TRABAJO DE GRADO INGENIERIA INDUSTRIAL
SISTEMA DE SEGURIDAD ELECTROMECANICO EN LINEA ENSAMBLAJE DE MOTORES (M01) Y CONROL DE TRAFICO DE VEHICULOS TRANSPORTADORES DE MOTORES (M07) DE LA COMPAÑÍA RENAULT-SOFASA.

Alumno:
Andrés Isaza López

Tutor:
Jhoan Sebastián Rodríguez Rodríguez

Institución Universitaria Politécnico Gran colombiano
Ingeniería Industrial
Medellín, Colombia
2026

TABLA DE CONTENIDO:

RESUMEN DEL PROYECTO 6
1. TITULO DE LA PROPUESTA: 7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: 8
2.1 Descripción del problema: 8
2.2 Elementos del problema: 12
2.3 Formulación del problema: 13
3. OBJETIVOS 14
3.1 Objetivo General: 14
3.2 Objetivos Específicos: 14
4. JUSTIFICACIÓN: 15
5. MARCO TEÓRICO: 16
5.1 Marco Conceptual: 16
5.2 Estado del arte: 19
6. METODOLOGIA 23
6.1 Antecedentes Metodológicos: 23
6.2 Metodología Propia de Diseño: 24
7. RESULTADOS: 26
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSION 49
8.1 Discusión 49
8.2 Conclusiones: 50
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS: 51

INDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1. Vista de la línea M01: cadena de arrastre, RGV y traslado de motor M01 a M03. Fuente: propia. 8
Ilustración 2. Puesto operativo de M01 y detalle del sistema de paro de RGV y traslado de motor. Fuente: propia. 9
Ilustración 3. Actividades de operación en M01, flexión lumbar para activación y desactivación de paro. Fuente: propia. 10
Ilustración 4. Vista de la línea M07, Polipasto y trayectoria de traslado del motor en la zona M07. Fuente: propia. 10
Ilustración 5. Motor dañado luego de colisión con el polipasto durante el traslado. Fuente: propia. 11
Ilustración 6. Ejemplo, sistema electromecánico de resguardo y accionamiento de seguridad. Fuente: INSST (2021). 16
Ilustración 7. Sensores réflex usados para detección de presencia de objetos. Fuente: Telemecanique Sensors (2024). 16
Ilustración 8. Electroválvula neumática para control de actuadores en sistemas automáticos. Fuente: Festo (s. f.-a). 17
Ilustración 9. Tablero andón de alarmas luminosas y sonoras del taller de ensamble. Fuente: propia. 17
Ilustración 10. Temporizador y relé empleado para retener señales de control. Fuente: CHINT (s. f.) 18
Ilustración 11. Controladores lógicos programables usados en automatización industrial. Fuente: Siemens (s. f.-a). 18
Ilustración 12. Postura forzada y riesgo de dolor lumbar por tareas manuales. Fuente: Health and Safety Executive (2020). 19
Ilustración 13. Elementos usados para la implementación del sistema. Fuente: elaboración propia con imágenes referencia de fabricantes. 32
Ilustración 14. Diagrama eléctrico de alimentación y puntos hacia elementos de control del sistema. Fuente: elaboración propia. 33
Ilustración 15. Lógica cableada para temporizador, relés y electroválvula. Fuente: elaboración propia. 34
Ilustración 16. Plano neumático de compresor, electroválvula y actuador. Fuente: elaboración propia. 34
Ilustración 17. Diseño mecánico en explotación de bandera neumática. Fuente: elaboración propia. 35
Ilustración 18. Plano dimensional del sistema neumático parada de RGV. Fuente: elaboración propia. 36
Ilustración 19. Instalación e interior y exterior del tablero de control puesto M01. Fuente: propia. 37
Ilustración 20. Antes y después de Instalación de la bandera con actuador y manguera neumática en punto de liberación del RGV. Fuente: propia. 37
Ilustración 21. Fabricación, antes y después de montaje de la base metálica para el sensor réflex en M07. Fuente: propia. 38
Ilustración 22. Cableado del sensor en campo y conexión del sensor al el PLC de M07. Fuente: propia. 38

Ilustración 23. Segmento creado en el PLC para activación de marca de seguridad y envío señal de alarma. Fuente: propia. 39
Ilustración 24. secuencia del PLC para set o reset de marca que permite el movimiento en automático del polipasto con señal creada para este fin. Fuente: propia. 40
Ilustración 25. segmento creado para lograr la comunicación entre ambos PLC´S para la activación del andón Fuente: propia. 40
Ilustración 26. segmento creado para el reset de la marca de activación de la alarma por condiciones óptimas Fuente: propia. 41
Ilustración 27. segmento creado para la activación del andón de alarmas por medio de comunicación I/O device Fuente: propia. 41
Ilustración 28. Flexión lumbar forzada en el puesto M01, antes y después de la implementación de la mejora Fuente: propia. 44
Ilustración 29. Comparativo de indicador inicial de ergonomía frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia. 45
Ilustración 30. Comparativo de indicador inicial de malas posturas frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia. 46
Ilustración 31. Comparativo de indicador inicial de costos frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia. 46
Ilustración 32. Comparativo de indicador inicial de paros de línea frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia. 47
Ilustración 33. Diagrama de Gantt para la implementación del proyecto de mejora. Fuente: elaboración propia. 48

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Comparación entre soluciones de automatización y seguridad en compañías de automotores. 21
Tabla 2. Diagnóstico inicial de problemas hallados en los puestos M01 y M07. 26
Tabla 3. Requerimientos de diseño para el sistema de seguridad en M01 y M07. 27
Tabla 4. Opciones de solución evaluadas para el sistema de seguridad electromecánico.... 28
Tabla 5. Dispositivos seleccionados para la realización del sistema de seguridad. 29
Tabla 6. Costos estimados de la implementación de la idea para sistema de seguridad. 32
Tabla 7. Verificación de funcionamiento y pruebas del sistema implementado. 42
Tabla 8. Indicadores de buena postura para el puesto M01. 43
Tabla 9. Indicadores de seguridad y continuidad para el puesto M07. 45

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto es desarrollado, implementado y validado como un sistema de seguridad electromecánico el cual es aplicado en dos diferentes puntos clave en el área de ensamble de motores de la compañía Renault-Sofasa; puesto de trabajo M01 y puesto de control de tráfico de vehículos transportadores de motores M07. En el puesto operativo M01 se detectó una condición de ergonomía operativa desfavorable, ya que este debía realizar una acción de flexión del tronco en dos ocasiones por cada ciclo operativo logrando con ello la activación y desactivación manual del paro de emergencia que posee cada vehículo transportador de motor RGV; con una producción de 100 vehículos por turno se traduce a cerca de 200 flexiones realizadas por el operario en la jornada. Para mejorarlo, se realiza la implantación de una bandera metálica que es accionada por un cilindro neumático, electroválvula, relés, temporizador y un pulsador de fácil acceso. En el puesto de M07 se detectó un riesgo de choque del polipasto transportador de motores por la ausencia de detección de obstáculos en su trayectoria de desplazamiento, con eventos de colisión que generaron perdidas cercanas a los 15 millones de pesos colombianos y sumado a ello trajo consigo 60 minutos de paro de línea. Para mejorar esta problemática se monta un sensor réflex en una base metálica y esta se instala en el puesto M07, se conexiona dicho sensor al PLC, se desarrolla la lógica de parada automática para el polipasto, alarma en el andón de balizas y rearme de secuencia en automático cuando el riesgo haya sido mitigado. Los resultados de funcionamiento arrojan una mejora esperada en continuidad productiva, ergonomía en puesto operativo M01, reducción en choques y costos de reparación.

Palabras Claves: Industria automotriz, Ergonomía industrial, RGV, lógica cableada, polipasto, PLC, seguridad electromecánica, alarmas.

ABSTRACT

This project was developed, implemented, and validated as an electromechanical safety system applied at two key points in the Renault-Sofasa engine assembly area: workstation M01 and the M07 engine transport vehicle traffic control station. At workstation M01, an unfavorable ergonomic condition was identified, as the operator had to perform a trunk flexion action twice per operating cycle to manually activate and deactivate the emergency stop on each RGV engine transport vehicle. With a production of 100 vehicles per shift, this translates to approximately 200 trunk flexions performed by the operator per shift. To improve this, a metal flag was implemented, activated by a pneumatic cylinder, solenoid valve, relays, timer, and an easily accessible push button. At station M07, a collision risk was detected involving the motor transport hoist due to the lack of obstacle detection in its travel path. Collisions resulted in losses of approximately 15 million Colombian pesos and caused 60 minutes of line downtime. To address this issue, a reflex sensor was mounted on a metal base and installed at station M07. This sensor was connected to the PLC, and automatic stop logic was developed for the hoist, along with an alarm on the beacon andon and automatic sequence reset once the risk was mitigated. The operational results show the expected improvement in production continuity, ergonomics at station M01, and a reduction in collisions and repair costs.

Keywords: Automotive industry, Industrial ergonomics, RGV, Hardwired logic, Hoist, PLC, Electromechanical safety, alarms.

1. TITULO DE LA PROPUESTA:

Sistema de seguridad electromecánico en la línea de ensamble de motores (M01) y en el control de tráfico de vehículos transportadores de motores (M07) de la compañía Renault-Sofasa.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

2.1 Descripción del problema:

En la compañía Renault- Sofasa, se cuenta con 3 talleres para la fabricación de vehículos automotrices, soldadura, pintura y ensamble, siendo este último, el lugar en el cual se identifican dos problemáticas distintas, específicamente en el área de motores.
En esta área, se cuenta con una línea de sub ensamble de motores llamada (M01), la cual consta de una cadena al nivel del suelo desplazándose a muy baja velocidad con ganchos de arrastre instalados en ella, con una separación de un metro y medio entre cada uno. Esta cadena no se detiene, y se usa para mover a muy baja velocidad unos vehículos eléctricos llamados (RGV), los cuales transportan sobre ellos los motores de los automóviles a ensamblar en los diferentes puestos de la línea (M01). Estos vehículos llegan al inicio de la cadena con un motor eléctrico propio, para luego ser enganchados y movidos por la cadena y no por el motor eléctrico del (RGV), este se detiene gracias a un sensor inductivo que detecta la ausencia de riel para el motor, este queda en el aire y completamente detenido, y así puede desplazarse a muy baja velocidad través de dos puestos operativos que se encuentran a los lados de la cadena. El motor luego de haber pasado por estos dos puestos operativos, es enganchado y trasladado por medio de un polipasto a otra cadena de sub ensamble (M03) (INSST, 2021).

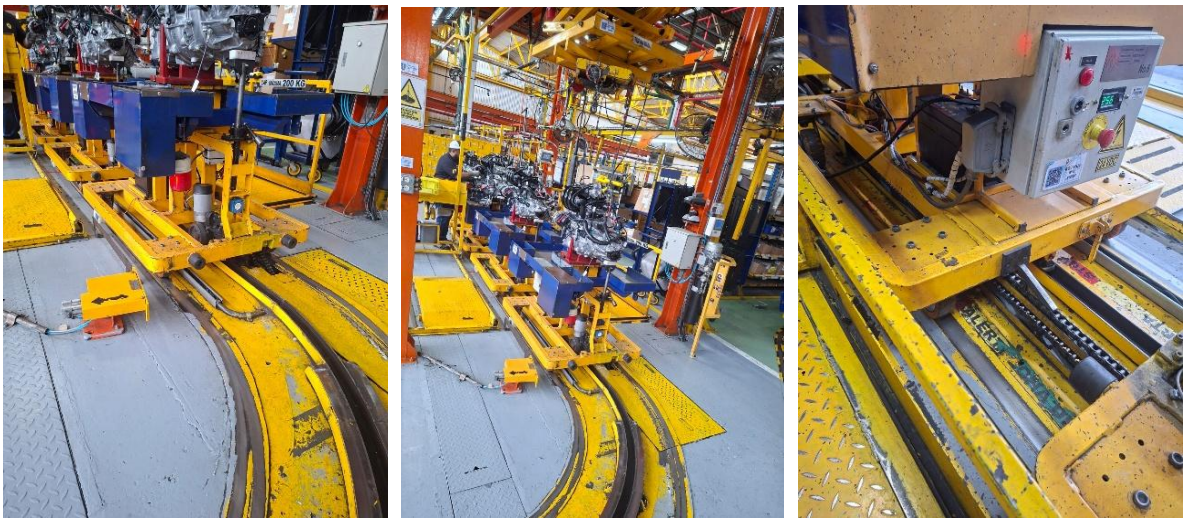


Ilustración 1. Vista de la línea M01: cadena de arrastre, RGV y traslado de motor M01 a M03. Fuente: propia.

En el primer puesto operativo de la cadena (M01), al llegar un (RGV) al inicio de la cadena y este es enganchado por la misma, el operario comienza a realizar la instalación en el bloque del motor, de bomba de agua, motor de arranque eléctrico, compresor del aire acondicionado, alternador, correa de distribución, cojinetes de sujeción para el cofre motor, se instala el ramal eléctrico y se realizan las primeras conexiones eléctricas a los equipos ya mencionados. Todo esto gracias a la ayuda de herramientas de torque programado para el correcto ajuste de cada tornillo en el motor (INSST, 2021).

Luego pasan al segundo y último puesto operativo de la cadena (M01) en el cual el operario comienza agachándose para accionar el paro de emergencia del vehículo que transporta el motor a ensamblar (RGV), esto por seguridad de que no se vaya el último (RGV) de la cadena con motor sobre él, a comenzar un nuevo ciclo. Esto puede ocurrir gracias a retrasos operativos y problemas en el ensamblaje, la línea avanza sin detenerse y el operario no engancha el ultimo motor ya terminado al polipasto. si el sensor inductivo del motor del (RGV) detecta nuevamente presencia de riel, quiere decir que ese ciclo por la cadena de (M01) ha finalizado, el motor del (RGV) se encuentra de nuevo sobre el riel, el operario ya engancho el motor en el polipasto y que debe comenzar a moverse a repetir otro ciclo (INSST, 2024).

Luego de colocar el paro de emergencia, el operario comienza con sub ensamblar el radiador, monta en el vehículo el múltiple de admisión, múltiple de escape, la base para la instalación del radiador que se realiza más adelante y termina de realizar higiene y conexionado del ramal principal a través de todo el motor, luego de terminar ese ciclo, se desplaza hacia el ultimo (RGV)y libera el paro de emergencia luego de haber enganchado el motor al polipasto para que este pueda irse y repetir de nuevo otro nuevo ciclo con otro motor.

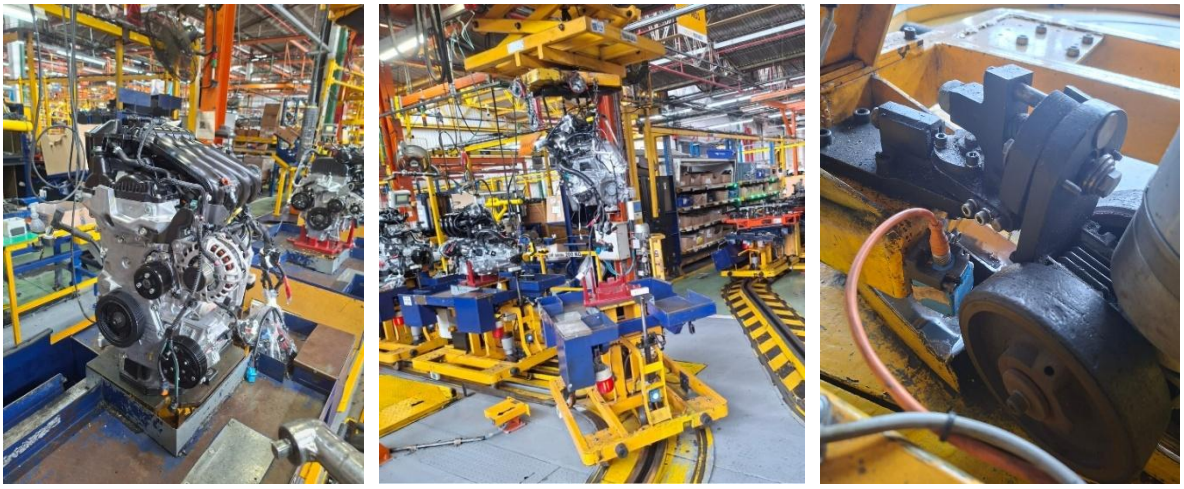


Ilustración 2. Puesto operativo de M01 y detalle del sistema de paro de RGV y traslado de motor. Fuente: propia.

En este segundo puesto operativo se evidencia la realización de una mala postura por parte del operario, ya que éste debe agacharse dos veces por ciclo para la activación y desactivación del paro de emergencia del vehículo transportador de motores (RGV), al comienzo y al final de un ciclo productivo, lo que quiere decir, dos veces cada cinco minutos. EL operario de este puesto ya ha reportado en reiteradas ocasiones dolor en la espalda baja por la clase de movimiento y su repetitividad, empeorando cada vez más con el pasar de los días (INSST, 2024).

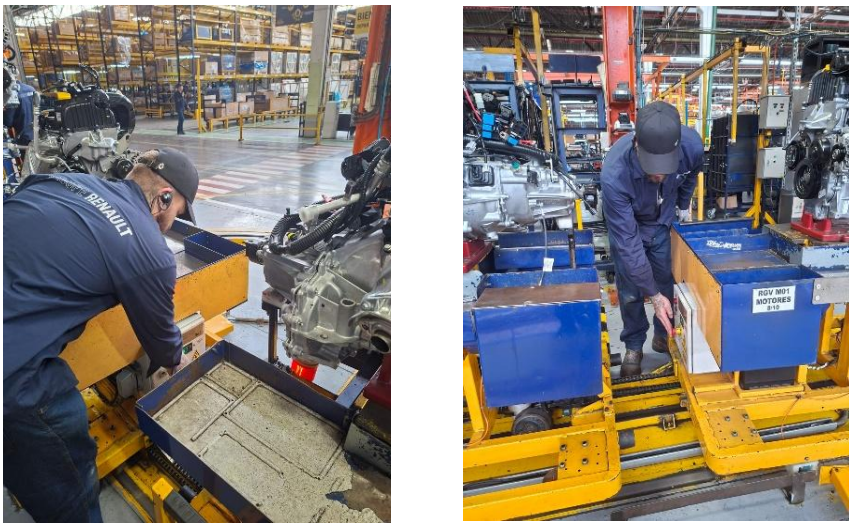


Ilustración 3. Actividades de operación en M01, flexión lumbar para activación y desactivación de paro. Fuente: propia.

En el área de motores también se encuentra una zona de trabajo denominada (M07), en esta zona se cuenta con un control de tráfico de (RGVS), que consta de dos estaciones de parada por bandera con accionamiento electro neumático, una es llamada estación de espera de carga y la otra es llamada estación de carga, estas banderas son encargadas de permitir o restringir el avance de un (RGV) entre ambas estaciones, siempre debe haber un único (RGV) por estación, sin ninguno de estos en medio de las dos estaciones de parada (INSST, 2021).

Esta estación de carga tiene como fin mantener detenidos los (RGVS) para que un polipasto traslade los motores en una base, ya listos desde el (RGV) hacia la zona en donde estos serán acoplados a la cabina correspondiente. Luego el polipasto regresa la base ya vacía de un motor ya acoplado y el vehículo es liberado para comenzar un nuevo ciclo con un nuevo motor (INSST, 2021).

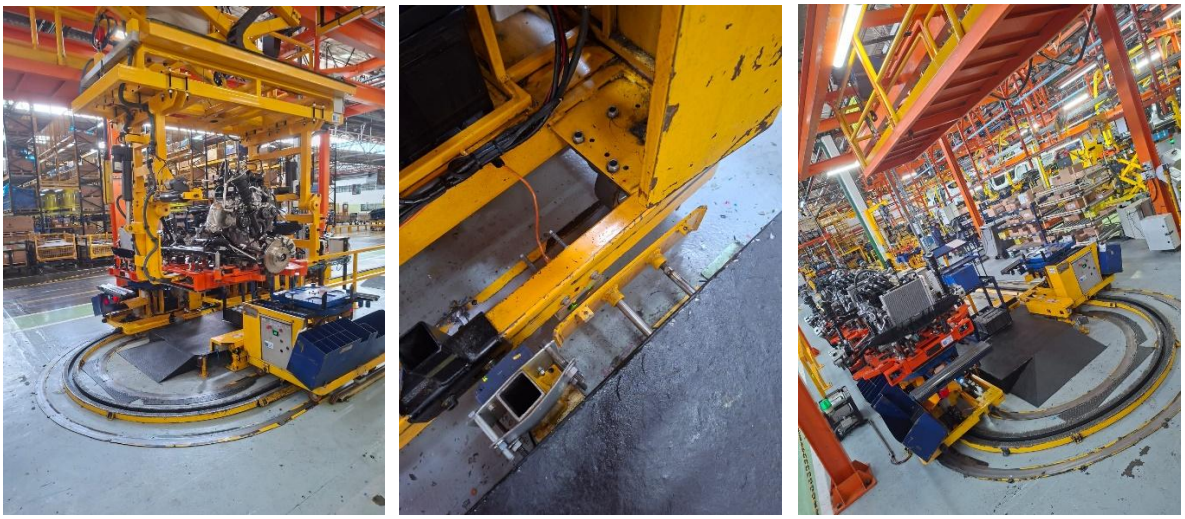


Ilustración 4. Vista de la línea M07, Polipasto y trayectoria de traslado del motor en la zona M07. Fuente: propia.

En esta zona de motores (M07), se evidencia que el polipasto al recoger un motor de la zona de cargue, no tiene como saber si en la trayectoria en la que él se desplaza, hay otro objeto, ya sea otro motor, una persona, un medio con material, para posteriormente detenerse y evitar una colisión en el cual se deteriora, tanto el motor como el polipasto que lo transporta (INSST, 2021).

Esta situación ya se evidencio dos veces en el mes de enero del 2026, en donde el polipasto colisiono con dos motores en diferentes ocasiones, ya que estos se pasaron de la zona de espera de carga, deteriorando en estos motores de Renault KWID, componentes que juntos llegan a 15 millones de pesos colombianos. Sin mencionar el tiempo de paro en la línea de producción de treinta minutos en cada motor deteriorado, ya que se debe retirar el motor malo, y traer otro nuevo.

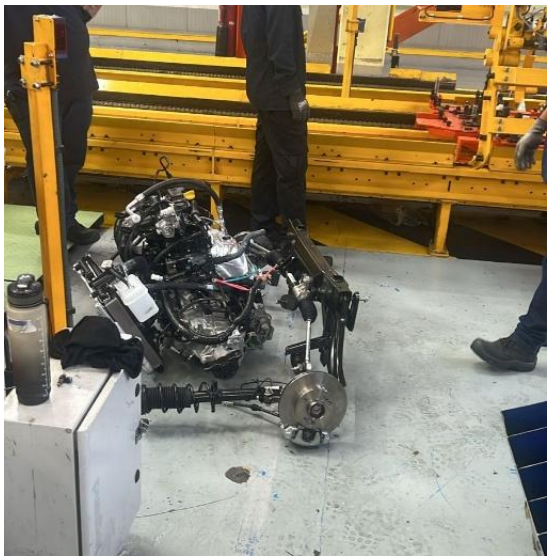


Ilustración 5. Motor dañado luego de colisión con el polipasto durante el traslado. Fuente: propia.

Enlace video, colisión de polipasto traslado de motor:
https://www.youtube.com/shorts/d-yuTQdvaPQ

En una línea de producción, las necesidades del sistema no solo implican mantener la continuidad del flujo de producción, sino también de atender las posturas operativas de los trabajadores y la seguridad para evitar deterioros en materia prima. Estas acciones deben realizarse de manera rápida, por la cual surge la necesidad de suplir este tipo de mejoras con elementos ya existentes en la empresa, y no a esperar un área de proyectos para la ejecución de estas medidas preventivas, que pueden tardar semanas e incluso meses para poder mitigar los riesgos ya mencionados, dando pie a seguir deteriorando la salud del operario y deteriorando más piezas automotrices (INSST, 2024).

2.2 Elementos del problema:

Los elementos principales que componen la situación del problema son:

Procesos Involucrados:

- Accionamiento manual de paros de emergencia repetidamente en cada ciclo.
- Transporte de motores para su montaje con cabina mediante polipasto.
- Ensamble de motores en puestos específicos.
- Flujo de piezas automotrices en de la cadena de suministro.

Zona de trabajo:

- Cadena de ensamblaje de motores M01.
- Área transporte de motores hacia montaje con cabina.

Equipos y Maquinaria:

- Sistemas de paro de emergencia.
- Polipasto para realizar el traslado de motores.
- Vehículos eléctricos autónomos transportadores de motores.

Operarios:

- Realizan tareas manuales rutinarias y adoptan posturas inadecuadas.
- Realizan actividades físicas por ciclo, agacharse, activar equipos manualmente.

Fallas en el sistema:

- Falta de estandarización en equipos y procesos en la línea de ensamblaje.
- Falta de seguridad en procesos críticos de manufactura.
- Ausencia de sensores o elementos de detección de objetos en ruta del polipasto.

Condiciones Ergonómicas:

- Presencia de movimientos repetitivos que generan riesgo de problemas musco esqueléticos en personal operativo.

Consecuencias operativas:

- Retrasos en el proceso operativo en el ensamblaje de motores.
- Paros operativos o por equipos en la línea de producción.
- Daños en motores de vehículos que se traducen en pérdidas económicas.
- Choques y colisiones durante el transporte de polipasto con motor.
- Disminución de la productividad en el área.

Impacto productivo y económico:

- Incremento en los costos a la hora de operar.
- Perdidas aproximadas de 15 millones COP por eventos de colisión en polipasto.
- Tiempos muertos en la producción, aproximadamente 30 minutos por evento.

2.3 Formulación del problema:

¿Cómo puede la implementación y uso de un sistema de seguridad electromecánico en la línea de motores (M01) y en el control de tráfico de vehículos transportadores de motores (RGV) en la compañía Renault-Sofasa contribuir a mejorar las posturas operativas de los trabajadores, disminuir los riesgos de colisiones y reducir las pérdidas económicas en el proceso de ensamble de vehículos?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Implementar un sistema de seguridad, mediante el aprovechamiento de lógica cableada y sistemas electro neumáticos en la línea de ensamble de motores (M01), para la liberación a voluntad del (RGV) por parte del operario, y en el control de tráfico de vehículos transportadores de motores (M07) para evitar colisiones y daños, con el fin de optimizar la postura del operario, reducir riesgos de colisiones, pérdidas económicas, y garantizar la continuidad del proceso productivo mediante soluciones rápidas y efectivas.

3.2 Objetivos Específicos:

1. **Diseñar** un sistema de seguridad electromecánico que permita mejorar la postura de los operarios en la línea de motores (M01) y mejorar el control de tráfico de vehículos transportadores de motores (RGV).

2. **Implementar** el sistema de seguridad electromecánico en las áreas críticas de la línea de ensamblaje de motores, integrando sensores y mecanismos de control que reduzcan riesgos de colisiones y malas posturas operativas.

3. **Evaluar** la efectividad del sistema de seguridad electromecánico mediante indicadores de ergonomía, reducción de incidentes, disminución de pérdidas económicas y mejora en la continuidad del proceso productivo.

4. JUSTIFICACIÓN:

La seguridad en la industria es esencial para garantizar la continuidad productiva y proteger tanto a los colaboradores como a los recursos materiales para la producción. En Renault-Sofasa, las problemáticas detectadas en las áreas de motores (M01) Y (M07) generan riesgos ergonómicos y de colisión, que afectan la salud de los operarios, provocan pérdidas económicas y generan retrasos en la producción (INSST, 2021).

No corregir estas situaciones identificadas puede derivar en lesiones laborales, deterioro de piezas y disminución de la competitividad de la compañía. La implementación de sistemas electromecánicos automatizados, ofrece una solución segura y eficiente, al reducir malas posturas, prevenir colisiones y asegurar un flujo continuo en la línea de ensamble. Contar con este tipo de sistemas no solo reduce los riesgos inmediatos, sino que también proyecta a la compañía hacia un futuro mas competitivo, con procesos confiables, reducción de costos y mejor calidad en la producción (INSST, 2024).

Adicionalmente, esta intervención que se plantea para los puestos ya mencionados, se fundamenta ya que esta responde a unos requerimientos directos del proceso de producción y del bienestar del personal. En el puesto M01, la frecuencia en las flexiones durante el turno de trabajo no simboliza solamente una incomodidad momentánea durante el turno, sino una acción que puede acumular agotamiento físico, disminuir el enfoque del operario y aumentar la probabilidad de olvidos o retrasos operativos por errores durante el desarrollo del puesto. Al automatizar el envío del RGV vacío al final del ciclo con la ayuda de un tablero eléctrico, actuador con electroválvula y bandera metálica, se reduce el riesgo de posiciones forzadas para el operario y se refuerza el prevenir molestias en la zona lumbar relacionadas con movimientos repetitivos en el puesto de trabajo (INSST, 2024).

Desde una perspectiva operativa, esta propuesta de mejora también resulta útil ya que las colisiones en el puesto M07 provocan perdidas que no son solo daños materiales. Cada evento de colisión conlleva a detener la línea principal de producción, intervenir los dispositivos y equipos averiados, reorganizar el ciclo automático en el flujo de motores y destinar actividades de mantenimiento correctivo a personal técnico, cosa que pudo evitarse con la ayuda de un sistema preventivo. Por esto, la instalación de un sensor réflex en dicho puesto, su integración en la lógica del PLC y la activación de una alarma sonora y luminosa, permiten dar control anticipado de manera preventiva al riesgo de colisión, evitando así acciones correctivas y brindando así mas estabilidad en el flujo productivo.

Para finalizar, esta propuesta de mejora contribuye y también da valor practico y académico, demostrando que, beneficios integrales como ergonomía, seguridad, costos y continuidad en el proceso productivo, pueden verse beneficiados con la implementación de una mejora localizada. Esta propuesta no cambia la línea de ensamble por completo, pero si modifica puntos clave en donde se identifican riesgos repetitivos en malas posturas y situaciones de grandes pérdidas económicas. Por lo que su implementación facilita la aplicación de conocimiento en ingeniería industrial, automatización y análisis de riesgos, dando pie a la generación de una propuesta de mejora que funciona y es sostenible en el tiempo.

5. MARCO TEÓRICO:

5.1 Marco Conceptual:

Electromecánica aplicada a la seguridad Industrial:

La electromecánica integra principios, mecánicos, eléctricos y electrónicos para controlar procesos productivos. En la industria automotriz, su uso permite diseñar sistemas que mejoran la interacción entre operarios y maquinas, garantizando así la continuidad productiva y la reducción de riesgos tanto para los operarios como para daños en materia prima (INSST, 2021).

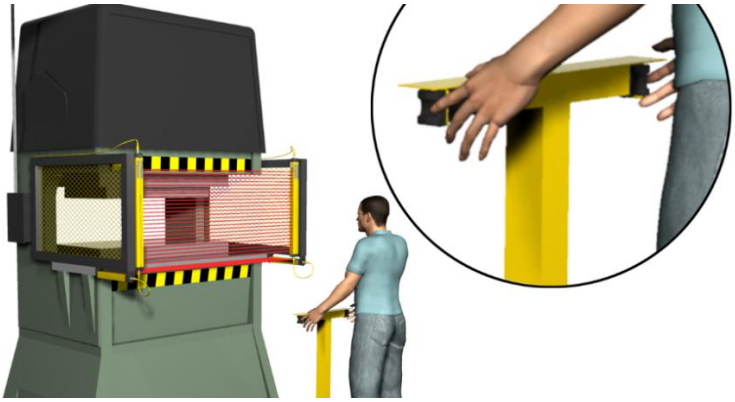


Ilustración 6. Ejemplo, sistema electromecánico de resguardo y accionamiento de seguridad. Fuente: INSST (2021).

Sensores ópticos y réflex:

Los sensores ópticos, como los réflex o auto réflex, son capaces de detectar cualquier tipo de objeto por medio de la reflexión de luz. Estos son indispensables en el uso de sistemas de seguridad industrial, ya que estos permiten la detección de obstáculos en tiempo real y a su vez mandar señales de control para realizar la detención de equipos. Estos a su vez, garantizan y reducen el número de accidentes o colisiones, aportando así a la protección de recursos humanos y materiales. (Telemecanique Sensors, 2024).



Ilustración 7. Sensores réflex usados para detección de presencia de objetos. Fuente: Telemecanique Sensors (2024).

Electroválvulas Neumáticas:

Estas permiten regular el caudal de aire comprimido hacia actuadores neumáticos, permitiendo la automatización de movimientos repetitivos y reducción de carga física que ejerce el operario. Estos son esenciales en procesos donde se requiere velocidad y precisión en la operación. Estas son consideradas una herramienta clave para mejorar la ergonomía en los puestos operativos y para mejorar la eficiencia en diferentes estaciones de trabajo industriales. (Festo, 2025).



Ilustración 8. Electroválvula neumática para control de actuadores en sistemas automáticos. Fuente: Festo (s. f.-a).

Alarmas Industriales:

Las alarmas son sistemas de aviso en tiempo real e inmediato que permiten la atención rápida de incidentes en la línea de producción. En seguridad industrial, su uso es crítico para reducir tiempos de paro de línea y perdidas en materias primas traducidas en pérdidas económicas. Estas alarmas en la industria aportan y fortalecen la capacidad de respuesta ante una emergencia, garantizando así el mayor tiempo posible de continuidad productiva (INSST, 2021).



Ilustración 9. Tablero andón de alarmas luminosas y sonoras del taller de ensamble. Fuente: propia.

Temporizadores y relés en control de procesos:

Por medio de los relés se pueden conmutar circuitos de potencia usando señales de baja energía, mientras que los temporizadores son usados para la regulación en la duración de una acción. Estos dispositivos son muy utilizados en sistemas de automatización industrial para mantener controladas secuencias de operación de una manera precisa y segura. El uso de temporizadores y relés asegura de manera efectiva un control de los procesos, aumentando la seguridad del sistema y reduciendo la intervención operativa (INSST, 2021).



Ilustración 10. Temporizador y relé empleado para retener señales de control. Fuente: CHINT (s. f.)

Controladores lógicos programables (PLC):

El PLC es el centro de la automatización industrial moderna. La capacidad de estos en integrar múltiples dispositivos para la seguridad, ejecutar respuestas al instante y procesar señales en tiempo real lo convierte en el controlador más confiable para la automatización de sistemas críticos. El PLC asegura la coordinación optima entre sensores y actuadores, formando de manera consistente y sólida sistemas de seguridad robustos para la industria automotriz (INSST, 2021).



Ilustración 11. Controladores lógicos programables usados en automatización industrial. Fuente: Siemens (s. f.-a).

Seguridad industrial y ergonomía:

La ergonomía en los puestos operativos busca adaptar el trabajo a los trabajadores, buscando evitar posturas forzadas y reduciendo así la probabilidad de lesiones físicas. La seguridad en la industria establece medidas preventivas tanto para proteger los operarios como también para proteger los recursos materiales de la compañía. Cuando se integra la ergonomía y la seguridad industrial se fundamenta la necesidad de sistemas electromecánicos creados y dirigidos para la protección de la salud de los trabajadores y de los activos de la compañía (INSST, 2024).



Ilustración 12. Postura forzada y riesgo de dolor lumbar por tareas manuales. Fuente: Health and Safety Executive (2020).

5.2 Estado del arte:

El desarrollo de sistemas electromecánicos enfocados en la industria automovilística y manufacturera ha sido ampliamente analizado y estudiado, ya que estas líneas de producción buscan garantizar tanto la protección de los operarios como la continuidad operativa y reducción de daños en los recursos materiales para la fabricación (EOI, 2013).

Buenas posturas en puestos operativos

La documentación en buenas posturas en la industria resalta la gran importancia de tomar los procesos y herramientas utilizados en cada puesto operativo y adaptarlos a las capacidades físicas de los operarios que desarrollan dichos puestos. Investigaciones realizadas en la Universidad Politécnica de Valencia y en el Instituto de Biomecánica de Barcelona, han podido demostrar que rediseñar las estaciones de trabajo y reducir posturas forzadas en los puestos operativos mediante la automatización, disminuye significativamente los reportes de dolor lumbar y aumentan la productividad en las compañías. En particular, sustituir movimientos repetitivos como agacharse para accionar paros de emergencia por sistemas automatizados para el control de flujos, ha sido señalada como una mejora critica (INSST, 2024).

Seguridad industrial en líneas de ensamblaje

Varias investigaciones han podido demostrar que, al integrar sistemas electromecánicos en procesos en los cuales se lleva a cabo ensamblajes, se reduce de manera significativa los riesgos de sufrir cualquier tipo de accidente y a su vez mejorar la ergonomía en los puestos de los operarios. Estudios realizados en plantas de fabricación automotriz como lo son Toyota y Volkswagen han puesto en marcha sistemas de paro automático en equipos con constante movimiento, con la ayuda de sensores de proximidad y demás elementos de seguridad, para evitar colisiones entre vehículos y personal operativo, logrando así disminuir lesiones en el personal y tiempos muertos en la producción (INSST, 2024).

Automatización con electroválvulas y control lógico programable

El uso de electroválvulas neumáticas y PLCS en la automatización de procesos claves, ha sido un aspecto crucial para la mejora en la precisión de las actividades operativas y en la reducción de la carga física de los operarios. En estudios realizados en diferentes plantas ensambladoras de motores en México y Brasil, el uso de estos sistemas automatizados ha permitido mejorar la secuencia en las operaciones, de tal manera que se aumenta el nivel de seguridad y de continuidad productiva (INSST, 2024).

Prevención de choques o colisiones mediante sensorica

Los diferentes avances tecnológicos respecto a sensores ultrasónicos, ópticos y de visión artificial han dado pie para la creación y desarrollo de sistemas de detección de obstáculos en tiempo real. Investigaciones publicadas en diferentes revistas de ingeniería resaltan que el uso de sensores tipo réflex en transportadores y polipastos disminuyen los eventos en los que se presentan choques con materiales o personal operativo, aumentando así la seguridad en el proceso y a su vez reduciendo pérdidas económicas. Estos sistemas son complementados con alarmas sonoras y luminosas, relés temporizados, y otros tipos de elementos de control que son utilizados para detener el proceso productivo de manera inmediata ante la detección de un riesgo (INSST, 2021).

Control de tráfico de vehículos industriales

El uso de vehículos de transporte autónomos RGVS en la industria automotriz ha incentivado a realizar diferentes investigaciones acerca de sistemas de control para el tráfico de vehículos no tripulados basados en lógica cableada y sensores ópticos. En compañías como General Motors y Hyundai se han desarrollado sistemas de señalización electromecánica, que, con la ayuda de controladores lógicos programables, garantizan que solo un vehículo ocupe una sola estación de trabajo a la vez, evitando colisiones que se traducen en pérdidas económicas por daños en componentes automotrices (INSST, 2021).

Síntesis

El estado del arte deja como evidencia de que la tendencia a nivel global en la industria automotriz es la automatización de procesos críticos a través de sistemas electromecánicos, buscando como fin: (EOI, 2013).

- Reducir tiempos muertos y pérdidas económicas por paros de línea.
- Prevenir choques o colisiones, y deterioros en piezas.
- Mejorar las posturas en puestos operativos.
- Garantizar la continuidad del proceso productivo.

Con el fin de analizar tendencias globales en temas de seguridad industrial y automatización, a continuación, se realiza una tabla comparativa que recolecta soluciones implementadas por compañías automotrices referentes. Esta tabla permite observar los diferentes resultados obtenidos en cada caso específico y establecer un contraste con la problemática actual de la compañía Renault, mostrando así las problemáticas en los puestos de trabajo M01 Y M07 (INSST, 2021).

Compañía	Solución implementada	Resultados Obtenidos	Comparación con Renault-Sofasa
General Motors	Uso de sensores ultrasónicos para polipastos y accionamiento de alarmas.	Prevención de colisiones con personas y materiales.	Renault-Sofasa no cuenta con sistemas de detección en polipasto, pérdidas generadas 15 millones COP.
Toyota	Sistemas de paro automático conformado por sensores ópticos en línea de ensamble.	Disminución de lesiones en operarios por eliminación de posturas forzadas.	Renault-Sofasa actualmente depende de paros manuales, lo que genera posturas inadecuadas.
Volkswagen	Control de tráfico de vehículos con lógica cableada y PLC.	Baja el número de colisiones y perdidas monetarias por daños en piezas del motor.	Renault-Sofasa reporta choques en puesto M07 por falta de sensores en polipasto.
Hyundai	Uso de electroválvulas neumáticas para la automatización de movimientos repetitivos.	Mejora en disminución de carga física operativa.	Renault-Sofasa tiene actualmente procesos manuales que obligan a movimientos repetitivos.
Renault - Sofasa	Propuesta de sistema electromecánico con electroválvulas, sensores réflex y lógica cableada.	Mejorar posturas en puestos operativos, evitar choques y reducir perdidas monetarias.	Tecnología adaptada al proceso local, con soluciones rápidas sin desarrollar largos trayectos.

Tabla 1. Comparación entre soluciones de automatización y seguridad en compañías de automotores.

Esta tabla comparativa nos demuestra que, mientras otras compañías automotrices han realizado avances en la integración de sistemas seguros y automatizados, Renault-Sofasa todavía presenta algunas limitaciones en áreas claves en donde se mueven vehículos transportadores de materia prima como M01 y M07. En base a esto, la propuesta de la implantación de un sistema electromecánico se toma como una opción adaptada al contexto local, teniendo este la capacidad de mejorar las condiciones de las operaciones en los puestos operativos y reduciendo perdidas (EOI, 2013).

6. METODOLOGIA

6.1 Antecedentes Metodológicos:

Este proyecto es abordado como un problema en diseño de ingeniería enfocado a un sistema de seguridad mecatrónico, ya que en el se incorporan componentes neumáticos, mecánicos, eléctricos y de control para mejorar el área de trabajo en dos puestos específicos. Para encaminar el proyecto se hizo desde tres enfoques: el diseño del sistema desde la ingeniería, el desarrollo del sistema y la integración mecatrónica del mismo; estos tres enfoques hacen posible el poder pasar de tener una necesidad operativa a una solución comprobable con ayuda de diseño con detalles específicos, requisitos, alternativas variadas, montaje y validación del mismo (INSST, 2021).

El proceso metodológico de Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote resulta útil en este caso ya que clasifica el diseño en la ingeniería como un proceso que va progresando: En primer lugar, se aclara la tarea a realizar, luego se determina el concepto, después se materializa dicha solución y por ultimo se llega a un diseño de detalle. Para este proyecto en específico, este paso a paso previene pasar directamente a la fase de montaje sin antes determinar las funciones que el sistema debe cumplir, las restricciones a la hora de hacer el montaje, los riesgos operativos y las condiciones de seguridad exigidos para los puestos M01 y M07 (Proceso de diseño en ingeniería, 2026).

Al aplicar la primera fase de clarificar la tarea, se determinar las necesidades a satisfacer en el proceso, los requisitos mínimos para funcionar y los límites de intervención. En el diseño de conceptos se comparan varias alternativas; en la materialización del concepto ya definido se seleccionan los diferentes elementos y componentes y se realizan las conexiones neumáticas, mecánicas y eléctricas necesarias; y en el diseño a detalle se realizan y se estandarizan planos o diagramas, cableado, programación de secuencias, montaje y pruebas. Es por eso que este enfoque de diseño se adecua a este proyecto para la realización de dicha mejora industrial ya que debe ser verificable en punto de aplicación y no solo es una propuesta teórica (Proceso de diseño en ingeniería, 2026; INSST, 2021).

El proceso para desarrollar un producto de Ulrich y Eppinger suplementa la anterior metodología, ya que esta ayuda a traducir las necesidades del proceso y de los operarios en características que pueden ser medidas, generar ideas de solución, desarrollar una arquitectura en la cual poder trabajar, fabricar prototipos y de comprobar su desempeño. Este enfoque es apropiado ya que el sistema de solución que se ha propuesto debe responder a necesidades en concreto que involucran a personal operativo, continuidad en el proceso productivo y mantenimiento, no solamente a la selección de dispositivos neumáticos o eléctricos (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009).

Para este proyecto, esa lógica es interpretada como un paso a paso para lograr transformar unas necesidades operativas en una solución útil: la necesidad del proceso productivo se traduce a continuidad en el flujo de motores; la necesidad del personal de mantenimiento se traduce a detectar, alarmar y rearmar de manera segura; y la necesidad del personal operativo se traduce en menor flexión para la espalda. De esta manera la solución que se propone no

es evaluada solo por funcionar eléctrica y mecánicamente, sino por resolver los requisitos del proceso, del operario y de la seguridad (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009).

Para el diseño mecatrónico, no es definida la solución únicamente por la selección de elementos y dispositivos, si no por la conexión entre lógica de control, actuadores, sensores, estructura mecánica y comportamiento del sistema. Es por esto que se implementa una metodología de diseño sistemático con evaluación operativa, idónea para una mejora de tipo industrial con un alcance local, de ejecución rápida dentro de un proceso productivo activo y de bajo costo (INSST, 2021).

La metodología a desarrollar para este proyecto es, por lo tanto, un diseño con enfoque sistémico y mecatrónico adaptado a la problemática en un área específica de Renault-Sofasa. Esta metodología mezcla el diagnostico de oportunidades de mejora, la generación de propuestas de solución, el diseño a detalle y la evaluación de resultados a través de indicadores completamente medibles como solo son, ergonomía, reducción de perdidas, y continuidad en el proceso productivo (INSST, 2024).

6.2 Metodología Propia de Diseño:

El alcance de este proyecto se basa en el diseño, implementación y validación de manera inicial de un sistema de seguridad electromecánico que será implementado en dos puntos clave en el área de ensamble y transporte de motores; en el puesto M01, en el cual se quiere disminuir el movimiento repetitivo de flexión por parte del operario al accionar el para de emergencia del RGV; y en el puesto M07, donde se busca disminuir choques del polipasto con motores, RGVS o cualquier elemento que se cruce en su trayectoria. El alcance del proyecto no abarca rediseños en el RGV, la certificación de seguridad de la máquina, ni la modificación completa de la línea de ensamblaje; se basa únicamente en una mejora funcional aplicada en dos áreas en específico que integra recursos disponibles en planta, esta idea se diseña y se fundamenta en 7 etapas las cuales son (INSST, 2024).

Diagnostico ergonómico y operativo en puestos de trabajo: en esta se realiza el diagnostico de la problemática, se observa cuales son las condiciones reales de operación en los puestos de ensamblaje de motores M01 y M07, se identifican las posturas repetitivas forzadas, la frecuencia con la que se activa el paro de emergencia de manera manual, los tiempos de paro de línea, las perdidas monetarias, eventos de choque y colisión de polipasto, y percepciones por parte los trabajadores (INSST, 2024).

Definición de requerimientos funcionales y de seguridad: se determinan los requisitos de diseño para el sistema, en esta etapa se establecen las actividades mínimas que el sistema debe cumplir: detener movimiento de polipasto ante una situación de riesgo, activar alarmas, permitir rearme de secuencia en automático cuando desaparezca el riesgo, liberar RGV sin posturas forzadas por parte del operario y garantizar fluides en el proceso productivo (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009).

Diseño de concepto y evaluación de ideas de solución: Diseño del concepto, en esta etapa se plantean diferentes alternativas para la solución de las problemáticas en M01 y M07, se

realiza una comparación según la facilidad con la que se instala, el tiempo en que se implementan, la seguridad que brinda cada una, disponibilidad en los dispositivos y componentes (INSST, 2021).

Diseño a detalle del sistema neumático, eléctrico y mecánico: Diseño a detalle, para esta se hace la selección de los elementos a utilizar en el sistema de seguridad, pulsadores, electroválvulas, actuadores, soportes, temporizadores, sensores, y señales de PLC; también para esta etapa se desarrollan los diagramas eléctricos necesarios, mecánicos y neumáticos que se necesiten para la ejecución del montaje (INSST, 2021).

Fabricación, instalación en campo y puesta en marcha: se fabrica y se implementa, para esta fase se realiza la instalación en el puesto de trabajo del tablero de control eléctrico y neumático en el puesto M01, la bandera metálica con actuador neumático, la base con el sensor réflex en el puesto m07, el cableado de campo con las señales hacia el PLC y programación del mismo para detener el movimiento del polipasto en modo automático y activar una alarma en el andón de balizas cuando el sensor réflex detecte una situación de posible colisión (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009).

Validación de funcionamiento con pruebas en condiciones reales: validación y prueba, aquí se verifica el tiempo en el que el actuador neumático es accionado, detección optima del sensor réflex, activación de alarma en el andón de mantenimiento, rutina de apertura y cierre de la bandera metálica, la parada de movimiento en automático del polipasto, rearme de automático por parte de personal de mantenimiento y el desempeño en condiciones reales operativas (INSST, 2021).

Comparativa de resultados antes vs después de la mejora: para esta última etapa se realiza la evaluación de los resultados, en ella se comparan como eran las condiciones antes vs el después de la implantación del sistema; numero de flexiones realizadas por el operario en cada turno laboral, tiempos de paros, costos en daños materiales, continuidad de flujo productivo, tiempo del operario en malas posturas y la percepción del operario respecto a fatiga en el turno (Hassan-Montero & Ortega-Santamaria, 2009).

Para resolver el problema los pasos son: observación de las operaciones actuales en los puestos de trabajo, registrar que riesgos se identifican y que perdidas hay, determinar los requisitos funcionales en los puestos, elegir la propuesta mas viable, diseñar diagramas y planos, instalar dispositivos y elementos en campo, programar control, ensayar el sistema en producción y evaluar los resultados de indicadores obtenidos. Con la aplicación de estas etapas de diseño se logra que la solución a estas problemáticas focalizadas en los puestos de trabajo no quede como un montaje físico, sino que pueda quedar como un proceso de diseño alineado con el problema al cual se ataca y sea completamente verificable y medible (INSST, 2021).

7. RESULTADOS:

Los resultados fueron clasificados según las siete etapas que fueron planteadas en la metodología de diseño para este proyecto. De esta manera, el desarrollo de las actividades para hacer realidad el sistema de seguridad no se presenta como un listado independiente, sino como una secuencia operativa que comienza desde el diagnostico, determinación de los requisitos, selección de modelo, diseño a detalle, ejecución de la solución, aprobación de su funcionamiento y por último la evaluación de los indicadores del sistema electromecánico implantado en los puestos M01 y M07.

Diagnóstico del problema

Para esta etapa se definieron los valores iniciales de los dos puestos intervenidos. En el puesto de motores M01 se hallo una exigencia postural para los operarios relacionada con la activación y desactivación con la mano del paro de emergencia del RGV; en el puesto de traslado motor M07 se identifico un riesgo en el flujo de motores por falta de omisión de detección en la trayectoria recorrida por el polipasto. Las dos problemáticas identificadas afectan la continuidad en el flujo operativo, en los costos del proceso y en la seguridad de los puestos.

Puesto operativo	Problemática principal	Evidencia numérica	Repercusión identificada
Línea de ensamblaje de motores – M01	El operario se ve obligado a flexionar el tronco para activar o desactivar paro de emergencia de RGV en cada ciclo	Flexiones por ciclo: 2 reps. Cada ciclo de: 5 min. Motores por turno: 100. Flexiones por turno: 200.	Riesgo de daño óseo y muscular alto, disminución en energía operativa, riesgo de colisiones de estructura con motores y RGVS.
Control de tráfico polipasto y RGVS	Polipasto no cuenta con sistema de detección de obstáculos en su ciclo de trayectoria.	Eventos de colisión: 2 en enero 2026. Perdidas estimadas: 15 millones COP. Tiempo de paro acumulado: 60 minutos.	Interrupción en el flujo productivo, actividades correctivas urgentes, daños en motores y presión extra para personal de mantenimiento.

Tabla 2. Diagnóstico inicial de problemas hallados en los puestos M01 y M07.

Requerimiento de diseño del sistema de seguridad

A partir del anterior diagnostico se establecieron los requerimientos de funcionamiento para que el sistema diera respuesta a la operación real en donde iba a ser implantado. Los requerimientos fueron clasificados por continuidad en la producción, facilidad para el mantenimiento, seguridad y ergonomía.

Requerimiento	Implantación en M01	Implantación en M07	Criterio de validación
Continuidad productiva	Mantener la continuidad operativa de la línea sin recurrir habitualmente al paro de emergencia.	Prevenir paros de línea ocasionados por las averías en motores o daños en la estructura del polipasto.	Reducción de paradas imprevistas y rearme segura del ciclo en automático de equipos.
Mantenimiento en el tiempo	Utilizar componentes comerciales de fácil adquisición: actuadores, relés, pulsadores, temporizadores.	Incorporar sensor réflex, señal digital al PLC, sistema de alarma y lógica de reconocimiento y rearme de fallas.	Sistema fácil de entender para el área de mantenimiento, con un diagnóstico ágil y menor tiempo de reparación.
Seguridad del operario	Mantener al operador alejado de la zona baja y de desplazamiento del RGV.	Identificar presencia de objetos o de RGVS en una ubicación incorrecta antes de que ocurra una colisión con el polipasto.	Funcionamiento seguro y fiable del sistema de parada automática ante situaciones de peligro posible colisión.
Ergonomía en el puesto	facilitar el arranque del RGV sin que el operador tenga que inclinarse.	No tiene una aplicación directa; la ventaja se encuentra en la disminución de intervenciones de mantenimiento correctivo	Disminución de inclinaciones realizadas en cada turno y reducción de tiempo en posiciones forzadas.

Tabla 3. Requerimientos de diseño para el sistema de seguridad en M01 y M07.

Concepcion del diseño y selección del mismo

Se analizaron distintas opciones de mejora teniendo en cuenta aspectos como, la facilidad y tiempo de instalación, disponibilidad de dispositivos y seguridad del mismo. Al realizar dicho análisis la opción seleccionada fue un sistema electromecánico para las dos problemáticas: en M01, instalación de una bandera de metal que es accionada por un actuador neumático y un sistema de lógica cableada para su control; en M07, detección de presencia de objetos por medio de sensor réflex conectado al PLC, para detener movimiento del polipasto y a la vez activar alarma de aviso.

Opción Analizada	Beneficio	Restricción	Elección
Sistema electroneumático con bandera y pulsador en M01.	Esta opción disminuye malas flexiones, usa dispositivos disponibles, con lógica cableada simple.	Opción que requiere ajuste de tiempo para funcionamiento del actuador y revisión periódica de los dispositivos instalados.	Opción seleccionada para la problemática planteada en M01.
Agregar señal de sensor réflex al PLC y programar alarma en M07.	Opción que permite evitar colisiones del polipasto y alarma inmediata a personal de mantenimiento.	Esta opción requiere buena calibración y validación de zonas ciegas para el funcionamiento del sensor.	Opción seleccionada para la problemática del puesto M07.
Modificación física del RGV por completo.	Esta opción podría permitir resolver el problema desde la concepción del vehículo RGV.	Opción con gran impacto, conlleva a un tiempo de parada largo y necesidad de diseño de ingeniería por parte de un externo.	Opción no seleccionada para el alcance que se busca con este proyecto.
Conservar el accionamiento manual del paro actualmente.	Para la implementación de esta opción no se necesita inversión monetaria ni cambios en instalaciones actuales.	Obliga al operario a tener una posición forzada, existe riesgo de golpe con RGV y dependencia del operario para que un RGV no termine ciclo con motor.	Opción no seleccionada, no elimina ni soluciona la causa de la problemática.

Tabla 4. Opciones de solución evaluadas para el sistema de seguridad electromecánico.

Elección de dispositivos y diseño detallado

El diseño detallado se realizo de forma que pudiera integrar los dispositivos neumáticos, mecánicos, eléctricos y de control para poder llevar a cabo la ejecución de la idea mejora. Para la selección de los diferentes dispositivos se priorizo la compatibilidad con dispositivos ya existentes, disponibilidad de los mismos en la planta, facilidad en la instalación y rápida respuesta.

Dispositivos	ubicación/instalación	Funcionalidad dentro de la propuesta
DSBC-40-70-PPVA-N3 Festo Actuador neumático con bandera metálica	Puesto M01	Llevar a cabo físicamente la liberación del RGV sin necesidad de que el operario realiza una flexión.
PLC y comunicación cableada	Andon y balizas – puesto M07	Recibir y analizar señal del sensor según la lógica programada, para detener el movimiento del polipasto, alarmar y rearmar el ciclo automático
JSZ3A-A CHINT Temporizador analogico	Tablero de control puesto M01	Retener la señal de apertura del pulsador que acciona el operario, durante el tiempo definido para mantener abierta la bandera metálica.
SPK ZB2-8E101C Schneider Pulsador NA	Tablero de control Puesto M01	Activación para el operario del ciclo de apertura de la bandera neumática sin contacto con la zona baja de los RGVS.
RXM4AB2P7 Schneider relé múltipolos	Tablero de control Puesto M01	Relevar señales de 110/220 Vac de control para activación del sistema de seguridad en puesto M01.
XUX0AKSKAT16 Telemecanique Sensor réflex	Puesto M07	Detectar la presencia de sobrepaso de RGV en zona de carga de motor, de personas u objetos que estén en la trayectoria del polipasto.
4V320-10 JELPC Electroválvula Neumática	Tablero de control Puesto M01	Restringir o permitir el aire comprimido hacia el actuador de la bandera neumática para su apertura y cierre.

Tabla 5. Dispositivos seleccionados para la realización del sistema de seguridad.

Costo de implementación:

La siguiente tabla muestra el valor de referencia en pesos colombianos de los diferentes dispositivos utilizados para la implementación de la propuesta seleccionada. Estos valores son usados como un estimado para la materialización de la propuesta de mejora y pueden variar dependiendo el tipo de proveedor, la disponibilidad, IVA y transporte. Estos elementos ya se encontraban en la planta y fueron comprados por el valor registrado en la tabla.

Dispositivo	Cantidad	Costo unitario	Costo estimado total	Fuente
DSBC-40-70-PPVA-N3 Festo Actuador neumático	1	$ 578.600	$ 578.600	Precio de referencia RS online (2026), se encontraba disponible en planta.
PLC y comunicación cableada	1lote	$ 4´700.000	$ 4´700.000	Dispositivo ya se encontraba existente y funcional en la planta
JSZ3A-A CHINT Temporizador analógico	1	$ 68.800	$ 68.800	Precio de referencia Equielect (2026), se encontraba disponible en planta.
SPK ZB2-8E101C Schneider Pulsador NA	1	$ 28.400	$ 28.400	Precio de referencia Industriales Andes SAS (2026), se encontraba disponible en planta.
RXM4AB2P7 Schneider relé múltipolos	1	$ 32.300	$ 32.300	Precio de referencia WiAutomation Colombia (2026), se encontraba en

				disponible planta.
XUX0AKSKAT16 Telemecanique Sensor réflex	1	$ 717.000	$ 717.000	Precio de referencia WiAutomation Colombia (2026), se encontraba en disponible planta.
4V320-10 JELPC Electroválvula Neumática	1	$ 159.700	$ 159.700	Precio de referencia Tecnifluidos SAS (2026), se encontraba disponible en planta.
3*18 AWG cable encauchetado para control	20 metros	$ 3.700	$ 74.000	Precio de referencia Inter eléctricas (2026), se encontraba disponible en planta.
Gabinete metálico para elementos control 30*20*16	1	$ 220.000	$ 220.000	Precio de referencia tableros Rebra, se encontraba disponible en planta.
Manguera neumática Festo de 6mm	20 metros	$ 7.500	$ 150.000	Precio de referencia Equielect (2026), se encontraba disponible en planta.
Bandera metálica, base y tornillería	1 lote	$ 80.000	$ 80.000	Estimado de mano de obra taller, se encontraba la materia prima en planta.

Costo total de Implementación			$ 6´808.800	Este costo no incluye transporte, IVA, ni mano de obra externa

Tabla 6. Costos estimados de la implementación de la idea para sistema de seguridad.

Con un total de referencia de 6´808.800 COP, la inversión estimada para la implementación de esta mejora equivaldría aproximadamente al 45,3% de el total de perdida de colisión del polipasto en solo un mes; por lo tanto, evitar un solo evento de choque permite la justificación económica para la realización de la mejora. Sin mencionar la mejora en la ergonomía y a su vez, de la productividad del puesto operativo M01.

En la ilustración 13 se reúnen los dispositivos que fueron seleccionados para el desarrollo del sistema de seguridad. En este se observan los componentes de temporización, control, detección y accionamiento que hacen posible la integración de la mejora en los puestos M01 Y M07 con elementos de alta comercialización y de un mantenimiento sencillo.



Ilustración 13. Elementos usados para la implementación del sistema. Fuente: elaboración propia con imágenes referencia de fabricantes.

Diseño a detalle:

La elaboración de diagramas neumáticos, mecánicos y eléctricos dan la posibilidad de verificar la buena relación entre la potencia, el control, montaje en puesto de trabajo y accionamiento neumático en el sistema. Estos también dan pie para la estandarización en el cambio que se va a hacer, realización de futuros ajustes y buen mantenimiento del sistema a través del tiempo.

En ilustración 14 se muestra el diagrama eléctrico de potencia y control. En este esquema se puede observar la división de la alimentación de potencia y la de control. Y a su vez los diferentes puntos de conexión que van hacia los elementos, temporizador, relés y electroválvula.

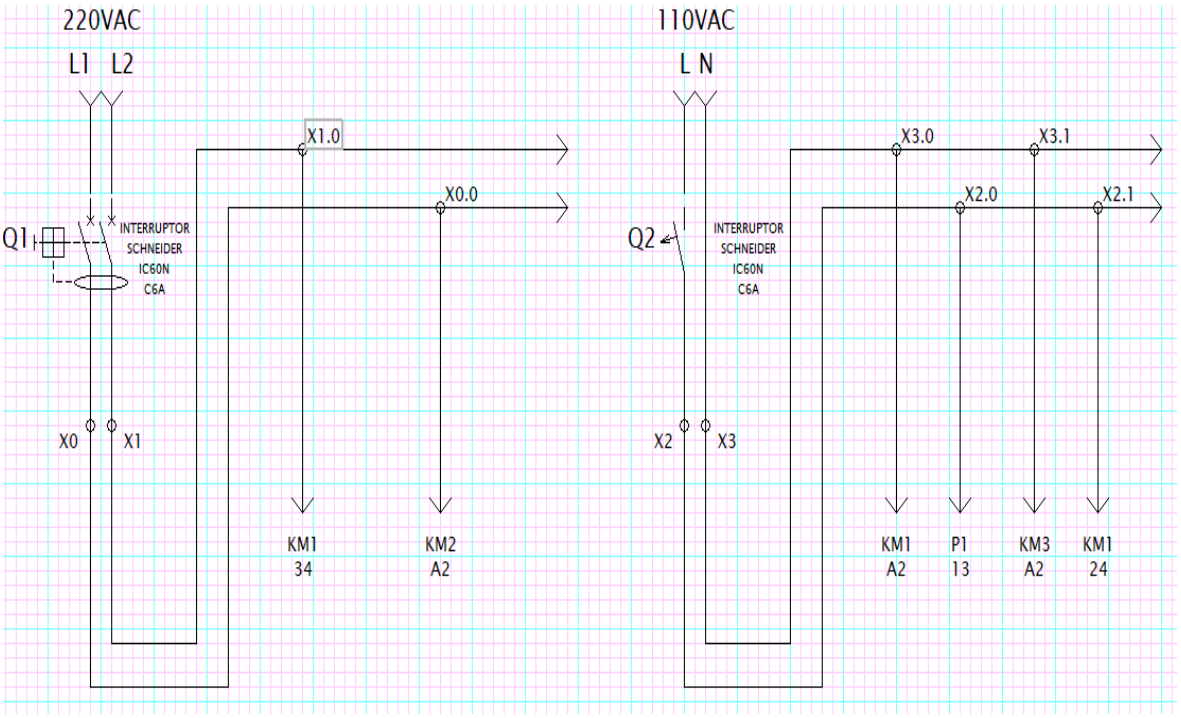


Ilustración 14. Diagrama eléctrico de alimentación y puntos hacia elementos de control del sistema. Fuente: elaboración propia.

En la siguiente ilustración se representa a detalle la lógica cableada usada para el control, se observa la conexión del temporizador, bobina de electroválvula y relés. La lógica de conexión retiene la señal que permite la apertura de la bandera metálica por un tiempo de 5 segundos ya programada en el temporizador sin necesidad de intervenir físicamente en la zona baja del RGV.

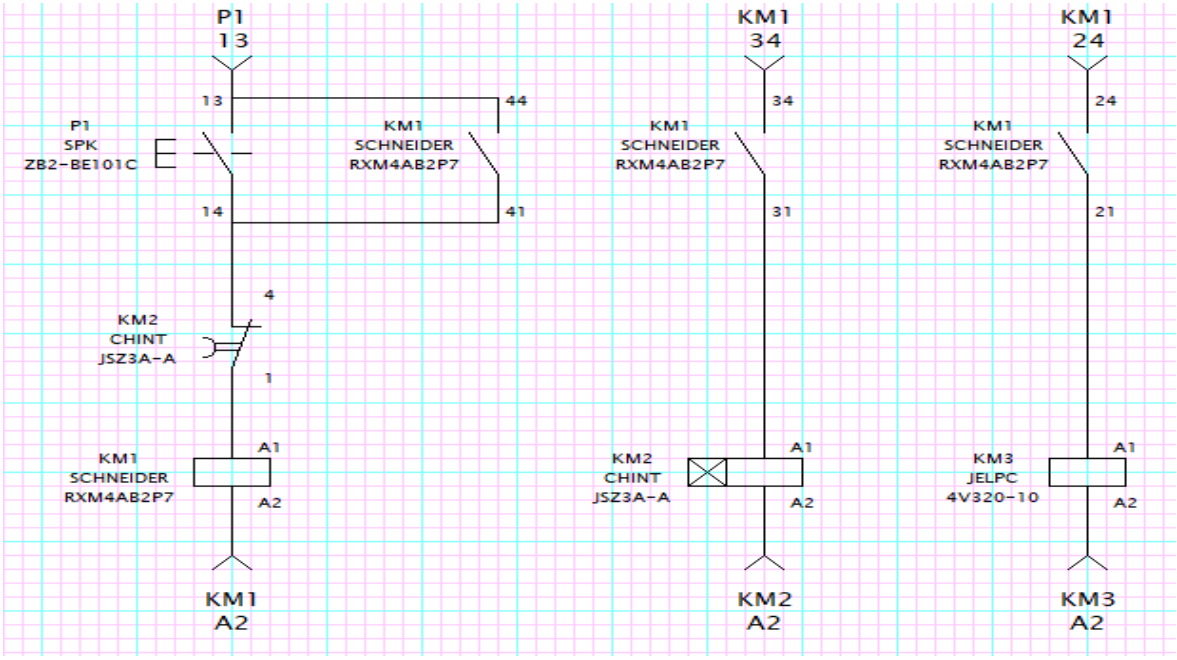


Ilustración 15. Lógica cableada para temporizador, relés y electroválvula. Fuente: elaboración propia.

En la ilustración siguiente se muestra el diagrama neumático implementado para el sistema, se observa la unidad de mantenimiento de aire, la electroválvula de control y el actuador. Este diagrama verifica la coherencia entre la señal eléctrica de activación y el movimiento físico del actuador con bandera.

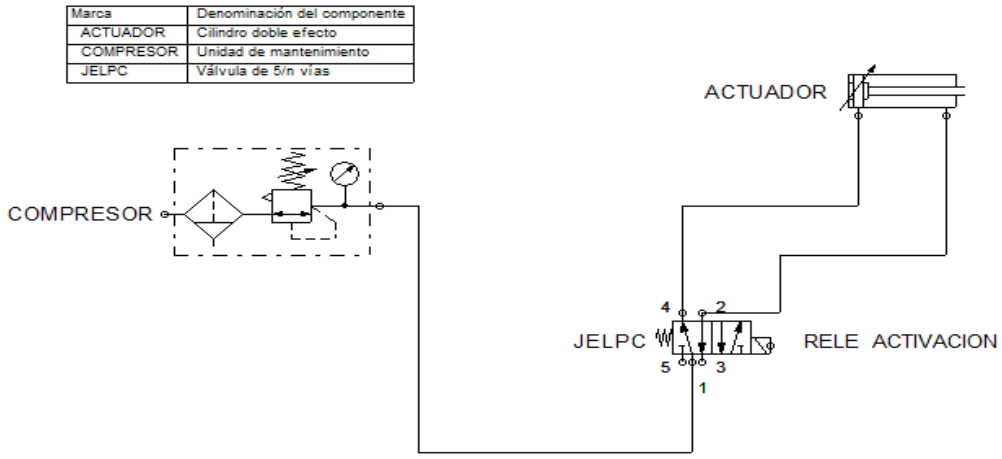


Ilustración 16. Plano neumático de compresor, electroválvula y actuador. Fuente: elaboración propia.

Diseño mecánico en modo explotación de la bandera metálica con actuador neumático. En esta ilustración se puede observar el buje, el eje, banda metálica lectora, guarda superior y guía, todos estos elementos hacen parte del montaje y facilitan el mantenimiento y reposición de piezas de cambio.

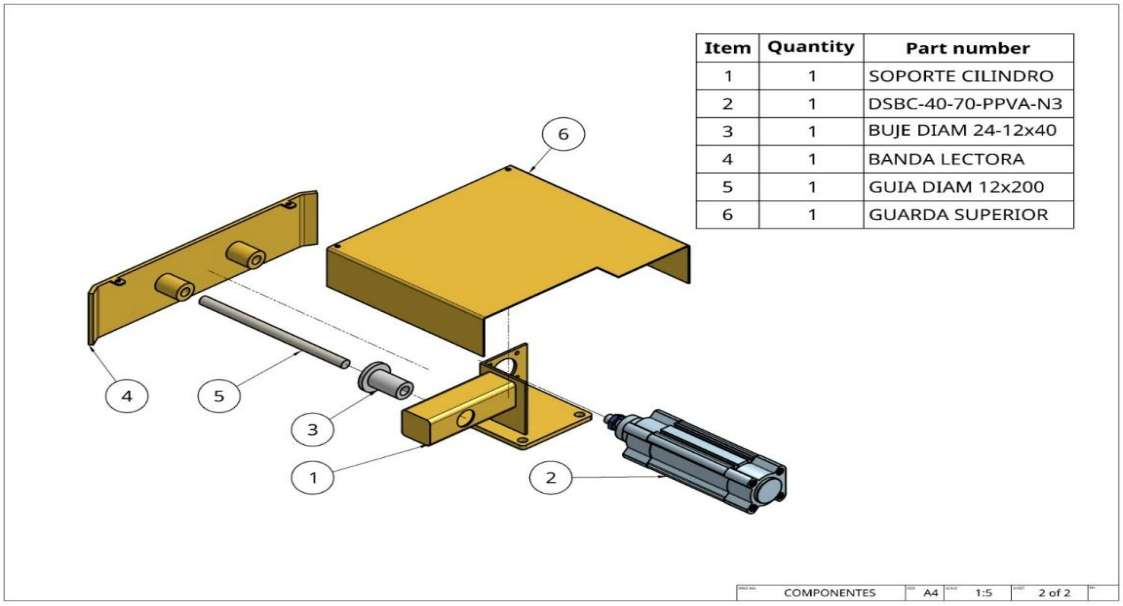


Ilustración 17. Diseño mecánico en explotación de bandera neumática. Fuente: elaboración propia.

Representación dimensional del grupo neumático de parada y avance para el RGV. Estas medidas permiten estandarizar el proceso de fabricación del grupo y así garantizar que el sistema de bandera pueda ser instalado en el puesto sin generar un gran impacto en el flujo de la línea productiva.

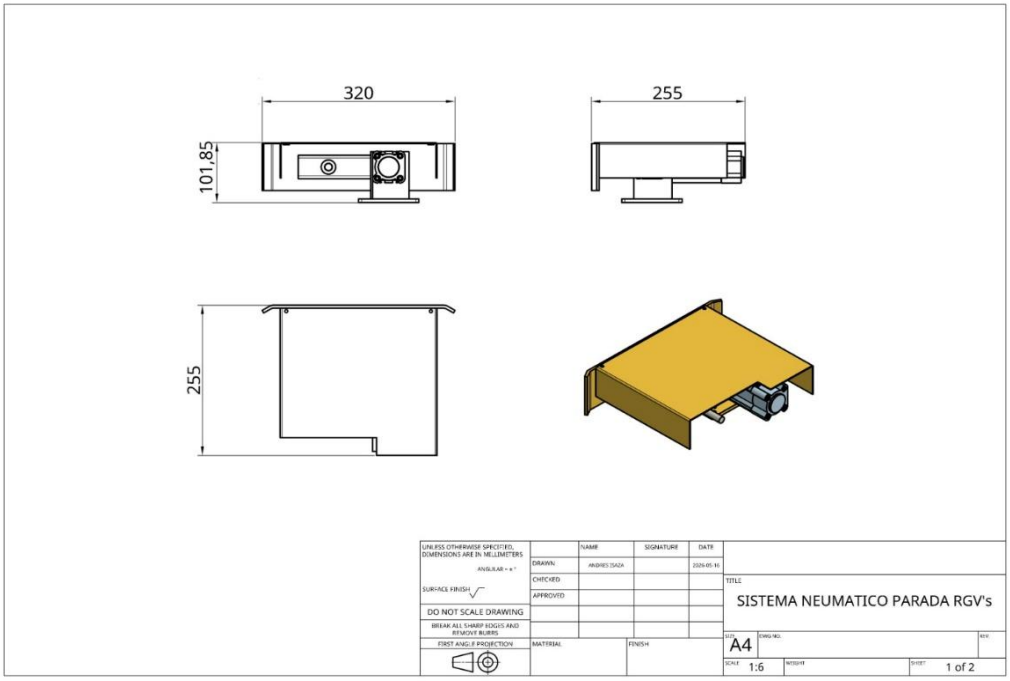


Ilustración 18. Plano dimensional del sistema neumático parada de RGV. Fuente: elaboración propia.

Elaboración, fabricación e instalación en campo

La implementación del sistema de seguridad se ejecuto en los dos puestos de trabajo involucrados. En M01 se realizó la instalación del tablero de control y todo el sistema mecánico que comprende la bandera y el actuador neumático. Para M07 se elaboro la base para montar el sensor réflex en ella, con material que se encontraba disponible en el área de mantenimiento, se instalo a una altura de 20 cm del suelo para poder detectar la presencia de la estructura base de los RGV y se lleva la señal de dicho sensor al PLC.

Instalación de tablero de control en puesto M01:

La instalación del tablero de control es uno de los pasos mas importantes en la fase de implementación e instalación de la idea de mejorad en el puesto M01, ya que este tablero de eléctrico contiene los elementos de protección y control que el sistema necesita para funcionar de la manera en que ya se estableció. La siguiente ilustración evidencia el montaje del gabinete de control en el puesto M01 en vista exterior e interior, que fue realizado con cuatro tornillos M8 * 10mm.



Ilustración 19. Instalación e interior y exterior del tablero de control puesto M01. Fuente: propia.

Instalación de bandera con actuador y manguera neumática en puesto M01:

La instalación de la bandera metálica juega un papel crucial en el sistema de seguridad ya que esta es la que físicamente permite, o no el avance del RGV cuando el operario se lo indique, permitiendo así sustituir el accionamiento manual repetitivo que obliga al operario a flexionar la espalda, por un accionamiento controlado desde el tablero. La siguiente ilustración muestra el antes y el después de la instalación física del abandera metálica en el puesto M01 y la manguera neumática para el suministro de aire del actuador.

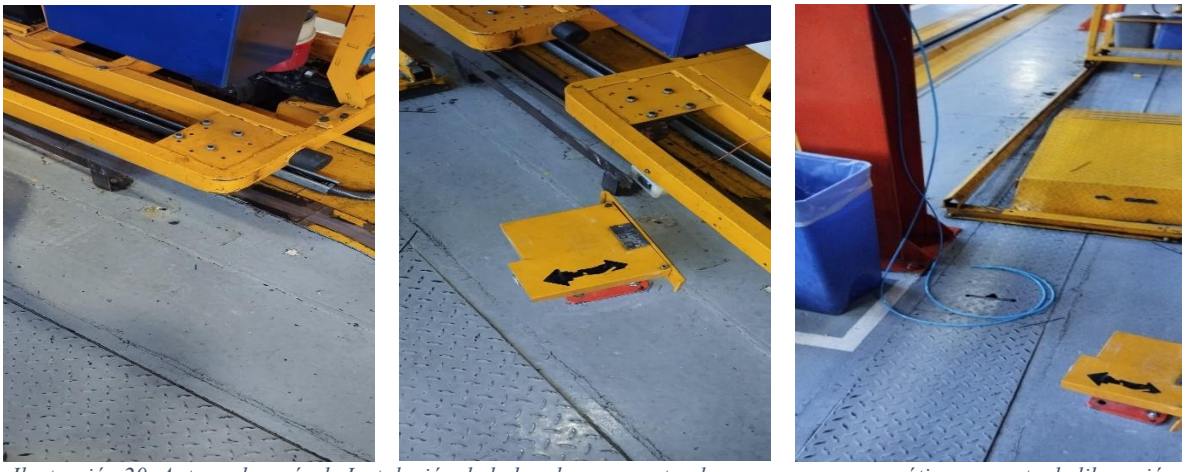


Ilustración 20. Antes y después de Instalación de la bandera con actuador y manguera neumática en punto de liberación del RGV. Fuente: propia.

Instalación del sensor y programación para evitar colisión de RGV y polipasto en M07:

La instalación del sensor réflex en este puesto se realiza como parte del sistema de seguridad y automatización, permitiendo así detectar obstáculos en la trayectoria que recorre el polipasto, o RGVS pasados de la bandera de espera de carga. Este sensor envia la señal de que detecto un objeto directamente al PLC, este procesa dicha señal y lleva a cabo la acción de detener cualquier movimiento que el polipasto este realizando y activar al mismo tiempo una alarma sonora y luminosa para que el personal de mantenimiento atienda el evento. De

esta forma se garantiza un proceso productivo seguro, disminuyendo riesgos de colisión y daños monetarios que esto trae consigo.

Fabricación e instalación de la base para sensor réflex:

Se fabrica una base metálica con material sobrante del taller de mantenimiento, esta tiene una altura de 20 cm con el fin de detectar la estructura base de los RGVS que circulan por los rieles de esta zona M07, y también para detectar personas u objetos. La siguiente ilustración muestra la fabricación, el antes y el después de la instalación de la base para el sensor.



Ilustración 21. Fabricación, antes y después de montaje de la base metálica para el sensor réflex en M07. Fuente: propia.

Instalación de cableado de campo y conexión del sensor a PLC:

Luego de instalar el sensor en la posición previamente establecida para el censado de obstáculos, se inicia con la conexión del mismo a una entrada digital disponible en el modulo del PLC, es utilizado para esta tarea cable encauchetado de control 3*18 AWG.

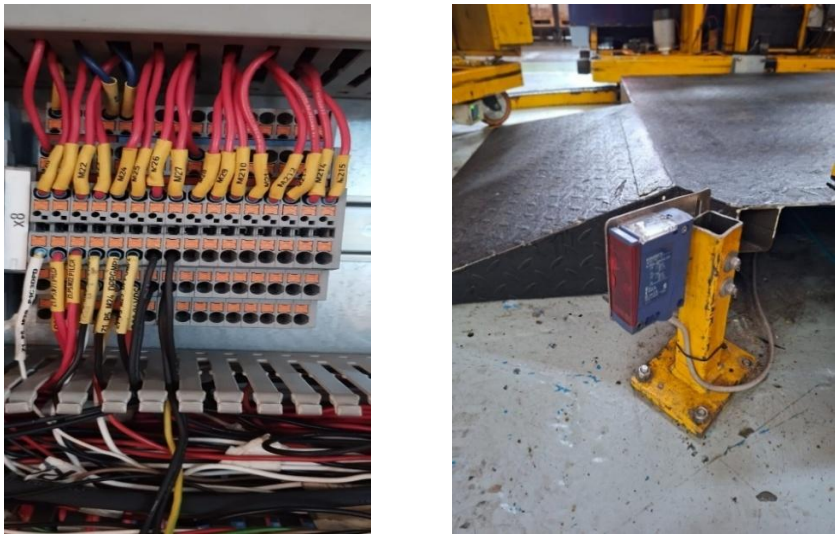


Ilustración 22. Cableado del sensor en campo y conexión del sensor al el PLC de M07. Fuente: propia.

Programación de rutina de funcionamiento de sensor en programa PLC:

El desarrollo de la programación para el funcionamiento del sensor réflex se llevo a cabo en dos programas, Tía portal V17 y Step 7, en el primero se recibe la señal del sensor, se procesa, y procede a detener el movimiento del polipasto para evitar una colisión con algún objeto, allí también se programa el rearme del movimiento en automático del polipasto y el envió de la señal de activación hacia el PLC que controla el andón de alarmas, el cual se encuentra programado en Step 7, este recibe dicha señal y activa la alarma correspondiente del puesto para que pueda ser atendida la emergencia.

En la siguiente ilustración se puede observar que se crea un nuevo segmento en el programa Tía portal, el cual contiene las condiciones que deben darse para que se active la señal que resetea la marca "rearme polipasto", esto con el fin de detener el movimiento en automático del polipasto y a su vez setear la marca "ALRGVM07", la cual es enviada hacia el PLC que controla la activación del andón de alarmas.

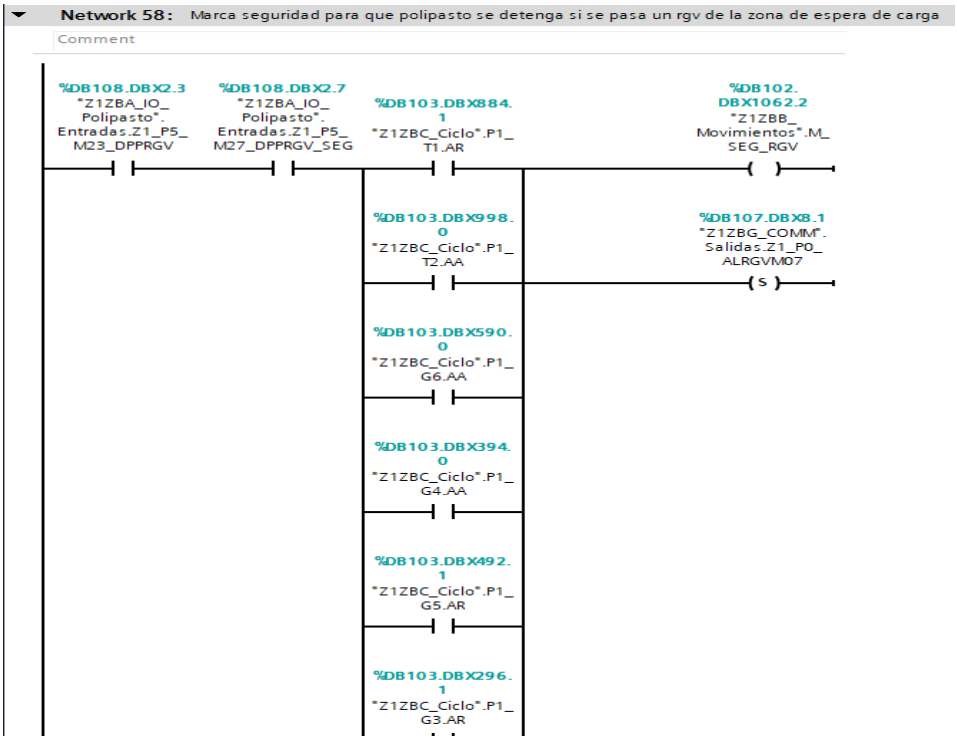


Ilustración 23. Segmento creado en el PLC para activación de marca de seguridad y envío señal de alarma. Fuente: propia.

la señal activada en la ilustración anterior "M_SEG_RGV", es añadida en la serie con un contacto negado, lo que quiere decir que dicha señal NO debe estar activa para que la marca "rearme polipasto" sumada a otras condiciones este seteada, de esta forma el polipasto puede realizar desplazamientos en automático. Y también se observa que la señal "M_SEG_RGV", se encuentra en paralelo en el reset de la marca "Rearme polipasto" con otras señales, para que cuando se active dicha señal se resetea la marca del rearme y el polipasto se detenga.

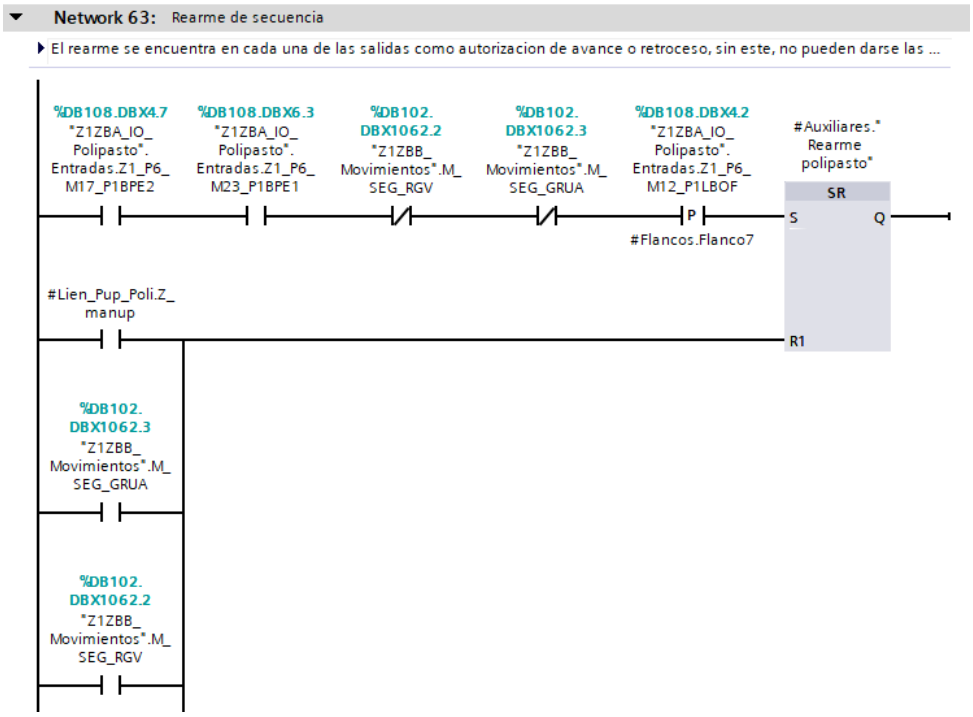


Ilustración 24. secuencia del PLC para set o reset de marca que permite el movimiento en automático del polipasto con señal creada para este fin. Fuente: propia.

Se crea un segmento en la lógica del programa que tiene como función enviar la señal de activación de la marca "ALRGVM07" cuando es seteada, hacia el PLC que controla el andón de alarmas por medio de la salida digital "Q402.1", esta comunicación es por medio de cable profinet con un protocolo de comunicación I/O device entre ambos PLC´s.

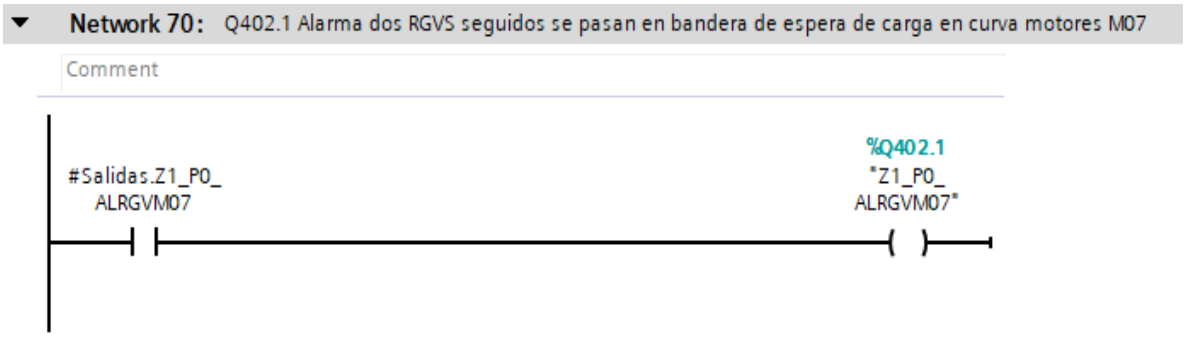


Ilustración 25. segmento creado para lograr la comunicación entre ambos PLC´S para la activación del andón Fuente: propia.

Se agrega un nuevo segmento con el fin de dar reset a la marca "ALRGVM07" encargada de activar la alarma en el andón, después de que el riesgo de colisión haya sido mitigado por el personal de mantenimiento y el ciclo en automático se haya reestablecido, este reset es gracias al set de marca "rearme polipasto" lo que quiere decir que las condiciones ideales de movimiento están bien.

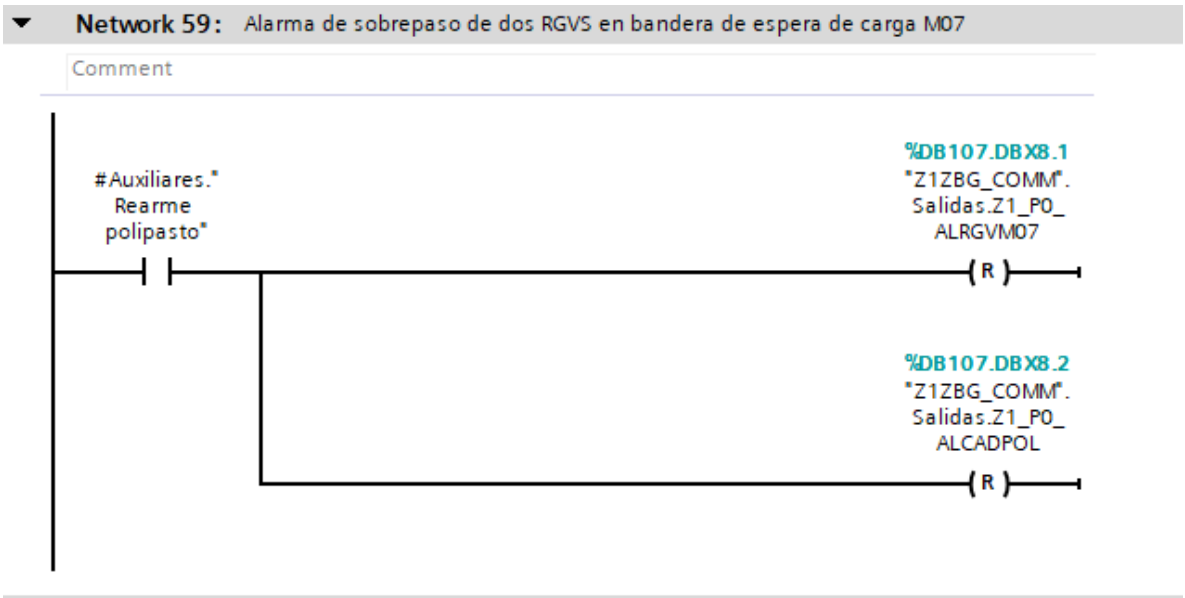


Ilustración 26. segmento creado para el reset de la marca de activación de la alarma por condiciones óptimas Fuente: propia.

En el PLC que controla el andón de alarmas y esta programado con step7, la salida digital "ALRGVM07" del PLC que controla el sistema del polipasto, se convierte en una entrada digital, este la recibe y activa una salida digital que va directo hacia el andón de alarmas y este procede a hacer el aviso de la anomalía, se ilumina el apartado "C00", indicando un fallo en el área de ensamble de motores.

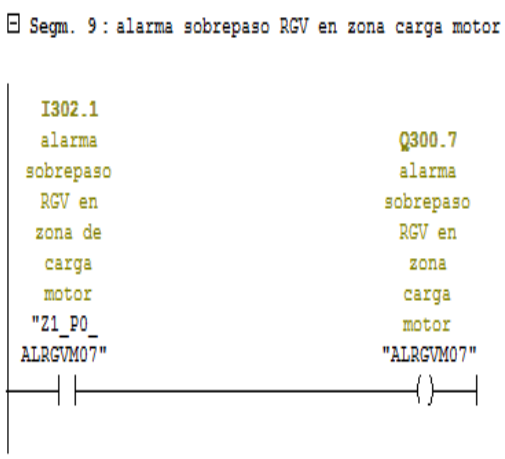




Ilustración 27. segmento creado para la activación del andón de alarmas por medio de comunicación I/O device Fuente: propia.

Verificación de correcto funcionamiento y pruebas:

La verificación se enfoco en comprobar y respaldar el desempeño funcional del sistema de seguridad en condiciones reales operativas. En el puesto de trabajo M01 se comprobó el correcto funcionamiento de la bandera de parada en su avance y retorno; en el puesto M07

se verifico la correcta detección del sensor en donde fue instalado, la parada inmediata en la trayectoria que lleve el polipasto en automático, la activación de la alarma luminosa y sonora en el andón y el rearme del ciclo automático del mismo al desaparecer cualquier condición de riesgo de colisión.

Test ejecutado	Resultado obtenido	Requisito verificado
Inicio de ciclo con pulsador en M01	Al presionar el pulsador se activa es activado el temporizador, el relé y la electroválvula, a su vez, el actuador con bandera.	El operario del puesto tiene la posibilidad de accionar el mecanismo desde un punto de fácil acceso.
Accionamiento de la bandera metálica	El cilindro neumático realiza la apertura de la bandera en el tiempo programado por el temporizador y retorna.	La liberación del RGV por parte del operario no le exige ningún esfuerzo físico lumbar repetitivo.
Detección de sensor réflex de RGV u obstáculo	El sensor réflex envía correctamente señal al PLC de 24vdc al detectar un obstáculo.	La detección de RGV u obstáculo ocurre antes de que el polipasto choque físicamente con el objeto censado.
Parada inmediata de movimiento en polipasto	La integración de la señal del sensor réflex en el PLC bloquea el ciclo automático cuando la marca de seguridad esta activa.	El personal de mantenimiento pasa de realizar acciones correctivas a preventivas y menos invasivas.
Activación de andón de alarmas	La marca seteada en PLC controlador del polipasto es enviada a PLC de andón por medio de comunicación Profinet.	Personal de mantenimiento alertado por riesgo de choque de manera sonora y luminosa.
Rearme de ciclo automático del polipasto	Al desaparecer señal de detección por parte del sensor réflex, el programa permite rearme de ciclo en automático.	El proceso productivo puede seguir sin ningún tipo de paro por intervención mecánica correctiva por parte de mantenimiento.

Tabla 7. Verificación de funcionamiento y pruebas del sistema implementado.

Comparación y evaluación de resultados e indicadores:

Para realizar dicha evaluación se compara la condición inicial con el objetivo definido para la mejora implementada. Para todos los indicadores se hizo un seguimiento de cuatro semanas durante varios turnos, estos valores son reportados como resultados esperados después de la intervención y no como dato histórico definitivo, ya que para ello los periodos de observación deben ser mínimo de un mes o más.

Indicador	Condición Inicial	Resultados esperados	Análisis
Sensación de fatiga	Dolor en la espalda baja reportada frecuentemente por los operarios.	Reducir numero de quejas por molestias lumbares de 1 a 5 en escala de dolor menor a dos.	Se verifica con encuesta a personal operativo sobre percepción posterior a la mejora.
Tiempo en mala postura	Aproximadamente 600 segundo por turno, equivalente a 10 minutos.	Disminuir a menos de 1 minuto en cada turno.	Reducción de exposición a mala postura lumbar acumulada por turno
Riesgo musco esquelético	Riesgo alto por la postura forzada y la repetitividad de la misma.	Disminuir el riesgo de mala postura	La mejora implementada ataca la causa del mal movimiento no solo el síntoma.
Frecuencia en las flexiones	El operario realiza 200 flexiones en cada turno.	Menos de 5 movimientos por turno.	Reducción superior al 96%. Reemplazando acción manual que se repite por accionamiento de fácil acceso.

Tabla 8. Indicadores de buena postura para el puesto M01.

A continuación, se presentan dos ilustraciones del puesto M01 en donde se implemento la mejora, en las cuales se evidencia el antes y el después de la postura tomada por el operario luego de la implementación del sistema neumático con actuador y bandera neumática; aportando así a una posición de trabajo más cómoda en el puesto, contribuyendo a la reducción de la fatiga del operario y a mejorar las condiciones laborales del puesto.



Ilustración 28. Flexión lumbar forzada en el puesto M01, antes y después de la implementación de la mejora Fuente: propia.

En la siguiente tabla se muestran los resultados comparando las condiciones iniciales con el objetivo definido, para la implementación de la mejora en el puesto de traslado de motor por medio de polipasto en la línea de ensamble motores M07.

Indicador	**Condición Inicial**	**Resultados esperados**	**Análisis**
Costo en daños y reparaciones	Costos en reparaciones de 15 millones de pesos colombianos al mes.	Costos en reparaciones menores a 5 millones de pesos al mes.	La disminución en costos por reparar depende de disminuir las colisiones y reacción oportuna frente alarma.
Motores deteriorados por choques	2 motores de Kwid deteriorados en un mes.	Reducir a cero los eventos con motores	La detección anticipada de objetos reduce la probabilidad de colisión entre polipastos y motores

Intervención humana por mantenimiento	Acciones reactivas y correctivas acompañadas de vigilancia constante.	Supervisión muy mínima y atención solo a eventos de alarma de colisión	La alarma desvía la atención a un riesgo real y disminuye mucho tiempo de vigilancia.
Tiempo paro de producción	En un mes 60 minutos acumulados por reparación de motores.	Disminuir tiempo de paro a menos de 20 minutos al mes.	El sistema de seguridad busca evitar daño físico y acciones correctivas.
Continuidad de producción	Paro de línea por incidentes imprevistos.	Flujo de línea sin choques ni acciones correctivas.	La programación de paro y rearme de secuencia protege la continuidad productiva.

Tabla 9. Indicadores de seguridad y continuidad para el puesto M07.

A continuación, también se representa gráficamente comparativas que nos permiten analizar la situación antes de la implementación de la mejora con la meta propuesta en diferentes indicadores de los puestos. Estas graficas muestran aspectos que se relacionan con cargas físicas operativas como lo es, flexiones y posturas forzadas, y también aspectos económicos como lo es, costo de daños y paros de línea. Unidas las graficas sirven para detectar oportunidades de mejora que ayuden a reducir pérdidas económicas, riesgos físicos para los operarios y garantizar flujo productivo.

Flexiones del operario

Esta grafica evidencia una gran diferencia entre las flexiones realizadas antes de la implantación de la mejora y el después de la implantación de esta. Esto indica que se redujo drásticamente la repetitividad en la actividad, lo cual disminuye en el operario fatiga muscular en la parte lumbar y sobrecarga física.

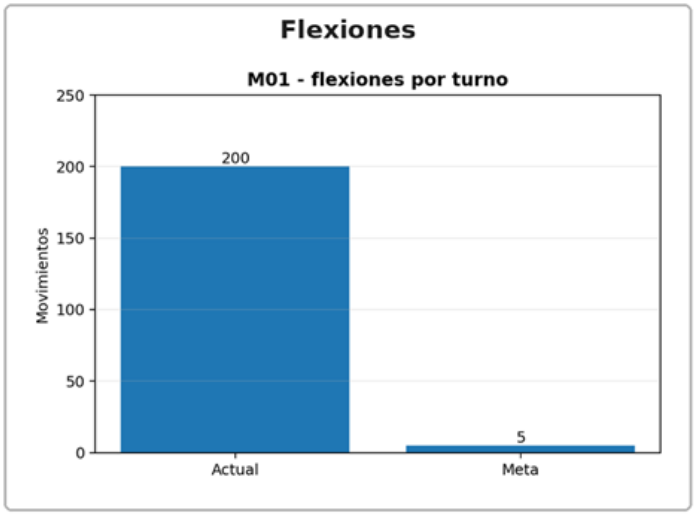


Ilustración 29. Comparativo de indicador inicial de ergonomía frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia.

Postura física forzada

Muestra como el trabajador antes de la idea de mejora permanecía 10 minutos por turno e promedio, en una posición inadecuada para espalda e incómoda, y como luego de la implantación de la idea se redujo a menos de un minuto por turno. Disminuir el valor de este indicador permitió mejorar las condiciones operativas del puesto de trabajo M01 y a su vez disminuir el riesgo de lesiones musculares y Oseas.

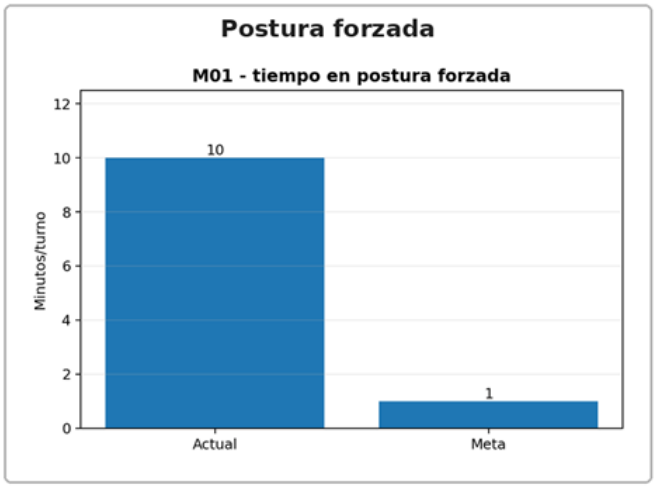


Ilustración 30. Comparativo de indicador inicial de malas posturas frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia.

Costo asociado a los daños:

En la siguiente grafica de costos relacionados con los daños, se representa un total de 15 millones de pesos colombianos en un mes por el deterioro de motores por colisiones, mientras que la meta que se establece es reducir dicho costo a 5 millones de pesos mensuales. Esto quiere decir que los deterioros generados traen consigo un impacto económico considerable para la compañía. La disminución de este costo permite optimizar los recursos, mejorar la eficiencia del proceso de producción y reducir perdidas.

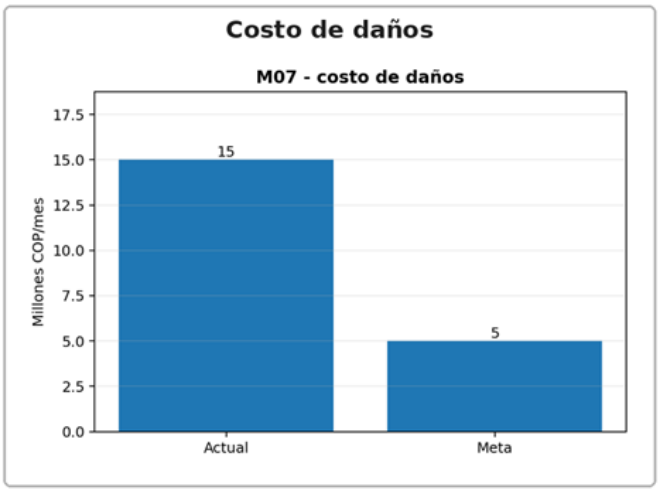


Ilustración 31. Comparativo de indicador inicial de costos frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia.

Paro en línea de producción:

La siguiente grafica se muestra como en el mes donde ocurrieron los eventos de colisión con motores y el polipasto que los traslada, se registraron 60 minutos de línea de producción parada en el puesto M07, frente a una meta propuesta de reducir a menos de 20 minutos mensuales. Este resultado deja claro que los paros de línea por eventos de colisión afectan la continuidad del flujo productivo y genera retrasos, aumento en los costos de operación, y disminución en la productividad.

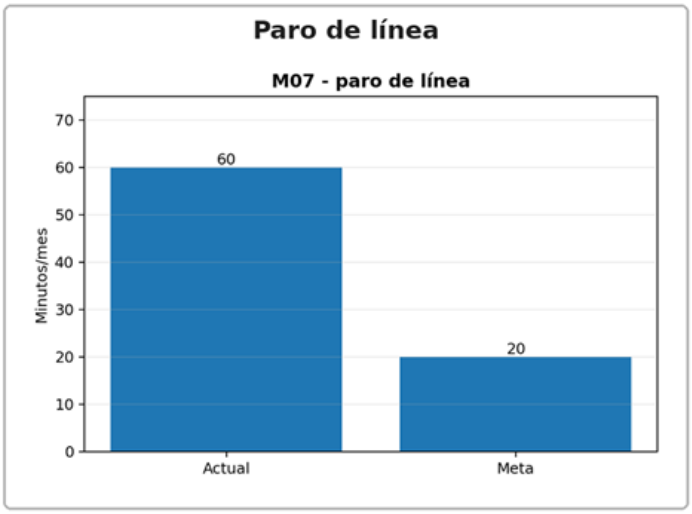


Ilustración 32. Comparativo de indicador inicial de paros de línea frente a metas cumplidas. Fuente: elaboración propia.

Diagrama de Gantt para la implementación de la mejora:

La siguiente ilustración muestra el diagrama de Gantt que corresponde a las actividades para la implementación general de la idea de mejora. Este cronograma recopila cinco actividades clave llevadas a cabo durante dos semanas de desarrollo, estas actividades comprenden desde el diagnostico de los puestos de trabajo M01 y M07, las pruebas de funcionamiento del sistema y aprobación final del sistema de seguridad operando en condiciones reales de operación.

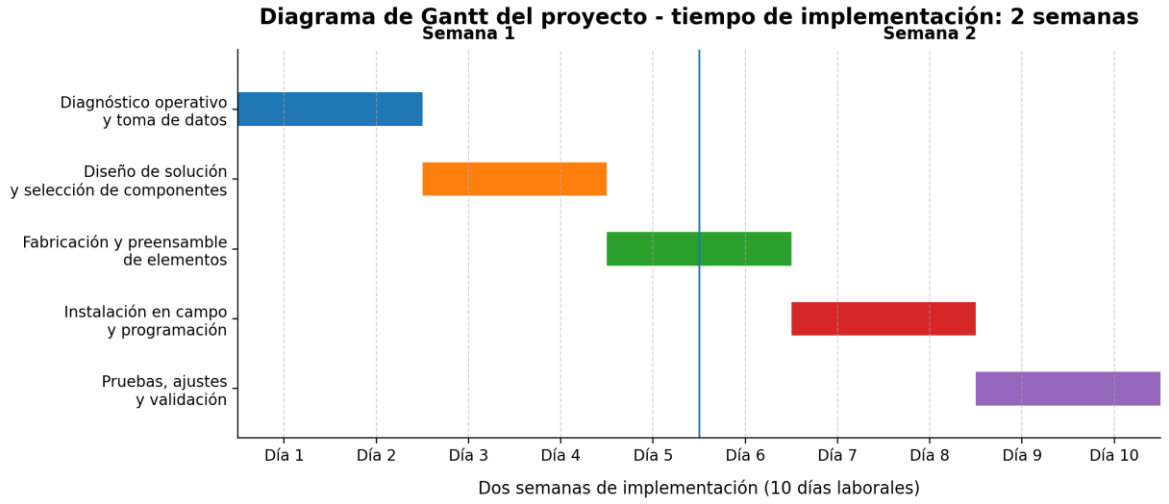


Ilustración 33. Diagrama de Gantt para la implementación del proyecto de mejora. Fuente: elaboración propia.

El tiempo para el desarrollo de la idea de mejora en los puestos de trabajo fue de dos semanas, en este tiempo las actividades que se observan en la ilustración fueron llevadas a cabo de manera progresiva, de manera tal que se viera afectado lo menos posible el flujo continuo de producción. En el transcurso de la primera semana se realizo la actividad de diagnosticar el puesto operativo, se fijaron los requerimientos, se seleccionaron los elementos para el sistema y se fabricaron los dispositivos necesarios para cada puesto. Esta fase se deja preparado y listo para la instalación el tablero de control, la base del sensor réflex, la bandera neumática con su actuador y los puntos de conexión que el sistema requería.

Durante la segunda semana se realizó la instalación de los elementos en las áreas designadas, se instaló el cableado de campo, las conexiones al PLC, el desarrollo en el programa de este y las pruebas de verificación de buen funcionamiento. En esta segunda semana también se valido la apertura de la bandera metálica por medio del actuador en el puesto M01, la detección optima de objetos en el puesto M07, la parada inmediata del polipasto en movimiento, la activación de la alarma sonora y luminosa en el andón y el rearme de la secuencia en automático del polipasto. Con esto se confirma que esta propuesta de mejora se puede implementar en un corto periodo de tiempo, usando elementos y dispositivos ya existentes en la planta y garantizando el flujo normal del proceso productivo.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSION

8.1 Discusión

Los resultados que se han obtenido luego de esta implantación de mejora dejan claro que la aplicación de una mejora electromecánica con un alcance local puede llegar a generar un impacto positivo y relevante cuando este es diseñado a partir de un análisis y diagnostico real del proceso en el cual será aplicado. En el puesto de ensamble de motores M01, la problemática principal no era solamente la presencia de un paro de emergencia, sino el uso frecuente de este como parte del desarrollo del puesto para cada ciclo. Al cambiar la tarea de accionar el paro por parte del operario a un pulsador con fácil acceso y automatizar la liberación del RGV sin motor, mediante la bandera metálica accionada por electroválvula neumática y actuador, se disminuye la necesidad de realizar una flexión lumbar y reducir la exposición del operario a zonas móviles con riesgo de atrapamiento.

En el puesto M07, las condiciones iniciales estaban basadas en un sistema principalmente reactivo; el personal de mantenimiento del taller intervenía equipos después de un evento de colisión, cuando ya el daño físico en dispositivos y en motores de vehículos ya se había producido, también paro de línea y perdidas monetarias. La introducción del sensor réflex conectado al PLC del control del polipasto, transforma la lógica de funcionamiento hacia un sistema preventivo, ya que el sistema por medio del sensor detecta presencia de objetos en la trayectoria en la que se desplaza el polipasto, bloquea inmediatamente el movimiento en automático del polipasto y se genera una alarma para la atención inmediata. Este cambio va de la mano con los principios de seguridad industrial, en donde la prevención de incidentes debe anteponerse a la corrección posterior a estos.

La mayor fortaleza de la mejora es que esta usa dispositivos conocidos y disponibles por el personal de mantenimiento de la planta, facilitando la instalación, el mantenimiento, el ajuste y el diagnostico, además de prevenir tiempos muy prolongados en desarrollo. Sin embargo, esta implementación de mejora no debe tomarse como una certificación de seguridad de maquina absoluta. Para poder aumentar la solidez, es recomendable integrar la mejora con análisis de riesgos profundos, realizar mantenimiento preventivo y correctivo del actuador y del sensor, verificar altura y alineación de sensor periódicamente, y mantener registro histórico de sucesos antes y después de la implementación de la idea de mejora.

También es de importancia aclarar que los indicadores, las metas de desempeño y los resultados esperados, fueron realizado y medidos bajo un seguimiento después de la implantación de mejora de 1 mes, con seguimiento continuo de tiempos de paro, flexiones, eventos de colisión del polipasto de motores y percepción en fatiga de operarios del puesto.

8.2 Conclusiones:

1. Durante el desarrollo y realización de la idea de mejora se me presentaron dificultades e inconvenientes propios de un proyecto de mejora llevado a cabo en una línea de producción real. Entre los cuales se reconocieron validación de carrera del actuador neumático para que no golpeara con el cuerpo del RGV y generar su deterioro, calibración del sensor réflex para optima lectura, confirmación de llegada de señal del sensor a la entrada del PLC por lo largo del cableado y verificación de espacio en mecano para el cableado de campo. Pese a estas condiciones pude ejecutar el proyecto con la ayuda de pruebas secuenciales, apoyo de practicantes de mantenimiento, y revisión en el campo de implementación, consiguiendo adecuar dichas mejoras a los requerimientos de los puestos M01 y M07.

2. Relacionado a los costos de implementación, este proyecto se considera como una opción factible para la compañía, porque el costo para llevar a cabo dicho proyecto fue menor a las pérdidas económicas generadas por situaciones de colisión del polipasto con motores a ensamblar. La inversión que se realizo en tablero de control, electroválvula, sensor réflex, temporizador, cableado y dispositivos mecánicos redujo el riesgo de perdidas monetarias por daños materiales, evitar acciones correctivas en equipos averiados con un mayor costo y reducir los paros en la línea principal. Dicho esto, esta propuesta de mejora se sustenta económicamente al evitar perdidas y optimizar la eficiencia del proceso productivo.

3. para el desarrollo de la idea de mejora fue necesario dos semanas, repartidas en actividades tales como fabricación e instalación, programación, diseño a detalle, definición de requerimientos, ensayos y validación final. En este periodo de tiempo pude ejecutar la propuesta de mejora sin necesidad de una intervención larga en la línea, ni mayores cambios en la estructura de los equipos ya existentes en los puestos trabajados. El tiempo que tomo la implementación de este proyecto demuestra como las soluciones electroneumáticas aplicadas de manera local pueden ser desarrolladas de forma rápida si se cuenta con unos requerimientos claros, buen mantenimiento, y disponibilidad de componentes.

4. Para la sostenibilidad del sistema en el tiempo se deben realizar rutinas programadas de revisión, calibración, limpieza y mantenimiento sobre todos los elementos que componen el sistema como lo es cilindro neumático, electroválvula, sensor réflex, el gabinete eléctrico. Este sistema al estar compuesto de dispositivos comunes en la industria, comerciales y conocidos por el personal técnico de mantenimiento, facilita el cambio cuando alguno de estos se dañe, manteniendo asi el sistema operativo a través de mucho tiempo y a su vez lo hace replicable en otras áreas donde se pueda cubrir una necesidad similar. Dicho esto, esta idea de mejora no solo ataca un requerimiento puntual, sino que también refuerza las buenas prácticas en continuidad productiva y buenas posturas de trabajo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI. Disponible en: https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2005). Evaluación de las condiciones de trabajo en la PYME. INSST. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/211340/Condiciones_trabajo_PYMES.pdf

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2021). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo. INSST. Página oficial con descarga PDF. Disponible en: https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-utilizacion-de-los-equipos-de-trabajo

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2024). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. INSST. Página oficial con descarga PDF. Disponible en: https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-manipulacion-manual-de-cargas

Telemecanique Sensors. (2024). XUX0AKSAT16: Product data sheet. https://downloads.telemecaniquesensors.com/dam/datasheets/en/XUX0AKSAT16_EN.pdf

Festo. (s. f.-a). Basic principles of pneumatics. https://media.festo.com/media/272393_documentation.pdf

CHINT. (s. f.). JSZ3 series time delay relays. https://www.chintglobal.com/content/dam/chint/global/product-center/low-voltage/iec/industrial-control/time-delay-relay/jsz3/catalog/JSZ3-TIME-DELAY-RELAY-Catalog.pdf

Siemens. (s. f.-a). Controlador programable S7-1200: Manual de sistema. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/129/109764129/att_974299/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

Hassan-Montero, Y., & Ortega-Santamaría, S. (2009). Informe APEI sobre usabilidad. Asociación Profesional de Especialistas en Información. Disponible en: https://www.nosolousabilidad.com/manual/3.htm

OCDE & Eurostat. (2005). Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación (edición en español). Comunidad de Madrid. Disponible en: https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001708.pdf

Proceso de diseño en ingeniería. (2026). En Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_de_dise%C3%B1o_en_ingenier%C3%ADa