

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Análisis y cuantificación del riesgo ergonómico en una industria
panadera**

Agustín Francisco Lozano Avila

María Emilia Guerra Quinteros

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Quito, 11 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Análisis y cuantificación del riesgo ergonómico en una industria
panadera**

Agustín Francisco Lozano Avila

María Emilia Guerra Quinteros

Nombre del profesor, Título académico: María Gabriela García, Dr. Sc.

Quito, 11 de diciembre de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: María Emilia Guerra Quinteros

Código: 00322707

Cédula de identidad: 1720749165

Lugar y fecha: Quito, 11 de diciembre de 2024

Nombres y apellidos: Agustín Francisco Lozano Avila

Código: 00322070

Cédula de identidad: 1720929247

Lugar y fecha: Quito, 11 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Este estudio aborda la identificación y evaluación de riesgos ergonómicos en una industria panadera, específicamente en la línea 2 de producción que se enfoca en la elaboración de pan cortado y bollería incluyendo procesos manuales. Como primer paso, se llevó a cabo un análisis preliminar para detectar tareas críticas relacionadas con el manejo manual de cargas y posturas repetitivas o forzadas. Posteriormente, se aplicaron diversas herramientas de evaluación ergonómica, como RULA, REBA, NIOSH y CMDQ, con el fin de determinar los niveles de riesgo en diferentes puestos de trabajo, incluyendo las áreas de empaque, horno y división. Además, se utilizaron encuestas CMDQ para identificar las principales zonas de malestar en los trabajadores y acorde a esos resultados colocar sensores de electromiografía EMG en la espalda baja para medir la actividad muscular durante las tareas.

Se obtuvo que las actividades que presentan manejo manual de cargas tienen un riesgo inaceptable en su mayoría. Los puntajes de riesgo ergonómico obtenidos mediante RULA y REBA fueron entre medios y altos. Mediante el análisis de los datos de electromiografía se determinó que los músculos de la espalda baja presentan una mayor activación cuando el trabajador realiza tareas por debajo de la altura de su cadera. Para mitigar estos riesgos, se evaluaron posibles soluciones ergonómicas como el rediseño del área de trabajo y un manual ergonómico. Finalmente, se analizaron las propuestas desde una perspectiva práctica para determinar su viabilidad dentro del entorno laboral. Los hallazgos del estudio permiten proponer mejoras orientadas a optimizar las condiciones de trabajo y proteger la salud de los empleados.

Palabras clave: ergonomía, manejo de cargas, sensores EMG, CMDQ, RULA, REBA, NIOSH, panadería industrial.

ABSTRACT

This study addresses the identification and assessment of ergonomic risks in an industrial bread factory, specifically on production line 2. As an initial step, a preliminary analysis was conducted to detect critical tasks related to manual handling of loads and repetitive or forced postures. Subsequently, various ergonomic evaluation tools, such as RULA, REBA, NIOSH, and CMDQ, were applied to determine the risk levels in different workstations, including packaging, oven, and division areas. Additionally, CMDQ surveys were used to identify the main areas of discomfort among workers. Based on these results, EMG sensors were placed on the lower back to measure muscle activity during tasks.

The results showed that activities involving manual load handling mostly pose an unacceptable risk. The ergonomic risk scores obtained through RULA and REBA ranged from moderate to high. Electromyography analysis determined that lower back muscles are more activated when workers perform tasks below hip height. To mitigate these risks, potential ergonomic solutions such as workspace redesign and an ergonomic manual were evaluated. Finally, the proposed solutions were analyzed from a practical perspective to determine their feasibility in the workplace. The findings of the study offer recommendations aimed at optimizing working conditions and safeguarding employee health.

Keywords: ergonomics, load handling, EMG sensors, CMDQ, RULA, REBA, NIOSH, industrial bread factory.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	12
2. Metodología	15
2.1 Participantes	15
2.2 Procedimiento	15
2.3 Métodos.....	18
2.3.1 Protocolo EMG	20
2.4 Procesamiento de datos EMG.....	21
2.4.1 Análisis estadístico EMG y puntajes ergonómicos.....	22
2.5 Equipos y Mediciones.....	23
3. Resultados.....	23
3.1 Análisis preliminar.....	23
3.2 Resultados CMDQ.....	26
3.3 Resultados RULA y REBA	29
3.4 Resultados manejo manual de cargas	35
3.5 Resultados estadísticos EMG.....	36
4. Discusión.....	39
4.1 Interpretación de resultados CMDQ	39

4.2 Interpretación de resultados EMG	39
4.3 Interpretación RULA y REBA.....	40
4.4 Interpretación manejo manual de cargas.....	40
4.5 Propuesta de soluciones ergonómicas.....	41
4.5.1 Identificación de problemas.....	41
4.6 Propuesta de solución para cada problema	42
4.6.1 Estandarización de las actividades.....	42
4.6.2 Propuesta para la actividad de recoger moldes	44
4.6.3 Propuesta para las actividades de división y horno	44
4.6.4 Propuesta para el apilamiento de gavetas en el área de empaque	45
4.7 Viabilidad teórica.....	45
5. Conclusiones.....	46
6. Limitaciones.....	48
7. Recomendaciones para futuros estudios	48
8. Referencias.....	49
9. Anexos	53

Índice de figuras

Figura 1 Proceso de evaluación ergonómica	16
Figura 2 Actividades horno.....	16
Figura 3 Actividades división	17
Figura 4 Actividades empaque	17
Figura 5 Resultados promedio CMDQ.....	28
Figura 6 Pareto frecuencia de molestias físicas	29
Figura 7 División 1 bollería posición 1	31
Figura 8 Recoger moldes pan cortado posición 1	32
Figura 9 Empaque 1 posición 1	33
Figura 10 Empaque 1 posición 3	34
Figura 11 Diferencia entre task 1 y 2.....	38
Figura 12 Flujograma del proceso productivo.....	53
Figura 13 División 1 pan cortado posición 2.....	54
Figura 14 División 1 pan cortado posición 3.....	54
Figura 15 División 1 pan cortado posición 4.....	55
Figura 16 División 1 pan bollería posición 1.....	55
Figura 17 División 1 pan bollería posición 2.....	56
Figura 18 División 1 pan bollería posición 3.....	56
Figura 19 División 1 pan bollería posición 4.....	57
Figura 20 División 2 pan cortado posición 1	57
Figura 21 División 2 pan cortado posición 2.....	58
Figura 22 División 2 pan bollería posición 1.....	58
Figura 23 División 2 pan bollería posición 2.....	59
Figura 24 Recoger moldes pan cortado posición 2.....	60
Figura 25 Recoger moldes pan cortado posición 3.....	60
Figura 26 Recoger moldes pan cortado posición 4.....	61
Figura 27 Recoger moldes pan bollería posición 1.....	61
Figura 28 Recoger moldes pan bollería posición 2.....	62
Figura 29 Recoger moldes pan bollería posición 3.....	62
Figura 30 Recoger moldes pan bollería posición 4.....	63
Figura 31 Empaque 1 posición 2	64
Figura 32 Empaque 1 posición 4	64
Figura 33 Empaque 2 posición 1	65
Figura 34 Empaque 2 posición 2	65
Figura 35 Empaque 3 pan cortado posición 1.....	66
Figura 36 Empaque 3 pan cortado posición 2.....	66
Figura 37 Empaque 3 pan bollería posición 1	67
Figura 38 Empaque 3 pan bollería posición 2	67
Figura 39 Cepillo + sistema de aspersión	68

Figura 40 Transpallet eléctrico	68
Figura 41 Apilador de gavetas	69
Figura 42 Manual 1	70
Figura 43 Manual 2	70
Figura 44 Manual 3	71
Figura 45 Manual 4	71
Figura 46 Manual 5	72
Figura 47 Manual 6	72
Figura 48 Manual 7	72
Figura 49 Cronograma tentativo de pausas activas y pasivas	73

Índice de tablas

Tabla 1 RULA Herramienta de evaluación.....	18
Tabla 2 REBA Herramienta de evaluación.....	19
Tabla 3 NIOSH Herramienta de evaluación	19
Tabla 4 Actividades por área	24
Tabla 5 Actividades prioritarias.....	26
Tabla 6 Resultados promedio CMDQ.....	27
Tabla 7 Puntuación RULA y REBA división	30
Tabla 8 Puntuación RULA y REBA horno.....	31
Tabla 9 Puntuación RULA y REBA empaque.....	33
Tabla 10 Puntuación RULA y REBA promedio.....	34
Tabla 11 Índice de carga ecuación NIOSH.....	36
Tabla 12 Resultados EMG	37

1. Introducción

Dentro de las industrias de cualquier índole se debe procurar velar por el bien físico de los trabajadores, se puede usar la ergonomía para hacerlo (García Rondón & Marquez, 2010). La ergonomía es una disciplina científica que estudia la interacción entre el hombre, la máquina y su puesto de trabajo; herramientas y ambiente laboral donde se realizan actividades de esfuerzo físico o mental. En otras palabras, la ergonomía es la ciencia del trabajo (Torres & Rodríguez, 2020). Según el Ministerio de Salud Pública alrededor del 80% de las afecciones en puestos de trabajo son de índole ergonómica (Ministerio de Salud Pública, 2021). Existen ocasiones en las que se realiza la definición de los roles laborales sin considerar un estudio ergonómico, esto genera un aumento de lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores (García Rondón & Marquez, 2010). Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son lesiones que afectan a huesos, músculos, articulaciones, tendones y nervios. Actualmente, son el problema de salud laboral más común y afectan a millones de trabajadores (Junta de Castilla y León, 2012).

La industria alimenticia en Ecuador genera alrededor de 252 000 empleos formales según lo indican el INEC y la Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos y Bebidas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, citado en Flores, 2021). También, en Ecuador cada persona consume en promedio 27 kilogramos de pan anualmente (Benalcazar & Flores, 2023). Esto quiere decir que, al tomar consideraciones ergonómicas se está velando por el bienestar de una industria significativa del país.

En una industria panadera de Ecuador, ubicada en Quito se presentan posiciones en las que se realizan trabajos con manejo manual de cargas, movimientos repetitivos y posturas forzadas. Los trabajos con manejo manual de carga involucran cualquier actividad en la que los trabajadores transporten o sostengan una carga ya sea levantándola, empujándola o tirando de

ella. En cuanto a movimientos repetitivos, estos son una serie de acciones continuas que se realizan de manera constante durante una actividad, involucrando coordinación de músculos, articulaciones, huesos y nervios en una parte específica del cuerpo (Martínez, 2013). Por otro lado, una postura forzada se refiere a mantener una articulación en una posición que supera sus límites naturales, una postura que no es adecuada ni propia del rango normal de movimiento de dicha articulación (Ruiz Barrios et al., 2022).

Para dimensionar el riesgo al que se exponen los trabajadores del área de producción de la línea 2 que se enfoca en producir panes de bollería y pan cortado se usaron herramientas de diagnóstico como CMDQ (Cornell Muscular Discomfort Questionnaires), RULA (Rapid Upper Limb Assesment), REBA (Rapid Entire Body Assesment) y la ecuación de levantamiento NIOSH. Los cuestionarios CMDQ fueron desarrollados por estudiantes de ergonomía graduados de la universidad de Cornell y por el Dr. Alan Hedge, este cuestionario se estructura en tres partes: la frecuencia de las molestias, la gravedad de las molestias y el efecto en la capacidad de trabajo durante la última semana laboral (Hedge, 1999). Contiene un mapa corporal que abarca 12 áreas y la frecuencia promedio de molestias se determina mediante una puntuación (Habibi et al., 2015). El cuestionario RULA ofrece una evaluación general de las cargas que soportan el sistema musculoesquelético debido a posturas en el trabajo, así se puede calcular la exposición a factores de riesgo relacionados con trastornos musculoesqueléticos del miembro superior (Fernández et al., 2008). El objetivo del RULA es saber si los operadores están expuestos a DME en los miembros superiores del cuerpo durante el desarrollo de su trabajo (Gómez-Galán et al., 2020). El cuestionario REBA (Rapid Entire Body Assesment) analiza las posturas de los miembros superiores, extremidades inferiores, cuello y torso; identifica un nivel de riesgo desde

inexistente hasta muy alto (Hita-Gutiérrez et al., 2020). Estos métodos de evaluación son fáciles de implementar y brindan una retroalimentación clara del nivel de riesgo de cada actividad.

Incorporar electromiografía (EMG) nos permite estimar la activación muscular y el esfuerzo de una persona. Los métodos basados en EMG permiten tener una mejor comprensión de cómo una tarea y la activación muscular influyen sobre la carga de la espalda baja. La activación muscular se relaciona con la contracción muscular, proceso en el que los músculos se acortan y estiran para generar movimiento (Banks et al., 2022). Este procedimiento permitirá evaluar las actividades realizadas dentro de las tareas que presenten un mayor riesgo en la línea 2 de producción, que se enfoca en la elaboración de pan cortado y bollería mediante actividades manuales.

Se plantea que el nivel de riesgo de la línea 2 es medio-alto en las posiciones que presentan un manejo manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos. Se espera que las actividades de división, horno y empaque presenten resultados altos en las evaluaciones RULA y REBA. Además, se tiene la hipótesis de que los movimientos repetitivos y posturas forzadas en zonas específicas aumentan las molestias corporales que se tiene en dicha área; esto será evaluado mediante la encuesta CMDQ. En complemento con esta encuesta, se espera que el área con mayor puntuación y frecuencia sea la espalda baja. Por otro lado, se plantea que existe una relación entre las variables (tipo de pan, tipo de actividad, resultados RULA y REBA) y la variable de respuesta de activación muscular obtenida mediante el análisis EMG. Por último, se espera que con un rediseño de la actividad o con soluciones oportunas se reduzca el riesgo ergonómico en la línea 2 de producción, para esto se realizarán pruebas y una evaluación final.

El propósito de esta investigación es dimensionar el nivel de riesgo ergonómico de los trabajadores de la línea 2 de producción que incluye las áreas de: división, horno y empaque.

Determinar el nivel de molestias físicas del personal de planta utilizando el cuestionario CMDQ (Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaires). Evaluar el riesgo ergonómico usando los cuestionarios RULA, REBA y NIOSH mediante el software Ergo Ibv. Además, evaluar la activación muscular del trabajador usando sensores de EMG DELSYS y analizar si tiene correlación con el nivel de riesgo ergonómico calculado. Finalmente proponer mejoras, evaluar su viabilidad y diseñar un manual ergonómico para el uso de la empresa.

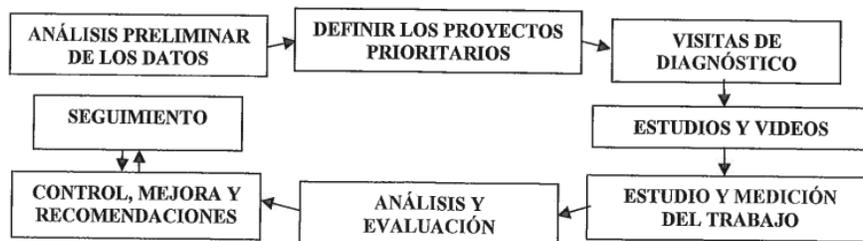
2. Metodología

2.1 Participantes

Para iniciar la investigación, se trabajó con el comité de ética de la universidad para obtener el consentimiento de cada uno de los participantes. Los sujetos firmaron el Formulario de Consentimiento Informado de Participación (2024-078TG, VE03) donde se indicó de lo que trataba la investigación y se pidió su autorización para tomar fotografías, videos y datos en base a su trabajo.

2.2 Procedimiento

Para desarrollar el estudio se usó la metodología de Proceso de Evaluación Ergonómica (PEE) del libro *Ergonomía Ocupacional* cuyos pasos se observan en la Figura 1 (Fernández et al., 2008). Esta metodología es de naturaleza híbrida, en donde se parte desde un análisis preliminar donde se incurrió sobre el área de la planta que necesitaba un estudio ergonómico a detalle. Se habló con la empresa y se concluyó que la línea 2 de producción necesitaba un análisis ergonómico a profundidad.

Figura 1*Proceso de evaluación ergonómica*

Mediante un muestreo no probabilístico y por conveniencia de la empresa, se nos asignó una muestra de 27 personas entre las edades de 20 y 50 años donde las alturas variaban entre 149 cm y 183 cm y los pesos entre 48 kg y 95,5 kg. Para participar se requería que los trabajadores sean activos en la línea 2, que sean del género masculino y que no tengan ninguna discapacidad física (Etikan, 2017). Todos los sujetos que cumplían con los criterios de inclusión fueron considerados para el estudio, en total participaron 27 sujetos. Adicionalmente para la evaluación de activación con electromiografía se utilizó una submuestra de 9 participantes.

La línea 2 de producción incluye las áreas de horno que se divide en: controles de aspersión, controles depanner y recoger moldes; el área de división cuyas subáreas son: controles, envío de moldes y ajustes de masas; por último, el área de empaque que se divide en: acomodar pan, revisión de codificado y apilar gavetas.

Horno

Figura 2*Actividades horno*

División

Figura 3

Actividades división



Empaque

Figura 4

Actividades empaque



También, en esta parte de la investigación se analizó el nivel de molestias corporales actual de los trabajadores mediante el cuestionario CMDQ, así como los factores no ergonómicos relevantes como tiempos de jornada y rotación (Hedge, 1999).

Después de entender claramente cómo funcionaba la línea de producción, se procedió a definir los proyectos prioritarios. Estos se seleccionan a partir del análisis preliminar y priorizando las actividades que presenten manejo manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos que por sus características pueden provocar DME (Martínez, 2013).

Posteriormente, se realizó una visita de diagnóstico en donde se obtuvo el peso de los

objetos a manipular. Se observaron y analizaron las actividades realizadas en cada área y se tomaron mediciones del espacio laboral.

2.3 Métodos

En la etapa de estudios y videos se realizaron grabaciones y fotografías durante la jornada laboral. Los datos multimedia fueron recopilados durante la jornada diurna y nocturna, previo al receso de almuerzo y cena respectivamente. Este procedimiento se realizó en los 3 turnos de trabajo y tuvo una duración de 5-10 minutos por actividad. Las actividades fueron divididas en posturas para la aplicación de las distintas herramientas de evaluación ergonómicas. Los videos y fotos fueron analizados primero en KINOVEA para obtener los ángulos corporales que se formaban en cada posición, luego en Ergo/IBV donde se procesaron y analizaron las imágenes tomadas para desarrollar los cuestionarios RULA, REBA y NIOSH; la interpretación de estos cuestionarios se muestra en las tablas 1, 2 y 3 respectivamente.

Tabla 1

RULA Herramienta de evaluación

Puntuación	Nivel de riesgo de DME
1-2	Riesgo mínimo que no requiere ninguna acción correctiva.
3-4	Riesgo bajo donde podrían ser necesarios pequeños ajustes para evitar posibles inconvenientes.
5-6	Riesgo moderado que exige un análisis más profundo y la implementación de cambios en el corto plazo.
6+	Riesgo crítico que requiere intervenciones inmediatas para prevenir lesiones severas.

(Gómez-Galán et al., 2020)

Tabla 2*REBA Herramienta de evaluación*

Puntuación	Nivel de riesgo de DME
1	Riesgo mínimo que no requiere ninguna acción.
2-3	Nivel bajo de riesgo, donde podrían ser necesarias pequeñas mejoras en la postura o las condiciones laborales.
4-7	Riesgo moderado que exige un análisis más profundo y la implementación de cambios en el corto plazo.
8-10	Riesgo elevado, requiriendo una investigación inmediata y ajustes oportunos.
11+	Riesgo crítico que demanda intervenciones inmediatas para prevenir daños severos.

(Ansari & Sheikh, n.d.-a)

Tabla 3*NIOSH Herramienta de evaluación*

Puntuación	Nivel de riesgo de DME
Índice ≤ 1	Riesgo aceptable.
$1 < \text{índice} < 1.6$	Riesgo moderado.
Índice ≥ 1.6	Riesgo inaceptable.

(Ergo/IBV, 2024)

Las encuestas CMDQ fueron realizadas después de la toma de datos multimedia y de manera individual en un ambiente controlado para evitar sesgos. Se trata de evitar el sesgo por efecto arrastre o “bandwagon effect” en donde el entrevistado se deja influenciar por las

opiniones y resultados del colectivo (Frantz, 2015). La duración de este procedimiento fue de 5-10 minutos por persona y fue realizado previo al inicio de la jornada laboral diurna a las 6:50 AM. La encuesta CMDQ se divide en 3 preguntas, la primera trata sobre la frecuencia con la que el sujeto experimentó dolor en un área corporal durante la última semana; los resultados se califican con 0 si la frecuencia era nula, 1.5 si la frecuencia era de 1 a 2 veces por semana, 3.5 cuando el sujeto indicaba un dolor de 3 a 4 veces por semana, 5 si se presentaba una molestia todos los días y 10 si las molestias se presentan varias veces en el día. La segunda pregunta se refería a que tan molesto fue este dolor para el encuestado; las calificaciones eran de 1, 2 y 3 dependiendo si la respuesta era ligeramente, moderadamente y muy molesto respectivamente. La tercera pregunta era sobre la interferencia de las molestias en su habilidad para trabajar, si la respuesta era que no interfiere el puntaje es de 1, si se indica que interfirió moderadamente el puntaje es de 2 y si influyó considerablemente el puntaje es de 3. Se multiplicaron los puntajes de cada pregunta para obtener la puntuación total, puntuación de frecuencia (0, 1.5, 3.5, 5, 10) por la puntuación de molestia (1, 2, 3) por la puntuación de interferencia (1, 2, 3). Los datos de CMDQ fueron analizados mediante la tabulación de las respuestas en Excel para obtener la ponderación total de cada área.

2.3.1 Protocolo EMG

Varios estudios desarrollan su análisis EMG en la zona baja de la espalda (Taylor et al., 2023; Banks et al., 2022). Esta actividad se realizó en 9 personas por conveniencia y disponibilidad, 3 de cada turno de trabajo en las 3 actividades con mayor riesgo (Etikan, 2017).

Antes de los colocar los sensores, se desinfectó el área en donde iban a ser posicionados con alcohol antiséptico. Los sensores se colocaron en los músculos erectores de la columna, estos estabilizan y movilizan la región lumbar de la columna vertebral (Taylor et al., 2023). Como

menciona Taylor et al. los estudios de estas características suelen colocar los sensores entre las vértebras L1-L5, escogiendo generalmente la posición junto a L3. En esta investigación se colocaron dos sensores, uno a cada lado de la columna vertebral y entre las vértebras L3 y L4 para que estos no interfieran con el pantalón de los participantes.

Una vez colocados los sensores se realizó un ejercicio de normalización en cada uno de los participantes. El sujeto de prueba realizó un ejercicio de flexión lumbar acostado boca abajo, colocando sus manos atrás de su cabeza y ejerciendo su fuerza máxima tratando de levantar el torso, mientras otra persona ejercía fuerza contraria; esto sirvió para obtener un valor de contracción voluntaria máxima (MVC) con el objetivo de analizar el punto de activación muscular más alto (Banks et al., 2022). Se obtuvieron dos resultados de MVC por persona para después obtener un MVC promedio y así normalizar los resultados de la activación muscular que ejercía el participante durante su actividad laboral. Una vez realizado el ejercicio isométrico, el sujeto regresó a su posición de trabajo, donde se tomaron mediciones al inicio, después de 10 minutos y después de 20 minutos en las posiciones de: ARRIBA (el participante realizaba un movimiento de carga sobre la altura de sus hombros 150 cm – 220 cm) y ABAJO (el participante realizaba un movimiento de carga bajo la altura de su cadera 0- 75 cm). La actividad de ambos músculos erectores de la columna se registró a una frecuencia de muestreo de 1926 Hz utilizando un par de sensores Trigno EMG.

2.4 Procesamiento de datos EMG

Con las lecturas de las activaciones MVC de cada sujeto se realizó un análisis usando un código en el software Matlab donde se procesaron estos datos para obtener una media de contracción voluntaria máxima. Posteriormente se normalizaron los resultados MVC de los sujetos con el esfuerzo realizado en cada tarea (Arriba, Abajo). Los resultados de este análisis

fueron los porcentajes de activación muscular en el percentil 10, 50 y 90 y un promedio de activación tanto del lado izquierdo como del lado derecho del erector spinae en comparación con el MVC de cada sujeto. El percentil 10 es un indicador de la activación muscular base y el percentil 90 es el indicador de sobreesfuerzo muscular que el sujeto realiza en su tarea. Con estos datos se procedió a realizar un análisis estadístico.

2.4.1 Análisis estadístico EMG y puntajes ergonómicos

El modelo lineal mixto es clave en estadística aplicada, requiriendo independencia entre observaciones. Se utiliza cuando se toman varias mediciones de un mismo sujeto, asegurando análisis precisos en estudios con datos repetidos (Correa & Morales, 2016). Para relacionar los puntajes de RULA y REBA con los resultados de percentiles de EMG se utilizó un código donde se corrió un modelo lineal mixto en el software SAS.

Variables fijas:

- Score: MEDIO, ALTO.
- Task: 1(movimientos desde o hacia abajo de la cadera), 2 (movimientos desde o hacia arriba de la cadera).

La variable Score se sacó mediante un promedio de los puntajes RULA y REBA de esa actividad. Se designó como “Medio” los puntajes de 6.7 a 7.4 y “Alto” a los puntajes de 7.5 a 8.25. Cabe recalcar que se usó esta metodología ya que los puntajes RULA fueron en su gran mayoría 7, lo cual no iba a generar ninguna diferencia al momento del análisis. En cuanto a la variable Task, el primer nivel “1” se refería a las posiciones de cada sujeto donde recogían o acomodaban objetos por debajo de la altura de su cadera. El segundo nivel “2” se refería a todos los movimientos que el sujeto realizaba por encima de la altura de sus hombros ya sea por acomodar moldes o subir gavetas con pan a un nivel más alto.

Variables aleatorias:

- Sujeto: S001-S009

En este caso la variable aleatoria es el sujeto que realizaba la actividad. Como se hicieron mediciones con los sensores a 9 sujetos, la variable tiene 9 niveles. Los efectos aleatorios se refieren a factores elegidos de manera aleatoria dentro de una población de posibles niveles (Correa & Morales, 2016).

Variable Respuesta:

- Percentil: 10, 50, 90 (derecho e izquierdo)

Para correr el modelo se tomó como variable respuesta los datos de percentiles de la activación muscular.

2.5 Equipos y Mediciones

Para la etapa de análisis se utilizaron las siguientes herramientas:

- KINOVEA: definir posiciones de trabajo y mediciones angulares de flexión y extensión (Sánchez-Robles et al., 2023).
- Ergo/IBV: desarrollo de cuestionarios RULA, REBA y MMC (Ergo/IBV, 2024).
- MATLAB y SAS: procesamiento de datos, normalización y comparación de EMG (MathWorks, 2022).

3. Resultados**3.1 Análisis preliminar**

A partir de visitas de inspección y de un análisis cualitativo, se evaluaron las posiciones de trabajo en la línea 2 de producción. La Tabla 4 presenta las actividades existentes en cada área. Además, se detallan las variables presentes en cada actividad, las cuales pueden cambiar la

estructura de esta, aunque su naturaleza sea similar. Por ejemplo, la actividad de envío de moldes incluye la variable “tipo de molde”, ya que el peso varía entre los moldes de pan cortado y los de bollería.

Asimismo, se especifica la duración de cada actividad en horas de rotación en cada área, durante una jornada laboral de 12 horas. En este análisis, también se determinó si las actividades involucraban manejo manual de cargas, considerando como tal el levantamiento de objetos de más de 3 kg. Finalmente, se identificaron posturas forzadas o repetitivas, evaluando si las tareas exigían movimientos fuera de la zona neutral del cuerpo o si implicaban la repetición de movimientos durante un período prolongado.

Tabla 4

Actividades por área

Área	Actividad	Variable	Duración	Manejo manual de cargas	Posturas forzadas
División	Controles		12 horas	No	No
	Envío de moldes	Tipo de moldes (bollería y cortado)	6 horas	Si	Si
	Ajuste de masas	Tipo de masa (bollería, cortado)	6 horas	No	Si

Horno	Controles aspersión		4 horas	No	No
	Controles depanner		4 horas	No	No
	Recoger moldes	Tipo de moldes (bollería, cortado)	4 horas	Si	Si
Empaque	Acomodar pan	Tipo de pan (bollería, cortado)	4 horas	No	Si
	Revisión de codificado		4 horas	No	Si
	Apilar gavetas	Peso del pan (bollería, cortado)	4 horas	Si	Si

Tras la evaluación preliminar, se estableció el flujograma del proceso productivo, como se muestra en el Anexo A. El proceso inicia en el área de división, pasa por el área de horno y finaliza en el área de empaque. Este análisis sirvió como base para identificar las actividades críticas que pueden representar un mayor riesgo ergonómico. Las actividades prioritarias, en las que se centrará el análisis, se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5*Actividades prioritarias*

Actividad	Herramientas a utilizar
División 1 (Envío de moldes)	RULA, REBA, EMG y NIOSH
División 1 (Ajuste de masas)	RULA y REBA
Empaque 1 (Apilar gavetas)	RULA, REBA, EMG y NIOSH
Empaque 2 (Revisión de codificado)	RULA y REBA
Empaque 3 (Acomodar pan)	RULA y REBA
Horno 1 (Recoger moldes)	RULA, REBA, EMG y NIOSH

3.2 Resultados CMDQ

Tras la aplicación de la encuesta CMDQ, se obtuvieron puntuaciones correspondientes a las distintas zonas corporales de cada participante. A partir de estos resultados, se calculó el promedio de las puntuaciones entre todos los participantes, identificando la espalda baja como la principal área de molestia física en la población analizada. Esta molestia se presenta con mayor frecuencia y afecta significativamente las habilidades de los trabajadores en el desempeño de sus tareas.

Los resultados promedio de la encuesta se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6*Resultados promedio CMDQ*

Área	Puntuación promedio	Desviación
Cuello	3.30	5.04
Hombro derecho	0.80	1.33
Hombro izquierdo	0.46	1.16
Espalda	4.02	8.70
Brazo superior derecho	0.96	2.05
Brazo superior izquierdo	0.70	2.05
Espalda baja	8.59	13.53
Antebrazo derecho	0.59	2.00
Antebrazo izquierdo	0.96	2.69
Muñeca derecha	4.15	11.09
Muñeca izquierda	3.28	9.12
Cadera/Glúteo	0.80	1.50
Muslo derecho	0.43	1.40
Muslo izquierdo	0.43	1.40
Rodilla derecha	1.96	5.48
Rodilla izquierda	2.50	6.94
Pie derecho	7.11	2.31
Pie izquierdo	7.11	2.31

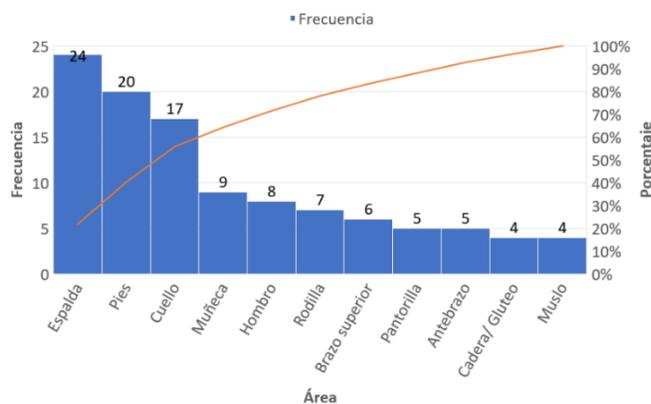
La Figura 5 muestra los resultados de la Tabla 6, donde se evidencia la puntuación promedio por área y la variabilidad en cada una. La espalda baja presenta la puntuación promedio más alta, con un valor de 8.59, además de la mayor variabilidad. Esto se debe a que la mayoría de los participantes reportaron altos niveles de molestia en esta zona, mientras que otros no presentaron molestias significativas.

Figura 5

Resultados promedio CMDQ



Debido a la alta variabilidad en las áreas con mayor puntaje, se elaboró también un diagrama de frecuencia. En la Figura 6 se muestra la frecuencia de respuesta de los 27 participantes por cada área corporal; cualquier respuesta que indicara desde una molestia leve hasta severa se consideró como molestia física. Los resultados revelan que el 80% de las molestias físicas se concentran en las siguientes áreas: espalda, pies, cuello, muñecas, hombros y rodillas. Además, el 50% dichas molestias corresponden exclusivamente a la espalda y los pies.

Figura 6*Pareto frecuencia de molestias físicas*

3.3 Resultados RULA y REBA

A partir de los videos y fotografías, se aplicaron los cuestionarios RULA y REBA, los cuales presentaron puntuaciones máximas de 7 y 9, respectivamente, representando un nivel de riesgo elevado. Cada actividad prioritaria se dividió en posiciones específicas para realizar los cuestionarios, con el objetivo de analizar subactividades o posturas diferentes dentro de cada actividad general.

La Tabla 7 presenta los resultados obtenidos en el área de división. Estos indican que la actividad con mayor riesgo es la de división 1 cortado, específicamente la postura 1, que consiste en enviar moldes desde una altura baja. Esta actividad obtuvo una puntuación RULA de 7, lo que sugiere la necesidad de una acción inmediata, y una puntuación REBA de 9, lo cual indica un riesgo alto; esta actividad se ilustra en la Figura 7.

Sin embargo, todas las posiciones en las actividades de división 1 cortado y bollería presentan puntuaciones elevadas en RULA. En el caso de REBA, las puntuaciones son más fluctuantes, pero también mantienen una tendencia alta. En la actividad de división 2, se observaron resultados más bajos, con un nivel de riesgo medio y una recomendación de acción

posible a corto plazo, lo cual indica que esta actividad es menos riesgosa y podría beneficiarse de algunos ajustes, aunque no es prioritaria.

Todas las actividades y posturas de esta área se encuentran documentadas en el Anexo B.

Tabla 7

Puntuación RULA y REBA división

Actividad	Posición	Descripción	Puntuación RULA	Puntuación REBA
División 1 cortado (envío de moldes)	1	Enviar moldes desde una altura baja	7	9
	2	Enviar moldes desde una altura media	6.6	6.6
	3	Enviar moldes desde una altura superior	7	8
	4	Giro al tomar los moldes	7	6
División 1 bollería (envío de moldes)	1	Enviar moldes desde una altura baja	7	8.3
	2	Enviar moldes desde una altura media	7	6.3
	3	Enviar moldes desde una altura superior	7	6
	4	Giro al tomar los moldes	7	6
División 2 cortado (acomodar masas)	1	Posición neutral, acomodando masas	4	6.6
	2	Estirarse hacia delante	5.5	6
División 2 bollería (acomodar masas)	1	Posición neutral, acomodando masas	4.6	5.6
	2	Estirarse hacia delante	4.6	5.3

Figura 7

División 1 bollería posición 1



Los resultados del área de horno se presentan en la Tabla 8. En esta zona se evaluó la actividad de "recoger moldes", la cual incluye las variables de pan cortado y bollería. La posición más riesgosa dentro de esta actividad corresponde a la posición 1 de la variable de pan cortado, en la cual se colocan moldes a una altura baja. Esta postura obtuvo una puntuación RULA de 7, indicando la necesidad de una acción inmediata, y una puntuación REBA de 9.5, reflejando un nivel de riesgo alto. Esta actividad se ilustra en la Figura 8.

En cuanto a la variable de bollería, las posiciones 1 y 2, que consisten en limpiar moldes con un cepillo y agitar moldes, respectivamente, también presentan puntuaciones elevadas y requieren un nivel de acción inmediato. Todos los detalles de las posiciones evaluadas en esta área están disponibles en el Anexo C.

Tabla 8

Puntuación RULA y REBA horno

Actividad	Posición	Descripción	Puntuación RULA	Puntuación REBA
Recoger moldes cortado	1	Colocar moldes en una altura baja	7	9.5
	2	Colocar moldes en una altura media	6.5	5.5

	3	Colocar moldes en una altura superior	7	7
	4	Giro al recoger los moldes	7	8.5
Recoger moldes bollería	1	Limpiar moldes con un cepillo	7	8
	2	Agitar moldes	7	8
	3	Colocar moldes en una altura baja	6	8
	4	Colocar moldes en una altura superior	7	6

Figura 8

Recoger moldes pan cortado posición 1



Los resultados del área de empaque se presentan en la Tabla 9. La actividad de empaque incluye las variables de bollería y cortado, manteniendo la misma estructura independientemente de la variable. Esta actividad presenta las posiciones de mayor riesgo, siendo la posición 1, en la que se coloca pan en una altura baja, y la posición 3, en la que se alcanzan gavetas a una altura superior. La puntuación RULA fue de 7 en la primera posición y 6.6 en la tercera. Por otro lado, las puntuaciones REBA fueron de 6.4 y 8.2, respectivamente, lo que indica que ambas actividades requieren un nivel de acción inmediato y representan un riesgo alto. La puntuación REBA fue superior en la posición 3 debido al peso adicional, ya que se manipulan una o dos gavetas de aproximadamente 10 kg cada una. Ambas posiciones se ilustran en la Figura 9 y Figura 10.

Las actividades de empaque 2 y 3 presentan resultados más bajos, con un nivel de acción que podría requerir investigación adicional, aunque no es prioritario, y representan un riesgo medio/bajo. Todas estas actividades y posturas se encuentran detalladas en el Anexo D.

Tabla 9

Puntuación RULA y REBA empaque

Actividad	Posición	Descripción	Puntuación RULA	Puntuación REBA
Empaque 1 bollería y cortado	1	Colocar pan en una altura baja	7	6.4
	2	Colocar pan en una altura media	4.4	4.2
	3	Alzar gavetas de pan a una altura superior	6.6	8.2
	4	Giro al recoger el pan	6.2	5.8
Empaque 2 bollería y cortado	1	Revisión del codificado	3.75	4.25
	2	Posición neutral	4.25	5.25
Empaque 3 cortado	1	Posición neutral	3.75	4.25
	2	Estirarse	5.25	5.75
Empaque 3 bollería	1	Acomodar pan	3.75	4.25
	2	Giro para colocar pan en la banda transportadora	5.25	5.75

Figura 9

Empaque 1 posición 1

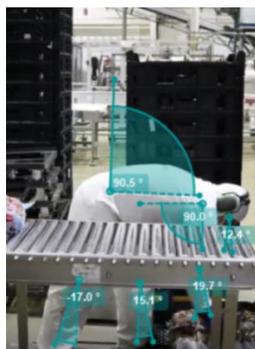
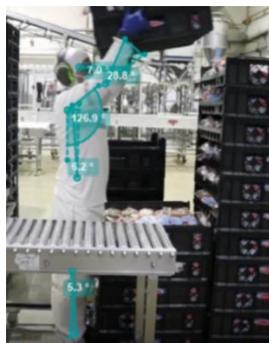


Figura 10*Empaque 1 posición 3*

La Tabla 10 presenta los resultados promedio de todas las actividades de la línea 2 de producción, incluyendo todas sus posiciones. La actividad de “recoger moldes” en las secciones de pan cortado y bollería presenta un nivel de riesgo alto y requiere una acción inmediata. En el área de división, la actividad “división 1”, que consiste en enviar moldes, también demanda una intervención inmediata debido a su nivel de riesgo. En el área de empaque, la actividad más riesgosa es “empaque 1”, que implica apilar gavetas y trabajar con el mayor peso en toda la línea de producción. Estas tres actividades comparten un denominador común: en todas se realiza manejo manual de cargas.

Tabla 10*Puntuación RULA y REBA promedio*

Actividad	Puntuación REBA	Nivel de riesgo	Puntuación RULA	Nivel de acción
División 1 bollería	7	Medio	7	4-Inmediato
División 2 bollería	5.5	Medio	4.6	3-Pronto
División 1 cortado	7.36	Medio	6.9	4-Inmediato
División 2 cortado	6.4	Medio	4.6	3-Pronto

Empaque 1	6.15	Medio	6.05	3-Pronto
Empaque 2	4.75	Medio	4	2-Posible
Empaque 3	4.87	Medio	4.5	2-Posible
Recoger moldes bollería	7.5	Alto	6.75	4-Inmediato
Recoger moldes cortado	7.6	Alto	6.8	4-Inmediato

3.4 Resultados manejo manual de cargas

Para estudiar a mayor profundidad las actividades que presentaron un riesgo elevado en los cuestionarios RULA y REBA, se utilizó el módulo de Manejo Manual de Carga (MMC) del software ERGO/IBV, basado en la ecuación de levantamiento de NIOSH. Este módulo proporciona un índice de carga por actividad individual y un índice compuesto para actividades combinadas. Para esto, se tomaron en cuenta los distintos métodos empleados por los operadores en cada tarea.

En el área de empaque, por ejemplo, algunas personas suben dos gavetas a la vez, mientras que otras suben una sola. En el área de división, algunos trabajadores levantan los moldes solo con una mano y otros con ambas. Las actividades de división y recolección de moldes se realizan tanto desde una altura baja como desde una altura elevada.

Como se muestra en la Tabla 11, la actividad con mayor riesgo es la de recoger moldes en horno, que presenta un índice compuesto de 4.91, lo cual implica un riesgo inaceptable. Además, al levantar dos gavetas, el índice de carga se duplica en comparación con levantar una sola, incrementando significativamente el nivel de riesgo. Asimismo, en el área de división, el método utilizado influye en el índice compuesto; levantar moldes con una sola mano eleva el índice a 2.6, lo que representa un riesgo inaceptable, mientras que realizar la tarea con ambas manos reduce el riesgo a un nivel elevado, con un índice compuesto de 1.53.

Tabla 11*Índice de carga ecuación NIOSH*

Área	Actividad	Índice de carga	Índice compuesto
Empaque	Alzar 2 gavetas	2.64	2.64
	Alzar 1 gaveta	1.23	1.23
División	Levantar moldes arriba 2 manos	0.68	1.53
	Levantar moldes abajo 2 manos	0.85	
	Levantar moldes arriba 1 mano	1.18	2.6
	Levantar moldes abajo 1 mano	1.08	
Horno	Recoger moldes abajo	2.02	4.91
	Recoger moldes arriba	2.26	

3.5 Resultados estadísticos EMG

El modelo se corrió varias veces alternando la variable respuesta por percentil y por lado para ver si existía correlación entre la variable Task y Score. Cabe recalcar que también se consideró la variable “pan” para el análisis del modelo lineal mixto. Esta variable tenía 2 niveles, cortado y bollería que corresponden a las clases de pan que se producen en la línea 2 y que tienen

distintos pesos por lo que se quiso investigar sobre su efecto en el porcentaje de activación muscular de los sujetos. Los resultados señalaron que la variable “pan” no tuvo un efecto en las variables de respuesta. Por otro lado, como se puede observar en la Tabla 12 para el percentil 10 y 50 tanto para el lado izquierdo como para el derecho, los resultados indicaron que las variables Task y Score no estaban relacionadas ya que sus valores p eran mayores al valor Alpha determinado de $\alpha = 0.05$. El nivel de significancia, representado como α , suele fijarse en 0.05. Si el valor P calculado u observado es menor que α , se puede descartar la hipótesis nula (H_0) (Mascha & Vetter, 2018). Sin embargo, para el percentil 90 se muestra una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles 1 y 2 de la variable Task. Por otro lado, también en cuanto a la variable promedio_izquierdo se puede observar que el valor p es de 0.0386.

Tabla 12

Resultados EMG

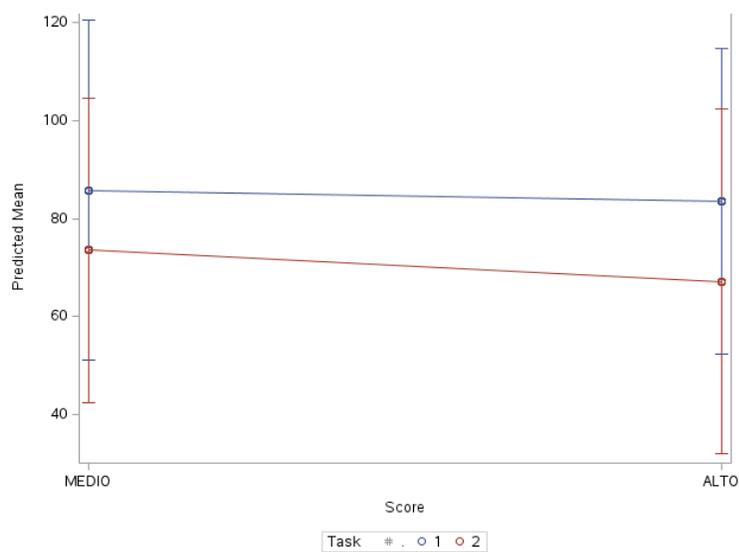
<i>Variable Resuesta</i>	<i>Efecto</i>	<i>Adj. P</i>	<i>Task</i>	<i>Mean%</i>	<i>Error Estándar</i>
P10_derecho	<i>Task</i>	0.5426	1	19.215	3.672
			2	21.263	3.726
P10_izquierdo	<i>Task</i>	0.8132	1	19.261	3.075
			2	18.491	3.125
P50_derecho	<i>Task</i>	0.9982	1	34.235	5.064
			2	34.245	5.138
P50_izquierdo	<i>Task</i>	0.3762	1	37.187	5.005
			2	32.811	5.090
P90_derecho	<i>Task</i>	0.0367*	1	76.624	5.599

			2	59.403	5.790
P90_izquierdo	Task	0.0425*	1	84.6884	14.866
			2	70.3167	14.890
Promedio_derecho	Task	0.5241	1	43.578	4.889
			2	39.936	5.003
Promedio_izquierdo	Task	0.0386*	1	56.588	10.3039
			2	42.0048	10.3864

En la Figura 11 se muestra visualmente los resultados en el percentil 90 donde Task 1 (línea azul) tiene una media predicha más alta que Task 2 (línea roja). También se observa que en ambos niveles de Score (MEDIO y ALTO) existe una falta de una diferencia significativa ya que las líneas están prácticamente horizontales entre sí. Por último, se ve la ausencia de una interacción relevante entre Score y Task.

Figura 11

Diferencia entre task 1 y 2



4. Discusión

4.1 Interpretación de resultados CMDQ

Los resultados de las encuestas CMDQ mostraron a la espalda baja como la principal área de molestia física en los trabajadores. Asimismo, en un estudio donde participaron 101 enfermeras en el cual se usó el cuestionario de CMDQ se encontró que el 70% de desórdenes musculoesqueléticos se ubicaban en la espalda baja (Omidi et al., 2017). Esto sugiere que es uno de los lugares más recurrentes de dolencia en trabajadores de fábricas y es una zona apta para investigar más a fondo y tomar acciones preventivas.

4.2 Interpretación de resultados EMG

En cuanto a los resultados obtenidos con EMG, sugieren que el tipo de tarea ya sea desde/hacia abajo (1) o desde/ hacia arriba (2) influye en el porcentaje de activación muscular en cuanto a sobreesfuerzo ya que se analizó el resultado en el percentil 90. La electromiografía muestra la suma de los potenciales de acción de las fibras musculares en una unidad motora, registrada con electrodos o sensores. El voltaje detectado refleja la actividad total de las unidades motoras activas (del Olmo & Domingo, 2020).

En este caso el task 1 tiene la mayor activación muscular, lo que quiere decir que el músculo de la espalda baja se activa más con los trabajos que requieren agacharse. También, no hay evidencia suficiente para afirmar que los niveles de puntuación de la variable Score (MEDIO y ALTO) o las interacciones específicas entre variables tengan un efecto significativo en el percentil 90 de sobreesfuerzo muscular. También se muestra que el lado izquierdo de los músculos erectores de la espalda en promedio se activa más que el lado derecho, lo que sugiere que en promedio los trabajadores activan más su músculo del lado izquierdo durante sus actividades. Estudios realizados sobre aplicaciones de EMG demuestran una alta fiabilidad en

condiciones de laboratorio, utilizando datos de EMG recopilados de los mismos músculos (del Olmo & Domingo, 2020).

4.3 Interpretación RULA y REBA

En cuanto al cuestionario RULA, de las 9 actividades identificadas 4 indicaron que se necesita un nivel de acción de cambio inmediato, es decir el 44% de las actividades tienen una puntuación RULA de 6.5 a 7 lo cual indica un riesgo alto. Un estudio en una industria en India examinó a trabajadores donde sus actividades requerían de esfuerzo manual, así como el de máquinas. En dicho estudio se encontró que alrededor del 40% de los trabajadores estaban operando con un alto riesgo según RULA, de igual forma este análisis se realizó dividiendo las actividades en categorías (Ansari & Sheikh, n.d.-b). También, el 33% de las actividades necesitan un nivel de acción de cambio pronto y posible respectivamente.

Por otro lado, las puntuaciones REBA indicaron un nivel de riesgo medio y alto en todas las actividades, donde “empaques 2” de revisión de codificado de panes obtuvo el menor puntaje de 4.5. También, “recoger moldes” de la variable de pan cortado recibió el mayor puntaje con 7.5. Esto indica que en las actividades de alto riesgo el nivel de acción debe ser necesario y pronto. En un estudio de la Universidad Internacional SEK se realizó un análisis ergonómico en una panadería pequeña de la ciudad de Quito en los resultados se determinó que la espalda baja tiene una afección del 58.8%. De la misma manera se realizaron evaluaciones de puestos de trabajo usando REBA donde el riesgo ergonómico resultó de alto a muy alto dependiendo la actividad del trabajo (Vilela & Rubén Vásquez, 2022).

4.4 Interpretación manejo manual de cargas

Se puede decir que, en base a los resultados, el 25% de las actividades donde se maneja carga tienen un riesgo aceptable, 37.5% riesgo elevado y 37.5% un riesgo inaceptable. Según un

estudio epidemiológico donde se evalúa la ecuación de levantamiento de NIOSH en una industria, la conclusión fue que, si el índice de carga aumenta, las probabilidades de que exista dolor en la espalda baja aumentan también (Anda, 2019).

4.5 Propuesta de soluciones ergonómicas

4.5.1 Identificación de problemas

A partir de los resultados, se determinó que las áreas del cuerpo con mayor dolencia son la espalda baja y los pies. En la zona lumbar, esta dolencia se debe a las posturas forzadas que adoptan los operadores durante el envío de moldes, la recolección de moldes y el apilado de gavetas. Estas actividades requieren que los trabajadores se agachen repetidamente o se eleven para colocar o recoger objetos desde alturas considerables. Además, en estas áreas se realiza manejo manual de cargas, ya que se manipulan pesos de hasta 16 kg tanto en los moldes como en las gavetas.

El peso de un molde de bollería es aproximadamente 3.5 kg, mientras que en pan cortado el peso alcanza los 6 kg. A su vez, cada gaveta llena puede pesar hasta 8 kg. Estos factores no solo afectan la zona lumbar, sino también las rodillas, hombros y muñecas. Por otro lado, los pies también se ven afectados debido a las largas jornadas que los operadores deben permanecer de pie.

Un problema observado durante la toma de datos fue la variabilidad en la forma en que los operadores realizan las actividades. Cada turno de trabajo empleaba métodos distintos, lo que provocaba que algunos trabajadores se expongan a un mayor riesgo que otros.

4.6 Propuesta de solución para cada problema

4.6.1 Estandarización de las actividades

Se desarrolló un manual para la empresa que incluye las técnicas correctas para realizar cada actividad, el posicionamiento adecuado del espacio de trabajo, recomendaciones ergonómicas y pausas activas y pasivas para reducir el riesgo ergonómico. Este manual se encuentra disponible en Anexo F y está diseñado para servir como una herramienta práctica en la prevención de lesiones laborales.

El principal enfoque del manual recae en las técnicas de levantamiento de objetos, donde se recomienda sujetar los objetos con ambas manos, manteniéndolo cerca del cuerpo y colocando los pies firmes en el piso a una altura del ancho de los hombros (Cheng et al., 2005).

Se compararon tres métodos principales de levantamiento de objetos:

- **Encorvarse:** flexionando el tronco para sujetar el objeto.
- **Squat** (sentadilla completa): una técnica que involucra más músculos, pero mantiene una carga significativa sobre la espalda baja.
- **Semi-squat** (sentadilla parcial): una técnica intermedia que equilibra la carga entre los músculos de las piernas, la cadera y la espalda.

Según estudios, la técnica de *squat* involucra más músculos durante el levantamiento, lo que disminuye la sobrecarga en ciertas áreas específicas. Sin embargo, con respecto a la zona lumbar, sigue presentando una carga considerable. Por su parte, la técnica de encorvarse utiliza menos músculos en general, pero aumenta el estrés directo en la espalda baja, incrementando el riesgo de lesiones (Wang et al., 2012).

Debido a la alta frecuencia de levantamientos en la empresa, se recomienda emplear la técnica de *semi-squat*. Este método combina lo mejor de las otras dos técnicas, distribuyendo la carga entre

las piernas, la cadera y la espalda (Washmuth et al., 2022). Para realizar correctamente un *semi-squat*, se deben seguir estos pasos: flexionar ligeramente las rodillas, mantener la espalda recta durante todo el movimiento, sujetar firmemente el objeto con ambas manos y levantarlo empleando la fuerza de las piernas y la cadera, evitando movimientos bruscos (Washmuth et al., 2022) (Wang et al., 2012).

Además, el manual aborda la distribución óptima de los insumos de trabajo, como pallets y moldes, para evitar giros innecesarios y posturas inadecuadas que aumenten el riesgo ergonómico. Se incluye una guía para la ubicación ideal del operador en el espacio de trabajo con el fin de minimizar los movimientos repetitivos y las posiciones forzadas.

El manual también proporciona una guía detallada sobre pausas activas y pasivas. Las pausas activas combinan ejercicios diseñados para aliviar la tensión muscular generada por movimientos repetitivos y posturas prolongadas. Por otro lado, las pausas pasivas consisten en momentos de descanso completo que favorecen la recuperación física y mental (Vitoulas et al., 2022).

Se recomienda lo siguiente:

- **Pausas activas:** realizar ejercicios de 5 a 10 minutos cada 3 horas.
- **Pausas pasivas:** programar descansos de entre 5 y 10 minutos cada 6 horas.

Estas medidas están diseñadas para mejorar el bienestar de los trabajadores y reducir el riesgo de lesiones ocupacionales en trabajos de pie (Vitoulas et al., 2022).

De acuerdo con los resultados obtenidos en las evaluaciones de RULA y REBA, se recomienda rediseñar las actividades de envío, recolección de moldes y apilamiento de gavetas en el área de empaque para reducir los riesgos ergonómicos.

4.6.2 Propuesta para la actividad de recoger moldes

Se propuso la instalación de un sistema compuesto por un cepillo limpiador de moldes y un sistema de aspersión de aire para eliminar las semillas acumuladas en los moldes. Este cambio eliminaría la subactividad de limpiar los moldes manualmente con un cepillo y agitarlos, reduciendo el tiempo y esfuerzo físico requerido. En términos de impacto ergonómico, la puntuación RULA disminuiría de 6.8 a 6.4, mientras que la puntuación REBA se reduciría de 7.6 a 7, logrando en ambos casos una disminución del nivel de riesgo de "alto" a "medio". El costo estimado para implementar esta solución sería de \$490 para el cepillo limpiador y \$1,500 para el sistema de aspersión de aire (Minga, 2024).

4.6.3 Propuesta para las actividades de división y horno

Se evaluó la incorporación de un transpallet eléctrico con capacidad para elevar moldes hasta una altura media de aproximadamente 1 metro, facilitando tanto la recolección como el envío. Actualmente, la empresa dispone de transpallets mecánicos y eléctricos, pero estos solo permiten trasladar los moldes sin ajustarse a una altura ergonómica. El equipo propuesto tiene una capacidad máxima de 1,500 kg, lo que es suficiente para manejar un pallet con moldes, cuyo peso máximo es de 1,000 kg. Además, su portabilidad lo hace útil tanto en las áreas de división como en horno.

En cuanto al impacto ergonómico, en el área de horno, los resultados del análisis indican que el puntaje en RULA disminuiría de 6.8 a 6 y en REBA de 7.6 a 6.5. En el área de división, los puntajes de RULA se reducirían de 7 a 6 y los de REBA de 7 a 5.5. En ambos casos, el nivel de riesgo descendería de "alto" a "medio", eliminando las actividades que requieren agacharse para manipular moldes.

El costo estimado del equipo oscila entre \$4,500 y \$22,000, dependiendo del modelo seleccionado (Macías,2024) (Freire, 2024b).

4.6.4 Propuesta para el apilamiento de gavetas en el área de empaque

Se planteó la implementación de un apilador de gavetas automático, que simplificaría significativamente esta tarea. El operador continuaría colocando el pan en las gavetas, pero estas se deslizarían por una rampa hacia la máquina, que se encargaría de apilarlas automáticamente hasta alcanzar el máximo permitido. Una vez apiladas, el sistema empujaría las columnas de gavetas hasta el coche de empaque.

En términos de impacto ergonómico, el puntaje en RULA disminuiría de 6.05 a 5.3 y en REBA de 6.15 a 5. Esto permitiría reducir el nivel de riesgo de "alto" a "medio", eliminando las subactividades de agacharse y levantar gavetas repetidamente, lo que implica que ya no existiría el manejo manual de cargas.

El costo estimado para la implementación de este sistema oscila entre \$20,000 y \$30,000, dependiendo del modelo y las especificaciones requeridas (Freire, 2024a).

Los elementos presentes en el rediseño de las actividades se muestran en el Anexo E.

4.7 Viabilidad teórica

Una capacitación es la opción más viable a corto plazo, ya que no implica una inversión en maquinaria u otros equipos. Es recomendable realizar capacitaciones periódicas para asegurar que los conceptos se mantengan presentes. Por otro lado, el rediseño de la actividad es menos viable por el costo, aunque resulta necesario. El cepillo con sistema de inyección de aire tiene una cotización de \$2000. Los transpallets eléctricos, tras considerar varias opciones, tienen un precio aproximado entre \$4500 y \$22000. Este equipo sería útil en las áreas de división y horno,

al igual que una mesa ajustable, cuyo precio ronda entre \$4000 y \$10000. Estos elementos, al ser móviles y fáciles de almacenar, representan una solución práctica en términos de espacio.

Finalmente, la apiladora de gavetas requiere una mayor inversión y más espacio, con un precio aproximado entre \$20000 y \$30000. Sin embargo, debido a las limitaciones de espacio, sería necesario reubicar una sección de la línea 2 de producción para poder instalarla adecuadamente.

5. Conclusiones

En conclusión, según los resultados de las encuestas CMDQ el 80% de molestias físicas se encuentran en las rodillas, hombros, muñecas, cuello, pies y espalda baja. El 50% de estas molestias son en la espalda y pies. Estos resultados también son compartidos por estudios realizados en otras industrias. La decisión de colocar los sensores de electromiografía en la espalda baja se relaciona con los resultados CMDQ, donde esta área tuvo la mayor puntuación de molestia física. Se logró medir satisfactoriamente la activación del músculo erector de la espalda de 9 participantes en 3 áreas distintas por cada uno de los 3 turnos. Con dichas mediciones se obtuvo la contracción voluntaria máxima de cada participante para posteriormente normalizar estos datos con los de sus actividades laborales normales. En cuanto a los cuestionarios RULA y REBA, la mayor parte de las actividades obtuvieron puntajes altos, 7 siendo el más alto en RULA y 9 en REBA. Se determinó que la actividad de mayor riesgo es la de enviar moldes en la sección de división de la línea 2. Se buscaron relaciones entre los puntajes RULA y REBA y los porcentajes de activación muscular. Se encontró que el puntaje ergonómico y el tipo de pan no son variables que tienen relación directa con el nivel de sobreesfuerzo de los músculos erectores de la espalda ya que la gran parte de los puntajes ergonómicos son altos. Por otro lado, el tipo de actividad (agacharse) si implica un esfuerzo mayor en los músculos de la espalda baja. En el lado

derecho se tiene una activación promedio de 76.624% de los músculos erectores con respecto a su fuerza máxima; el lado izquierdo presenta una activación promedio de 84.688%. Esto indica que existe una mayor activación muscular en el lado izquierdo en comparación con el derecho.

En cuanto a los resultados con la ecuación de levantamiento NIOSH, las tareas que implican manejo manual de cargas tienen un índice de riesgo ergonómico más alto que las que solo presentan tareas repetitivas. También, importa mucho la técnica con la que los operadores realicen su trabajo por lo que siempre se debe priorizar el manipular la menor cantidad de peso posible con el uso de ambas manos. Para mejorar las condiciones de trabajo, se facilitó a la empresa un manual con el propósito de estandarizar los procesos y reducir el riesgo. También, se recomienda en el manual incrementar el número de pausas activas como pasivas. Se pueden implementar mejoras mecánicas en la planta que reducirían el riesgo y eliminarían el manejo manual de carga de algunas actividades. Se cotizó maquinaria como un transpallet eléctrico, una apiladora de gavetas automática y un cepillo con un sistema de aspersion para limpiar el ajonjolí de los moldes.

Tomando en cuenta el aspecto económico, la inversión total para el rediseño es de alrededor de \$40000. Sin embargo, teniendo en cuenta el riesgo al que está expuesta la empresa de indemnizar a sus trabajadores en caso de lesión (alrededor de \$25000 por persona) (Guanoluisa, 2022). Si tan solo se lesionan 2 personas esto ya tendría un costo mayor para la empresa. Por lo tanto, no solo brinda un beneficio de seguridad, sino que también uno económico a largo plazo para la empresa.

6. Limitaciones

Dentro de este estudio se presentaron algunas limitaciones. Por ejemplo, la disponibilidad de los trabajadores fue un desafío, especialmente para la colocación de los sensores. Debido a que la planta opera en producción continua, resultó complicado retirar a un trabajador de su puesto sin afectar el proceso productivo. Otro factor influyente fueron las condiciones específicas del entorno laboral, como las altas temperaturas a las que están expuestos los operadores y el nivel de ruido en la planta, que podrían afectar la postura y el desempeño de los trabajadores. En cuanto a los métodos utilizados (RULA, REBA, NIOSH, CMDQ y EMG), si bien son ampliamente aplicados para evaluar posturas y manejo manual de cargas, no abordan aspectos como la carga cognitiva y el estrés psicológico, los cuales también pueden influir significativamente en el riesgo ergonómico. El espacio físico dentro de la planta representó otra limitación importante para la implementación de soluciones. Al ser reducido, sería necesario reestructurar gran parte de la línea de producción para instalar nuevos equipos de gran tamaño o que requieran una ubicación fija. Por último, el factor económico constituye una limitación, ya que las soluciones deben ajustarse al presupuesto disponible de la empresa.

7. Recomendaciones para futuros estudios

Se recomienda ampliar el análisis a otras líneas de producción de la planta para obtener una visión más integral del riesgo ergonómico. También, se podría utilizar sensores de electromiografía EMG en una mayor proporción de la población laboral, o idealmente en todos los trabajadores, con el fin de obtener datos más precisos y representativos. Finalmente, se recomienda incluir un análisis psicosocial para evaluar el impacto de factores como el estrés laboral, la carga mental y la satisfacción del trabajador, dado que estos también pueden influir significativamente en la exposición al riesgo ergonómico.

8. Referencias

- Anda, C. (2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO "ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO DE CARGA BASADO EN LA*.
- Ansari, N. A., & Sheikh, M. J. (n.d.-a). Evaluation of work Posture by RULA and REBA: A Case Study. In *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* (Vol. 11, Issue 4). www.iosrjournals.orgwww.iosrjournals.org18|
- Ansari, N. A., & Sheikh, M. J. (n.d.-b). Evaluation of work Posture by RULA and REBA: A Case Study. In *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* (Vol. 11, Issue 4). www.iosrjournals.orgwww.iosrjournals.org18|
- Banks, J. J., Umberger, B. R., & Caldwell, G. E. (2022). EMG optimization in OpenSim: A model for estimating lower back kinetics in gait. *Medical Engineering and Physics*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2022.103790>
- Benalcazar, G., & Flores, R. (2023). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58490>
- Cheng, -S, Cheng, T.-S., & Lee, T.-H. (2005). Journal of Occupational Health Lifting Strengths in Different Horizontal Distances of Objects to be Lifted. In *J Occup Health* (Vol. 47).
- Correa, J. C., & Morales, J. C. (2016). *INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS MIXTOS*.
- del Olmo, M., & Domingo, R. (2020). EMG characterization and processing in production engineering. In *Materials* (Vol. 13, Issue 24, pp. 1–28). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma13245815>
- Ergo/IBV. (2024). *Ergo/IBV | Software para la evaluación de riesgos ergonómicos*. <https://www.ergoibv.com/es/>
- Etikan, I. (2017). Sampling and Sampling Methods. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 5(6). <https://doi.org/10.15406/bbij.2017.05.00149>
- Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., & Ibarra, G. (2008). *Ergonomía Ocupacional* (2nd ed.).
- Frantz, R. (2015). BANDWAGON EFFECT. In *Real-World Decision Making: An Encyclopedia of Behavioral Economics* (pp. 23–24). Bloomsbury Publishing Plc. <https://doi.org/10.1002/9781118541555.wbiepc015>
- Freire, C. (2024a). *MESA AUTONIVELADORA NEUMÁTICA BISHAMON EZ-LOADER (Con transportador móvil) PROPUESTA*. <https://www.vidortec.com.ec/>

- Freire, C. (2024b). *PROPUESTA MODERNA ALIMENTOS MESA BISHAMON UNI LIFT_241105*. <https://www.vidortec.com.ec/>
- García Rondón, C., & Marquez, E. R. (2010). *ERGONOMIC EVALUATION IN A VENEZUELAN FOOD SECTOR COMPANY*.
- Gómez-Galán, M., Callejón-Ferre, Á. J., Pérez-Alonso, J., Díaz-Pérez, M., & Carrillo-Castrillo, J. A. (2020). Musculoskeletal risks: RULA bibliometric review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 12, pp. 1–52). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124354>
- Guanoluisa, R. (2022). *Costo por indemnización en caso de responsabilidad patronal*.
- Habibi, E., Taheri, M. R., & Hasanzadeh, A. (2015). Relationship between mental workload and musculoskeletal disorders among Alzahra Hospital nurses. In *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research* (Vol. 20). <http://journals.lww.com/jnmr>
- Hedge, A. (1999). *CUergo: Musculoskeletal Discomfort Questionnaires*. <https://ergo.human.cornell.edu/ahmsquest.html>
- Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., & Callejón-Ferre, Á. J. (2020). An overview of reba method applications in the world. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082635>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2021). *Inicio*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Junta de Castilla y León. (2012). *Trastornos musculoesqueléticos / Trabajo y Prevención / Junta de Castilla y León*. <https://trabajoyprevencion.jcyl.es/web/es/prevencion-riesgos-laborales/trastornos-musculoesqueleticos.html>
- Lardit, C. (2020). *Pontificia Universidad Católica Argentina “SANTA MARÍA DE LOS BUENOS AIRES.”*
- Macías, Y. (2024). *CARRETILLA ELECTRICA 1.5 TON DE CAPACIDAD BATERIA DE LITIO*. www.ep-equipment.com
- Martínez, S. (2013). *2013 Máster en Prevención ERGONOMÍA EN CONSTRUCCIÓN: SU IMPORTANCIA CON RESPECTO A LA SEGURIDAD*.
- Mascha, E. J., & Vetter, T. R. (2018). Significance, errors, power, and sample size: The blocking and tackling of statistics. *Anesthesia and Analgesia*, 126(2), 691–698. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002741>
- MathWorks. (2022). *MathWorks - Creador de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink*. <https://la.mathworks.com/>

- Minga, E. (2024). *Proforma cepillos + sistema de aspersión*. www.ecuainsetec.com.ec
- Ministerio de Salud Pública. (2021). *PANORAMA NACIONAL DE SALUD DE LOS TRABAJADORES VERSIÓN I*.
- Omidi, M., Jalilian, M., Kazemi, M., Kamalvandi, M., Jamshidzad, M., & Kurd, N. (2017). Using of Cornell measuring tool (Cornell musculoskeletal discomfort questionnaires) for assessment of the musculoskeletal disorders prevalence among Ilam teaching hospitals nurses: Cross-sectional study in 2016. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 10(6), 1729. https://doi.org/10.4103/atmph.atmph_619_17
- Ruiz Barrios, A. S., Becerra del Llano, M. F., Islas Muñoz, V. L., Hernández Valle, V., García Medina, N. E., & Girón Solís, P. T. (2022). Identificación del nivel de riesgo ergonómico por manejo de cargas y movimientos repetitivos en industria alimentaria. *Lux Médica*, 17(51). <https://doi.org/10.33064/51lm20223507>
- Sánchez-Robles, M., Díaz-Martínez, F. J., León-Muñoz, V. J., Marín-Martínez, C., Murcia-Asensio, A., Moreno-Cascales, M., & Lajara-Marco, F. (2023). Ergonomic Evaluation of Different Surgeon Positions for Total Knee Arthroplasty Surgery. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/app132111842>
- Taylor, E. W., Ugbohue, U. C., Gao, Y., Gu, Y., Baker, J. S., & Dutheil, F. (2023). Erector Spinae Muscle Activation During Forward Movement in Individuals With or Without Chronic Lower Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. In *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation* (Vol. 5, Issue 3). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2023.100280>
- Torres, Y., & Rodríguez, Y. (2020). Emergence and evolution of ergonomics as a discipline: Reflections on the school of human factors and the school of ergonomics of the activity. *Revista Facultad Nacional de Salud Publica*, 39(2). <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e342868>
- Vilela, F. E. J., & Rubén Váscquez, I. (2022). *Plan de Investigación TÍTULO “PREVALENCÍA DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS POR POSTURAS FORZADAS EN TRABAJADORES DE UNA INDUSTRIA PANIFICADORA” MAESTRANTE DIRECTOR/A*.
- Vitoulas, S., Konstantis, V., Drizi, I., Vrouva, S., Koumantakis, G. A., & Sakellari, V. (2022). The Effect of Physiotherapy Interventions in the Workplace through Active Micro-Break Activities for Employees with Standing and Sedentary Work. In *Healthcare (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/healthcare10102073>
- Wang, Z., Wu, L., Sun, J., He, L., Wang, S., & Yang, L. (2012). Squat, stoop, or semi-squat: A comparative experiment on lifting technique. *Journal of Huazhong University of Science and Technology - Medical Science*, 32(4), 630–636. <https://doi.org/10.1007/s11596-012-1009-3>

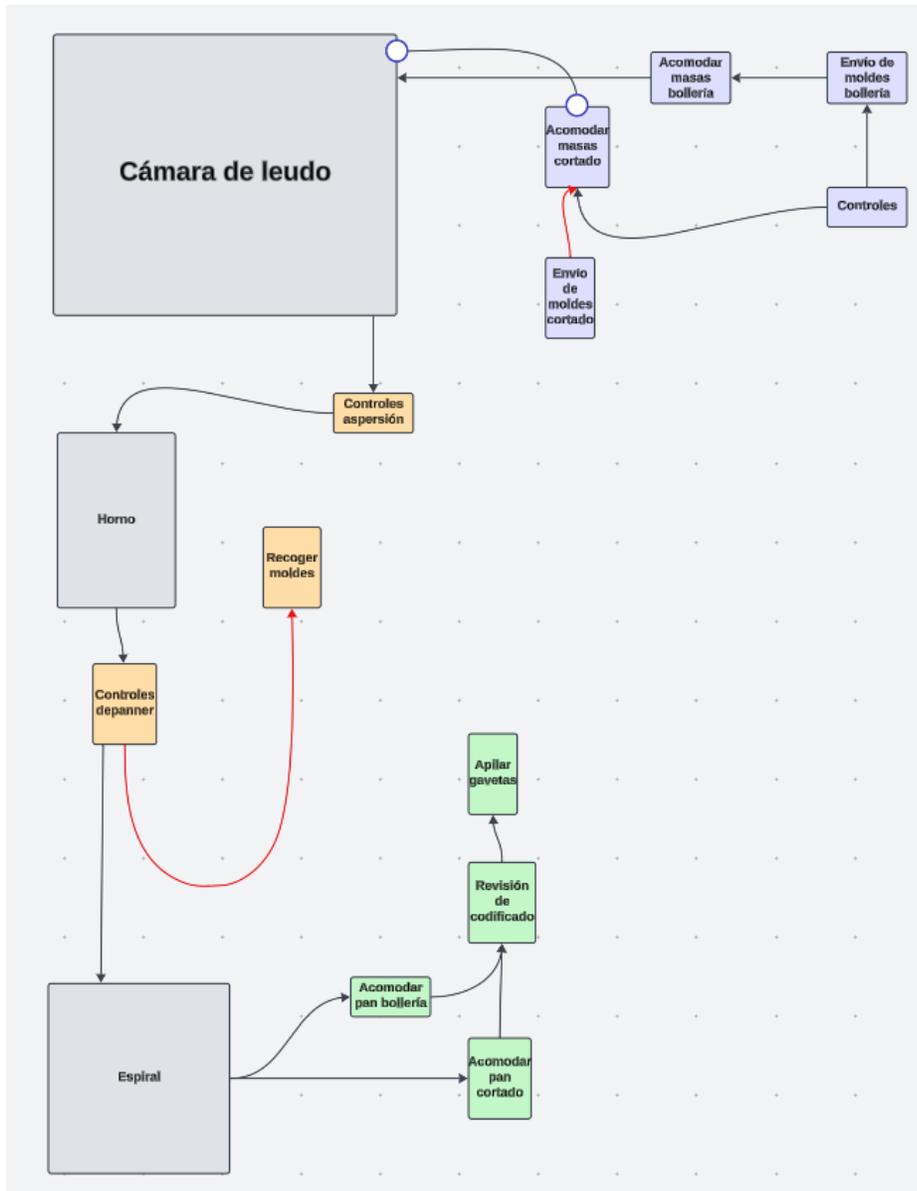
Washmuth, N. B., McAfee, A. D., & Bickel, C. S. (2022). Lifting Techniques: Why Are We Not Using Evidence To Optimize Movement? *International Journal of Sports Physical Therapy*, *17*(1), 104–110. <https://doi.org/10.26603/001c.30023>

9. Anexos

Anexo A: Flujograma del proceso productivo

Figura 12

Flujograma del proceso productivo



Anexo B: Actividades división**Figura 13***División 1 pan cortado posición 2***Figura 14***División 1 pan cortado posición 3*

Figura 15

División 1 pan cortado posición 4

**Figura 16**

División 1 pan bollería posición 1

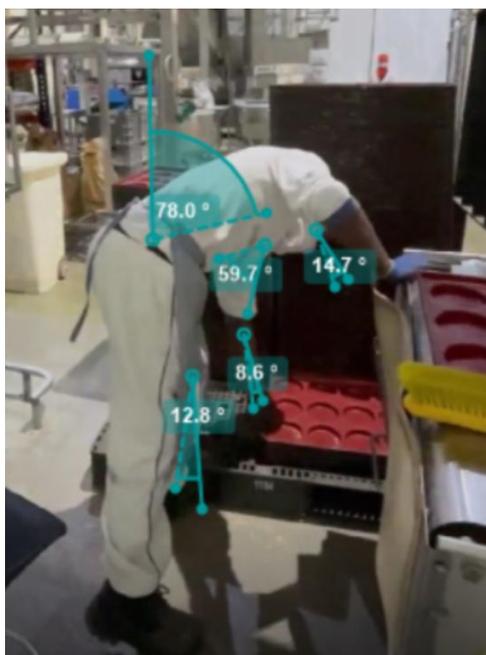
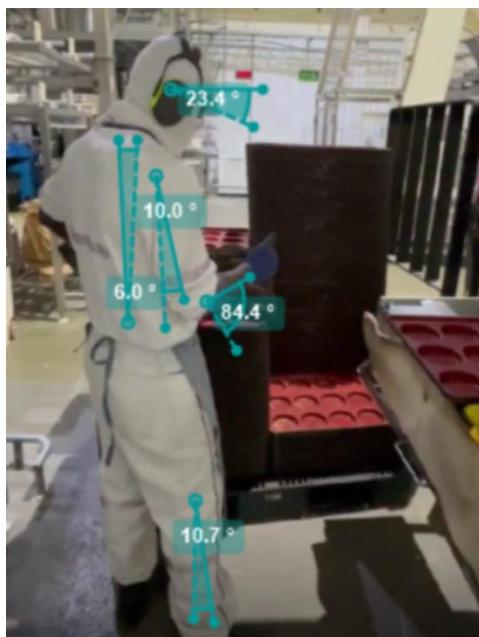


Figura 17

División 1 pan bollería posición 2

**Figura 18**

División 1 pan bollería posición 3

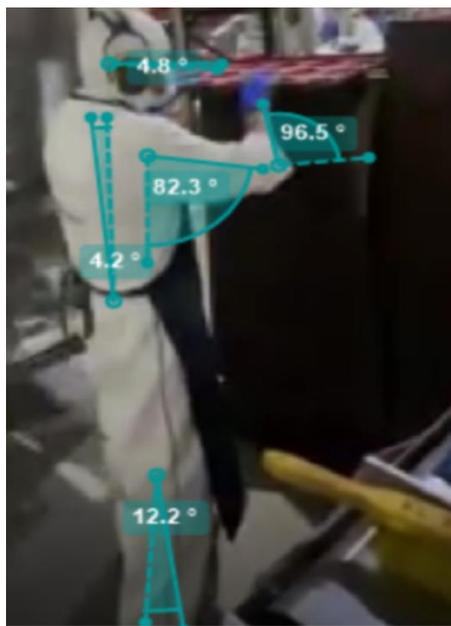
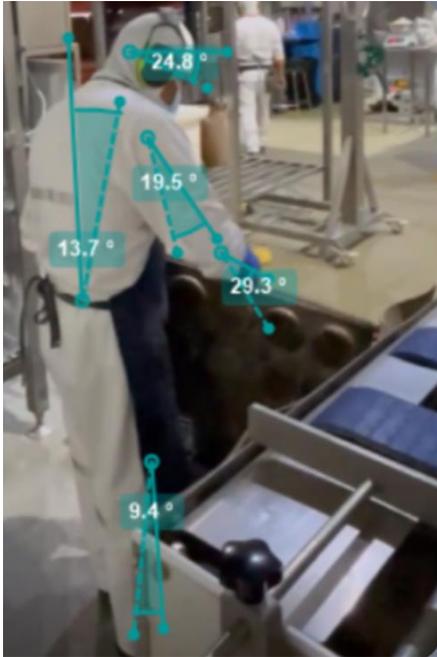


Figura 19

División 1 pan bollería posición 4

**Figura 20**

División 2 pan cortado posición 1



Figura 21

División 2 pan cortado posición 2

**Figura 22**

División 2 pan bollería posición 1



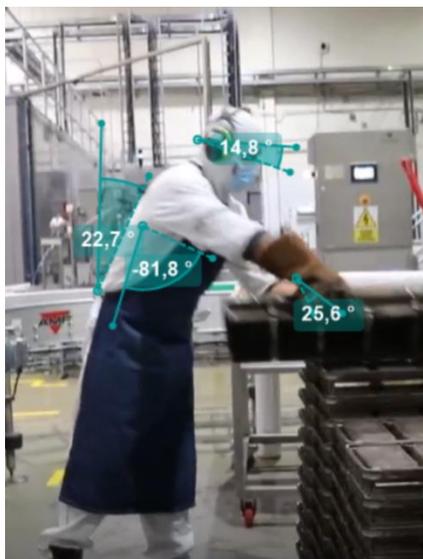
Figura 23

División 2 pan bollería posición 2



Anexo C: Actividades Horno**Figura 24**

Recoger moldes pan cortado posición 2

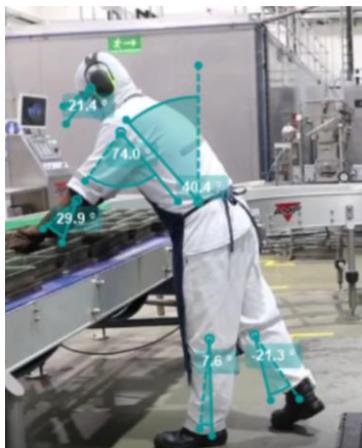
**Figura 25**

Recoger moldes pan cortado posición 3



Figura 26

Recoger moldes pan cortado posición 4

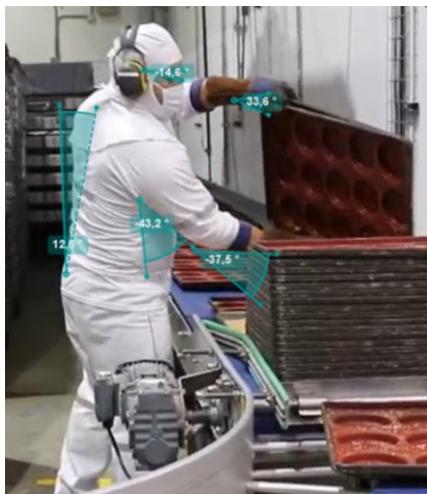
**Figura 27**

Recoger moldes pan bollería posición 1



Figura 28

Recoger moldes pan bollería posición 2

**Figura 29**

Recoger moldes pan bollería posición 3



Figura 30

Recoger moldes pan bollería posición 4



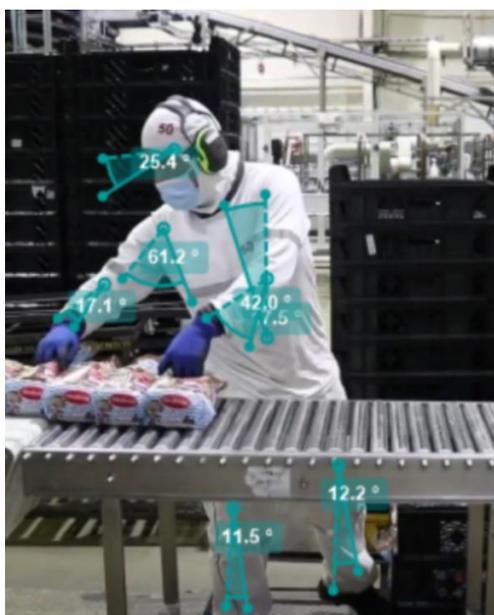
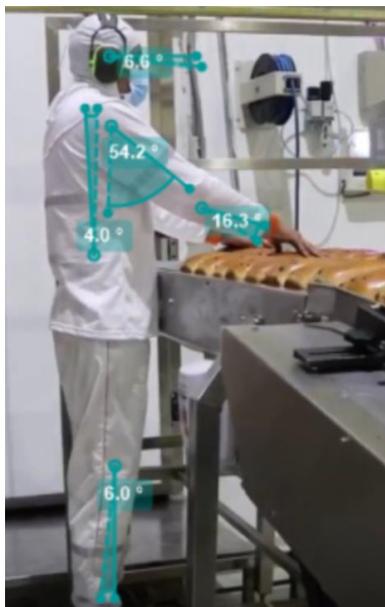
Anexo D: Actividades empaque**Figura 31***Empaque 1 posición 2***Figura 32***Empaque 1 posición 4*

Figura 33*Empaque 2 posición 1***Figura 34***Empaque 2 posición 2*

Figura 35

Empaque 3 pan cortado posición 1

**Figura 36**

Empaque 3 pan cortado posición 2

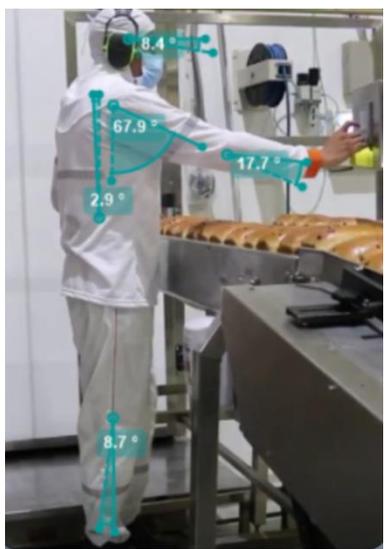
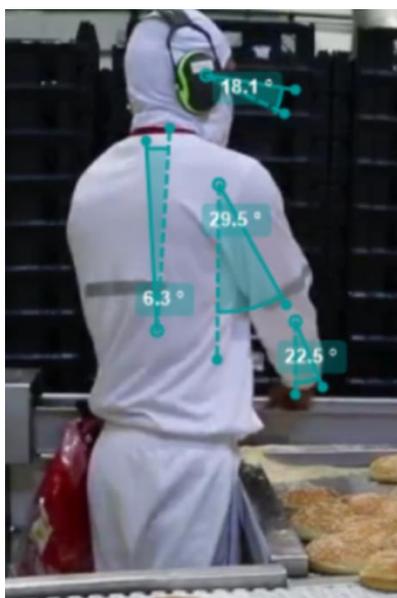


Figura 37

Empaque 3 pan bollería posición 1

**Figura 38**

Empaque 3 pan bollería posición 2



Anexo E: Propuestas de rediseño

Figura 39

Cepillo + sistema de aspersión



Figura 40

Transpallet eléctrico



Figura 41

Apilador de gavetas



Anexo F: Manual ergonómico

Figura 42

Manual 1

Actividad	Área	Técnicas	Recomendaciones del área	Equipos	Pasca activa
Envío de moldes bodega	Duración	 <p>Sujetar el objeto con ambas manos y mantenerlo cerca del cuerpo.</p>  <p>Agacharse utilizando el método de semi squat en donde flexionan ligeramente las rodillas mientras sujetan el objeto manteniendo la espalda recta.</p>  <p>Alternar la posición parado con posiciones sentado.</p>	 <p>Colocar los moldes de hamburguesa en esta dirección y lo más cerca posible de la banda transportadora.</p>	 <p>Enviar los moldes con una mano.</p>  <p>Alzar una pierna mientras se agachan a recoger un objeto.</p>	

Figura 43

Manual 2

Actividad	Área	Técnicas	Recomendaciones del área	Equipos	Pasca activa	
Envío de moldes sin contacto	Duración	 <p>Sujetar el objeto con ambas manos, lo más cerca posible del cuerpo.</p>  <p>Agacharse utilizando la técnica de semi squat.</p> <p>Giro</p>  <p>1) Sujetar el molde en esta posición.</p>  <p>2) Colocarse en esta posición para enviar el molde. (Realizar el giro incluyendo los pies).</p>	 <p>Colocar los moldes en esta posición para facilitar la</p>	 <p>Alzar una pierna al agacharse.</p>  <p>Agacharse haciendo un squat completo.</p>  <p>Agacharse sin flexionar las rodillas.</p>	 <p>Girar el torso sin girar los pies.</p>  <p>Sujetar los moldes con una mano.</p>	

Figura 44

Manual 3

Actividad	Área	Técnica	Recomendaciones del área	Evitar	Pausa activa
Recortar masas de bobina	División	 <p>Mantener la espalda recta y ambos pies firmes en el piso.</p>  <p>Sentarse colocando el asiento en paralelo a la línea de producción.</p>	<p>Cambiar entre posiciones sentado y parado. Rotar de posición cada 3 horas.</p> <p>Rotación: HORARIO Cambio de posición: HORARIO</p>	 <p>Acomodarse sobre una pierna.</p>  <p>Colocar la silla de frente a la línea de producción y encorvar la espalda.</p>	

Figura 45

Manual 4

Actividad	Área	Técnica	Recomendaciones del área	Evitar	Pausa activa
Recortar masas para cortado	División	 <p>Sentarse colocando el asiento en paralelo a la línea de producción.</p>  <p>Mantener la espalda recta y ambos pies firmes en el piso.</p>	<p>Cambiar entre posiciones sentado y parado. Rotar de posición cada 3 horas.</p> <p>Rotación: HORARIO Cambio de posición: HORARIO</p>	 <p>Encorvarse e inclinarse hacia adelante.</p>  <p>Colocar la silla de frente a la línea de producción y encorvar la espalda.</p>	

Figura 46

Manual 5

Actividad	Área	Técnica	Recomendaciones del área	Evitar	Paisa activa
Recoger moldes	Horno	 <p>Colocarse del lado izquierdo para apilar las dos columnas de la izquierda.</p>  <p>Colocarse del lado derecho para apilar las dos columnas de la derecha.</p>  <p>Sujetar el objeto con ambas manos, cerca del cuerpo.</p>  <p>Utilizar la técnica de semi squat.</p>	 <p>Colocar el pallet de moldes en esta dirección.</p>	 <p>Alzar una pierna al agacharse.</p>  <p>Manipular los moldes solo con una mano.</p>	 <p>10 segundos por pierna 10 repeticiones en cada dirección 10 segundos por pierna</p>  <p>10 segundos por lado 10 segundos por lado 8 repeticiones</p>

Figura 47

Manual 6

Actividad	Área	Técnica	Recomendaciones del área	Evitar	Paisa activa
Alzar gavetas	Empaque	 <p>Sujetar el objeto con ambas manos, cerca del cuerpo.</p>  <p>Utilizar la técnica de semi squat.</p>  <p>Alzar una gaveta a la vez.</p> <p>Giro</p>  	 <p>Colocar el coche en esta dirección.</p>	 <p>Alzar dos gavetas.</p>  <p>Alzar una pierna al agacharse.</p>  <p>Girar el cuerpo sin girar los pies.</p>	 <p>10 segundos por pierna 10 repeticiones en cada dirección 10 segundos por pierna</p>  <p>10 segundos por lado 10 segundos por lado 8 repeticiones</p>

Figura 48

Manual 7

Actividad	Área	Técnica	Recomendaciones del área	Evitar	Paisa activa
Rotación de codificación	Empaque	 <p>Mantener la espalda recta.</p>	<p>Rotar cada 3 horas.</p>	 <p>Agacharse para revisar el codificado.</p>	 <p>10 segundos por pierna 10 repeticiones en cada dirección 10 segundos por pierna</p>  <p>10 segundos por lado 10 segundos por lado 8 repeticiones</p>

Figura 49*Cronograma tentativo de pausas activas y pasivas*

Hora	Tipo de pausa	Duración	Objetivo
7 am	Activa	5-10 minutos	Movilizar y estirar músculos principales, evitar rigidez. Prepararse para la jornada.
10 am	Pasiva	5 minutos	Descanso general
12 pm	Activa	5-10 minutos	Mantener la circulación
13:30 pm	Pasiva	30 minutos (hora de almuerzo)	Combinación de descanso y alimentación
16:30 pm	Activa	5-10 minutos	Preparar el cuerpo para el último tramo.
19:00 pm	Activa	5-10 minutos	Estiramiento.