

Diseño ergonómico de una estación de trabajo de secuenciado en un proceso de manufactura automotriz

Development of an Ergonomically Designed Sequencing Workstation for Automotive Manufacturing

Fecha de Recepción:
06 junio 2025

Jaime Alfonso León Duarte¹,
Paulina Martínez Sierra² y Juan Martín Preciado Rodríguez³

Fecha de Aprobación:
28 julio 2025

- ¹ Autor de correspondencia: Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad Politécnica de Cataluña, Maestría en Administración e Ingeniero Industrial y de Sistemas, ambos por la Universidad de Sonora. Profesor investigador titular, Universidad de Sonora. Miembro del SNII nivel 1. Docente en la licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas y el posgrado en sistemas y tecnología
Correo electrónico: Jaime.leon@unison.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4388-9463>
- ² Ingeniera Industrial y de Sistemas, Universidad de Sonora. Estudiante de la maestría en Ingeniería en Sistemas y Tecnología, Universidad de Sonora. Ford Motor Company, ingeniera de proceso
Correo electrónico: a215205591@unison.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8633-8389>
- ³ Doctor y Maestro en Ciencias e Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California e Ingeniero Industrial y de Sistemas por la Universidad de Sonora. Miembro del SNII nivel 1, Actualmente Profesor Investigador de Tiempo Completo en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora
Correo electrónico: juan.preciado@unison.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4997-0679>

Resumen

La ergonomía ha cobrado relevancia en la industria moderna como una herramienta clave para optimizar el bienestar laboral y la productividad. Se presenta un estudio enfocado en el rediseño ergonómico de una estación de trabajo en una planta automotriz, bajo los lineamientos de la norma mexicana NOM-036-STPS-2018, relativa al manejo manual de cargas. Se utilizaron herramientas de análisis como RULA, REBA, Sue Rodgers y la ecuación NIOSH para identificar posturas críticas y cargas físicas asociadas a la manipulación de material (tanques de combustible), considerando factores como fuerza aplicada, frecuencia y duración de la actividad.

Se logró impactar positivamente en la reducción de riesgos ergonómicos, así como en la prevención de trastornos musculoesqueléticos (TME) entre los trabajadores. Los resultados evidenciaron la necesidad de incorporar soluciones y ayudas ergonómicas específicas para la estación de trabajo, las cuales reducen o eliminan la carga manual

directa. Además, los estudios de gasto calórico y RAPP Tool confirmaron que las tareas pueden realizarse dentro de los márgenes de seguridad física permitidos. El rediseño de la secuencia de trabajo no impacta únicamente el cumplimiento de la normativa vigente, también promueve un ambiente de trabajo más seguro, minimizando el riesgo de lesiones e incrementando la eficiencia operativa.

Palabras Clave: ergonomía, manufactura, diseño de estaciones, manejo manual de cargas.

Códigos JEL: J81, L62, M54, O14

Abstract

Ergonomics has gained increasing relevance in modern industry as a key tool for optimizing workplace well-being and productivity. This study presents an ergonomic redesign of a workstation in an automotive manufacturing plant, conducted in accordance with the Mexican standard NOM-036-



STPS-2018, which addresses manual load handling. Analytical tools such as RULA, REBA, Sue Rodgers' method, and the NIOSH equation were employed to identify critical postures and physical loads associated with material handling (specifically, fuel tanks), taking into account factors such as applied force, frequency, and task duration.

The intervention had a positive impact on reducing ergonomic risks and preventing work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) among workers. The findings highlighted the necessity of implementing specific ergonomic solutions and assistive devices at the workstation to reduce or eliminate direct manual load handling. Furthermore, caloric expenditure assessments and the RAPP Tool confirmed that the tasks can be performed within acceptable physical safety thresholds. The redesign of the work sequence not only ensures compliance with current regulations but also fosters a safer working environment by minimizing the risk of injury and enhancing operational efficiency.

Keywords: ergonomics, Manufacturing, Workstation design, Manual load handling

JEL codes: J81, L62, M54, O14

Introducción

Actualmente, las organizaciones, particularmente de procesos industriales, reconocen el impacto positivo en la productividad, la seguridad laboral, el incremento de la satisfacción laboral y la reducción de costos como resultado de considerar los principios y técnicas de la ergonomía. Debido a esto, la consideración de los factores humanos que aporta esta rama de la ingeniería resulta esencial para el diseño de procesos de producción, contribuyendo a la creación de ambientes de trabajo más saludables, eficientes y productivos para los trabajadores.

El estudio de la ergonomía no es reciente, sin embargo, su concepción como disciplina científica se dio a partir de 1940 (Torres y Rodríguez, 2021); en esa misma década en México se crea la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), con el objetivo de vigilar el cumplimiento de los derechos laborales de los trabajadores y para garantizar un incremento sostenido en su calidad de vida. Sobre este tema, actualmente existen 41 Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) vigentes en materia de seguridad y salud

en el trabajo, clasificadas en cinco áreas: seguridad, salud, organización, específicas y de producto.

El año 2018, la STPS emite la NOM-036-1-STPS-2018, que establece los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir alteraciones a la salud (Secretaría de Trabajo y Previsión Social, 2018). La publicación de esta normativa trajo consigo la necesidad de hacer cambios importantes en muchos procesos que involucran este tipo de actividades. Por ello, aunque la normativa se publica el mes de noviembre de 2018, la STPS otorgó un plazo para su aplicación completa hasta el 31 de marzo de 2024.

Una línea de ensamble, también conocida como cadena de montaje, es un proceso de fabricación donde un producto se ensambla secuencialmente a través de estaciones de trabajo, cada una responsable de realizar una tarea específica. En cada estación, se agregan componentes o se realizan operaciones específicas, hasta que el producto semi-terminado se mueve a la siguiente estación

La investigación se desarrolló en una planta de estampado y ensamble de automóviles, donde en los procesos de ensamble final existen secuencias de trabajo que requieren manipulación manual de cargas, lo cual es similar a otros procesos industriales de la industria automotriz (Bahramian et al, 2021).

El objetivo de la investigación es el diseño ergonómico de una estación de trabajo de secuenciado, que es la incorporación de un elemento secundario a alguna variante del ensamble principal, en una secuencia preestablecida en el flujo de producción, utilizando ayudas ergonómicas que permitan al personal manipular y trasladar sin riesgo el producto bajo principios ergonómicos y observando el cumplimiento de la normatividad Mexicana, así como las regulaciones que establece el fabricante de automóviles, con la intención de minimizar riesgos de trastornos musculo-esqueléticos (TME) y lesiones.

Desarrollo Teórico

2.1 Riesgos Laborales

Según cifras de la Organización Internacional del Trabajo (ILO, 2011a), cada año aproximadamente



160 millones de personas en todo el mundo padecen diversas enfermedades y lesiones que no ponen en riesgo la vida relacionada con actividades laborales. Esto se debe a la evolución tecnológica, las transformaciones sociales y las variaciones económicas, las cuales han generado nuevos desafíos y amenazas, o bien que se hayan agudizado los ya existentes, entre ellos, una proporción importante relacionada a los TME.

En el contexto nacional, las estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), arrojaron que durante el año 2020 en México se presentaron 4,315 casos de enfermedades del sistema osteoarticular, lo que equivale al 42.35% del total de riesgos calificados como enfermedad profesional, atribuidas como origen principal las enfermedades de inflamación de espalda. Por otro lado, el Instituto Nacional de Rehabilitación (2014), realizó un estudio en pacientes atendidos en sus instalaciones por dolores musculoesqueléticos, resultando que el 11.5% de los 3508 afectados informaron realizar actividades de oficiales operarios, artesanos mecánicos, operadores de instalaciones, máquinas y montadores, entre las principales.

Las condiciones de trabajo riesgosas, como el levantamiento de objetos pesados, la exposición a la vibración, trabajos con posiciones del cuerpo irregulares, torsión de cuello y los movimientos con alta repetición ocasionan trastornos músculo-esqueléticos (TME), mismos que se definen como lesiones en el sistema musculoesquelético y las articulaciones como resultado de la afectación relacionada a un alto requerimiento de esfuerzo por condiciones inadecuadas del área de trabajo o de su método (Jirapongsuwan et al, 2023). Los TME impactan el sistema osteomuscular y sus estructuras relacionadas, incluyendo huesos, músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios y vasos sanguíneos.

2.2 Ergonomía

La ergonomía es la disciplina que analiza el trabajo en función del entorno en el que se desarrolla y de las personas que lo llevan a cabo. Se basa en los principios de las capacidades físicas y psicológicas humanas para adaptar o diseñar equipos, herramientas y espacios laborales con el objetivo de reducir riesgos de lesiones y enfermedades, mejorar la eficiencia y contribuir a una mejor calidad de vida

en el ámbito laboral (ILO, 2011b). Esta concepción no es reciente, se concibe de esta manera desde 1949 (Lehto y Landry, 2012).

2.3 Normativas para la evaluación de riesgos laborales por carga manual

Un riesgo laboral corresponde a la posibilidad de que un trabajador sufra un daño en su salud o integridad física derivado de la actividad laboral. Esta afectación puede incluir enfermedades, lesiones o patologías, y puede surgir debido a condiciones de trabajo, agentes químicos o físicos, o factores psicosociales. De manera progresiva, la industrialización depende más de la tecnología, lo cual ha derivado en contribuciones positivas en la vida laboral, sin embargo, este flujo acelerado ha impactado en un repunte de enfermedades asociadas a TME. El manejo de materiales, herramientas y maquinaria ha incrementado los accidentes de trabajo (Simsek & Turhan, 2023), impactando negativamente eficiencia de procesos y las incapacidades laborales (Safaeian et al., 2021). Como respuesta a esta problemática, a nivel internacional existen diferentes regulaciones, entre las principales la normativa ISO-11228-1 (2021) y las (HSE), Health and Safety Executive (2020). Estas regulaciones establecen, entre otras cosas, levantamientos manuales de 25 kg como máximo. Por otro lado, la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) establece 23kg. de peso para el mismo tipo de actividad (2021).

En México, existe la NOM-036-STPS-2018, cuyo objetivo es definir los aspectos necesarios para reconocer, evaluar, anticipar y gestionar riesgos ergonómicos en los lugares de trabajo asociados a manipulación manual de cargas, con el propósito de evitar afectaciones a la salud de los trabajadores. Esta norma debe ser aplicada en actividades donde se manipulen cargas a partir de 3kg y que se realicen más de una vez al día, estableciéndose también como límite de carga manual 25kg. Para su aplicación, se deben tomar en cuenta medidas de prevención para realizar de forma segura la actividad, entre ellas la fuerza aplicada, la distancia de traslado vertical u horizontal, la cantidad de movimientos por minuto (frecuencia), el tiempo total de la actividad (duración) y las posturas corporales durante la actividad (Secretaría de Trabajo y Previsión Social, 2018).

Adicionalmente, existen diferentes métodos de

evaluación de carga postural, entre ellos el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), el cual analiza posturas críticas durante la actividad de ensamble. El análisis se divide en grupo A (brazo, antebrazo y muñecas) y grupo B (piernas, tronco y cuello) y se aplica al lado derecho e izquierdo ((Diego-Mas, 2015a). El método REBA (Rapid Entire Body Assessment), que es complementario a RULA, analiza las posturas con uso de los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñecas) del tronco, el cuello y las piernas (Diego-Mas, 2015b). A partir de ese análisis, evalúa la actividad muscular estática y la fuerza ejercida sobre los miembros superiores y la carga adicional impuesto al cuerpo (Yazdanirad et al, 2018). Para la manipulación de cargas existe la ecuación NIOSH, que corresponde a una herramienta para evaluar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas a partir de 7 parámetros relativos a la tarea bajo estudio (Diego-Mas, 2015c), (NIOSH, 2021). Por último, el método Sue Rodgers evalúa la interacción del nivel de esfuerzo, duración del esfuerzo antes de la relajación, así como la frecuencia de activación por minuto de los músculos de cada grupo. A partir de estos parámetros se hace una predicción de la fatiga muscular correspondiente a una rutina de trabajo, en consistencia con su duración y posiciones de actividad (Rodgers, 1988).

2.4 Estimación del gasto calórico

La American Medical Association (AMA) no tiene una fórmula única para estimar el gasto calórico, pero en sus publicaciones y guías clínicas suele respaldar el uso de fórmulas validadas científicamente para calcular el gasto energético basal (GEB) y el gasto energético total (GET) (American Medical Association, 2008). La Estimación del Gasto Energético Basal (GEB) se refiere a la cantidad de calorías que el cuerpo necesita en reposo absoluto para mantener funciones vitales como respirar, latir el corazón o mantener la temperatura corporal. Existen dos métodos principales para cálculo del GEB, siendo más precisa la fórmula de Mifflin – St Jeor (Mifflin et al, 1990). Una vez obtenido el GEB, se multiplica por un factor de actividad física para estimar el gasto energético total (GET); este factor puede variar entre 1.2 para una actividad sedentaria hasta 1.9 para una actividad altamente demandante físicamente. Adicionalmente, existen otros factores que pueden influir en el gasto calórico, entre ellos

la composición corporal, estado fisiológico, edad, género y la termogénesis inducida por alimentos (American Medical Association, 2008).

2.5 Estudios relacionados

En la investigación de López y Martínez (2019), en una línea de Ensamble de electrodomésticos en España los operarios realizaban levantamientos y desplazamientos manuales, se implementaron dispositivos de asistencia neumática para levantar las piezas, se ajustó la altura de las superficies de trabajo y se implantó un esquema de rotación de tareas de operarios. Con esto se logró reducir la puntuación de riesgo obtenida con el método RULA desde una puntuación 7 hasta 3 (Nivel de riesgo muy alto a nivel de riesgo bajo a moderado).

Martínez y González (2022) estudiaron una línea de ensamble de motores automotrices de Barcelona, España, donde se realizaba manipulación manual de componentes de hasta 15 kg., se redujo el factor de índice de levantamiento NIOSH, inicialmente situado en 2.1 (riesgo alto) a 0.85 (riesgo aceptable). Para lograr esta disminución se introdujeron asistentes mecánicos para levantamiento y se reorganizó la distribución del herramental en estaciones de trabajo para reducir torsiones corporales en los operarios.

En la investigación de González y Herrera (2020), situada en una planta de ensamble de motocicletas de Colombia, donde se realizaban levantamientos manuales de motores y ruedas, se rediseñó la secuencia de ensamble y la distribución de estaciones para minimizar desplazamientos con carga, además se introdujeron superficies de trabajo regulables en altura. Con esto se disminuyó el riesgo de lesión de espalda baja, los tiempos muertos y de igual manera se redujo significativamente el número de incapacidades laborales por lesión en espalda baja.

Metodología

La investigación tiene un enfoque no experimental. Se observó el área de estudio en su contexto natural y no se alteró ninguna de sus variables (Fernández-Collado y Baptista-Lucio, 2014). El estudio se realizó durante un período de tiempo de seis meses, durante los cuales el proceso de producción funcionó bajo condiciones normales. Las observaciones se



realizaron durante los tres turnos de producción de área de ensamble final de la planta de estampado y ensamble de unidades automotrices localizada en Hermosillo, México. La muestra fue de 80 observaciones / evaluaciones durante ese período de tiempo. Se incluyó a operarios de la estación de trabajo bajo estudio seleccionados que realizan tareas que involucran manipulación manual de cargas y esfuerzos físicos repetitivos.

Se propone un método de diseño o rediseño de estaciones de trabajo donde se realicen actividades de manipulación manual (levantar, mover, empujar, sostener) considerando aspectos dimensionales, ambientales, y de normativas vigentes. La metodología consiste en cinco fases, que a continuación se describen.

3.1 Análisis previo

Esta fase comprende la revisión técnica de las características y condiciones bajo las que se realizan las actividades en la estación de trabajo. El fabricante automotriz se rige por dos tipos de normativas: Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y normas y métodos de evaluación propios. A partir de esta diferenciación, primeramente, se analizaron los estándares y normas mexicanas aplicables. La STPS ofrece una herramienta Web para identificar las NOM aplicables a procesos y características particulares (STPS, 2025), categorizadas en normas de seguridad, normas de salud y normas de organización. A nivel organizacional, e incluso para cada tipo de proceso de manufactura es necesario identificar también las normativas y estándares de seguridad y riesgo laboral que deben ser cubiertos. Como resultado de esta fase de análisis, se tendrá un listado de normativas y estándares a considerar en el diseño o rediseño de la estación de trabajo.

3.2 Diseño inicial

3.2.1 Identificación de problemas y condiciones de riesgo de la tarea. A partir de la revisión de las condiciones que establecen las normas y estándares internos (NOM) y externos.

3.2.2. Evaluación ergonómica del nivel de riesgo. Se identificarán factores de riesgo que a los que están expuestos los trabajadores, para realizar el diseño de manera adecuada.

3.2.3 Realizar el diseño de la estación de trabajo.

Es necesario considerar dimensiones del área de trabajo, medidas antropométricas y estándares internos de la empresa, así como las normativas aplicables.

3.2.4. Diseñar las herramientas y dispositivos de apoyo. Para las actividades de la secuencia de ensamble, se concebirán mayormente ayudas ergonómicas para levantamiento y manipulación manual. Realizar el diseño considerando los estándares identificados en la fase 1, tomando en cuenta los riesgos posibles y como poder limitarlos con las ayudas ergonómicas de la estación.

3.3 Validación de diseño

En esta fase con los riesgos ya identificados en la estación, se realizaron y ejecutaron las propuestas de rediseño de la distribución de la estación, así como prototipos de las ayudas ergonómicas de transporte y levantamiento manual. En esta fase se realizó una evaluación previa del nivel de riesgo, a partir de una lista de verificación de los elementos a considerar. en concordancia con las NOM y los métodos de evaluación propios del fabricante automotriz. A partir de los resultados de esa evaluación inicial, se realizaron ajustes en la secuencia de trabajo y en la distribución física de la estación.

3.4 Implementación

Esta fase de ejecución se realiza bajo una planeación detallada, considerando tiempos de inicio y finalización para las diferentes actividades a realizar en el rediseño de la estación de trabajo, las características dimensionales y del ambiente de trabajo, ayudas ergonómicas, herramientas, así como instalaciones de software de control del proceso de producción necesarias. Una vez concluida esa fase, se capacitará a los operarios y al personal de supervisión, realizando corridas de producción de prueba y calculando el tiempo ciclo inicial. Después de esta fase de prueba, se consideran ajustes en la distribución de la estación, en las secuencias de trabajo y a las ayudas ergonómicas.

3.5 Mejora continua

A partir de la identificación de problemas en el diseño inicial, tanto en el diseño físico de la estación (dimensiones, características de ambiente de trabajo o distribución física) como en las ayudas ergonómicas, así como problemas detectados

en la secuencia de actividades, se evaluará si es necesario repetir el proceso de diseño desde la fase 1 para resolver los problemas encontrados o mejorar alguna condición de riesgo no considerada en el primer ciclo de diseño.

Resultados

En la línea de ensamble se procesan dos tipos de unidades automotrices, las cuales comparten plataforma, sin embargo, el ensamble principal, tanques de gasolina, tiene diferencias mínimas entre los dos tipos de autos. En la figura 1 se puede apreciar uno de los tipos de tanques de gasolina.

Figura 1. Tanque de gasolina tipo 1



Fuente: Elaboración propia

4.1 Análisis previo

4.1.1. Estándares y normativas generales

Para el cumplimiento de la normatividad mexicana se consideró la NOM-STPS-036 (2018), relativa al manejo manual de materiales. En términos de condiciones de seguridad se cumplieron las siguientes Normativas Oficiales Mexicanas:

- NOM-004-STPS, sistemas de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo (1999)
- NOM-006-STPS, manejo y almacenamiento de materiales (2014).

De igual manera, para el enfoque de salud se

consideraron:

- NOM-011-STPS, condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido (2001)
- NOM-024-STPS, condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones (2001)
- NOM-025-STPS (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo) (2008).

4.1.2. Estándares internos

Por otro lado, se tomaron en cuenta los directivas y estándares internos, que corresponden a principios de diseño de estaciones propios de la empresa, siendo los principales los relativos al diseño de anaqueles, dimensiones de pasillo (tránsito), espacio mínimo para manejo y surtido de material y dimensiones generales de áreas de trabajo. El punto de partida fue una verificación de las características de estaciones de trabajo similares dentro de la línea de ensamble, así como una reunión con la gerencia de ensamble final, para recibir recomendaciones en el diseño.

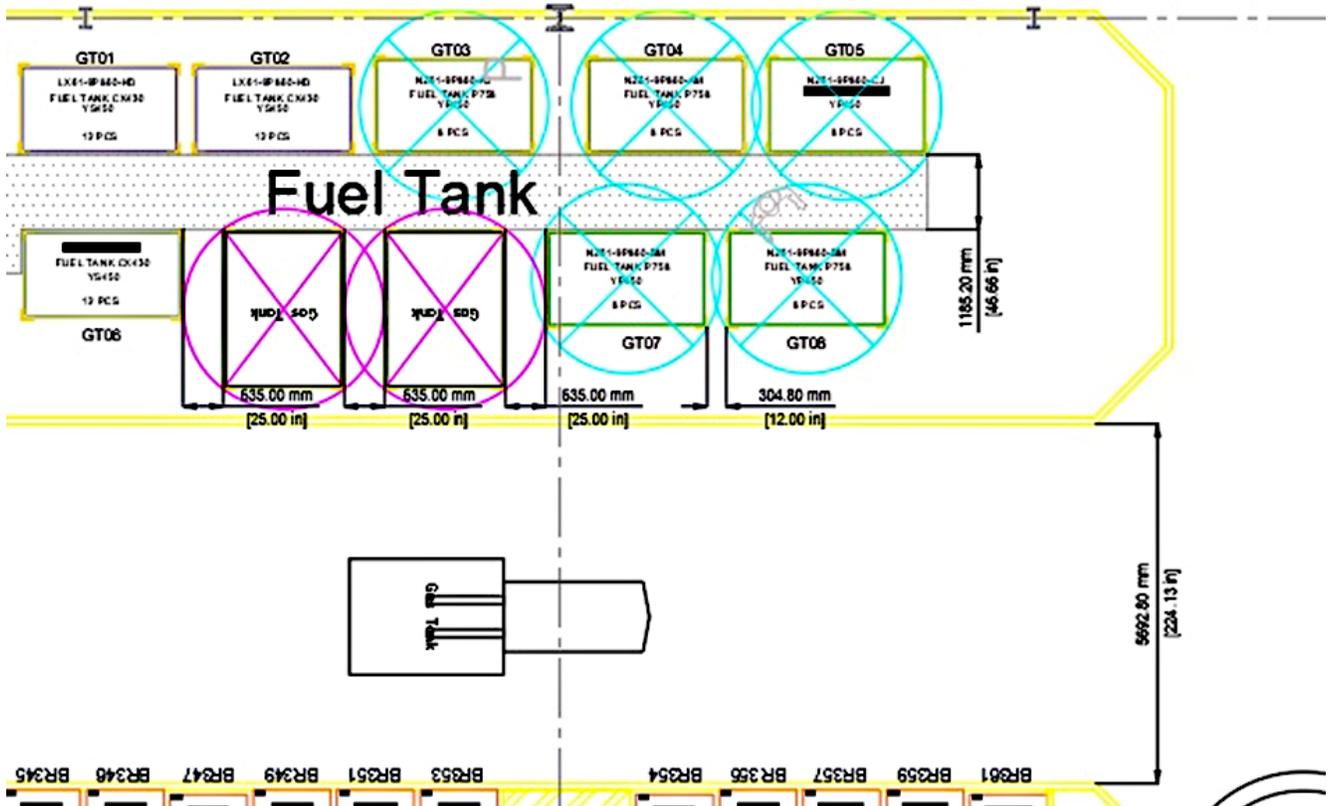
4.2 Diseño inicial

Inicialmente se realizó el diseño de la distribución física de la estación (figura 2), considerando las dimensiones adecuadas para un manejo eficiente del área de surtido, donde se encuentra el material secuenciado, hacia la celda de ensamble del tanque a la unidad automotriz, ajustando el tamaño del empaque del material de manera que facilite las operaciones y minimice el esfuerzo físico requerido por los operadores.

Se diseñaron y fabricaron prototipos de dos dispositivos de transporte y almacenamiento temporal secuenciados para los tipos de tanques de combustible a incorporar a los dos modelos de automóviles que se procesan en la línea de ensamble (figura 3).

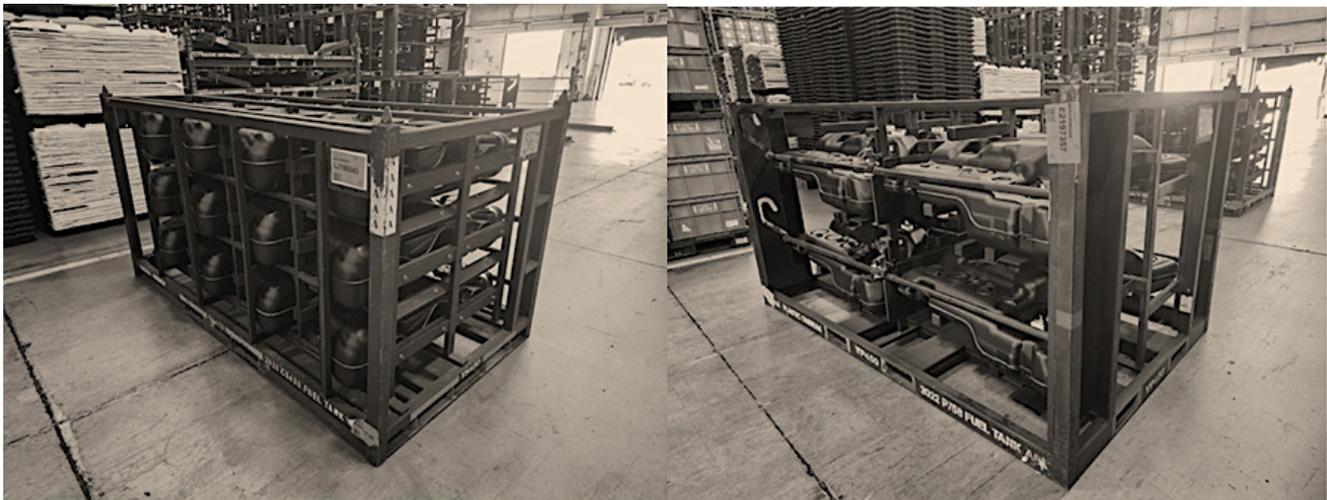
Finalmente, se diseñó y construyó un prototipo de ayuda ergonómica (figura 4), específicamente para realizar el traslado del material de manera eficiente, desde los racks de almacenamiento hacia el lugar en donde se encontrará el automóvil para su

Figura 2. Diseño físico de la estación de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Rack de almacenamiento temporal de tanques. Diseño 1 y 2



Fuente: Elaboración propia



instalación. Con este apoyo se elimina por completo la necesidad de que los operadores carguen el material durante el traslado de material, reduciendo así el esfuerzo físico y minimizando posibles riesgos asociados con levantamientos o manipulaciones manuales. Para garantizar un movimiento fluido y fácil de esta facilidad a lo largo del área de trabajo, en la ayuda ergonómica se colocaron rodamientos que se desplazan sobre rieles colocados entre el pasillo destinado al tráfico de material.

Figura 4. Ayuda ergonómica



Fuente: Elaboración propia

4.3 Validación de diseño

En esta fase se realizaron evaluaciones ergonómicas a la estación de trabajo durante un período de prueba, además se recogieron las opiniones y

sugerencias de mejora para la estación de trabajo de operarios y personal de supervisión, considerando que en esta etapa inicial la estación de trabajo aún no se incorpora de forma permanente a la línea de producción.

4.3.1 Evaluación de riesgo postural. Método Sue Rodgers

Se llevó a cabo un análisis detallado a través del estudio ergonómico Sue Rodgers, el cual se centró en evaluar las posturas más exigentes de la secuencia de trabajo. Evidentemente, durante la secuencia de ensamble el operador asume diferentes posturas, de ellas, se analizaron las más riesgosas. Se definió de manera precisa el proceso de manipulación del material, considerando tanto la postura requerida como la fuerza aplicada, a partir de ello, se calculó que el esfuerzo sostenido tiene una duración menor a 6 segundos, lo que lo sitúa dentro de los límites recomendados para evitar fatiga muscular. Sin embargo, es importante notar que el peso del material manipulado (tanques de combustible) varía en un rango que oscila entre 9 y 13 kilogramos, lo que implica un análisis cuidadoso de la carga física que esto representa para los trabajadores involucrados en dicha tarea. Se presentan los resultados de la evaluación para los dos productos que se procesarán en la estación de trabajo, junto a una imagen de las posturas riesgosas en la secuencia de ensamble (Figura 5 y 6).

Para el caso del esfuerzo postural relacionado a la manipulación de los tanques instalados del modelo

Figura 5. Análisis Sue Rodger para tanque modelo 1

Análisis Ergonómico Sue Rodgers

FECHA: 3/10/2024
EVALUADOR: Paulina M
ESTACIÓN: Tanques Cx430

MUSCULOS	INTENSIDAD DEL ESFUERZO			PUNTAJE			
	LEVE	MODERADO	ALTO	1	1	2	1
CUELLO Cabeza por delante, girada hacia un lado, frotamiento hacia adelante e hacia atrás				1	1	2	1
HOMBROS Brazos ligeramente inclinados de los lados, brazos extendidos con codo apoyado				3	1	2	7
ESPALDA Inclinación ligeramente hacia un lado o doblándose ligeramente, sesgado				2	1	2	4
BRAZOS Y CODOS Brazos inclinados del cuerpo sin carga, levantar objetos con esfuerzo ligero cerca del cuerpo				2	1	2	4
MUÑECAS, MANOS Y DEDOS Corte profundo o comilón sin doblarse al inclinarse, el peso en las dos plantas, codo o apoyar con poca fuerza y postura moderada				2	1	2	4
PIERNAS Y TOBILLOS Entrar profundo o comilón sin doblarse al inclinarse, el peso en las dos plantas, codo o apoyar con poca fuerza y postura moderada				1	1	2	1

Intensidad del esfuerzo
1 = Ligero
2 = Moderado
3 = Pesado

Duración del esfuerzo
1 = 6 segundos
2 = 6 a 30 segundos
3 = 30 a 60 segundos
4 = más de 60 segundos

Esfuerzo por minuto
1 = menos de 1 por minuto
2 = 1 a 5 por minuto
3 = 5 a 15 por minuto

Fuente: Elaboración propia

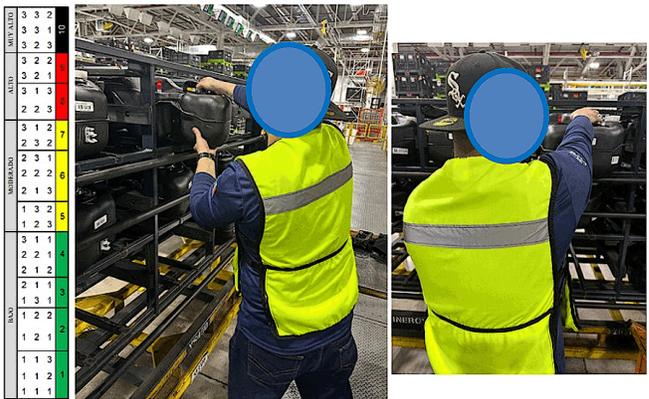
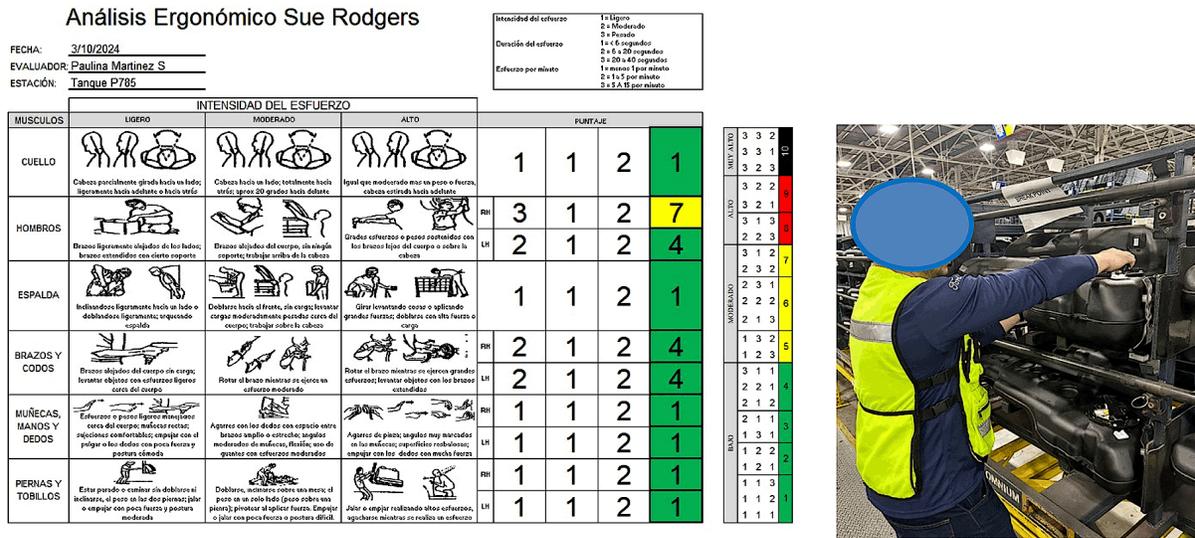


Figura 6. Análisis Sue Rodger para tanque modelo 2



Fuente: Elaboración propia

1, se encontró que el hombro derecho es el más afectado, con un puntaje de 7, lo que indica un esfuerzo significativo. Además, los brazos y la espalda presentan una carga sostenida con puntuaciones de 4, mientras que las muñecas, manos y cuello y piernas tienen un esfuerzo menor. El análisis resalta la importancia de implementar descansos para reducir la carga física y prevenir lesiones.

El estudio ergonómico realizado en el rack de tanque secuenciado identificó que los hombros son la zona más afectada, con un puntaje de 7, reflejando un esfuerzo alto y sostenido debido a la postura fija con los brazos levantados. La espalda, brazos y codos presentan un riesgo moderado-alto, con puntuaciones de 4 debido a movimientos repetitivos y continuos. En contraste, las muñecas, manos y dedos muestran un esfuerzo bajo puntaje de 2, mientras que las piernas y tobillos tienen una carga moderada puntaje de 4 por el sostén prolongado de peso. Estos resultados subrayan la importancia de ajustar la postura y la duración de la actividad para minimizar el impacto ergonómico.

4.3.2 Gasto calórico

Se utilizó una plantilla Excel para calcular el gasto calórico durante la secuencia de ensamble específica en la estación a partir del método recomendado por la asociación médica de América (AMA). Ver la

figura 7.

Para la secuencia de actividades en cada ciclo, se consideró que el movimiento de brazos es moderado, con desplazamientos mayores a 50 cm. Además, se calculó que el operario se desplaza aproximadamente 8 metros por minuto. El peso de las supera los 5 kg. La frecuencia (rapidez) con la que se ejecuta la tarea se considera moderada. Finalmente, se consideró que el manejo de materiales requiere un esfuerzo considerable al empujar o jalar con una fuerza de 13 kg y un desplazamiento de 1 metro por minuto. A partir de estos datos, el gasto metabólico total para realizar la tarea es de 270.4 Kcal/hr, considerando diferentes actividades como el movimiento de los brazos (50 Kcal/hr), caminar (16 Kcal/hr), ejecutar la tarea (52 Kcal/hr) y manejar material (33.8 Kcal/hr). Se determinó que un operario masculino tiene capacidad para trabajar hasta 826 minutos, por lo que laborar una jornada de 420 minutos no supondría ningún problema. En el caso de operarias femeninas, la capacidad de trabajo se calculó en 470 minutos, un valor más cercano al tiempo de la jornada de trabajo. No obstante, ambos están dentro del rango permitido, lo que indica que la actividad puede realizarse sin problemas durante la jornada laboral (ver figura 8).

Figura 7. Calculo de gasto energético en la estación de trabajo

METODO PREDICTIVO AMAA

FECHA: **12/10/2024** ESTACION DE TRABAJO: **Tanques**

DESCRIPCION DEL TRABAJO:
Secuenciada de tanques

GENERO (MF): **F** EDAD: **20**

TIEMPO DE TRABAJO (MIN): **430**

ANALISTA:

GASTO METABOLICO DE ENERGIA

A.- Movimiento de los brazos

- 0 • Si ocurre poco movimiento de brazos/manos
- 1 • Si los movimientos de las manos/brazos esta dentro de los 50 centímetros
- 2 • Si los movimientos de las manos/brazos exceden los 50 centímetros
- 3 • Si hay inclinación, giros y alcances extremos

La contribucion de los brazos es (1, 2 ó 3): **2**

B.- Caminar
 Distancia promedio caminada por minuto

La contribucion del caminar es (Mts/min): **8**

C.- Ejecucion de la tarea

- 1 • Si la mayoría de las partes pesan menos de 1.8 kgs
- 2 • Si la mayoría de las partes pesan entre 1.8 y 5 kgs
- 3 • Si la mayoría de las partes pesan mas de 5 kgs

La contribucion del peso es (1, 2 ó 3): **3**

- 1 • Si hay menos de 2 ciclos por minuto
- 2 • Si hay entre 2 y cinco ciclos por minuto
- 3 • Si hay mas de 5 ciclos por minuto

La contribucion de la frecuencia es(1, 2 ó 3): **2**

D.- Manejo manual de materiales (Jalar/Empujar)

La contribucion de la fuerza mientras se Jala/Empuja (Kgs): **13**

La contribucion del caminar mientras se Jala/Empuja (Mts/min): **1**

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Resultados del gasto energético en la estación

GASTO METABOLICO DE ENERGIA

Metabolismo basal	117.000 Kcal/Mr.
Movimiento de los brazos	50.000 Kcal/Mr.
Caminar	16.800 Kcal/Mr.
Ejecución de la tarea	52.800 Kcal/Mr.
Manejo manual de materiales	33.800 Kcal/Mr.
TOTAL	270.400 Kcal/Mr.
	4.507 Kcal/min

CAPACIDAD DE TRABAJO FISICA

ISF:	1.160
CTF HOMBRES	6.268
CTF MUJERES	4.687

Tiempo máximo antes que se presente la fatiga (SI CTF > GME)

Hombres	826.187484	Mín
Mujeres	470.288495	Mín

Tiempo de recuperación (SI CTF > GME)

Hombres	301.84831	Mín
Mujeres	30.965093	Mín

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 RAPP Tool

El método de evaluación RAPP (Risk Assessment of Pushing and Pulling) (HSE, 2016), es utilizado para analizar los riesgos asociados con las operaciones manuales de empuje y arrastre. Ayuda a identificar actividades de alto riesgo y a evaluar la efectividad de las medidas de reducción de riesgos, especialmente aquellas que implican esfuerzo de todo el cuerpo. Al incluir ayudas ergonómicas (dispositivos para mejorar la comodidad, seguridad y eficiencia del operario mientras realiza una actividad) para desplazamiento (figura 4) se obtuvieron los resultados RAPP para la estación (figura 9).

Figura 9. Resultado de RAPP Tool

RAPP EQUIPO CON RUEDAS			
		Equipo mediano	
FACTORES DE RIESGO		Color	Valor
1	Peso de la carga		0
2	Postura		0
3	Agarre		0
4	Ritmo de trabajo		3
5	Distancia de traslado		0
6	Condición del equipo		0
7	Superficie del piso		0
8	Obstáculos en la ruta		0
9	Otros factores		0
Puntaje total			3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación RAPP muestran que la mayoría de los factores analizados, como el peso de la carga, la postura, el agarre, la distancia de traslado y la condición del equipo, obtuvieron un puntaje de 0, es decir, no representan un riesgo significativo. Sin embargo, el ritmo de trabajo obtuvo un puntaje de 3, lo que sugiere un nivel de riesgo moderado, lo que indica que se requieren ajustes. En general, el puntaje total de 3 indica que la condición ergonómica es adecuada, pero es recomendable revisar el ritmo de trabajo para optimizar la operación.

4.4 Implementación

El estudio de tiempos, realizado junto con las instrucciones de trabajo, permitió definir y optimizar cada parte del proceso. A partir de los resultados, se definió un tiempo de ciclo de 7 minutos. Con este parámetro, se obtiene una carga de trabajo se calculó en 85.62% (6 minutos), con un tiempo de descanso entre ciclos de 14.38% (un minuto), lo cual se mantiene dentro de los estándares internos del fabricante, asegurando un nivel adecuado de productividad sin sobrecarga física.

El proceso de implantación incluyó otras dos actividades relacionadas a la comprensión del nuevo sistema de trabajo de la tarea. Por un lado, se realizaron las hojas de proceso (Figura 10), que son los documentos que detallan los pasos necesarios para el ensamble, incluyendo las operaciones, máquinas, herramientas, tiempo y materiales requeridos. Incluye de iconos clave que resaltan puntos críticos, así como una explicación más profunda de las subtareas.

Finalmente, se realizaron reuniones con el personal operativo y de supervisión, en ellas se describió el rediseño, los beneficios en la productividad y la reducción de riesgo laboral, se capacitó a los operadores y se mostraron las métricas operativas de la estación (Figura 11).

4.5 Mejora continua

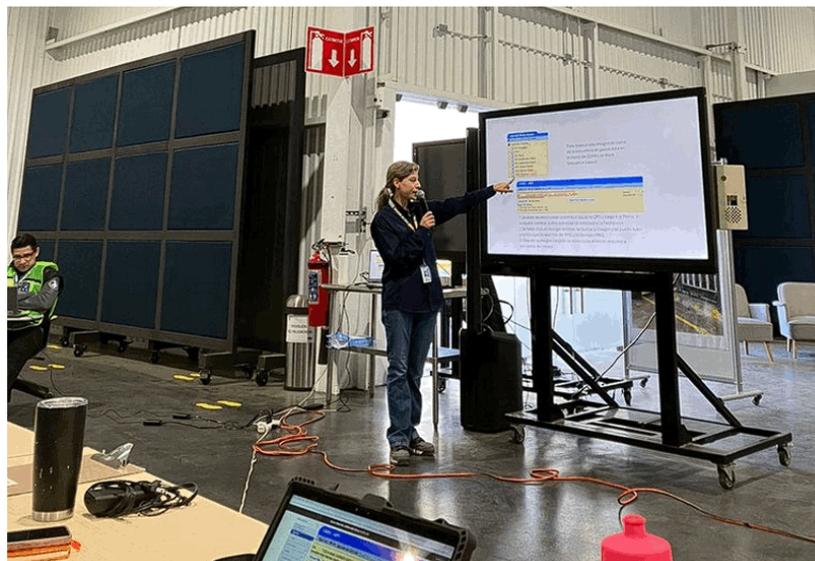
En el proceso de mejora, se descubrió que existe una oportunidad de mejora, por lo cual se solicitó al área de materiales una nueva secuencia de surtido de materiales, para optimizar el flujo de uso del material y mejorar la eficiencia operativa. Este ajuste

Figura 10. Ejemplo de hoja de proceso

Quality Process System Operator Instruction Sheet (QPS-OIS/JSA)				HERMOSILLO ASSEMBLY				PROPRIETARY			
OIS: *1* - Secuenciado de Tanques				Station: CH C4 429-W		Dap/Zona/Workgroup: Secuenciados/Zona 2 Secuenciados/ Model Max/Process: CX430 P758 Production (1/4/27)		Created By: PMAKT318		Creation Date: 2024/07/02	
Operation: Secuenciado de Tanques				Operation ID: Q 1 T		Model Max/Process: CX430 P758 Production (1/4/27)		Revised By: PMAKT318		Revision Date: 2024/11/06	
KEY:	DELTA CRITICAL	SIGNIFICANT S	KEYED SEQUENCE K	KEY QUALITY POINT	Error Proofing Device	Key Safety Green	Key Safety Yellow	Ergonomics	Environmental	Line Rate	Takt Time
Usiga	#	Key Point Symbol	All Work Elements / Work Steps must be done in sequence as listed				Required Hazard Controls and Key Quality Points				Work Sequence Layout
	10		***Colocarse EPP de acuerdo a la operación a realizar***								
	20		***Dirigirse al gabinete de carga de escaners***								
	30		***Tomar escanear***								
	40		***Dirigirse a la celda de secuenciado para secuenciar rack de tanques***								
	50		***Verificar al inicio de turno y al terminar secuenciados que los semaforos esten colocados de manera correcta. Si esta vacio o imparcial colocar semaforo color Rojo, si esta completo y validado para su surtido colocar semaforo en Verde***								
100% UNIDADES	60		Caminar a PLACARD y Escanearlo (Cada 12 Tanques)								
			10 CAMINAR A PLACCARD								
			20 ALINEAR ESCANER CON PLACCARD								
			30 PRESIONAR GATILLO DE ESCANER								
			40 ESCANEAR PLACCARD *TIEMPO*								
100% UNIDADES	70		Caminar al ETAG y escanear código de barra (cada 12 Tanques)								
			10 CAMINAR A DOLLY A SECUENCIAR								
			20 ALINEAR ESCANER CON ETAG								
			30 PRESIONAR GATILLO DE ESCANER								
			40 ESCANEAR ETAG *TIEMPO*								
100% UNIDADES	80		Caminar al carrito y caminar con el hacia al rack de tanques								
			10 CAMINAR AL CARRITO								
			20 TOMA EL CARRITO								
			30 CAMINAR AL RACK								
100% UNIDADES	90		Observar en escaner el número de parte, rotación y ubicación donde se localiza el material a secuenciar								
Shift Acknowledgments				User Role		Date		Tax #		Tax Text	
User Role: QPSOPER, QPSSEPV, QPSTMLD				Date: 2024/11/06		Tax #: N/A		Tax Text: N/A		Tax Text: N/A	
Eye Protection: None Required				Hearing Protection: None Required		Respiratory Protection: None Required		Hand Protection: Reveal Gloves		Foot/Leg Protection: Steel toe	
Other Protection: None Required				Arm Protection: Long Sleeves		Other Protection: Chalkco					
JSA is Unapproved				This OIS is NOT approved by all approvers							

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Reunión de presentación-capacitación



Fuente: Elaboración propia



busca agilizar la distribución de las opciones de uso de material, asegurando que cada componente esté disponible en el momento adecuado y en la cantidad necesaria. Además, la implementación de estas opciones contribuirá a la reducción de tiempos de espera y optimizar el rendimiento general del sistema.

Discusión

En el contexto de la literatura existente, este estudio se alinea con la creciente importancia otorgada a la ergonomía en la industria automotriz para mejorar la productividad, la seguridad y la satisfacción laboral. La aplicación de normativas como la NOM-036-STPS-2018 y la consideración de estándares internacionales (ISO-11228-1, HSE, NIOSH) sirven de base para un enfoque integral hacia la gestión de riesgos ergonómicos. De la misma manera, la utilización de múltiples métodos de evaluación (Sue Rodgers, RAPP, análisis de gasto calórico) proporciona una visión holística de las demandas físicas de la tarea, fortaleciendo la validez de las conclusiones.

Una limitación de este estudio podría ser la evaluación centrada en una única estación de trabajo dentro de la línea de ensamble. Los resultados de la evaluación ergonómica de la estación de trabajo rediseñada sugieren una mejora sustancial en comparación con escenarios previos donde el manejo manual de cargas representaba un riesgo potencial de TME.

Este estudio, de manera similar a lo que plantean otras investigaciones, respalda la idea de que el proceso de diseño de ambientes de trabajo utilizando una aproximación sistemática, utilizando herramientas de evaluación especializadas, representa un avance significativo hacia la reducción de los riesgos ergonómicos. Los resultados obtenidos respaldan la efectividad de las intervenciones implementadas y resaltan la importancia de un enfoque de mejora en las condiciones de trabajo desde una perspectiva ergonómica.

El estudio de (García et al., 2021) proporciona una visión detallada de los desafíos ergonómicos dentro de la industria alimentaria, específicamente en el proceso de empaque del espárrago. La investigación puso de manifiesto que la fatiga del operador no solo disminuía la productividad, sino que también planteaba serias preocupaciones sobre la salud y

el bienestar de los trabajadores. Se encontró que existía la necesidad de estirarse repetidamente durante largos periodos por causante de la fatiga, esto era un claro indicativo de que las condiciones de trabajo no eran los óptimos.

Al profundizar en el análisis de las actividades de empaque, se descubrió que la mayoría de las posturas adoptadas por los operadores eran ergonómicamente incorrectas. Esto no solo aumentaba el riesgo de lesiones a largo plazo, sino que también afectaba la eficiencia del proceso de empaque. La conclusión de que era necesario un rediseño de la estación de trabajo para mejorar la oportunidad para mejorar significativamente la ergonomía del lugar de trabajo.

El rediseño propuesto por García et al. (2021) sugiere la integración de estaciones de trabajo ajustables que se adapten a la altura y alcance de cada operador individual, minimizando así la tensión muscular y la fatiga. También recomienda pausas regulares y ejercicios de estiramiento para los empleados, lo que podría ayudar a mitigar los efectos de estar de pie o en una posición estática durante largos periodos.

Futuras investigaciones podrían expandir el alcance para analizar el impacto de intervenciones ergonómicas similares en otras estaciones de trabajo en donde exista algún riesgo potencial, principalmente de TME. Finalmente, en un contexto a mediano y largo plazo también resultaría interesante evaluar el impacto en la salud de los trabajadores y la productividad del proceso.

Conclusiones

Se abordó el diseño ergonómico de una estación de trabajo de secuenciado en una planta de estampado y ensamble automotriz, motivado por la necesidad de mitigar los riesgos de trastornos musculoesqueléticos (TME) asociados al manejo manual de cargas, en concordancia con la NOM-036-1-STPS-2018 y los estándares del fabricante. A través de una metodología de cinco fases (análisis, diseño, validación, implementación y mejora continua), se logró redefinir la secuencia de ensamble mediante una nueva distribución física de la estación de trabajo, incorporando facilidades y ayudas ergonómicas destinadas a optimizar la manipulación y traslado de componentes en la secuencia fácil de ensamble.

La validación del diseño de la estación se realizó a partir de diferentes métodos de evaluación



ergonómica, entre ellos Sue Rodgers, RAPP. El puntaje moderado obtenido en el ritmo de trabajo señala una oportunidad para la optimización, buscando un equilibrio entre la productividad y la prevención de la sobrecarga física.

El análisis del gasto calórico indicó que la demanda metabólica de la tarea se encuentra dentro de los límites permisibles para ambos géneros durante la jornada laboral estándar. Sin embargo, la capacidad de trabajo calculada para las operarias femeninas se acerca más al tiempo de la jornada, lo que sugiere la necesidad de monitorear la fatiga y considerar la implementación de pausas o rotaciones de tareas si se identifican signos de agotamiento a largo plazo.

Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora significativa en las condiciones ergonómicas de la estación rediseñada. Durante la fase de implementación, se inició con la capacitación del personal y la definición de un tiempo de ciclo optimizado, donde se obtuvieron niveles adecuados de eficiencia y tiempo de ocio, superiores incluso al estándar del proceso, con lo cual se demostró la viabilidad de la propuesta en términos de productividad. Finalmente, la etapa de mejora continua sienta las bases para ajustes futuros que permitan una optimización sostenida de la estación de trabajo.

En suma, esta investigación ejemplifica la aplicación práctica de los principios de la ergonomía en el contexto de la industria automotriz, demostrando su potencial para la creación de entornos laborales más seguros, saludables y eficientes, al tiempo que se da cumplimiento a la normativa vigente. Los hallazgos de este estudio pueden servir como referente para intervenciones similares en otros procesos productivos que involucren manejo manual de cargas.

Referencias

- American Medical Association. (2008). *AMA Guides to the Evaluation of Permanent Impairment* (6ª ed.). American Medical Association. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/978-1-57947-888-9>.
- Bahramian, M., Shayestehpour, M. A., Yavari, M., Mehrabi, H., & Arjmand, N. (2021). Musculoskeletal injury risk assessment in a car dashboard assembly line using various quantitative and qualitative tools. 2021 28th National and 6th International Iranian Conference on Biomedical Engineering, ICBME 2021, 310-316. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/ICBME54433.2021.9750385>.
- Diego-Mas, J. A. (2015a). Evaluación postural mediante el método RULA. *Ergonautas*. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015b). Evaluación postural mediante el método REBA. *Ergonautas*, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015c). Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh. *Ergonautas*. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- García, C. S., Marroquin, A. C., Macassi, I. A., & Alvarez, J. C. (2021). Proposal of Work Study and Anthropometric Workstation Redesign to Increase the Productivity on Asparagus Industries. 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2021, 760-764. <https://doi.org/10.1109/IEEM50564.2021.9672974>
- González, C., Herrera, J. (2020). Evaluación ergonómica en línea de ensamble de motocicletas: propuesta de intervención. *Ergonomía Latinoamericana*, 2(1), 33-41. Disponible en: <https://revistas.ergonomialatinoamericana.org/index.php/revista/article/view/112>
- Health and Safety Executive [HSE] (2016). Risk assessment of pushing and pulling (RAPP) tool. United Kingdom. Disponible en: <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg478.htm>
- Instituto Nacional de Rehabilitación (2014). *Las enfermedades y traumatismos del sistema músculo Esquelético*. Un análisis del instituto nacional de rehabilitación de México, como base para su clasificación y prevención. Disponible en: <https://www.inr.gob.mx/Descargas/ops-oms/lasEnfermedadesTraumatismos-SistemaMusculoEsqueletico.pdf>
- International Labor Office (ILO) (2011a). *Diseño de Sistemas de Trabajo*. ILO. Disponible en <https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-iv-66769/ergonomics-52353/work-systems-design>
- International Labor Office (ILO) (2011b). *Enciclopedia OIT sobre salud y seguridad en el trabajo*. Disponible en <https://www.iloencyclopaedia.org/es/about>
- Jirapongsuwan, A., Klainin-Yobas, P., Songkham, W., Somboon, S., Pumsopa, N., & Bhatarasakoon, P. (2023). The effectiveness of ergonomic intervention for preventing work-related musculoskeletal disorders in agricultural workers: A systematic review protocol.



- PLoS ONE, 18(7 July). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288131>
- Lehto, M.R., Landry, S.J. (2012). *Introduction to Human Factors and Ergonomics for Engineers* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13249>
- López-Ardila, L., Martínez, M. (2019). Ergonomic redesign of an assembly workstation in a household appliance plant. *Ergonomics*, 62(4), 457-468. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1522106>
- Martínez, J., González, A. (2022). Ergonomic intervention in manual assembly tasks at Nissan Barcelona: Implementation of mechanical assistance. In *Proceedings of the PREMUS Conference 2022* (pp. 141-149). Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 51(2), 241-247. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (2021). *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110revised082021.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB94110>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2021). *Ergonomía — Manipulación manual — Parte 1: Determinación de la capacidad de carga de una persona para el levantamiento y el transporte de cargas (ISO 11228-1)*. Disponible en: <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg143.PDF>
- Rodgers, Suzanne H. (1988). Job evaluation in worker fitness determination; *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. 3(2):219-239.
- Safaeian, A., Shahsanai, A., & Kiyany, F. (2021). Corrective Exercises or Ergonomic Principles for Workers with Low Back Pain. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 25(4), 204-208. https://doi.org/10.4103/ijoem.IJOEM_255_19
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el trabajo-Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/7468/stps11_C/stps11_C.html
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (1999). Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4948965&fecha=31/05/1999#gsc.tab=0
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=734536&fecha=17/04/2002#gsc.tab=0
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=737289&fecha=11/01/2002#gsc.tab=0
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2008). Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2014. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5359717&fecha=11/09/2014
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2025). Asistente para la Identificación de las Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://asinom.stps.gob.mx/Centro/CentroAsistenteLogin.aspx>
- Simsek, S., & Turhan, S. (2023). Effects of six sigma implementation on occupational health and safety in industrial diesel engine production and maintenance processes. *Thermal Science*, 27(4), 3361-3372. <https://doi.org/10.2298/TSCI2304361S>
- Torres, Y., & Rodríguez, Y. (2021). Surgimiento y evolución de la ergonomía como disciplina: reflexiones sobre la escuela de los factores humanos y la escuela de la ergonomía de la actividad. *Revista Facultad Nacional De Salud Pública*, 39(2), 1-9. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e342868>