilidad de los trabajadores existiendo la posibilidad que pueda tener lesiones en los músculos o articulaciones producto de las actividades de manipulación o transporte de carga (Rocha et al, 2016).

De las actividades evaluadas en una fábrica de cemento, el 8% corresponde al proceso de ensacado de cemento en bolsas de papel en ensacadoras (embolsadoras) mecánicas donde manualmente dos trabajadores inyectan el cemento a las bolsas a través de boquillas, que, dado su acercamiento y estado de sedentarismo, esta actividad es considerada peligrosa y que puede ser causal de enfermedades en la columna, accidentes de trabajo, fatiga muscular y mental. Por otro lado, los trabajos repetitivos con los brazos extendidos y manos (mano-muñeca) es una de las principales

causas de los TME; si bien el contacto con el cemento puede ocasionar problemas en la piel durante la ejecución de las actividades, en general, en una planta de cemento la manipulación de los sacos de cementos puede generar traumatismo y microtraumatismo (Rocha et al., 2016; FCEMA, 2019; SRT, 2024).

- **Levantamiento y transporte manual de cargas:** considérese a la actividad que tiene que ver con cargas físicas como levantar, empujar o transportar cargas que podrían generar daños a la salud como lesiones en la espalda, articulaciones, hernias discales, tendones y músculos (Carrasco et al., 2023);

En un estudio realizado en la fábrica Indarung donde aplicaron los métodos RULA y OWAS para poder obtener un diagnóstico sobre el levantamiento y manipulación de cargas en la actividad de empaque (o ensacado, envasado) de cemento, se pudo concluir que el uso de medios mecánicos ayudaría a reducir los TME. En este contexto, la propuesta estaba direccionada a reemplazar la actividad manual diseñando un carro hidráulico que pudiera incluirse como mejora en la actividad (Cut Ita Erliana, 2024).

En Brasil, el Ministerio Público de Trabajo, lucha constantemente con los fabricantes de cemento, con el objeto de reducir el peso del saco o bolsa de cemento de 50 kg a 23 kg, considerando que la manipulación de la bolsa de cemento actual (50kg) generó absentismo en el trabajo, por dolencias como hernias y lumbalgias, no solo en las plantas sino también en el sector construcción.

Asimismo, la OIT recomendó también que las fábricas nacionales se adecuen a fabricar sacos o bolsas de cemento de 23kg (Kirst y Moura, 2014).

Para analizar el levantamiento manual de cargas en la sección de embalaje de cemento se entregó a los trabajadores un cuestionario que permitió recopilar información relacionada con las posibles quejas de las actividades que ejecutan, concluyéndose que más del 50% refieren tener molestias debido a dolores de cintura, espalda, hombros, piernas y brazos (Cut Ita Erliana, 2024).

En este contexto, es necesario mencionar que una patología músculo esquelética común es el dolor del hombro, que en el ámbito laboral tiene una prevalencia de 7 – 26%, esto es, a consecuencia del uso cotidiano de la extremidad y a las condiciones de manipulación de la carga. Por otro lado, dicha articulación está expuesta a varias patologías derivadas de alzar o elevar los brazos por encima del hombro exponiéndose a la ejecución de tareas con posturas forzadas o movimientos repetitivos (Rodríguez et al., 2014).

Las consecuencias de trabajo en actividades o tareas desarrolladas en el proceso de embolsado o ensacado de cemento repercuten, en la mayoría de los casos, en afecciones en el tronco, brazo, muñeca y cuello, no obstante, esto se ve reflejado en trastornos musculo esqueléticos como dolencias que podrían desarrollarse debido a la exposición frecuente de los trabajadores, existiendo la necesidad de rediseño de los puestos de trabajo, teniendo como alternativa el uso de medios mecánicos que podrían ayudar como acción

directa y aplicando complementariamente la ejecución de programas de formación en ergonomía, organizacional y de comunicación (Bastante, 2017; Gadea, 2017; Vonderheyde, 2021).

El 60% de trabajadores que realizan manipulación manual de cargas están propensos a sufrir trastornos músculo esqueléticos debido a la elevación de las mismas que se produce principalmente en razón de la variación de las capacidades físicas, entrenamiento insuficiente y a la rotación, casi nula o variable, para la ejecución de la tarea, siendo necesario comprender o evaluar con mayor profundidad la capacidad del equipo de trabajo en referencia a la carga máxima posible a levantar (Oliveira et al., 2015).

La OMS considera que las enfermedades Ósteo Musculares o TME, tienen su causa en muchos factores, tales como: entorno y organización del trabajo, psicosociales, individuales y socioculturales. Asimismo, los trabajadores de la industria del cemento que levantan cargas pesadas y que están expuestos a movimientos repetitivos suponen un alto riesgo y podría generar afectaciones en su salud (Ullah y Maqsood, 2021; INSHT, 2015).

En Brasil se han realizado estudios con levantamiento de información antropométrica y biomecánica en 26 industrias (incluida la cementera), entrevistándose a 3100 trabajadores, donde se determinó que los dolores de la región lumbar son provocados por las actividades que generan fatiga en los músculos de las costillas y cuando se mantiene la posición o postura por mucho tiempo. Asimismo, la zona lumbar está expuesta a altas tensiones por lo que es necesario que se evalúen los métodos de levantamiento con el

objeto de plantear su rediseño; por otro lado; los datos evaluados y obtenidos fueron materia de comparación con el dolor percibido en el cuerpo y la región músculo esqueléticas es la más expuesta (Monteiro, 2014; Ullah, 2021).

Las consecuencias de exposición a los riesgos disergonómicos podrían generar efectos negativos que involucra no solo afecciones físicas sino también mentales (fatiga, ansiedad y falta de concentración). Además, dichas dolencias se deben a posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y esfuerzos excesivos, que podrían causar problemas en el clima laboral y la eficiencia en la organización, afectando considerablemente su productividad y generando ausentismo; no obstante, deben establecerse estrategias para tratar la problemática evitando la generación de enfermedades crónicas que pudieran afectar el sistema productivo y el confort de los trabajadores afectando su rendimiento (Carrasco et al., 2023).

En general los riesgos disergonómicos incrementan la posibilidad de cometer errores, afectando el buen desempeño con afecciones como el malestar físico, la fatiga y la falta de concentración. También, si dichos riesgos no son tratados adecuadamente incrementan el ausentismo laboral y se tendrá trabajadores insatisfechos. Así pues, la ergonomía es considerada como una herramienta que además de brindar información de los procesos permite identificar el riesgo en el mismo lugar de trabajo, permitiendo esta forma considerar el rediseño o replanteo de las instalaciones u organización del trabajo para asegurar un ambiente confortable para el trabajador (Carrasco et al., 2023; Pacheco, 2019).

La alta tasa de ausentismo del personal de estiba o transporte y manipulación de bolsas o sacos de cemento, en el área de embolsado (o ensacado), está asociado al levantamiento manual y movimientos repetitivos de flexión del tronco que tienen como consecuencia lesiones ósteo musculares y que aplicando un programa de prevención que este asociado a la ejecución de acciones con el involucramiento del personal ejecutor podría dar resultados con altos beneficios para su salud (Rocha et al., 2016).

#### **4.3 MÉTODOS ERGONÓMICOS APLICADOS EN EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE CEMENTO.**

Los métodos que tienen mejor efecto en su aplicación, para el análisis de los factores de riesgo identificados, en el proceso de embolsado (ensacado o envasado) de cemento, son: RULA, OWAS, REBA y cuestionarios (ej. Cuestionario de evaluación y acondicionamiento ergonómico del INSST y cuestionario de evaluación de factores ergonómicos y daños (ERGOPAR V2.0)). Siendo RULA, un método que **considera el esfuerzo**, la repetitividad en la ejecución de tareas que involucran hombros, brazos, antebrazos, muñecas, cuello, tronco y piernas. En la misma línea, el método REBA, teniendo como diferencial su aplicación a condiciones de trabajos variables y, finalmente, el método OWAS, que considera el esfuerzo postural del cuerpo entero, sin embargo, se usa valorando con menor fiabilidad en los trabajos repetitivo y enfocado en las extremidades superiores e inferiores. De igual forma, los

cuestionarios ayudan y se ajustan a la realidad de la actividad, permitiendo obtener datos fiables (Balbino, 2015; Gonzales, 2017; MTPE, 2008).

En el mismo, contexto, cabe precisar que los métodos de Evaluación Rápida de las Extremidades Superiores (RULA) y Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA) son los más usados, en el sector industrial, para evaluar los riesgos relacionados con TME, que muchas veces se traducen en pérdidas físicas, mentales, de tiempo, productividad, salud y financieras, esto es, debido a que se basan en el método observacional para la recopilación de datos posturales (Ogendengbe, 2022).

Los efectos biomecánicos, en términos de carga mecánica, se pueden analizar mediante el uso de la dinámica y cinemática, cuyos resultados ayudarían a mejorar las condiciones de las instalaciones de las organizaciones adaptando los lugares de trabajos a las condiciones de los trabajadores para asegurar un buen desempeño y satisfacción laboral. Los trastornos musculo esqueléticos han sido evaluados planteando cuatro tareas en diferentes niveles de elevación, en una población de 109 trabajadores en seis industrias de cemento, aplicando el modelamiento Mannequin Pro que permitió determinar que la zona lumbar estaba expuesta debido al tipo de actividad y la alta carga de trabajo de manipulación, por tanto, se requeriría la implementación de acciones de mejora (Ullah, 2020).

En un estudio realizado en la empresa UCEM-CEM sobre ergonomía en la sección de embolsado (o empacado) de cemento donde se aplicó el método REBA y se buscó determinar el grado del riesgo de llegar a tener como afección TME para aplicar acciones preventivas eficaces que ayuden

a que los trabajadores padezcan problemas de salud, en cuello, tronco y piernas, que podría llevarlos al ausentismo. En tal sentido, llegaron a resultados que les permitía un mejor rendimiento, mejorar calidad del trabajo y disminución del estrés de sus trabajadores, en consecuencia, una mejor calidad de vida (Bastante y Matovelle, 2017).

Para la normativa peruana, en referencia a los métodos tratados, considera lo siguiente:

- **Método Rapid Upper Limb Assessment (RULA):** valora factores de riesgo producto desviaciones articulares, el esfuerzo o la fuerza y la repetitividad para las extremidades superiores como brazos, antebrazos, muñecas, hombros, cuello, tronco y piernas ; si bien, la legislación limita el referido método a la aplicación de trabajos repetitivos en posición sentada, no obstante, en el proceso de ensacado en el sector cementero su aplicación ha dado resultados que han permitido evaluar de forma razonable la actividad, debiendo para ello determinar el ángulo de postura del trabajador mientras ejecuta la tarea. Una aplicación práctica en el estibado de sacos (o bolsas de cemento), utilizando el software Neese Consulting, del método permitió demostrar que dicho trabajo es el de mayor riesgo (MTPE, 2008; Cut Ita Erliana, 2024; Pacheco et al., 2019).
- **Método Rapid Entire Body Assessment (REBA):** su aplicación está enfocada en valorar el riesgo postural en cuerpo completo, considerando los riesgos de tipo músculo esqueléticos referido a brazos, antebrazos, muñecas, hombros, cuello, tronco y piernas. Este

método es aplicable en cualquier actividad, tanto en la manipulación de objetos imprevisibles o si las condiciones de trabajos son variables (MTPE, 2008).

La aplicación del método de evaluación REBA ha sido demostrada en el área de ensacado en la industria cementera, siempre que los estudios contemplen un análisis lógico y detallado que considere, principalmente, la determinación del problema ergonómico y problemas asociados al sistema músculo esquelético; sin embargo, en dichas investigaciones también consideraron como solución la aplicación o implementación de métodos para el levantamiento de un saco de cemento por una sola persona y dos a la vez, así como la ejecución de pausas que consisten en la realización de ejercicios de estiramiento y calentamiento que ayudan a mantener condiciones saludables las articulaciones (Bastante y Matovelle, 2017; FCEMA, 2019).

- **Método Observation Worksite Analysis System (OWAS):** método direccionado a evaluar la carga postural, no obstante, no es muy confiable para evaluar operaciones o actividades de tipo repetitivo que involucre a extremidades superiores, cuello y hombro (MTP, 2008).

Por otro lado, aplicando el método OWAS permitió analizar y definir la orientación y posición de los miembros superiores y el cuerpo, para el levantamiento manual de sacos de cementos, donde las personas analizadas usaban el dorso recto, los dos brazos por

encima del hombro, una pierna flexionada y una carga superior a 20 kg. Asimismo, este método considera las actitudes laborales basado en los movimientos corporales de la espalda, brazos, piernas y el peso que se levanta, de tal forma que se puedan evaluar las posturas y la comodidad en los puestos de trabajo; no obstante, el referido método es considerado como generalista ya que su aplicación es múltiple y los resultados que se obtienen son de bajo nivel de detalle (Oliveira et al., 2015; Cut Ita Erliana, 2024; Bastante, 2017).

- **Método NIOSH:** considerado el Método de Carga Límite Recomendada, plantea la ejecución de actividades para un periodo de 8 horas de trabajo y teniendo en cuenta que el grupo de trabajo es saludable. La aplicación del método NIOSH permitió realizar la evaluación de un grupo de trabajadores que ejecutaban actividades de carga de materiales en el proceso de envasado (o ensacado), donde el peso de la carga excedía el peso recomendado y según el índice de levantamiento que se obtuvo, los trabajadores tendrían problemas de salud por que el método de levantamiento debe modificarse (MTPE, 2008; Carrasco et al., 2023).
- **Método Suzanne Rodgers:** basado en la fatiga muscular y es considerado de evaluación global, enfocado en identificar la actividad en la que se deben destinar los recursos de mejora. El referido método promueve la hipótesis que un músculo fatigado es más propenso a sufrir daños o algún proceso inflamatorio, considerado para las evaluaciones de las áreas corporales como:

cuello, espalda, brazo y codo, manos, muñeca y dedos, piernas y rodillas, pies y dedos (Pacheco, 2019).

Por otro lado, de acuerdo a la bibliografía revisada, esta permitió identificar que los métodos más usados para evaluar los factores de riesgo disergonómico, en el área de embolsado o ensacado de cemento, son RULA, REBA, OWAS y cuestionarios, teniendo en cuenta que ayudan a determinar que el 100% de los riesgos ergonómicos presentes en las actividades de estudio están asociados al riesgo postural, factores psicosociales, condiciones térmicas, ruido e iluminación. Asimismo, estos ayudaron a un mejor análisis postural que requerían intervención inmediata de solución, no obstante, se hace necesario un análisis más detallado para determinar con mejor precisión los factores de riesgo disergonómico mediante entrevistas u observación directa. En este contexto, los riesgos disergonómicos están asociados al sobreesfuerzo, referidos a carga de bolsas de cementos, que consideran la manipulación incorrecta y/o manual de cargas, debiendo adoptarse como medidas de prevención el uso de medios mecánicos, sin embargo, también se consideran otros factores de riesgo aportantes como iluminación, carga mental, insatisfacción laboral y riesgos psicosociales y organizacionales (Bastante, 2017, Carballo et al., 2019; Velásquez, 2009).

En consecuencia, los métodos RULA y OWAS han demostrado su utilidad para la realización de un análisis ergonómico y postural, que proporciona resultados que permiten la implementación de programas que facilitan identificar en que medida se afecta también la productividad de los trabajadores que ensacan (o embolsan) cemento encaminando las acciones

a asegurar buenas posturas durante la ejecución de las actividades; de manera similar, las investigaciones valoran el enfoque que trata sobre las condiciones de suelo o piso, ambiente donde se manipula la carga y la inestabilidad del terreno, situaciones que pueden generar afecciones de tipo muscular y que reducen el rendimiento (Cut Ita Erliana, 2024; Chumacero y Quintero, 2017).

Las consecuencias de trabajo en actividades o tareas desarrolladas en el proceso de embolsado de cemento repercuten, en la mayoría de los casos, en afecciones en el tronco, brazo, muñeca y cuello, no obstante, esto se ve reflejado en trastornos musculo esqueléticos como dolencias que podrían desarrollarse debido a la exposición frecuente de los trabajadores, existiendo la necesidad de rediseño de los puestos de trabajo, teniendo como alternativa el uso de medios mecánicos que podrían ayudar como acción directa y aplicando complementariamente la aplicación de programas de formación en ergonomía, organizacional y de comunicación (Bastante, 2017; Gadea, 2017; Vonderheyde, 2021).

En el transporte manual de cargas en la industria del cemento el modelo metodológico Análisis Ergonómico del Trabajo (AET) permite comprender y correlacionar situaciones que causan consecuencias asociadas al TME y está basado en la investigación de tipo exploratoria que asegura la obtención de resultados cualitativos y cuantitativos. En este contexto, al realizar dicho análisis se han realizado estudios considerando las tareas más representativas del sector y que han permitido analizar las características y posibilidades que ayuden a mejorar las condiciones de trabajo; por otro lado,

en los procesos de ensacado de cemento también se usó el cuestionario Nordic Body Map a los colaboradores que experimentaron dolencias a consecuencia de sus posiciones de trabajo (Rocha et al., 2016; FCEM, 2019; Cut Ita Erliana, 2024).

El uso de técnicas con enfoque de ergonomía cognitiva (o Cognitive Reliability and Error Analysis Method, CREAM), aplicado en sala de control en la industria del cemento, permitió identificar errores humanos usando el método básico de observación al “hacer varias tareas al mismo tiempo”, “ritmo circadiano de trabajo” y “calidad de formación y experiencia”, obteniéndose finalmente errores en la aplicación, interpretación, planificación y observación (Ehsanollah, 2015).

No cabe duda que la ergonomía está evolucionando, centrándose en técnicas que abordan la macro ergonomía, el levantamiento manual de cargas y tecnologías que ayudan a revisar y evaluar la actividad muscular, perfeccionando incluso las intervenciones ergonómicas que ayudan a disponer de información sobre la prevención de los TME, optimizando el diseño del lugar de trabajo y minimizando el esfuerzo físico en las tareas. Asimismo, para una adecuada evaluación ergonómica deben considerarse los factores de riesgo, referente al levantamiento manual de cargas y que pueden causar lesiones dorsolumbares, que involucran características de la carga, esfuerzo físico, características del medio de trabajo y exigencias de la actividad (Luardo et al., 2024; INSST, 2023).

En términos de ergonomía, los métodos de evaluación ergonómica deben estar enfocados en obtener resultados que permitan que los sistemas

se adapten al ser humano (no a la inversa), proporcione el confort necesario para generar un máximo desempeño, no generar estrés físico y proporcionar satisfacción personal al trabajador. En este contexto, los medios de transportes mecánicos resultan altamente efectivos para reducir o prevenir los TME, que al ser consultado a los trabajadores se obtuvieron resultados calificados como muy satisfechos (7) que se tradujo en una valoración más alta, esto es, debido al grado de satisfacción, el confort y el incremento de los resultados de desempeño (Tillman et al., 2016; Luardo et al., 2024).

En las evaluaciones ergonómicas al proceso de ensacado (o embolsado), en la Unión Cementera (UCEM), ubicada en Azogues en Ecuador, se realizaron observaciones directas y toma de fotografías durante la jornada laboral para verificar la posibilidad de afecciones o trastornos músculo – esqueléticas, para que en función de los resultados obtenidos se puedan proponer o aplicar acciones de mejora correctivas o preventivas. En este sentido, el personal de estiba que adoptaba posturas de riesgo, predisponía al personal a desarrollar afecciones tanto el cuello como en columna (Bastante y Matovelle, 2017).

Los TME que se identificaron en una fábrica cemento, al Sur Este de Irán, fueron abordados con la técnica Quick Exposure Check o Lista de Verificación QEC con el objeto de determinar la prevalencia en la afección mencionada, obteniendo como resultado de la muestra analizada en 48%; asimismo, se identificó que los TME han sido causal del incremento del ausentismo y gastos médicos. Por otro lado, para complementar el estudio se hicieron estadísticas y regresión lineal usando el software SPSS 20, datos

con los que se pudo tener una mejor apreciación y se tomaron medidas preventivas debidamente sustentadas (Rahmani, 2020).

En Europa la norma ISO 11228-1:2021 propone un método basado en el levantamiento, descenso y desplazamiento manual de cargas, considerando las variables intensidad, frecuencia duración de la tarea, para cargas de peso igual o superior a 3kg y teniendo como criterios de valoración la “condición aceptable” y “condición crítica” como resultado del cálculo del índice de elevación o índice de levantamiento (IL) que relaciona la masa del objeto con el Límite de Masa Recomendado (RML, por sus sigla en inglés), sin embargo, dicho índice podría variar, según las circunstancias del escenario en que se realice el trabajo, a índice de elevación compuesto, secuencial y variable (INSST, 2023).

En Cementos Molins, una industria que opera en varios países de América y Europa, en la búsqueda de la mejora de la gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo invirtieron esfuerzos desarrollando e implementando planes de acción direccionados a la formación, sensibilización y servicios de fisioterapia para sus trabajadores, como un mecanismo que permite reducir las lesiones dorso lumbares, incluidas aquellas causadas debido al sobreesfuerzo e inadecuada valoración de los riesgos (Cementos Molins, 2019).

Las tareas de elevación o manipulación manual de cargas deben contemplar el proceso de rediseño para la aplicación de controles de ingeniería, debidamente sustentados y que cumplan con estándares de trabajo que permitan incrementar el rendimiento y desempeño sin deterioro

de su salud; por tanto, para los análisis o estudios de mejora deben considerarse observaciones y pruebas reales que involucre la participación directa de los trabajadores expuestos. De la misma forma, para los estudios o investigaciones deben considerar las etapas de carga, transporte y descarga que relacionan la manipulación inadecuada y método de trabajo, que expone al trabajador a lesiones musculares que involucran las extremidades superiores e inferiores (Chumacero y Quintero, 2017; Ullah y Maqsood, 2021).

La aplicación del método Análisis Jerárquico de Tareas (HTA, por sus siglas en inglés), centrado en la descripción del trabajo que se debe hacer, en la industria del cemento, involucró la intervención u observación a los líderes como Jefes o Supervisores identificando errores para después establecer acciones que permitan realizar mejoras y reducir el % de errores; por otro lado, la ingeniería con enfoque ergonómico permite adoptar herramientas de trabajo, mejorar la condición de espacios y ritmos de trabajo adaptado a las necesidades y capacidades de los trabajadores (Ehsanollah y Babeipouya, 2015; FCEMA, 2019).

Las actividades de manipulación manual de cargas (movimiento, giros, transportes o tracción) requieren de un esfuerzo que en ocasiones involucran alta carga de trabajo; en consecuencia, para reducir dicha carga se requiere la implementación de métodos de trabajo que permitan rotar al personal para que cada determinado tiempo realice labores más leves que ayuden a reducir dicha carga, también se hace necesario reducir las horas extras, mejorando la planificación y priorizando las necesidades según la importancia para su

atención. Los métodos de evaluación y análisis ergonómicos que podrían ayudar están enfocados en la identificación y evaluación sencilla del riesgo, evaluación detallada del riesgo y otros métodos reconocidos como: NIOSH o MAC (Rocha et al.,2016; INSST, 2023).

En una evaluación sobre el transporte o manipulación de cargas donde se usó el Check List de Couto (o lista de verificación de Couto) para evaluar los riesgos de contraer trastornos osteomusculares, se logró proponer técnicas o métodos de medidas correctivas y preventivas que se enfoquen en buscar el confort de los trabajadores en referencia a las posturas en su puesto de trabajo; siendo así, las acciones que se llegaron a considerar estuvieron enmarcadas en realizar ejercicios corporales, establecer intervalos de descanso durante la ejecución de la tarea, evaluación permanente de la carga de trabajo y verificación del no uso de la cabeza para apoyo de las cargas, con el objeto de reducir las Lesiones por Esfuerzo Repetitivo (LER) y los TME producto de la ejecución de las actividades asignadas (Oliveira, 2015).

En un estudio sobre el uso de medios inmersivos, como la realidad virtual, con el objeto de proponer el uso de las herramientas de la ergonomía para mejorar la eficiencia de sus procesos, reducir los TME e incrementar la productividad, se determinó una tendencia de mejora en las expectativas de los trabajadores en las sesiones de formación, capacitación y entrenamiento; asimismo, esta propuesta está relaciona a la incursión de nuevas técnicas para abordar la prevención de los TME como es el caso de

una fábrica de cemento que aplica el método QEC con excelente resultados (Rahmani et al., 2020; Mas et al., 2020).

#### **4.4 ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE FACTORES DE RIESGOS DISERGONÓMICOS EN EL PROCESO DE EMBOLSADO DE CEMENTO.**

Las estrategias están asociadas a la información propias de la actividad, que se obtiene durante la ejecución de las tareas y que mediante entrevistas u observación directa permiten aplicar correctamente los métodos de evaluación de riesgo disergonómico identificados, permitiendo anticipar los recursos en cada organización y que direccionan la ejecución de programas de formación basados en la identificación y manejo de riesgos disergonómicos, así como la aplicación de medios mecánicos o barreras que eviten la exposición de las personas que están involucradas en la ejecución de las actividades (Bastante, 2017; IBV y FCEMA, 2019; Vonderheyde, 2021).

En Europa han considerado que una estrategia basada en campañas masivas podría ayudar, de forma preventiva, a reducir los TME que reportan un tercio de los accidentes con descanso médico y supera la mitad de las enfermedades profesionales en España, siendo considerada como la dolencia más habitual a nivel de Europa. En este contexto, es importante precisar que la manipulación manual de cargas es una de las actividades más comunes en la industria pesada y donde se considera que el esfuerzo humano es relevante, sea este directo o indirecto, y donde se proponen

técnica y estrategias como paletización (transporte de cargas de forma automática) y, en el sector cementero, uso de medios mecánicos para el transporte de sacos de cemento (INSST, 2020).

De forma práctica y técnica las estrategias están enmarcadas en brindar soluciones para reducir el nivel de exposición de los trabajadores a factores disergonómicos que puedan afectar su salud, según la información revisada se tiene:

- **Modelamiento humano digital:** en la industria del cemento se considera el uso de un software para el análisis biomecánico generando modelos humanos que permiten la evaluación de tareas de elevación repetitivas, desde el levantamiento hasta las descargas manuales de las bolsas o sacos de cemento, actividad que expone a los trabajadores a desarrollar lesiones que afectan la parte lumbar y los predisponen al desarrollo de tendinitis del hombro; por otro lado, para corroborar si las afecciones como lordosis anormal y cifosis tienen alguna conexión son materia de investigación (Ullah y Maqsood, 2021).
- **Automatización del proceso:** en la actualidad, también se tiene sistemas automatizados que permiten retirar o extraer el cemento contenido en un silo a través de un elevador y luego continua la expedición del cemento desde la embolsadora (o ensacadora) hacia fajas transportadoras y luego son cargadas directamente a los camiones, según la cantidad de pilas de cemento que se requiera. El sistema de ensacado tiene balanzas integradas para que las bolsas o sacos de cementos salgan con el peso o la especificación definida, evitando que los camiones sean cargados de la forma tradicional o

manualmente; sin embargo, aún este proceso está en la etapa de desarrollo y son pocas las industrias que han dispuestos recursos para su implementación (Idalgo et al., 2017).

- **Implementación de dispositivos o medios mecánicos:** en una planta de fabricación de cementos se puso a prueba un dispositivo mecánico diseñado con la participación e involucramiento activo de un equipo multidisciplinario, donde se consideró recoger la opinión de las diferentes áreas que permitieron asociar los aspectos de seguridad industrial, métodos de trabajo, física, mecánica y costos. Esta solución es económicamente factible y los recursos y materiales que se requiere están a disposición en el mercado que además permitió asegurar su uso para el levantamiento de cargas de hasta 50 kg (incluye 42.5 kg), que es el máximo peso de una bolsa común de cemento (Chumacero y Quintero, 2017).
- **Programa Integrado de Ergonomía e Ingeniería:** su implementación adecuada y oportuna permite reducir la incidencia y gravedad de los TME, debiendo considerarse las siguientes acciones (Khaviya y Manoj, 2017; Ullah y Maqsood, 2021):
  - Revisión de los trabajadores afectados para identificar si desarrolló TME y realizar un diagnóstico temprano de la dolencia
  - Programación, tratamiento y seguimiento de los trabajadores afectados hasta que mejoren su condición.
  - Identificación de trabajos o tareas que podrían generar TME,

- Capacitación para los trabajadores, supervisores, ingenieros y gerentes.
- Identificación, implementación y evaluación de controles verificando su jerarquía, según aplique como ingeniería, administrativos o uso de equipos de protección personal, y
- Reconocimiento integral del problema.

En el estudio realizado en la industria del Cemento de la India, que abarcó todo el proceso, desde la disposición de la materia prima hasta el producto final, e involucró interacción directa con los trabajadores, se abordaron los principales peligros y estrategias para disminuir el riesgo asociado buscando cuidar la salud de los empleados implementando controles pragmáticos siempre que se reconozca el riesgo deTME, lo cual permitiría aplicar, como estrategia, vigilancia y evaluación continua de controles de ingeniería y administrativas, teniendo en cuenta que las protecciones individuales son limitados. En este contexto, tomaron relevancia los controles de ingeniería como la aplicación de la ingeniería de métodos (análisis de movimientos para eliminar movimientos y esfuerzos innecesarios), asistencias mecánicas, diseño de herramientas y estaciones ajustables al usuario para mejorar posturas (Khaviya y Manoj, 2017).

- **Programa de Gimnasia Laboral:** actividad que incluye estiramiento y ejercicios, aplicada para los trabajadores que realizan transporte de carga manual, esfuerzo físico y movimiento intenso de la columna vertebral; complementariamente se entregó a los colaboradores un cinturón

ergonómico con el objeto de proteger la columna. En esta misma línea, las empresas están integrando sus programas de gestión, asociados al control del riesgo ergonómico, a su programa global con el afán de prevenir lesiones musculares en todas las instalaciones de su organización donde realicen tareas de levantamiento manual de cargas (Rocha et al., 2016; Noah, 2022).

El trabajo permite cubrir necesidades personales y sociales, forma parte de la vida de los trabajadores porque les permite mejorar sus condiciones de vida, sin embargo, al evaluarse esta condición en una fábrica de cemento se corroboró que los trabajadores equiparan su productividad, en la ejecución de sus actividades, con lo recibido por las actividades o servicios que realizan, condición que les permite una calidad de vida adecuada y según las exigencias de la actual sociedad. En ese sentido, e estudio realizado por Dermibag, reveló que la salud mental de los trabajadores mejoraba sustancialmente en la medida que la experiencia laboral se incrementaba, estando ligado a programas de ejercicios, apoyo a la salud física y psicológica (Dermibag, 2017).

Por otro lado, un estudio realizado sobre lesiones y factores asociados en una fábrica de cemento, describe la necesidad de implementar como estrategia controles que permiten asegurar y hacer seguimiento a los trabajadores para evaluar su estado de salud, índice de masa corporal, estrés del trabajo, posturas corporales y descanso suficiente (o tiempos de reposo) con el objeto de anticiparse y brindar el tratamiento adecuado que evitaría o reduciría el ausentismo (Fresensbet, 2022).

De igual forma, en una empresa cementera en Indonesia se identificó el riesgo de padecer TME, en la actividad de ensacado de bolsas de cemento en el momento que el trabajador coloca la bolsa sobre la mesa de trabajo y la posiciona en la ensacadora. En este escenario, para la ejecución de acciones que puedan tener eficacia se tomaron datos para la realización de cálculos antropométricos, logrando finalmente tener las bases para diseñar un carro hidráulico que permita mayor facilidad de transporte durante la ejecución de la actividad (Cut Ita Erliana, 2024).

El dolor lumbar casi siempre es consecuencia de una actividad de frecuencia repetitiva, en tal sentido, las evaluaciones realizadas se centraron en reducir el esfuerzo físico y reducción de molestias musculares, obteniéndose un 90% de satisfacción de parte de los trabajadores que consideraron que la implementación de un medio mecánico (carro) ayuda a evitar TME. Del mismo modo, el personal del área de estiba, respondió con niveles altos de satisfacción, llegando incluso a valores de 92% (Luardo et al., 2024).

De acuerdo con los estudios realizados los Trastornos TME son abordados con métodos adecuados que ayudan a obtener resultados reales que representen al grupo de trabajadores considerados como muestra, permitiendo además que la implementación de las mejoras generen satisfacción laboral; por otro lado, también para prevenir los TME resultó relevante la ejecución de un programa de ergonomía que se sustentó en estrategias de control y acciones basadas en controles de ingeniería y administrativos, como aplicación de medios mecánicos, ejecución de

estándares y reasignación en los puestos de trabajo (rotación), respectivamente, contemplando también la reducción del riesgo a través de la reducción de la exposición (Khaviya y Manoj, 2017; Luardo et al., 2024).

La biomecánica, como herramienta que permite estudiar los movimientos y aspectos estructurales del cuerpo, permiten una mejor comprensión de la dinámica de las personas y las condiciones en su entorno laboral, permitiendo un resultado que se ajusta a la realidad y se pueden tomar decisiones sobre acciones un poco más acertadas; por otra parte, es conocido que la región lumbar está más expuesta a tensiones por lo que para la tarea de levantar o trasladar objetos se requiere rediseñar los métodos de levantamiento; también se ha demostrado que el uso del análisis fotográfico del personal que labora en la zona de estiba muestra posturas inadecuadas que afectan la zona lumbar debiendo adoptarse acciones inmediatas que permitan una corrección oportuna (Bastante y Matovelle, 2017; Ullah y Maqsood, 2021; Luardo et al., 2024).

#### **4.5 LIMITACIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- La información nacional e internacional sobre el tema tratado es aún insuficiente, debido a que las empresas muy poco exponen públicamente resultados sobre estudios que están aplicando y relacionado directamente a la estiba en el área de ensacado o embolsado de cemento, esto es, para evitar exponer ante la

competencia mayor detalle sobre sus procesos operacionales y tecnología.

- Existe basta información en alojamientos web, no obstante, en algunos casos se requiere realizar pagos por suscripción que permita acceder a información confiable y actualizada sobre artículos, libros, estudios de investigación o presentaciones, limitando un mejor análisis y evaluación comparativa.
- La información de las estrategias aplicadas en la industria cementera nacional para prevenir o mitigar el TME, es limitada. Las empresas solo realizan breves publicaciones de datos generales, sobre las prácticas o acciones que están aplicando, en sus informes anuales de gestión, que limitan una evaluación a nivel sectorial con la información internacional.

## V. CONCLUSIONES

- a) La revisión bibliográfica de 81 trabajos, valorados como estudios de investigación, guías y normas, asociados al proceso de embolsado o empaclado de cementos, permitieron determinar los factores de riesgo disergonómicos para después analizar la aplicación de estrategias para su manejo correcto desde un enfoque correctivo y preventivo.
- b) La información revisada considera la manipulación manual de cargas como una actividad relevante en el proceso de embolsado de cemento, que tiene como factores de riesgo disergonómico: posturas forzadas, movimientos repetitivos, peso de la carga, distancia de la carga, fuerza, postura y duración de la tarea en el proceso de estiba.
- c) De acuerdo a las investigaciones revisadas, las consecuencias finales, producto de la exposición a riesgos disergonómicos, se traducen en trastornos musculo esqueléticos o TME (por accidentes y enfermedades ocupacionales) en las extremidades superiores e inferiores: tronco, cuello, brazo, espalda y muñeca. Estas condiciones siempre son mejoradas aplicando controles de ingeniería e incluso administrativos direccionados a mejorar la satisfacción y el confort de los trabajadores.
- d) De acuerdo a información disponible, los métodos más usados son RULA, REBA, OWAS y Cuestionarios, tales como evaluación y acondicionamiento ergonómico (INSST) y cuestionario nórdico estandarizado de síntomas músculos esqueléticos (aplicado en

HOLCIM S.A. en Nicaragua), como los métodos que mejor se adaptan para un análisis adecuado de los factores de riesgo de disergonómico en el proceso de fabricación de cemento, principalmente en la actividad de ensacado o embolsado. No obstante, queda abierta la posibilidad de aplicación de otros métodos como: NIOSH, cuestionario de factores disergonómicos y daños (Método ERGOPAR V2.0), MAC o Tablas de Snook y Ciriello.

- e) Los estudios plantean como acciones o estrategias para abordar los factores de riesgos disergonómicos, la gimnasia laboral e involucramiento directo de los trabajadores en la planeación y mejoras de su puesto de trabajo (ergonomía participativa), implementación de medios mecánicos, la entrevista u observación directa, considerando la aplicación de los métodos de análisis identificados para su aplicación según el tipo de actividad o tarea analizada. En tal sentido, lo que se busca en todo momento es identificar y profundizar de acuerdo con las causas reales para plantear acciones que ayuden a mejorar las condiciones o método de trabajo.

## VI. RECOMENDACIONES

- a) En Perú, la información actual disponible sobre los factores de riesgo disergonómicos en el sector cementero es aún limitada, sin embargo, debería considerarse siempre la información de otras empresas internacionales que tienen el mismo proceso y donde las prácticas que ejecutan involucran manipulación manual de bolsas de cemento (25 a 50 kg) y que, como estrategia, para su control, utilizan otras metodologías que han dado resultados favorables, reduciendo lesiones incapacitantes.
- b) Las empresas del sector industrial del cemento deberían considerar una gestión de salud ocupacional que permita direccionar los esfuerzos en identificar los factores reales de riesgos disergonómicos, según la mecanización o modernización de sus actividades en el proceso de ensacado, con el objeto de poder tener una real comprensión de la exposición de sus colaboradores.
- c) Actualmente existen diferentes herramientas, medios de atenuación o control, que permiten reducir y mitigar los riesgos de las actividades que involucra manipulación manual de bolsas de cemento y que además podrían evitar lesiones de consecuencias graves como TME otras afecciones similares, que causan incapacidad, sea esta parcial o permanente, en los trabajadores.
- d) Si bien en el proceso de ensacado de cemento, en empresas nacionales e internacionales, se han aplicado algunos métodos como REBA, RULA y OWAS, no obstante, hay metodologías que están

directamente más relacionadas a las actividades que se realizan en dicho proceso, tales como ERGO/IBV, NIOSH y otros métodos (QEC y CREAM) que permitirían un análisis integral de las tareas y los puestos de trabajo.

De acuerdo a las valoraciones y los métodos aplicado en cada sector las estrategias para un buen manejo de riesgo disergonómico deberían considerar, para la prevención de los TME, la implementación de estrategias basadas en modelamientos, Inteligencia Artificial (IA), realidad virtual y sistema de captura de movimientos

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Assereto, M. A., ...[et al.]. (2018). Revisión sistemática sobre métodos de evaluación ergonómica utilizados en Perú [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14659>
- [2] Andrade, N., Brunette, M., Morocho, C., & Noriega, M. (2016). *Identificación de malestares musculo esqueléticos Planta de Manufactura los Olivos, Lima-Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/3838>
- [3] Apaza, J., Bardales, W., Carpio, L., Gutiérrez, A., Pacheco, J., Rodríguez, R., Saavedra, D., & Urquiza, G. (2022). *Anuario estadístico sectorial 2022*. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/informes-publicaciones/4485120-anuario-estadistico-sectorial-2022>
- [4] Aqueveque, P., Baquedano, D., Gómez, B., Gutiérrez, M., Peña, G., & Retamal, G. (2022). *Desarrollo de plataforma para evaluar riesgo de trastornos musculoesqueléticos en actividades de manipulación de carga- Resultados preliminares*. [https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia\\_Investigacion/article/view/9827](https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/article/view/9827)
- [5] Arévalo, F., Chávez, G., Guerrero, A., & Mejía, R. (2019). *Evaluación de puesto de trabajo por medio de los métodos ergonómicos Rodgers, OWAS, NIOSH y RULA*. 1(3), 118-137.
- [6] ASOCEM. (2023). *Reporte Estadístico*. [http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Reporte-Estad%20C3%ADstico-Mensual/2023%20-%2011/2311\\_Reporte-Estadistico-Mensual.pdf](http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Reporte-Estad%20C3%ADstico-Mensual/2023%20-%2011/2311_Reporte-Estadistico-Mensual.pdf)

- [7] Assereto, M., Caro, J., Castillo, A., & Rojas, G. (2018). *Revisión sistemática sobre métodos de evaluación ergonómica utilizados en Perú*. Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14659>
- [8] Balbino, W., Carlos, F., Rocha, J., & Veras, M. (2016). *Análisis ergonómico en el transporte manual de cargas: Un estudio de caso en una industria de cemento*.
- [9] Bastante, M. y Matovalle, D. (2017). *Ergonomic assessment of the workplaces at packing section of a cement industry* [Presentación de paper]. 21th International Congress on Project Management and Engineering, Cadiz, España. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/462>
- [10] Carballo, M., Carballo, I. & Rodríguez María. (2019). *Análisis ergonómico de los puestos de trabajo de HOLCIM S.A. Nicaragua Planta de Cemento, Nagarote, enero-marzo, 2019*. [Trabajo de investigación, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/12904/>
- [11] Carrasco, J., López, A. y Barreno, A. (2023). Riesgos ergonómicos y su influencia en el desempeño laboral. *Revista latinoamericana de ciencias sociales y humanidades* 4(2), 3294. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.836>
- [12] Carrasquilla, M. (15 de marzo de 2018). *Material y Métodos de una revisión bibliográfica*. Scribbr. <https://www.scribbr.es/revision-bibliografica/material-y-metodos-de-una-revision-bibliografica/>
- [13] Cementos Molins. (2019). Memoria anual 2019. [https://cdn-mol-web-pro-fccrfzgbdcxa3fn.a02.azurefd.net/wp-content/uploads/2024/05/ePaper\\_CM2019CAST-2\\_compressed.pdf](https://cdn-mol-web-pro-fccrfzgbdcxa3fn.a02.azurefd.net/wp-content/uploads/2024/05/ePaper_CM2019CAST-2_compressed.pdf)

- [14] Chumacero, O. y Quintero, W. (2017). Desarrollo de un dispositivo mecánico como alternativa operativa en el proceso de descarga manual de cemento ensacado de la compañía cementos ARGOS. *Revista de Proyecto Curricular de Ingeniería de Producción* 2 (21), 3. <http://hdl.handle.net/11349/23474>
- [15] Cut Ita Erliana, F. y Chalirafi, A. (2024). Work Posture Analysis using the RULA and OWAS Methods in the Cement Packing Section at the Packing Plant Indarung Unit of PT Semen Padang. *International Journal of Engineering, Science & Information Technology* 4 (2), 21-25. <https://ijesty.org/index.php/ijesty/article/view/496/287>
- [16] Dantas, A. (2023). *Estudo do processo produtivo de fabricação do cimento Portland*. Universidade Federal Rural do Semi Árido. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/9602>
- [17] Dermibag, B., Bayrak, B., Oskan, C. y Caylak, E. (2017). Evaluation of the Life Quality of Workers In A Cement Factory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 237 (1), 1462-1467. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.250>
- [18] Ehsanollah, H. y Babeipouya, A. (2015). Using CREAM techniques for investigating human error with cognitive ergonomics approach in the control room of cement industry. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences* 4 (3), 1480-1484. <https://ijbpas.com/pdf/1425119265MS%20IJBPAS%202015%202454.pdf>
- [19] Fresenbet, D., Olana, A., Tulu, A. y Danusa, K. (2022). Occupational injury and associated factors among cement factories workers in central Ethiopia.

*Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 17(7), 1-9.  
<https://doi.org/10.1186/s12995-022-00348-0>

- [20]Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente, & Instituto de Biomecánica. (2019). *Guía para la verificación y selección ergonómica de herramientas manuales en el sector de fabricantes de cemento*. Fundación Laboral del Cemento y del Medio Ambiente.  
[https://www.fundacioncema.org/wp-content/uploads/2019/11/guia\\_verificacion\\_2019\\_web.pdf](https://www.fundacioncema.org/wp-content/uploads/2019/11/guia_verificacion_2019_web.pdf)
- [21]Gadea Merino, R. (2017). Proceso y puesta en práctica de intervenciones de ergonomía participativa: Una revisión sistemática. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 20(3), 175-176.  
<https://doi.org/10.12961/aprl.2017.20.03.6>
- [22]González, G., Peón, I., Pérez, G. y Sánchez, M. (2017). Enfermedades actuales asociadas a los factores de riesgo laborales de la industria de la construcción en México. Una revisión sistemática. *Medicina y Salud en el Trabajo*, 63(246), 28-39.  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0465-546X2017000100028&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2017000100028&lng=es&tlng=es).
- [23] Idalgo, I., Veiga, R., Martins, R., Caberte, S. y Pentiado, L. (2017). Sistema de manufactura: otimização de processos em uma unidade fabril de cimento através da teoria das filas. *Exacta* 15(4),13-25.  
<https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n4.6839>
- [24] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2023). *Métodos de evaluación de riesgos derivados de la manipulación manual de cargas*.

Recuperado el 3 de septiembre de 2024, de <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/metodos-de-evaluacion-de-riesgos-derivados-de-la-manipulacion-manual-de-cargas-2023>

- [25] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2016). *Posturas de Trabajo, Evaluación de Riesgos*. Recuperado el 8 de septiembre de 2024, de <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/posturas-trabajo-evaluacion-del-riesgo-2015>
- [26] Khaviya, S. y Manoj, S. (2017). A Risk Assessment Study on Occupational Hazards in Cement Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology* 4 (12), 537. <https://www.irjet.net/archives/V4/i12/IRJET-V4I12102.pdf>
- [27] Kirst, D. y Moura, P. (2014). Análise biomecânica do manuseio de sacos de cimento na construção civil. *Unisonos*. <https://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5422?show=full>
- [28] Luardo, F., Alvarado, K., Alcontin, W., Intes Jr., N., Luzada, J., Abella, L., Ugbinada, J. y Tabios, M. (2024). Musculoskeletal disorders in construction labourers: health risk and mitigation strategies using ergonomic cement trolleys. *European Journal of Modern Medicine and Practice* 4 (6), 487-507. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12578308>
- [29] Marchena, J., Martínez, P., Paredes, J. y Roldan, C. (2019). *Diagnóstico operativo empresarial de la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A. - UNACEM*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15245>

- [30] Martins, J. R., Bacelar, T. C., Bonfim, W. B., Rodríguez, M. V., & Xeres, F. C. (2017). Análise ergonómica no transporte manual de cargas: Um estudo de caso em uma empresa de produção de cimento. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 12(1), 269. <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i1.1627>
- [31] Mas, J., Marzal, J. y Bautista, R. (2020). Effects of Using Immersive Media on the Effectiveness of Training to Prevent Ergonomics Risks. *International Journal of Environmental Research of Public Health* 17 (2592), 1-18. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32290132/>
- [32] Matovalle, D. (2016). *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo en el área de empaçado de una fábrica productora de cemento*. Universitat Politècnica de valencia. <http://hdl.handle.net/10251/68475>
- [33] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2008). *R.M. 375-2008-TR: Norma básica de ergonomía y procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico*. <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/394457-375-2008-tr>
- [34] Monteiro, E. (2014). *Ergonomía Industrial*. UNOPAR. [https://s3.amazonaws.com/cm-cls-content/LIVROS\\_UNOPAR\\_AEDU/Ergonomia%20Industrial.pdf](https://s3.amazonaws.com/cm-cls-content/LIVROS_UNOPAR_AEDU/Ergonomia%20Industrial.pdf)
- [35] Nikolova, A. (2016). *Análisis de transporte de cemento y Clinker*. Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/100216/retrieve>
- [36] Noah, O., Achalu, E. y Kingsley, E. (2022). Physical, Chemical and Biological Factors as Occupational Health and Safety Hazards Among Site Workers in

- Cement Industries in The South-South Region of Nigeria. *European Journal of Mechanical Engineering Research* 9(2), 13-21.  
<https://doi.org/10.37745/ejmer.2014/vol9n21321>
- [37] Sánchez, M., Pérez, G., Gonzáles, D. y Peón, I. (2017). Enfermedades actuales asociadas a los factores de riesgo laborales de la industria de la construcción en México. *Medicina y seguridad del trabajo* 63(246), 28-39.  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0465-546X2017000100028](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2017000100028)
- [38] Superintendencia de Riesgo de Trabajo RT (2024). *Cemento*.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cemento\\_julio\\_2024.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cemento_julio_2024.pdf)
- [39] Piedrabuena, A., & Palomares, N. (2012). *Buenas\_Practicas\_Ergonomia\_Sector\_Cementero.pdf*. Fundación Laborar del Cemento y del Medio Ambiente. [https://www.fundacioncema.org/wp-content/uploads/2017/08/Manual\\_Buenas-pr%C3%A1cticas-para-la-mejora-de-las-condiciones-ergon%C3%B3micas-en-el-sector-cementero\\_F.CEMA\\_.pdf](https://www.fundacioncema.org/wp-content/uploads/2017/08/Manual_Buenas-pr%C3%A1cticas-para-la-mejora-de-las-condiciones-ergon%C3%B3micas-en-el-sector-cementero_F.CEMA_.pdf)
- [40] Ogendengbe, T., Oluranti, A., Ikumapayi, O., Afolalu, S., Musa, A., Ajayeoba, A. y Adeyi, T. (2022). Ergonomics Postural Risk Assessment and Observational Techniques in the 21st Century. *Procedia Computer Science* 217 (2023), 1335-1344. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.331>
- [41] Oliverira, G., Menezes, M., Moreira, D. y Silva, D. (marzo,2015). *Biomecânica aplicada na postura ocupacional e no transporte manual de carga* [Sesión de conferencia]. III Simpósio de engenharia da produção,

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/29703>

- [42] Pacheco, R., Carrasco, F., Campanur, A. y Esquivel, G. (2019). Evaluation of workstation through the ergonomic methods Rodgers, Owas, Niosh and Rula. *Ergonomía: Investigación y Desarrollo* 1 (3), 118-137. [https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia\\_Investigacion/article/view/1352](https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/article/view/1352)
- [43] Pincay, M., Chiriboga, G. y Vega, V. (2021). Posturas inadecuadas y su incidencia en Trastornos Músculo esqueléticos. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo* 30 (2), 161-168. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S3020-11602021000200161&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602021000200161&lng=es&tlng=es).
- [44] Rahmani, R., Shahnavazi, S., Fazli, B. y Ghasemi, F. (2020). Ergonomic Risk Assessment of Musculoskeletal Disorders in a Cement Factory Workers Using QEC Technique. *Pajouhan Scientific Journal* 18 (2), 64-72. <http://psj.umsha.ac.ir/article-1-556-en.html>
- [45] Ricardo, H., Rodríguez, P., Medina, A. y Alcaina, Y. (2020). Implementación de metodología general de solución de problemas a puestos de trabajo en Comercializadora de Cementos. *EPISTEME, Revista digital de Ciencia, Tecnología e Innovación* 7(2), 220-230. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/1649>
- [46] Rodríguez, G., Lobato, J., Sánchez, J., Auso, J. y Córdova, O. (2020). Influencia de las medidas preventivas ergonómicas en el desarrollo de

secuelas por patología no traumática del hombro. *Ergonomía y prevención en secuelas del hombro* 23(2),196-210.  
<https://dx.doi.org/10.12961/apr.2020.23.02.06>

[47] Tillman, B., Fitts, D., Woodson, W., Rose-Sundholm, R. y Tillman, P. (2016). *Human Factors and Ergonomics Design Hand Book*. McGraw-Hill Education.

<https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/c590485ff324cd29/2ba9f9416517c6e6042d9abf2d44344449f439b4af8472ed1f77ba5454b068d3/book-summary.pdf>

[48] Ullah, M. y Maqsood, S. (2021). Evaluation of Repetitive Lifting Tasks Performed In Cement Industries. *International Journal of Engineering Research and Development* 16 (12), 17-25.

<https://www.ijerd.com/paper/vol16-issue12/2/D1612021725.pdf>

[49] Velásquez, C. (2009). *Guía para la prevención de riesgos en la industria del cemento y sus derivados en Castilla y León*. Junta de Castilla y León.

[50] Villar, M. (2015). *Posturas de trabajo, evaluación de riesgos*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo.

[https://www.diba.cat/documents/467843/62020477/Posturas\\_de\\_trabajo.pdf/9b2644df-e73d-49c9-9048-46a14a7b9ff6](https://www.diba.cat/documents/467843/62020477/Posturas_de_trabajo.pdf/9b2644df-e73d-49c9-9048-46a14a7b9ff6)

[51] Vonderheyde, C., & Serna, J. (2021). Implementación de un Programa Ergonómico para reducir riesgos musculo-esqueléticos en el área de embolsado de una empresa de cemento 2021. *Tesis de Pregrado*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/84888>