

**“ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS TIEMPOS DE CARGA Y DESCARGA DE
VIGAS EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN:
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y EFICIENCIA OPERATIVA”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EGRESADO:
YANEIDY GUADALUPE CHABLE KU**

DIRECTOR Y CO-DIRECTOR:

NOMBRE DEL DIRECTOR: DR. ÁNGEL FRANCISCO CAN CABRERA

NOMBRE DEL CODIRECTOR: DRA. WENDY ARGENTINA CETINA LOPEZ

Calkiní, Campeche, México 2025

CONSTANCIA DE NO INCOVENIENCIA



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **07/03/2025**
P/03/25/671
INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

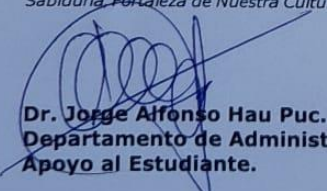
MODALIDAD: TESIS

C. YANEIDY GUADALUPE CHABLE KU 7162
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DR. ÁNGEL FRANCISCO CAN CABRERA, y el co-director DRA. WENDY ARGENTINA CETINA LÓPEZ, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **""ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS TIEMPOS DE CARGA Y DESCARGA DE VIGAS EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y EFICIENCIA OPERATIVA""**.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría. Fortaleza de Nuestra Cultura®


Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ

"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"

CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24000 Tel. 999-8134870,
e-mail: ee_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



**“ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS TIEMPOS DE CARGA Y DESCARGA DE
VIGAS EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN:
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y EFICIENCIA OPERATIVA”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EGRESADO:
YANEIDY GUADALUPE CHABLE KU**

DIRECTOR Y CO-DIRECTOR:

NOMBRE DEL DIRECTOR: DR. ÁNGEL FRANCISCO CAN CABRERA

NOMBRE DEL CODIRECTOR: DRA. WENDY ARGENTINA CETINA LOPEZ

Calkiní, Campeche, México 2025

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco en primer lugar a Dios, cuya guía, fortaleza y bendiciones me han acompañado en cada paso de este camino. Su luz ha sido mi mayor apoyo, dándome la fuerza para superar los desafíos y la sabiduría para aprovechar cada oportunidad.

En segundo lugar, expreso mi gratitud al Ing. Ángel Francisco Can Cabrera, mi director de tesis, por su valiosa guía, conocimientos y apoyo durante el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y disposición para orientarme fueron fundamentales para alcanzar este logro.

A la Dra. Wendy Argentina Cetina López, mi coasesora, por su compromiso y acompañamiento a lo largo de este proceso. Su orientación y retroalimentación han sido clave para el desarrollo de este trabajo, aportando con su experiencia y conocimientos un gran valor a cada etapa del proyecto.

Al Ing. Juan Carlos Suaste, por darme la oportunidad de formar parte de la empresa PROCON y experimentar nuevos retos y aprendizajes en un entorno profesional enriquecedor.

A los licenciados e ingenieros del departamento de almacén, quienes con paciencia y generosidad compartieron conmigo sus conocimientos y experiencias, ayudándome a crecer tanto profesional como personalmente.

A mis padres, cuyo esfuerzo y sacrificio me han permitido llegar hasta este punto. Su amor y dedicación han sido la base de todo lo que soy y todo lo que he logrado.

A mi pareja, por estar a mi lado en esta etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional, motivándome en cada momento y recordándome siempre la importancia de seguir adelante.

A mis abuelos paternos, quienes, aunque ya no están físicamente, son mi fuerza y mi inspiración. Desde el cielo, siento su guía y su amor, que me impulsan a dar lo mejor de mí en cada paso de mi camino.

Finalmente, agradezco a la empresa PROCON por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de su equipo durante esta experiencia. Sin duda, este proyecto no habría sido posible sin su confianza y colaboración.

ÍNDICE GENERAL.

Contenido

CAPÍTULO I.....	10
MARCO INTRODUCTORIO	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	13
1.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	14
1.5 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO	15
1.6 ALCANCES.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	17
2.1 MARCO CONCEPTUAL	17
2.1.1 GENERALIDADES	17
MARCO TEORICO	17
2.2 DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA	17
2.2.1 Objetivos del diagrama:	18
2.2.3 Principios del diagrama H-M.....	19
2.2.4 Utilización del diagrama H-M	19
2.2.5 Partes que intervienen en el diagrama H-M.....	20
Formato del diagrama H-M incluye tres componentes básicos:	20
2.3 TERMOLOGÍA	21
2.3.1 Porcentajes de utilización para el diagrama:	22
2.3.4 Construcción del Diagrama H-M:	24
2.3.5 Descripción de cada paso de la metodología Hombre-Maquina.....	25
2.3.7 Pasos para la realización de la metodología Hombre-Máquina:	26
2.3.8 Ejemplo del diagrama.....	28
2.3.9 Algunos conceptos del diagrama:	30
2.3.10 Utilización del diagrama hombre – maquina	32
2.3.11 Diagrama de acoplamiento hombre-maquina.....	33
2.3.12Herramientas cuantitativas.....	34
2.4 CICLO PDCA	37
2.4.1. Cuando usar el ciclo pdca.....	39

CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
MATERIALES Y MÉTODOS.	41
2.4 ENFOQUE METODODOLOGICOS.....	41
3.3. 1 Perspectiva sistemática.....	41
3.3.2 Enfoque cuantitativo.....	42
3.3.3 Enfoque cualitativo	42
3.3.4 Enfoque Descriptivo.....	43
2.5 ETAPAS DEL PROYECTO	43
2.5.1 Etapa 1. Definición de alcance y Objetivos.....	45
3.2.2 Etapa 2. Recolección y análisis de datos.....	45
3.2.3 Etapa 3. Identificación de Áreas de mejora.....	46
3.2.4 Etapa 4. Diseño de Propuestas de mejora.....	47
3.2.5 Etapa 5. Implementación de mejoras.....	48
3.2.6 Etapa 6. Evaluación de Resultados.....	49
2.6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	50
2.7 PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	51
2.8 MATRIZ DE RIESGO	52
3.5. 1 Materiales.....	53
3.5.2 Recolección de datos.....	54
3.5.3 Análisis Estadístico	54
3.5.4 Cálculos de promedios y desviaciones estándar.....	54
RESULTADOS.....	56
Panorama General.....	56
Presentación de resultados.	56
4.1 Resumen estadístico de tiempos de operación	56
4.1.2 Media de tiempos por tipo de operación.....	58
4.1.3 Mediana de tiempos por tipo de operación.....	58
4.1.3 Desviación estándar de tiempos por tipo de operación.....	59
4.1.4 Checklist de operación.....	60
4.1.5 Diagrama Hombre Maquina.....	61
4.1.6 Matriz de operación del ciclo PDCA	62
4.1.7 Discusión.	62

4.1.8 Ineficiencias observadas	62
1.4.9 Impacto en los procesos operativos	63
1.4.10 Contraste con estudios previos.....	63
1.4.11 Propuestas de mejora basadas en los resultados	63
1.4.12 Limitaciones del análisis	63
RECOMENDACIONES.	64
CONCLUSIÓN.	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
Anexos	67

Índice Figuras.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para encontrar la problemática	12
Figura 2.1 Objetivos de diagrama	18
Figura 2.2 Formato y diagrama H-M.....	21
Figura 2.3 Metodología hombre - maquina.....	28
Figura 2.5 Ejemplo de diagrama Hombre-Maquina.....	29
Figura 2.6 Utilización del diagrama.....	33
Figura 2.7 Acoplamiento del diagrama	34
Figura 2.8 Resumen grafico del ciclo PDCA (MOLINA, 2021).....	38
Figura 2.9 Representación gráfica del mapa de valor.....	39
Figura 3.1 Descripción y diagramas de flujo de las etapas.	44
Figura 3.2 Etapa 1: Definición de alcance y objetivos.....	45
Figura 3.3 Etapa 2: Recolección y análisis de datos	46
Figura 3.4 Identificación de áreas de mejora.....	46
Figura 3.5 Etapa 4: Diseño de propuesta de mejora.....	47
Figura 3.5 Etapa 5: Implementación de mejoras	48
Figura 3.6 Etapa 6: Evaluación de mejoras	49
Figura 4.1 Medias de tiempo por tipo de operación	58
1= Carga 2= Descarga.....	59
Figura 4.2 Media de tiempos por tipo de operación	59
Figura 4.3 Desviación estándar de tiempos por tipo de operación	59

Índice Tablas.

Cuadro 3.1 Problemas identificados	51
Cuadro 3.2 Matriz de riesgo.....	53
Cuadro 3.3 Consecuencia y probabilidad.....	53
.....	57
.....	57
Cuadro 4.1 Resumen estadísticos de tiempo de operación	57
Cuadro 4.2 Check list de operación	60
Cuadro 4. 3 Diagrama Hombre-Maquina.....	61
Cuadro 4.4 Resumen y análisis de la información	61
Cuadro 4. 5 Matriz de operación del ciclo PDCA	62

CAPÍTULO I.

MARCO INTRODUCTORIO

La empresa PROCON PLANTA WAAD, dedicada a la fabricación y distribución de materiales de construcción, enfrenta diversos desafíos relacionados con la eficiencia en el manejo de sus procesos logísticos. En particular, el área de logística se ve afectada por los tiempos prolongados de carga y descarga de vigas, los cuales influyen directamente en la productividad de la planta y en la gestión de recursos. Actualmente, el tiempo promedio de carga de las vigas es de una hora y cuarenta minutos, lo cual genera ineficiencias operativas que impactan de manera negativa el rendimiento de toda la cadena productiva.

El presente proyecto de residencia titulado "ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DE VIGAS" surge de la necesidad de identificar y cuantificar las ineficiencias en el proceso de carga de vigas, para luego proponer mejoras que permitan optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad del área logística. El objetivo del estudio es, por tanto, analizar el tiempo empleado en las actividades de carga y descarga, identificando los principales factores que contribuyen a los retrasos y estableciendo un estándar para el proceso.

La importancia de este análisis radica en que, al optimizar los procesos de carga y descarga, se logrará no solo una mejora significativa en la eficiencia operativa, sino también una reducción de las pérdidas de material y una disminución en los riesgos laborales. Las operaciones de manipulación de vigas presentan ciertos riesgos para los operarios, que han derivado en lesiones, así como pérdidas de material debido a una inadecuada gestión. Por lo tanto, la mejora de estos procesos permitirá no solo un ahorro económico, sino también un entorno de trabajo más seguro.

El estudio se desarrolla en la planta de PROCON WAAD y se basa en el análisis de los tiempos de carga y descarga mediante metodologías cuantitativas. La investigación se enfoca en la identificación de los cuellos de botella y de las principales causas de ineficiencia, así como en la evaluación de posibles soluciones a través de la aplicación de metodologías Hombre-Máquina y el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act). La metodología empleada está orientada a obtener una visión detallada de cada etapa del proceso logístico, con el fin de proponer estrategias concretas para la mejora continua.

El proyecto comprende diferentes etapas, que incluyen la recolección de datos a través de observación directa, el análisis de dichos datos, la identificación de oportunidades de mejora, y la propuesta de un plan de acción que permita implementar las soluciones identificadas. La finalidad es lograr una reducción significativa en los tiempos de carga y descarga, con miras a establecer un estándar operativo que pueda ser replicado y adaptado a otros procesos similares en la planta.

El alcance de este proyecto está limitado al análisis del proceso de carga y descarga de vigas en el área de almacén de la planta procon waad, sin abordar otros aspectos relacionados con la distribución y transporte externo de las vigas. No obstante, los resultados de este análisis podrán ser considerados como una base para futuros estudios y mejoras en otras áreas de la cadena logística de la empresa.

En esta introducción se han presentado los antecedentes y la justificación del proyecto, así como su relevancia para la empresa y el impacto esperado en la productividad y seguridad laboral. Asimismo, se han descrito los objetivos generales y específicos del estudio, junto con una visión general de la metodología empleada. A lo largo del trabajo se detallarán las diferentes fases del análisis, los hallazgos obtenidos, y las propuestas de mejora con el fin de optimizar la operación logística de la planta.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa PROCON PLANTA WAAD, dedicada a la fabricación y distribución de materiales de construcción, la eficiencia en el manejo logístico es un factor determinante para la productividad y el uso óptimo de los recursos. Sin embargo, dentro del área de almacén, se han identificado ineficiencias significativas en el proceso de carga y descarga de vigas, las cuales afectan directamente el rendimiento operativo de la planta. Actualmente, el tiempo promedio de carga de vigas es de una hora y cuarenta minutos, lo que representa un obstáculo para la fluidez de las operaciones logísticas y genera retrasos en la cadena productiva.

El problema central radica en la ausencia de un estándar definido para la carga y descarga de vigas, lo que da lugar a variaciones en los tiempos de ejecución y a la aparición de cuellos de botella en el proceso. Además, la manipulación de las vigas implica riesgos para los operarios, quienes han experimentado incidentes y lesiones durante estas actividades. Asimismo, se ha registrado pérdida de

material debido a prácticas ineficientes en la carga y sujeción de las vigas, lo que genera costos adicionales para la empresa.

A pesar de la importancia de este proceso dentro de la logística de la planta, no se cuenta con un análisis cuantitativo detallado que permita identificar los factores específicos que contribuyen a estos tiempos prolongados. La falta de datos estructurados dificulta la toma de decisiones orientadas a mejorar la eficiencia operativa y reducir riesgos laborales.

Por lo tanto, surge la necesidad de llevar a cabo un análisis cuantitativo del tiempo de carga y descarga de vigas, con el propósito de identificar las principales causas de ineficiencia y proponer mejoras que optimicen el uso de los recursos. Este estudio permitirá establecer un estándar operativo que contribuya a la reducción de tiempos, minimización de pérdidas de material y mitigación de riesgos laborales, impactando positivamente en la productividad del área logística de la empresa.

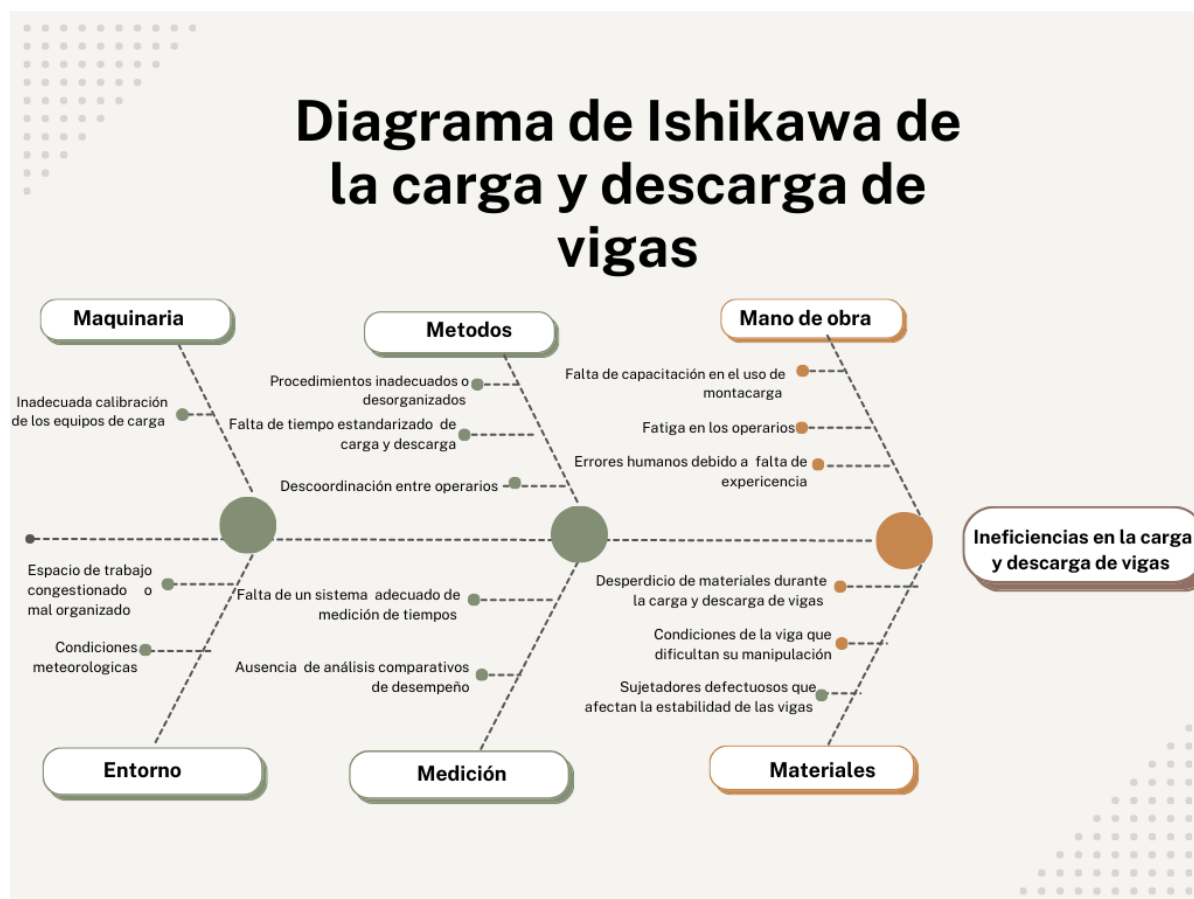


Figura 1. Diagrama de Ishikawa para encontrar la problemática

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los factores que influyen en el tiempo de carga y descarga de vigas en la empresa PROCON PLANTA WAAD y cómo pueden optimizarse para mejorar la eficiencia operativa y reducir pérdidas de material y riesgos laborales?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto "ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA DE VIGAS" se realiza con el objetivo de abordar las ineficiencias operativas presentes en el proceso de logística de la empresa PROCON PLANTA WAAD. Este estudio es conveniente y necesario por varias razones, las cuales se detallan a continuación.

Primero, es crucial entender que la falta de un estándar definido para los tiempos de carga y descarga de vigas genera una ineficiencia que no solo impacta la productividad, sino que también resulta en costos adicionales para la empresa. En la actualidad, el tiempo promedio de carga de las vigas es de una hora y cuarenta minutos, lo que puede llegar a representar, en un entorno con un alto volumen de operaciones, pérdidas económicas significativas. Estas pérdidas no solo provienen del tiempo perdido, sino también de la potencial pérdida de materiales y de los riesgos laborales que enfrentan los operarios. Con un equipo de 15 operarios y el uso de montacargas cada hora y media, cualquier retraso acumulado puede resultar en un impacto negativo considerable en la capacidad de respuesta hacia los pedidos de los clientes, lo que a su vez afecta la calidad del servicio y la satisfacción del cliente.

Al analizar y cuantificar los tiempos de carga y descarga, se espera establecer un proceso más eficiente que reduzca los tiempos a menos de una hora. Esta mejora beneficiará directamente a los operarios al disminuir la carga de trabajo, así como a la empresa, al aumentar su capacidad operativa y reducir costos.

Los resultados de este análisis tendrán implicaciones significativas. En primer lugar, ayudarán a resolver el problema de ineficiencia en la carga y descarga de vigas, permitiendo a la empresa ser más competitiva en el mercado. En segundo lugar, ofrecerán recomendaciones prácticas que podrán

ser implementadas no solo en el área de logística, sino que también servirán como base para futuros estudios en otras áreas de la planta, promoviendo una cultura de mejora continúa.

Además, este proyecto puede sugerir ideas innovadoras para optimizar procesos y recursos. Las recomendaciones generadas a partir de este análisis se pueden considerar como hipótesis para futuros proyectos, ampliando la investigación hacia otras operaciones logísticas y la mejora de la seguridad laboral.

La implementación de un sistema estandarizado, basado en los resultados obtenidos, permitirá una mayor claridad y organización en el manejo de las vigas, lo que se traducirá en una reducción de pérdidas de material y en un ambiente de trabajo más seguro. Por lo tanto, se espera que este estudio no solo resuelva el problema inmediato de ineficiencia, sino que también contribuya al desarrollo de estrategias sostenibles que beneficien a la empresa en su conjunto.

En conclusión, el presente estudio tiene un impacto significativo en la calidad del servicio ofrecido por PROCON PLANTA WAAD, en la eficiencia operativa del área logística y en la seguridad de los operarios. A través de la identificación de problemas y la propuesta de mejoras concretas, se busca establecer un nuevo estándar de trabajo que beneficiará tanto a la empresa como a sus empleados, generando un entorno más productivo y seguro.

1.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO

1.4.1 GENERAL

El objetivo principal de este estudio es diseñar y llevar a cabo un análisis cuantitativo del tiempo de carga y descarga de vigas en la empresa PROCON PLANTA WAAD, con el fin de identificar ineficiencias operativas y determinar los resultados específicos de dichos tiempos. A través de este análisis, se espera obtener datos precisos que permitan identificar áreas de mejora en el proceso. A partir de los resultados obtenidos, se propondrán soluciones que optimicen el uso de recursos y aumenten la productividad del área logística.

1.4.2 ESPECIFICO

- Determinar el tiempo promedio actual de carga y descarga de vigas en PROCON PLANTA WAAD para establecer un estándar operativo que sirva de referencia.

- Identificar las ineficiencias en el proceso de carga y descarga mediante el análisis de los flujos de trabajo y la observación directa de las operaciones logísticas.
- Proponer un conjunto de mejoras prácticas y estratégicas que optimicen el uso de recursos en el área logística, enfocándose en la reducción de tiempos de carga y descarga.
- Analizar las implicaciones económicas de las ineficiencias actuales, evaluando el costo asociado a la pérdida de material y tiempo en las operaciones de carga y descarga.

1.5 LIMITACIÓN DEL ESTUDIO

A pesar de la relevancia del estudio, existen limitaciones que deben ser consideradas:

1. **Alcance Geográfico:** El análisis se centrará exclusivamente en el área de almacén y logística de PROCON PLANTA WAAD, excluyendo otros procesos operativos como la distribución y el transporte externo de vigas. Las recomendaciones estarán orientadas únicamente a la mejora del proceso de carga y descarga.
2. **Datos Reales:** La investigación se basará en datos recolectados durante el periodo de estudio, lo que puede limitar la generalización de los resultados a otras plantas o empresas de la misma industria. Las condiciones específicas de operación, maquinaria utilizada y organización del espacio de trabajo pueden variar significativamente en otros contextos.
3. **Tiempo y Recursos:** El análisis se desarrollará dentro de un plazo definido, lo que puede restringir la profundidad de la investigación en ciertas áreas. Algunas variables o factores que podrían influir en el proceso de carga y descarga podrían no ser completamente explorados debido a limitaciones de tiempo y recursos disponibles.
4. **Implementación:** Aunque se realizarán recomendaciones basadas en los hallazgos, su implementación dependerá de la aceptación por parte de la dirección de la empresa y de los recursos que se dispongan para llevar a cabo las mejoras sugeridas.

1.6 ALCANCES

El análisis cuantitativo del tiempo de carga y descarga de vigas, tiene como principal objetivo evaluar y optimizar el proceso de carga y descarga en la empresa PROCON PLANTA WAAD. Los alcances se definen de la siguiente manera:

1. **Objetivos Claros:** Se establecerán los tiempos estándar para el proceso de carga y descarga de vigas, identificando las ineficiencias actuales y proponiendo soluciones que mejoren estos procesos. Esto incluye la recopilación y análisis de datos relacionados con el tiempo de operación, así como el establecimiento de un estándar operativo.
2. **Plazos y Entregables:** El desarrollo del estudio está diseñado para llevarse a cabo en un cronograma de 16 semanas, durante las cuales se realizarán las fases de recolección de datos, análisis, identificación de áreas de mejora y formulación de propuestas. Los entregables incluirán un informe final con hallazgos, recomendaciones y un plan de acción para la implementación de mejoras.
3. **Viabilidad:** Se determinará la viabilidad de las propuestas a través del análisis de los datos recolectados.
4. **Beneficios:** Se espera que la implementación de las recomendaciones resulte en una reducción significativa de los tiempos de carga y descarga, disminución en la pérdida de material y un ambiente de trabajo más seguro para los operarios. Además, se proporcionará una base sólida para futuras investigaciones en otras áreas de la planta.

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 GENERALIDADES

Carga y descarga de vigas:

La carga y descarga de vigas son procesos críticos en la logística de la construcción. Implican la manipulación de materiales pesados, donde la eficiencia y la seguridad son primordiales. La correcta gestión de estos procesos no solo optimiza el tiempo de operación, sino que también reduce el riesgo de lesiones y pérdidas de material

Análisis Hombre-Máquina.

El análisis Hombre-Máquina se refiere al estudio de las interacciones entre los operarios y las máquinas que utilizan. Este enfoque se centra en la ergonomía y la eficiencia, buscando mejorar la comodidad y el rendimiento de los operarios al trabajar con maquinaria.

MARCO TEORICO

El presente marco teórico se fundamenta en la necesidad de optimizar los procesos de carga y descarga de vigas en PROCON PLANTA WAAD, considerando las ineficiencias operativas actuales. Se abordarán conceptos fundamentales y teorías pertinentes que sustenten la investigación, así como el análisis de métodos y herramientas como el ciclo PDCA y el análisis Hombre-Máquina.

2.2 DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

La representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en las que intervienen tanto hombres como máquinas es fundamental. Esta representación permite indicar la relación exacta en términos de tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina, tal como se menciona en el estudio de (Torres, 2020) La comprensión de esta relación es esencial para optimizar la eficiencia en el trabajo combinado de humanos y tecnología.

2.2.1 Objetivos del diagrama:

La imagen representa un diagrama de flujo o un proceso dividido en cuatro pasos que están relacionados con la evaluación de la eficiencia de las personas y las máquinas, y el análisis de los ciclos de trabajo en una estación específica. Aquí está el desglose:

Paso 1: Determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas

Este paso se enfoca en evaluar el desempeño tanto de los operadores como de los equipos utilizados en las actividades, con el objetivo de identificar posibles áreas de mejora.

Paso 2: Estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez

Aquí se sugiere realizar un análisis detallado de cada estación de trabajo por separado, lo que permite optimizar sus procesos de manera individual sin interferir en otras áreas.

Paso 3: Mostrar el tiempo del ciclo de trabajo de la persona y el tiempo del ciclo de operación de la máquina

Este paso implica registrar y comparar los tiempos que las personas y las máquinas emplean en completar sus respectivas tareas dentro de un ciclo de trabajo.

Paso 4: Conocer el tiempo para llevar a cabo el balance de actividades del hombre y su máquina

Finalmente, se busca determinar cuánto tiempo es necesario para equilibrar las actividades del operador con las de la máquina, maximizando la eficiencia global. (Corredoira, 2019)

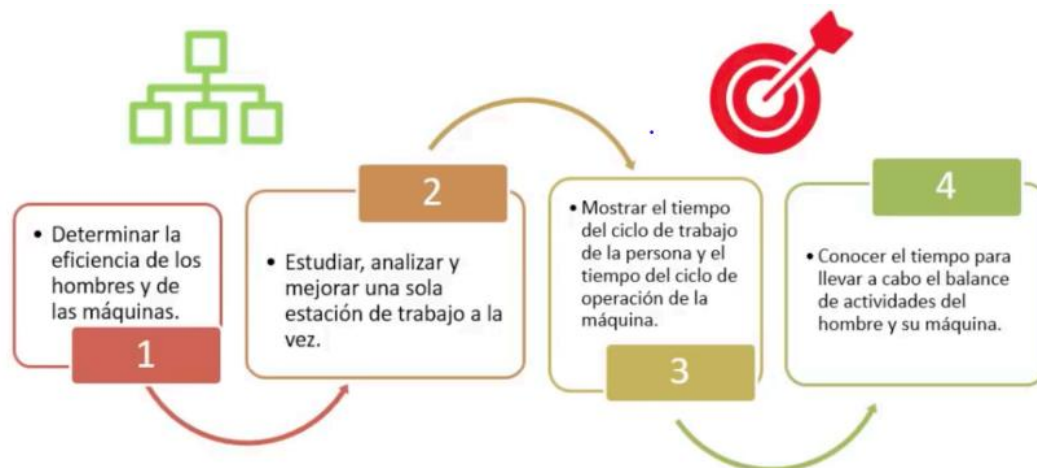


Figura 2.1 Objetivos de diagrama

2.2.3 Principios del diagrama H-M

1. Si, el tiempo de ocio del hombre $>$ tiempo de ocio de la máquina. Entonces el hombre puede atender más de una máquina.

Esto indica que el operador tiene momentos sin actividad mientras la máquina sigue trabajando. En este caso, el operador puede encargarse de más de una máquina para aprovechar mejor su tiempo y aumentar la productividad. Este escenario es común en procesos automatizados donde el operador solo supervisa o interviene ocasionalmente.

2. Si, el tiempo de ocio del hombre $<$ tiempo de ocio de la máquina. Entonces la máquina requiere varios operadores.

Esto significa que la máquina permanece inactiva durante períodos en los que el operador está ocupado. En este caso, se necesitan varios operadores para atender una sola máquina y evitar tiempos muertos de la máquina, asegurando así un mejor flujo de trabajo. Este caso es típico en operaciones complejas que requieren intervención manual frecuente o en máquinas con largos periodos de espera.

2.2.4 Utilización del diagrama H-M

El ciclo de trabajo del operario es, en general, más corto que el ciclo de operación de la máquina. Esto sugiere que existe una oportunidad para optimizar el uso de recursos humanos y tecnológicos. Una estrategia que se puede considerar es investigar la posibilidad de asignar al trabajador el acoplamiento de máquinas, lo que implica que un obrero atienda más de una máquina simultáneamente. Esta práctica podría aumentar la eficiencia del proceso productivo. Alternativamente, también se podría evaluar la opción de que el operario ejecute alguna operación manual entre los ciclos de operación de la máquina, aprovechando así el tiempo de espera y asegurando una mejor utilización del capital humano. (Tejeda, 2011)

Con base al proyecto El diagrama Hombre-Máquina es una herramienta esencial en la ingeniería industrial, que permite analizar la interacción entre los operadores y las máquinas, identificando tiempos improductivos y oportunidades de mejora en procesos específicos. En el contexto del proyecto "Análisis cuantitativo del tiempo de carga y descarga de vigas en la empresa PROCON PLANTA WAAD", esta herramienta resulta clave para evaluar y optimizar las operaciones logísticas relacionadas con el manejo de vigas.

2.2.5 Partes que intervienen en el diagrama H-M

En el diagrama H-M, se identifican varias partes que intervienen en el proceso de trabajo. Estas son el hombre, la máquina, las herramientas y el lugar de trabajo. El análisis de las operaciones tiene como objetivo racionalizar el uso de estos elementos, buscando hacer más eficiente el trabajo que se desarrolla.

Formato del diagrama H-M incluye tres componentes básicos:

1. Encabezado: En esta sección se presentan los datos relevantes del análisis, como el título del diagrama, la fecha y el nombre del responsable.
2. Diagrama: Aquí se representa gráficamente la interacción entre el hombre y la máquina, así como la relación con las herramientas y el lugar de trabajo.
3. Resumen: Esta parte resume los hallazgos del análisis, destacando las oportunidades de mejora y las recomendaciones para optimizar el uso de los elementos involucrados.

La figura 2. Formato y Diagrama H-M representa una herramienta gráfica conocida como diagrama Hombre-Máquina, utilizada para analizar y optimizar las actividades conjuntas entre operadores y máquinas. Este diagrama muestra de manera detallada las actividades del operador y las máquinas involucradas en un proceso, diferenciando los tiempos de trabajo activo y los tiempos muertos o de ocio.

Descripción de las secciones:

1. Área de análisis del operador (línea izquierda): Representa el tiempo de trabajo y ocio del operador.
2. Área de análisis de las máquinas (líneas derecha): Cada máquina tiene su propia línea de tiempo, que registra sus ciclos de trabajo y periodos de inactividad. La línea continua corresponde al tiempo en que la máquina realiza actividades operativas, y los espacios indican tiempos muertos.
3. Resumen de la parte inferior: Se resumen los tiempos totales del ciclo, acciones, ocios y la utilización porcentual de los recursos (hombre y máquinas). Esto permite calcular indicadores clave, como la eficiencia y el balance entre el operador y las máquinas.

2.3.1 Porcentajes de utilización para el diagrama:

El ciclo del operador abarca todas las actividades que realiza durante el proceso de carga y descarga de vigas.

Preparar: Inicia asegurando las vigas con alambre recocido y posicionándose para la operación.

Hacer: Incluye maniobras como operar el montacargas para trasladar las vigas.

Retirar: Desengancha el alambre y verifica que las vigas estén correctamente colocadas en el tráiler.

Inspección: Asegura que la operación cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos.

En el proyecto, este ciclo permite identificar actividades críticas que puedan generar tiempos muertos o riesgos, y sirve para determinar posibles ajustes en el proceso.

Ciclo total del operador = preparar + hacer + retirar + inspección

El ciclo del montacargas Combilift C6000 incluye las actividades mecánicas necesarias para mover las vigas:

Preparar: Posicionamiento del montacargas cerca de la carga.

Hacer: La elevación y transporte de las vigas hasta el tráiler.

Retirar: Maniobras para liberar el espacio de carga y posicionarse para la siguiente operación.

Este análisis es clave para calcular el tiempo total operativo de la máquina y evaluar su productividad en el manejo de vigas.

Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar.

El tiempo productivo de la máquina corresponde exclusivamente a las actividades donde efectivamente realiza trabajo útil, como el transporte de vigas.

En el proyecto, este indicador refleja la eficiencia del montacargas y ayuda a identificar tiempos muertos que puedan reducir la productividad logística.

Tiempo productivo de la máquina = hacer

El tiempo de ocio del operador ocurre cuando este está inactivo mientras espera que la máquina complete su ciclo. Por ejemplo, mientras el montacargas transporta las vigas, el operador puede no realizar ninguna acción.

Este dato es relevante en el análisis para optimizar la sincronización de actividades y minimizar el tiempo improductivo.

$$\text{Tiempo improductivo del operador} = \text{espera (ocio del operador)}$$

El tiempo de ocio del montacargas se da cuando este está inactivo, por ejemplo, esperando la preparación de las vigas por parte del operador.

Reducir este tiempo es fundamental para aprovechar al máximo la capacidad de la máquina y mejorar el flujo del proceso.

$$\text{Tiempo improductivo de la máquina} = \text{ocio (ocio de la máquina)}$$

Este indicador mide qué tan productivo es el operador durante el ciclo completo. En el contexto del proyecto, sirve para evaluar la eficiencia del operador en la carga y descarga de vigas y determinar si es posible redistribuir sus tareas para aumentar la utilización.

$$\text{Utilización del Operador (\%)} = \text{tiempo productivo del operador} / \text{tiempo total del ciclo}$$

La utilización de la máquina refleja el porcentaje de tiempo en el que el montacargas está en actividades productivas.

Para el proyecto, este indicador es útil para analizar si el montacargas está siendo utilizado a su máxima capacidad o si existen oportunidades de mejora en su operación.

$$\text{Utilización de la máquina (\%)} = \text{tiempo productivo de la máquina} / \text{tiempo total del ciclo}$$

Este porcentaje muestra qué proporción del tiempo total del ciclo el operador está inactivo.

En el análisis del proyecto, un alto valor de ocio del operador puede indicar la necesidad de redistribuir tareas o ajustar el flujo de trabajo

$$\text{Ocio del operador (\%)} = \text{tiempo improductivo del operador} / \text{tiempo total del ciclo}$$

Indica la proporción de tiempo en que el montacargas no está en uso.

Un alto porcentaje de ocio en el proyecto puede sugerir cuellos de botella en el flujo de materiales o problemas de sincronización entre el operador y la máquina

$$\text{Ocio de la máquina (\%)} = \text{tiempo improductivo de la máquina} / \text{tiempo total del ciclo}$$

$N = 1 + (\text{tiempo de trabajo de máquina} / (\text{tiempo de: preparar} + \text{descarga} + \text{transporte}))$. Esta fórmula determina cuántas máquinas puede atender un operador de manera eficiente, considerando los tiempos productivos e improductivos.

En el proyecto, este cálculo permitirá analizar si el operador puede atender más de un montacargas o si es necesario ajustar los recursos para mejorar la eficiencia operativa.

Calcular el número de máquinas que pueden ser atendidas, N:

$$N = 1 + (\text{tiempo de trabajo de máquina} / (\text{tiempo de: preparar} + \text{descarga} + \text{transporte}))$$

2.3.4 Construcción del Diagrama H-M:

La primera etapa del proceso implica varios pasos fundamentales. En primer lugar, se debe seleccionar la operación que se va a analizar. Posteriormente, se procede a observar dicha operación para determinar su inicio y final, lo que ofrece una visión clara del flujo de trabajo. A continuación, es necesario dividir la operación en sus elementos constitutivos, lo que permite un análisis más detallado. Una vez identificados los elementos, se mide el tiempo correspondiente a cada uno de ellos, lo que resulta esencial para comprender la duración de cada parte del proceso. Finalmente, se construye un diagrama que ordena y representa a escala de tiempo los elementos relacionados con cada operario o máquina, asegurando que todas las actividades inicien desde el mismo punto en el ciclo de trabajo.

La segunda etapa se centra en la clasificación de todos los elementos identificados. En este punto, se agrupan en tres categorías: elementos de máquina, elementos manuales o de máquina parada, y elementos manuales con la máquina en marcha. Para cada elemento, es crucial formular preguntas que ayuden a optimizar el proceso. Esto incluye eliminar elementos innecesarios, reordenar las tareas, buscando trasladar actividades de máquina parada a máquina en marcha, combinar y simplificar elementos, así como incrementar la velocidad de la máquina hasta alcanzar su óptimo rendimiento.

Se ofrecen también algunas recomendaciones importantes para llevar a cabo este análisis. Es fundamental contar con valores elementales de tiempo precisos antes de construir el diagrama del trabajador y la máquina. Estos valores deben reflejar tiempos estándar que contemplen una tolerancia adecuada para la fatiga, retrasos inevitables y cualquier retardo del personal. Además, el analista debe evitar utilizar lecturas generales del cronómetro al elaborar el diagrama. Antes de implementar mejoras en las áreas donde se presentan tiempos ociosos, es esencial comparar el costo de la máquina inactiva con el del operario ocioso. Solo al considerar el costo total, el analista podrá recomendar con certeza un método sobre otro. (Torres, 2020)

2.3.5 Descripción de cada paso de la metodología Hombre-Maquina

El proceso de análisis de una operación comienza con la selección de una tarea específica que será objeto de estudio. Es fundamental que esta operación sea representativa del proceso productivo y relevante para la evaluación de la eficiencia, considerando su importancia en el contexto general de la producción y su impacto en el uso de los recursos disponibles. Una vez seleccionada la operación, el siguiente paso consiste en determinar con claridad el inicio y la terminación del ciclo de trabajo. Definir estos momentos es esencial para establecer un marco temporal preciso que delimite el ciclo completo, lo que a su vez garantiza la estandarización de los tiempos de medición y la consistencia del análisis

A continuación, se procede a identificar y descomponer la operación en elementos o tareas individuales más pequeñas. Este desglose permite un examen detallado de cada parte del proceso, facilitando la identificación de actividades que requieren atención y posibles mejoras. Los elementos deben ser lo suficientemente específicos para permitir una medición y evaluación independientes.

Una vez que se han identificado los elementos, se mide la duración de cada uno, utilizando herramientas como cronómetros u otros dispositivos de medición. La precisión en esta etapa es crucial, ya que permite determinar cuáles partes de la operación son más eficientes y cuáles necesitan ser optimizadas.

Finalmente, se elabora un diagrama de Hombre-Máquina que representa gráficamente la interacción entre el operario y la máquina durante la operación. Este diagrama ayuda a visualizar los tiempos en los que el operario y la maquinaria están activos o inactivos, lo que resalta oportunidades para reducir

tiempos ociosos y mejorar la sincronización entre el trabajo humano y el funcionamiento de la máquina, tal como indica (Tejeda, 2011)

2.3.7 Pasos para la realización de la metodología Hombre-Máquina:

La Figura 2.3. Metodología Hombre-Maquina muestra los pasos para elaborar un diagrama Hombre-Máquina, una herramienta clave en el análisis de tiempos y movimientos. Este diagrama se utiliza para representar gráficamente la interacción entre el operador y las máquinas en un proceso productivo. Su objetivo es identificar ineficiencias y oportunidades de mejora en la sincronización de actividades.

1. Seleccionar la operación

Descripción: Elegir la operación que será objeto de estudio.

Aplicación en el proyecto:

En el caso del proyecto, se selecciona específicamente la operación de carga y descarga de vigas utilizando el montacargas Combilift C6000. Esta actividad es clave para identificar los tiempos de trabajo y ocio tanto del operador como de la máquina.

2. Determinar inicio y terminación del ciclo

Descripción: Definir los puntos exactos donde comienza y termina el ciclo de trabajo del operador y la máquina.

Aplicación en el proyecto:

En el análisis de carga y descarga, el ciclo inicia con la preparación de las vigas (asegurarlas con alambre recocido) y termina cuando las vigas han sido correctamente colocadas en el tráiler. Este marco temporal permitirá medir todas las actividades intermedias.

3. Identificar y dividir la operación en elementos

Descripción: Descomponer la operación en actividades más pequeñas o elementos básicos para un análisis detallado.

Aplicación en el proyecto:

Dividir el proceso de carga y descarga en actividades específicas, como:

- Preparación de vigas.
- Transporte de vigas con el montacargas.
- Aseguramiento de las vigas en el tráiler.
- Retiro y validación final.

Esta segmentación permitirá identificar con precisión qué etapas generan más tiempo improductivo.

4. Medir la duración de cada elemento

Descripción: Registrar el tiempo que toma completar cada uno de los elementos de la operación.

Aplicación en el proyecto:

Usar un cronómetro o software especializado para medir los tiempos exactos de cada actividad realizada por el operador y el montacargas.

Los datos obtenidos se emplearán para calcular indicadores como el tiempo productivo e improductivo y los porcentajes de utilización y ocio del operador y la máquina.

5. Construir el diagrama

Descripción: Representar gráficamente los datos obtenidos para visualizar la interacción entre el operador y la máquina.

Aplicación en el proyecto:

Elaborar un diagrama Hombre-Máquina que refleje los tiempos de trabajo, espera y ocio tanto del operador como del montacargas.

Este diagrama será una herramienta esencial para identificar desequilibrios y proponer estrategias para optimizar el proceso.

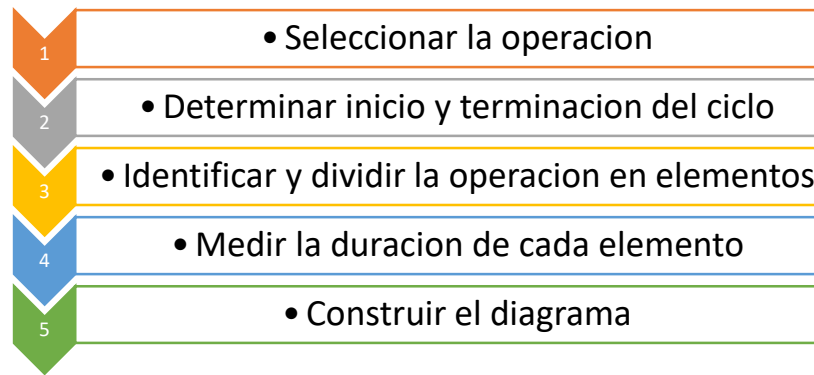


Figura 2.3 Metodología hombre - maquina

2.3.8 Ejemplo del diagrama

La figura 2.5 del diagrama Hombre-Máquina se utiliza para registrar y analizar los tiempos de trabajo y ocio tanto del operador como de las máquinas durante un proceso. A continuación, se detallan las columnas, los datos que se deben incluir y su relación con el proyecto:

Columnas de la Tabla

1. No. Actividad

Representa el número consecutivo de cada actividad registrada.

En el proyecto, por ejemplo, podría enumerarse como:

1. Preparar vigas.
2. Transportar vigas con montacargas.
3. Asegurar vigas en el tráiler.

2. Descripción de Actividad

Contiene una breve descripción de lo que realiza el operador o la máquina.

Ejemplo: "Asegurar vigas con alambre recocido".

3. Operador

Representa la línea de tiempo del operador, indicando los períodos de trabajo, espera o inspección.

Ejemplo: Trabajo en "preparación de vigas" y espera mientras el montacargas transporta las vigas.

4. Máquina 1, Máquina 2, etc.

Muestra la línea de tiempo de cada máquina involucrada en el proceso. Refleja períodos de actividad (trabajo) y de inactividad (ocio).

En el proyecto, esto se refiere al montacargas Combilift C6000, donde se registran actividades como "carga de vigas" y tiempos muertos cuando el operador realiza otras tareas.

5. Resumen (Ciclo, Acción, Ocio, Utilización)

Calcula el tiempo total del ciclo de trabajo, desglosando el tiempo productivo (acción) y el improductivo (ocio) tanto del operador como de la máquina.

Ejemplo de cálculo:

Tiempo productivo del operador = tiempo en asegurar y verificar vigas.

Tiempo improductivo de la máquina = espera mientras el operador asegura las vigas

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA												
Hoja N°		De:		Diagrama N°:		Proceso:		Metodo:				
Fecha: DD/MM/AA				Elaborado por:		Máquina 1:		Máquina 3:				
El estudio Inicia:				Operario:		Máquina 2:						
Operario				Máquina 1			Máquina 2			Máquina 3		
	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad	Carga	Tiempo	Actividad
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Figura 2.5 Ejemplo de diagrama Hombre-Maquina

2.3.9 Algunos conceptos del diagrama:

El ciclo total del operador se refiere al tiempo total que un operador emplea en realizar su trabajo, y se compone de tres fases:

Preparar: Tiempo dedicado a organizar o acondicionar los materiales y herramientas necesarias para llevar a cabo la tarea.

Hacer: Tiempo que el operador invierte en área

- Retirar: Tiempo necesario para despejar el área de trabajo y retirar el producto terminado o los materiales usados.

$$\text{Ciclo total del operador} = \text{preparar} + \text{hacer} + \text{retirar}$$

Similar al ciclo total del operador, el ciclo total de la máquina incluye las mismas tres fases:

Preparar: Este es el tiempo que la máquina requiere para estar lista antes de iniciar el proceso productivo. Incluye todas las actividades necesarias para asegurar que la máquina funcione correctamente, como ajustes, calibraciones y configuraciones iniciales.

Hacer: Durante esta fase, la máquina está activa y realizando el proceso de producción. Este es el tiempo efectivo en el que se lleva a cabo la transformación de materias primas en productos finales, representando la parte más crítica del ciclo de operación.

Retirar: Esta etapa se refiere al tiempo que toma al operador o al sistema retirar el producto procesado de la máquina. Incluye las actividades necesarias para asegurarse de que el producto final sea extraído de manera eficiente y segura, así como cualquier preparación para el siguiente ciclo de producción

$$\text{Ciclo total de la maquina} = \text{preparar} + \text{hacer} + \text{retirar}$$

El tiempo improductivo del operador se refiere al período durante el cual el operador no está realizando tareas que contribuyen directamente a la producción.

Ocio: Se refiere a situaciones en las que el operador no está realizando ninguna actividad relacionada con la producción, ya sea por falta de tareas asignadas o por inactividad innecesaria.

Esperas: Momentos en que el operador debe esperar a que la máquina termine un ciclo de producción antes de continuar con la siguiente tarea o la necesidad de un ajuste en la configuración.

Paradas no planificadas: Interrupciones inesperadas debido a problemas técnicos, fallos.

Descansos programados: Tiempos asignados para que el operador descanse, que, aunque son necesarios para el bienestar.

Tiempo improductivo del operador = ocio, el operador no hace nada

El tiempo productivo de la máquina es el tiempo en el que la máquina está efectivamente realizando su tarea, lo que se mide durante la fase de "hacer". Este tiempo es crucial para evaluar la eficiencia de la producción.

Tiempo productivo de la maquina = maquina realiza el proceso/ hacer

El tiempo improductivo de la máquina se refiere al tiempo en que la máquina no está en operación, ya sea por:

Esperas: La máquina está detenida esperando a que el operador cargue o retire material, o debido a fallos técnicos.

Tiempo improductivo de la maquina = esta en espera

El porcentaje de utilización del operador se calcula como el tiempo productivo del operador dividido entre el tiempo del ciclo total. Este porcentaje indica cuán eficazmente el operador está utilizando su tiempo disponible para generar valor en el proceso.

Porcentaje de utilizacion del operador = $\frac{\text{tiempo productivo del operador}}{\text{tiempo del ciclo total}}$

El porcentaje de utilización del operador indica cuán eficientemente está usando el tiempo el operador en relación con el tiempo total disponible para trabajar. Un porcentaje alto implica que el operador está ocupando su tiempo de manera efectiva en actividades productivas, mientras que

un porcentaje bajo sugiere que hay mucho tiempo improductivo, lo que podría deberse a factores como:

Esperas: El operador puede estar esperando por materiales, herramientas, o instrucciones.

Tiempos de inactividad: Por ejemplo, si el operador está esperando que una máquina termine un ciclo antes de poder realizar su siguiente tarea.

Falta de formación: Si el operador no está completamente capacitado para realizar su trabajo, esto puede generar tiempos improductivos.

Tiempo normal: tiempo que se requiere para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a ritmo estándar, sin demoras por razones personales o circunstancias inevitables.

$$\text{Porcentaje de utilizaci la maquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la maquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

Tiempo estándar: valor en unidades de tiempo para realizar una tarea determinada con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado.

$$\text{Tiempo normal} = \text{ciclo} \times \% \text{ de valoración}$$

Tiempo ocioso: tiempo en el que una máquina o un operario está desocupado o no trabaja.

Tiempo de servicio: tiempo total que un operario interactúa directamente con una máquina; puede incluir carga, descarga, mantenimiento, etc.

Tiempo de máquina disponible: parte de un ciclo durante el cual una máquina puede realizar trabajo útil.

$$\text{Tiempo estandar} = \text{tiempo normal} \times (1 + \% \text{ suplemento})$$

2.3.10 Utilización del diagrama hombre – maquina

El diagrama de relaciones hombre-máquina se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos en la operación de un sistema productivo que presenta múltiples actividades.

Número	Casos de análisis	Variantes
1	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un operador y un equipo o máquina semiautomática o automática.	· La actividad realizada es simple y cíclica. · La actividad es cíclica, pero con relativa frecuencia se presentan algunos subciclos durante su realización. · La actividad presenta variación de un ciclo a otro de trabajo. · No se cuenta con un ciclo o patrón definido en la realización de la actividad de trabajo.
2	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un grupo de trabajadores y un equipo o máquina semiautomática o automática.	
3	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un operador y un grupo de equipos o máquinas.	
4	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre una cuadrilla de trabajadores y un grupo de equipos o máquinas.	

Figura 2.6 Utilización del diagrama

2.3.11 Diagrama de acoplamiento hombre-maquina

El diagrama de acoplamiento hombre-máquina es una herramienta clave para mejorar la eficiencia en los procesos industriales. Permite establecer la forma más eficaz en que un operario puede realizar diversas tareas, tanto manuales como operando diferentes máquinas, promoviendo la polivalencia. Al eliminar tiempos improductivos, contribuye a un mejor aprovechamiento de los recursos y la reducción de costes. Además, facilita la identificación de grupos tecnológicos que pueden ser gestionados por un solo operador, proporcionando datos útiles para definir las necesidades de mantenimiento de los equipos. También favorece la creación de células de fabricación flexibles y mejora la eficiencia en áreas de trabajo que involucran varios operarios o equipos.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
De acoplamiento hombre-máquina	- Condición que se analiza. - Fecha de elaboración. - Nombre del analista. - Número de las partes y modelos. - Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura. - Identificación de la duración de los tiempos muertos y productivos de una cuadrilla de trabajo. - Identificación de complejidad del proceso de fabricación de los productos. - Distribución en detalle del área de trabajo (<i>lay out</i>). - Documentos referenciales.	- Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia). - Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia). - Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.	- Permite identificar grupos tecnológicos de fabricación atendidos por un operario. - Ofrece información para evaluar el trabajo de cuadrillas de trabajadores. - Ofrece información para definir las necesidades de mantenimiento total productivo en maquinaria y equipo. - Permite definir una célula de manufactura flexible atendida por un operario. - Ofrece información para mejorar la eficiencia en el trabajo productivo de secciones de trabajo integradas por más de un equipo y con más de un operario.

Figura 2.7 Acoplamiento del diagrama

2.3.12 Herramientas cuantitativas

A pesar de que el diagrama hombre-máquina puede ilustrar el número de equipo que puede asignarse a un operador, a veces dicho número puede calcularse en mucho menor tiempo a través del desarrollo de un modelo matemático. La relación entre el operador.

Servicio sincrónico La asignación de más de una máquina a un operador casi siempre resulta en el caso ideal, donde tanto el operador como la máquina están ocupados durante todo el ciclo. Dichos casos se conocen como servicio sincrónico y el número de máquina que se asignará puede calcularse como:

$$n = \frac{l + m}{l}$$

Donde :

n = numero de maquinas asignadas al operador

l = tiempo total de carga y descarga (servicio)por maquina

m = tiempo total de la opracion de la maquina (alimentacion automatica de energia)

Suponga un tiempo total de un ciclo de 4 minutos para fabricar un producto, medido desde el comienzo de la descarga del producto anteriormente terminado hasta el final del tiempo de ciclo de la máquina. El servicio del operador, que incluye la descarga del producto terminado y la carga de la materia prima, es de 1 minuto, mientras que el tiempo de ciclo de la máquina automática es de 3 minutos. El servicio sincrónico daría como resultado la asignación de:

$$n \frac{l + m}{l}$$

$$n \frac{1 + 3}{4}$$

$$n = 4 \text{ maquinas}$$

Si el número de máquinas aumenta en el ejemplo anterior, se presentará interferencia entre las máquinas y se tendrá una situación en la que una o más instalaciones estarán ociosos en una parte del ciclo de trabajo.

Si el número de máquinas se reduce en algún número menor a 4, el operador estará ocioso en una parte del ciclo. En dichos casos, el costo mínimo total por pieza generalmente representa el criterio para una operación máxima.

Una dificultad adicional se presenta debido a la existencia de condiciones menos ideales. Es posible que el operador necesite caminar entre las máquinas o limpiarlas y ajustarlas. Este tiempo del operador también necesita tomarse en cuenta con base en el costo de cada máquina ociosa y el costo por hora del operador.

Formulas: El número de máquinas que debe asignársele a un operador en condiciones realistas puede recalcularse mediante el número entero menor a partir de la siguiente ecuación:

$$n_1 \leq \frac{l + m}{l + w}$$

Donde:

n_1 = numero entero mas bajo

w = tiempo total del trabajador(cuamdo no interactua directamente con la maquina)

- El tiempo del ciclo cuando el operador está trabajando n_1 maquinas es el $l + m$, puesto que, en este caso, el operador no esta ocupado todo el ciclo, pero el equipo se encuentra ocupado durante el ciclo completo.
- Con n_1 podemos calcular el costo total esperado (TEC) con la siguiente ecuación:

$$TEC_{n_1} = \frac{K_1(L + M) + n_1 K_2 (l + m)}{n_1} = \frac{(l + m)(K_1 + n_1 + K_2)}{n_1}$$

Donde:

TEC = Costo total esperando por unidad de producción de una maquina

K_1 = salario del operador por unidad de tiempo

K_2 = costo de la maquina por unidad de tiempo

2.4 CICLO PDCA

En un contexto cada vez más cambiante, las organizaciones tienen grandes incentivos para revisar de manera constante sus procedimientos internos a los efectos de mejorar sus resultados. En este aspecto, la aplicación del Ciclo Plan-Do-Check-Act es una herramienta potente para sistematizar la mejora continua de procesos que ha sido ampliamente utilizada en diversas industrias y organizaciones.

Las herramientas de lean manufacturing tienen como objetivo primordial eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al proceso productivo de una organización. De esta forma, eliminando desperdicios se logra un aumento de la calidad del producto mientras que los tiempos y costos de producción de la organización disminuyen (Tejeda, 2011). El ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), también conocido como ciclo de Deming o Shewhart es una de las herramientas de lean manufacturing que fue desarrollada alrededor de la década del 30'. Algunos autores reconocen al estadístico estadounidense Walter Shewhart como el autor original de la herramienta. Sin embargo, fue William Edward Deming quien popularizó este método siendo actualmente también conocido como ciclo Deming. Si bien en sus comienzos se utilizó principalmente como herramienta de control de la calidad de productos. Actualmente es ampliamente utilizado en numerosos procesos organizacionales. Particularmente, en los últimos tiempos se ha caracterizado por ser una herramienta de mucha utilidad en los procesos de mejora continua (Silva, 2017).

Plan (planificar). En esta se analiza la situación actual del proceso a través de la recopilación de datos. Asimismo, se identifican los problemas que hacen que no se logren los resultados esperados y se proponen las posibles soluciones. Consiste en formular un plan sobre cómo proceder. Es la fase más influyente y define una secuencia lógica de actividades.

- Do (hacer). Se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta. Generalmente conviene realizar una prueba piloto para analizar el funcionamiento antes de realizar los cambios a gran escala.
- Check (verificar). Se analizan los resultados de las acciones implementadas en el paso anterior. Los datos de control son recopilados y analizados, comparando con los requisitos esperados inicialmente, para saber si se han cumplido y en su caso, evaluar si se ha

producido la mejora esperada. Esto se realiza con el monitoreo de la implementación y evaluación del plan de ejecución documentando las conclusiones.

- Act (actuar). A partir de los resultados conseguidos en la fase anterior se procede a recopilar lo aprendido y a tomar decisiones hacia el futuro que podrán ser: desarrollar métodos para estandarizar las mejoras -en el caso de que se hayan logrado los objetivos-, repetir la prueba para obtener nuevos datos y volver a intentar la mejora -en el caso de que los datos son insuficientes o las circunstancias han cambiado-, o abandonar el proyecto e iniciar uno nuevo desde la primera etapa -en el caso de que las acciones implementadas lograron resultados deficientes para las mejoras esperadas- esta vez contando ya con un mayor conocimiento del problema dado el estudio ya realizado. (MOLINA, 2021)

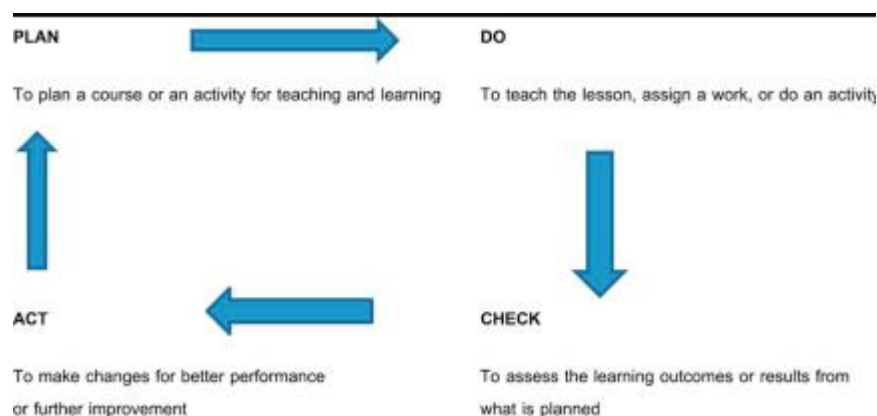


Figura 2.8 Resumen grafico del ciclo PDCA (MOLINA, 2021)

El ciclo PDCA, propuesto por WE Deming, un estadístico estadounidense, es un programa lógico que puede mejorar la eficacia de las actividades (Xuegao, 2013). Se utilizó por primera vez en el campo de la gestión de la calidad. Posteriormente se aplicó en muchas áreas de gestión y ha obtenido buenos resultados. El ciclo PDCA es un marco bien establecido para la mejora de procesos que se centra en el aprendizaje continuo y la creación de conocimientos, y se lleva a cabo como un ciclo (Deming, 1993, citado en Jones, Parast y Adams, 2010). El ciclo PDCA comprende 4 etapas: planificar, hacer, verificar y actuar (o mejorar). En relación con la educación, PLANIFICAR significa planificar un curso o una lección, mientras que HACER es enseñar la lección, asignar trabajo o realizar una actividad, VERIFICAR es evaluar los resultados del aprendizaje y ACTUAR es realizar mejoras. Dado que el ciclo PDCA captura las principales características de la investigación-acción (Xuegao, 2013), este estudio, por lo tanto, lo empleó para

realizar mejoras continuas en la enseñanza, lo que beneficia tanto a los instructores como a los estudiantes. (MOLINA, 2021). El ciclo PDCA es un proceso sistemático diseñado para obtener un valioso aprendizaje y conocimiento para la mejora continua de un producto, proceso o servicio. El nombre PDCA proviene de las siglas en inglés **Plan, Do, Check, Act**, en castellano **Planificar, Hacer, Verificar y Actuar** (ciclo PHVA).

El ciclo de Deming consiste en **cuatro etapas cíclicas** que se implementan de forma sistemática para lograr la mejora continua sobre la calidad (eliminar fallos, aumentar la eficiencia, eliminar riesgos, etc). (AC-MP, 2022)

Se trata de un **proceso iterativo**; una vez finalizado se vuelve a la primera etapa y se repite el ciclo de nuevo. De esta manera las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. El ciclo PDCA se puede usar con diferentes frecuencias, bien anual, mensual o guiando proyectos de cualquier duración (Kaizen). (AC-MP, 2022)



Figura 2.9 Representación gráfica del mapa de valor

2.4.1. Cuando usar el ciclo pdca

El ciclo PHVA (internacionalmente conocido como PDCA) es un marco que sirve para abordar y resolver problemas en la gestión de proyectos y procesos de una empresa. Dada su naturaleza, se puede implementar en una gran variedad de proyectos. Los equipos que utilizan el ciclo PHVA o PDCA, adoptan eficazmente la mejora continua, ya que les permite garantizar no solo este tipo de mejora, sino también implementar el proceso iterativo.

El ciclo PHVA, PDCA o Deming, es muy útil especialmente cuando se busca:

- Simplificar y mejorar un proceso de trabajo repetitivo
- Desarrollar un sistema de gestión o proceso de negocios nuevo
- Comenzar a implementar mejoras continuas
- Iterar cambios rápidamente y ver resultados obtenidos
- Minimizar errores y maximizar resultados
- Probar soluciones múltiples rápidamente (AC-MP, 2022)

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS.

El enfoque de estudio es de carácter cuantitativo, cualitativo y descriptivo, diseñado para abordar de manera integral la problemática asociada al análisis y optimización del tiempo de carga y descarga de vigas en el entorno logístico de Procon Planta Waad. Este enfoque se fundamenta en los principios de la ingeniería industrial, como el análisis sistémico, la optimización de procesos y la implementación de metodologías técnicas. Además, busca identificar, analizar y mitigar las ineficiencias operativas, así como mejorar el control de los recursos involucrados en el transporte y manejo de vigas, contribuyendo a una operación más segura y productiva.

2.4 ENFOQUE METODODOLOGICOS

3.3. 1 Perspectiva sistemática

El estudio se desarrolló bajo una visión sistémica, considerando el proceso de carga y descarga de vigas como un conjunto interconectado de elementos que incluyen recursos humanos, maquinaria, materiales y la infraestructura del área logística. Esta perspectiva permitió:

- Identificar interdependencias: Por ejemplo, la sincronización entre los operarios y el montacargas Combilift C6000, así como la interacción entre el desmolde de vigas, el transporte interno y la medición del tráiler para garantizar un flujo continuo.
- Analizar el flujo de operaciones: Desde la finalización de las pruebas de calidad de las vigas hasta su posicionamiento final en el tráiler, evaluando cómo las decisiones en cada etapa impactan las siguientes.
- Evaluar el impacto de los riesgos: Como la seguridad de los operarios al manipular las vigas, los tiempos inactivos del montacargas y las posibles desviaciones en la medición de la carga.

El análisis sistémico permitió estructurar un modelo lógico del proceso, identificando puntos críticos como la revisión de la carga y los ajustes finales, donde se generan ineficiencias. Además, ofreció un marco para implementar mejoras orientadas a la optimización operativa y a la reducción

de riesgos, utilizando metodologías como el análisis Hombre-Máquina y el ciclo PDCA para maximizar la productividad del sistema.

3.3.2 Enfoque cuantitativo

El análisis del proyecto se desarrolló a través de una combinación de métodos cuantitativos, cualitativos y descriptivos, que garantizaron una comprensión integral del proceso de carga y descarga de vigas.

Desde el ámbito cuantitativo, se recopilaron y procesaron datos numéricos que midieron el desempeño operativo. Entre los indicadores analizados se encuentran el tiempo promedio empleado en las actividades, la frecuencia de ajustes necesarios en la distribución de las vigas y el porcentaje de material comprometido durante la manipulación. Asimismo, se emplearon herramientas estadísticas como la media, la mediana y la desviación estándar para identificar patrones de variabilidad e ineficiencia. La interpretación de estos datos permitió identificar áreas críticas, fundamentando las propuestas de mejora mediante metodologías como el ciclo PDCA y el análisis Hombre-Máquina.

3.3.3 Enfoque cualitativo

En cuanto al análisis cualitativo, se realizaron observaciones directas en las áreas de trabajo, documentando las interacciones entre los operarios, el montacargas y los materiales. Estas observaciones se complementaron con entrevistas dirigidas al personal operativo, enfocándose en los retos relacionados con la manipulación de las vigas, las condiciones ergonómicas y los factores ambientales que influyen en su desempeño. Este acercamiento aportó una visión contextual que enriqueció el análisis numérico, integrando factores humanos y operativos relevantes para el proceso.

3.3.4 Enfoque Descriptivo

El enfoque descriptivo para detallar cada etapa del proceso y sus limitaciones. Se identificaron los principales riesgos asociados, clasificándolos en operativos, mecánicos y humanos, además de mapear las actividades desde el desmolde de las vigas hasta su disposición final en el tráiler. Este análisis permitió localizar puntos críticos, como cuellos de botella, y reconocer oportunidades para optimizar los recursos disponibles.

A través de esta integración de métodos, se logró un diagnóstico exhaustivo que no solo identificó las áreas de mejora, sino que también estableció un marco sólido para implementar soluciones que incrementen la eficiencia operativa del sistema

2.5 ETAPAS DEL PROYECTO

La gestión eficiente del tiempo y los recursos en procesos logísticos es un desafío clave para las empresas del sector de la construcción. En este caso, la operación de carga y descarga de vigas en la planta PROCON Waad requiere un análisis profundo que permita identificar inefficiencias y proponer mejoras prácticas. Este proceso, que involucra la coordinación de operarios, maquinaria y sistemas de transporte, presenta desafíos relacionados con la manipulación de materiales, la seguridad laboral y la optimización del flujo de trabajo.

El proyecto parte de un diagnóstico inicial que evidencia problemas como tiempos prolongados de carga, distribución ineficiente de recursos y riesgos asociados a la falta de estandarización en las actividades operativas. Estos aspectos no solo impactan en la productividad, sino también en la competitividad de la empresa frente a estándares de la industria.

Bajo este contexto, se diseñaron las etapas del proyecto con un enfoque integral que combina herramientas analíticas y metodologías probadas, como el análisis Hombre-Máquina y el ciclo PDCA. Estas etapas buscan establecer un sistema eficiente y sostenible que no solo atienda los problemas actuales, sino que también sirva como base para la mejora continua en el área de logística.

A continuación, se presentan las etapas desarrolladas para la implementación y evaluación del proyecto, las cuales garantizan una visión estructurada y orientada a resultados.

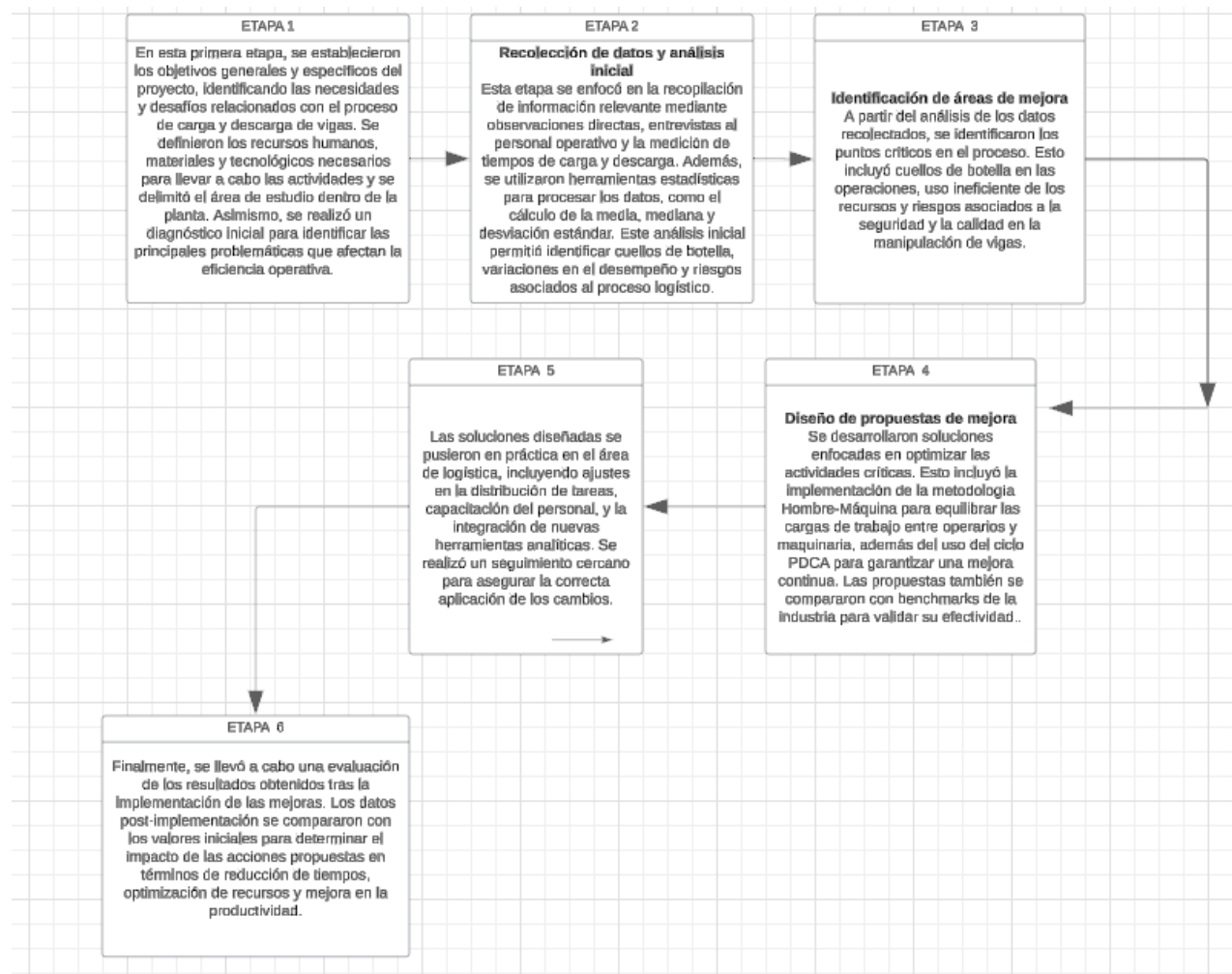


Figura 3.1 Descripción y diagramas de flujo de las etapas.

2.5.1 Etapa 1. Definición de alcance y Objetivos

En esta etapa, se establece el propósito y los objetivos del proyecto. Se definen los resultados esperados y el alcance del análisis, asegurando que todos los involucrados comprendan lo que se debe lograr. Esta fase es crucial para proporcionar una guía clara para todo el proyecto y evitar desviaciones.

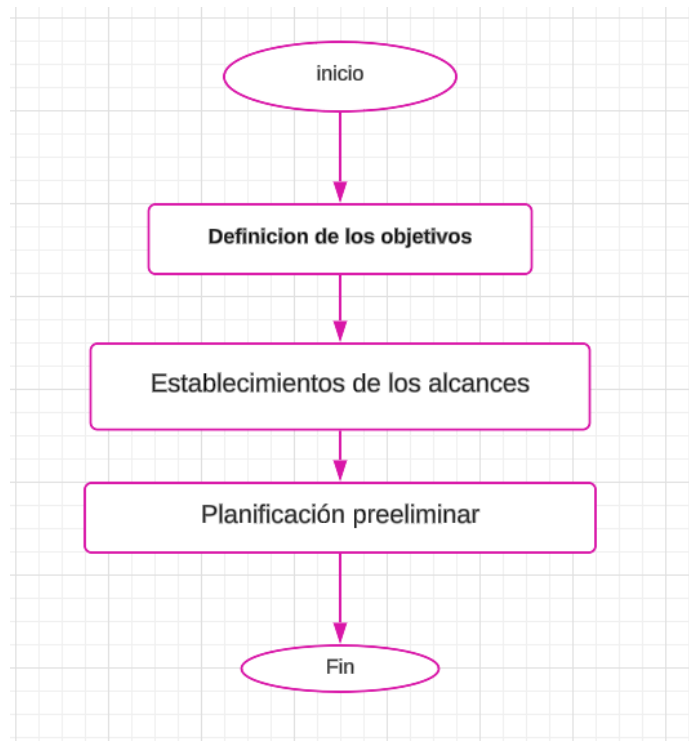


Figura 3.2 Etapa 1: Definición de alcance y objetivos

3.2.2 Etapa 2. Recolección y análisis de datos

Aquí se recopilan los datos necesarios para el análisis del proceso. Esta etapa implica la observación y medición de los tiempos de carga y descarga, los recursos empleados y las condiciones operativas. El análisis se enfoca en identificar patrones y tendencias que permitan entender las áreas problemáticas y áreas de mejora.

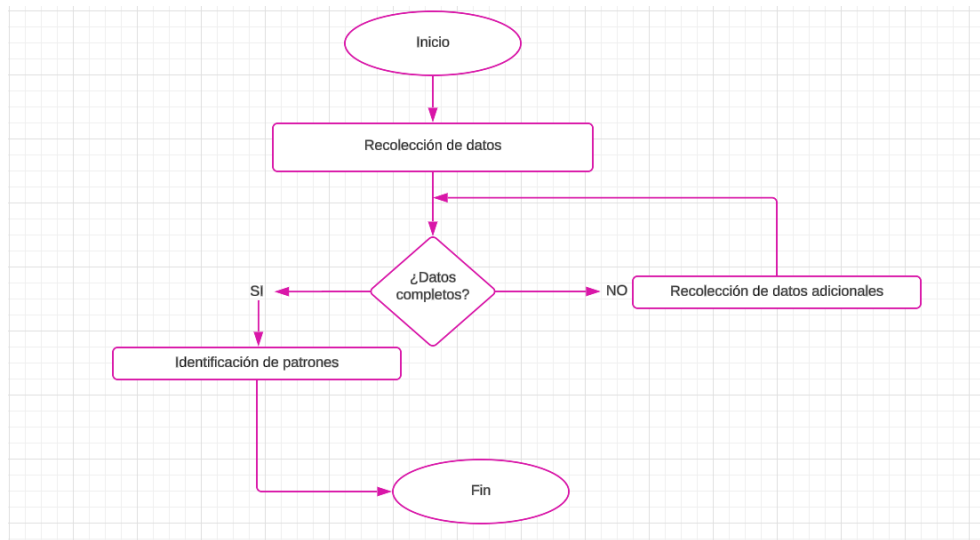


Figura 3.3 Etapa 2: Recolección y análisis de datos

3.2.3 Etapa 3. Identificación de Áreas de mejora

En esta fase, los datos recopilados se analizan para identificar posibles ineficiencias en el proceso. Esto incluye examinar los tiempos de operación, el uso de recursos y la calidad de los procesos. El objetivo es identificar puntos críticos donde se puede optimizar el desempeño y reducir costos.

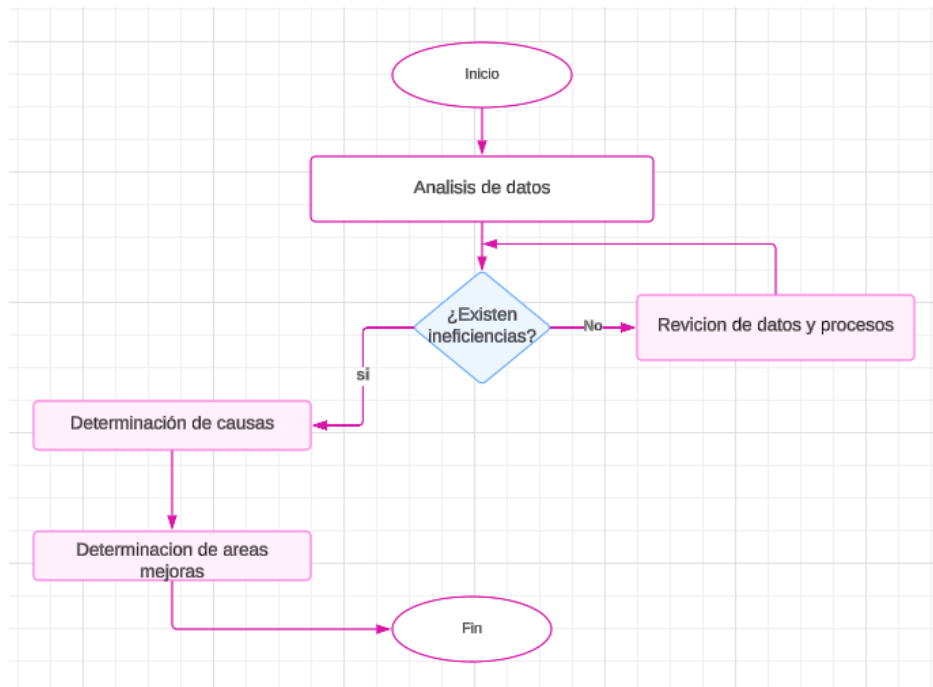


Figura 3.4 Identificación de áreas de mejora

3.2.4 Etapa 4. Diseño de Propuestas de mejora

Con base en los hallazgos de la etapa anterior, se diseñan soluciones o mejoras para abordar las ineficiencias identificadas. Esta etapa incluye el desarrollo de propuestas viables que pueden incluir ajustes en el proceso, la incorporación de nuevas tecnologías o la capacitación de personal.

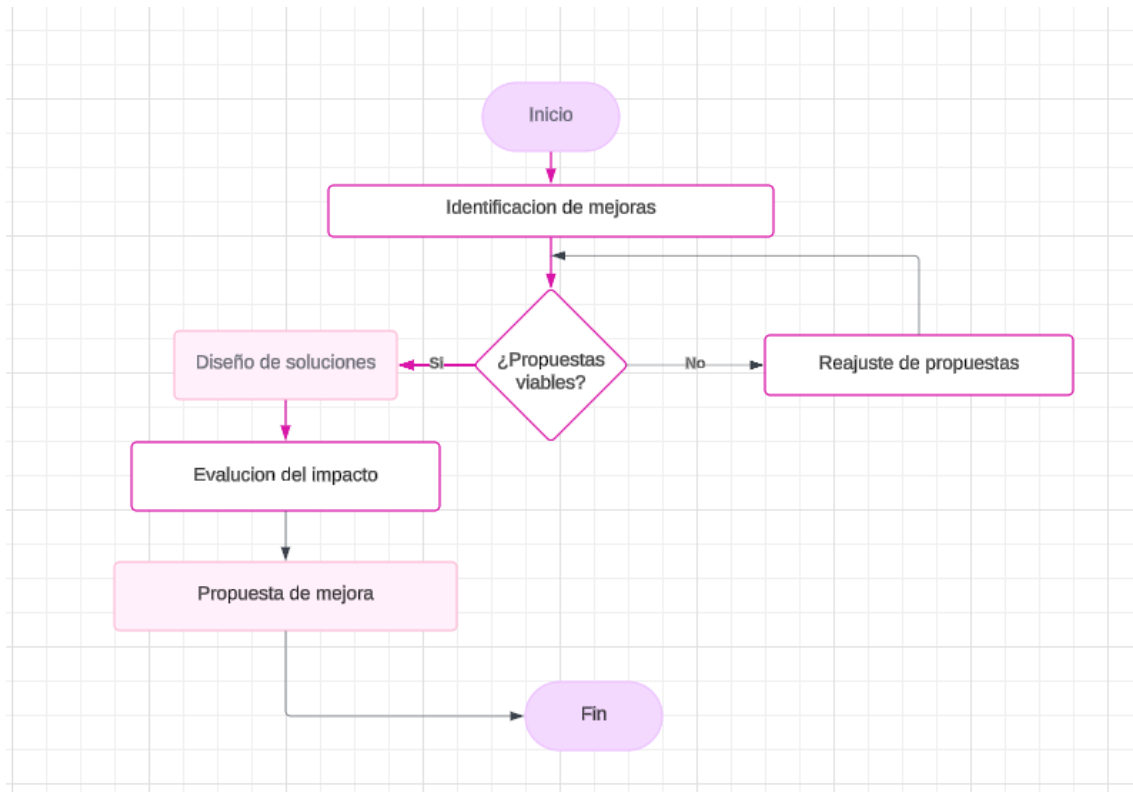


Figura 3.5 Etapa 4: Diseño de propuesta de mejora

3.2.5 Etapa 5. Implementación de mejoras

En esta etapa, las propuestas de mejora se llevan a cabo en el entorno real. Esto puede implicar la modificación de procesos, la incorporación de nuevas herramientas o la capacitación del personal involucrado. Es importante asegurar que las mejoras sean implementadas correctamente para obtener los beneficios esperados.

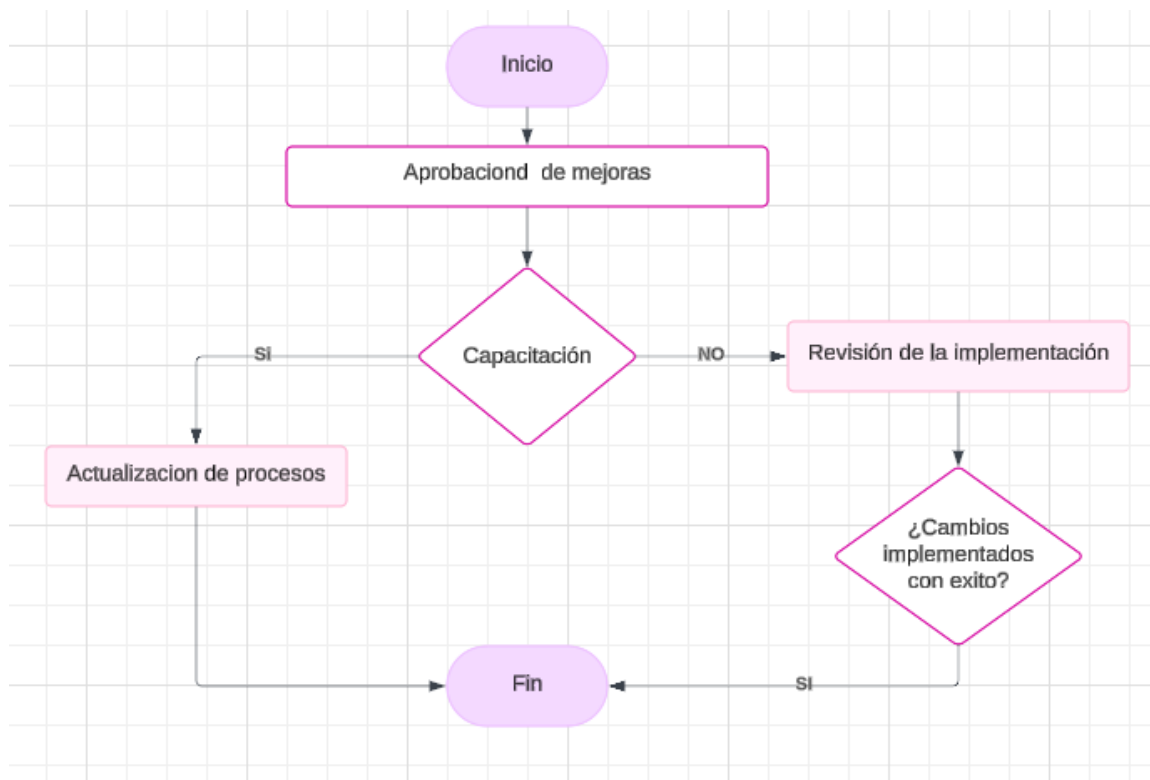


Figura 3.5 Etapa 5: Implementación de mejoras

3.2.6 Etapa 6. Evaluación de Resultados.

Después de implementar las mejoras, se evalúa su efectividad comparando los resultados obtenidos con los objetivos iniciales. Esta etapa determina si las mejoras han tenido el impacto esperado en el desempeño del proceso. Si no se alcanzan los resultados deseados, se deben realizar ajustes adicionales.

Cada una de estas etapas contribuye a un enfoque sistemático y ordenado para mejorar el proceso de carga y descarga en el proyecto, garantizando resultados más eficientes y sostenibles.

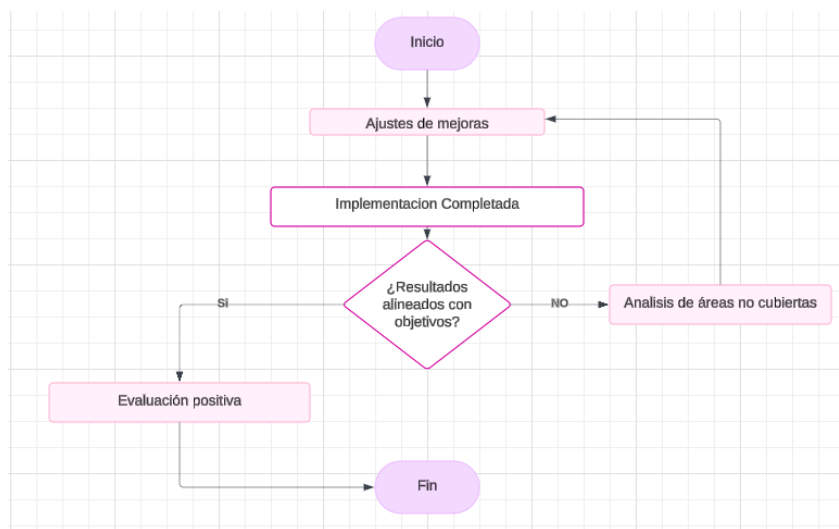


Figura 3.6 Etapa 6: Evaluación de mejoras

2.6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El diagrama de Ishikawa presentado en este proyecto tiene como objetivo identificar y clasificar las principales causas que contribuyen a las ineficiencias en el proceso de carga y descarga de vigas en Procon Planta Waad. Esta herramienta es crucial para desglosar las raíces de los problemas operativos y detectar las áreas que requieren intervención.

Para construir este diagrama, se partió de la identificación de los problemas más recurrentes en las operaciones logísticas de la planta, tales como el tiempo de carga excesivo, la falta de precisión en la medición del tiempo de carga y descarga, y las variaciones en la eficiencia operativa de los operarios. A partir de estos problemas, se categorizaron las causas bajo diversas áreas clave, tales como:

Métodos: Los procedimientos operativos existentes, que incluyen la falta de estandarización en las tareas, la ausencia de protocolos claros para la medición del tiempo, y las ineficiencias derivadas de las herramientas tecnológicas utilizadas.

Máquinas: Factores relacionados con el equipo, como el mal mantenimiento del montacargas, las fallas en el sistema de medición y los problemas en el uso de herramientas auxiliares.

Materiales: Los materiales utilizados para asegurar las vigas, como el alambre recocido, que pueden no estar adecuadamente estandarizados para su uso eficiente.

Hombres (Operarios): La formación y capacidad de los operarios, las interrupciones en su flujo de trabajo, y las posibles deficiencias en el entrenamiento específico para las tareas de carga y descarga.

Entorno: Factores externos como la distribución del espacio en el área de carga, la visibilidad de la operación y las condiciones del entorno que pueden afectar negativamente la eficiencia.

Este análisis permite a los gestores identificar los puntos de mejora y tomar decisiones informadas sobre cómo optimizar el proceso, reducir el tiempo de carga y descarga, y mejorar la precisión y eficiencia operativa en Procon Planta Waad. La aplicación de este diagrama de Ishikawa no solo

ayuda a localizar problemas en las fases críticas del proceso, sino que también proporciona una visión integral de las causas subyacentes que deben abordarse para lograr mejoras sostenibles.

2.7 PROBLEMAS IDENTIFICADOS.

PROBLEMAS IDENTIFICADOS			
PROBLEMA	DESCRIPCIÓN	CAUSA	EFEECTO
Retrasos en la carga	El tiempo de carga de vigas es mayor al esperado	Procedimientos no estandarizados, falta de coordinación entre operadores.	Aumento de tiempos de espera, afectando la productividad.
Falta de estandarización en el proceso	Variabilidad en los procedimientos de carga y descarga de vigas.	Variabilidad en los procedimientos de carga y descarga de vigas.	Variabilidad en los procedimientos de carga y descarga de vigas.
Daños en las vigas	Algunas vigas presentan daños durante la carga o descarga.	Algunas vigas presentan daños durante la carga o descarga.	Algunas vigas presentan daños durante la carga o descarga.
Perdida de material	El material no siempre está correctamente gestionado, lo que lleva a pérdidas.	El material no siempre está correctamente gestionado, lo que lleva a pérdidas.	El material no siempre está correctamente gestionado, lo que lleva a pérdidas.
Lesiones a operarios	Lesiones ocasionales durante el proceso de carga y descarga.	Lesiones ocasionales durante el proceso de carga y descarga.	Lesiones ocasionales durante el proceso de carga y descarga.
Mal mantenimiento de montacargas	Los montacargas no siempre están en óptimas condiciones.	Los montacargas no siempre están en óptimas condiciones.	Los montacargas no siempre están en óptimas condiciones.

Cuadro 3.1 Problemas identificados

2.8 MATRIZ DE RIESGO

Esta matriz de riesgos tiene como objetivo principal evaluar y gestionar los posibles riesgos asociados a las operaciones logísticas en el área de almacén, específicamente relacionadas con los procesos de carga, descarga y manejo de materiales en una planta industrial. El enfoque general está en identificar los riesgos, determinar sus causas, evaluar su probabilidad e impacto, y proponer medidas que reduzcan o eliminen estos riesgos para garantizar la seguridad, eficiencia y calidad en las operaciones.

Los riesgos identificados incluyen retrasos en las operaciones, falta de estandarización en los procesos, daños en los materiales, lesiones a los operarios y problemas de mantenimiento de los equipos. Cada uno de estos riesgos se clasifica según su nivel de gravedad (aceptable, tolerable, alto o extremo), permitiendo priorizar las acciones correctivas.

Finalmente, la matriz también propone mejoras concretas, como la implementación de procedimientos estandarizados, capacitación al personal, mantenimiento preventivo y mejoras en la coordinación de las actividades. En general, esta herramienta busca fortalecer la gestión operativa y minimizar impactos negativos en las áreas clave de la operación.

RIESGO	DESCRIPCION	CAUSA PRINCIPAL	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO	PROPUESTA DE MEJORA
Retrasos en las cargas	Los tiempos de carga superan lo estimado, afectando la eficiencia y planificación logística.	Ineficiencia en la coordinación del personal.	Alta	Alta	Riesgo Extremo	Mejorar la programación de turnos y la coordinación entre operadores.
Falta de estandarización	Procesos de carga y descarga no uniformes, generando confusión y errores.	Ausencia de procedimientos estandarizados.	media	alta	Riesgo Alto	Revisión diaria de rutas, uso de datos del GPS para detectar congestiones, comunicación directa con choferes para desviaciones.
Daños en las vigas	Procesos de carga y descarga no uniformes, generando confusión y errores.	Ausencia de procedimientos estandarizados	Alta	Alta	Riesgo Extremo	Implementar procedimientos estandarizados y entrenar al personal de manera continua.
Perdida de material	Material transportado sufre daño durante el trayecto, impactando la calidad del servicio	Falta de formación en seguridad o mal manejo de equipo.	Baja	Minima	Riesgo Aceptable	Implementar un sistema de gestión de inventarios y controles más rigurosos.
Lesiones a operarios	Lesiones físicas durante la manipulación de materiales o operación de maquinaria.	El material de construcción se extravía durante la carga o almacenamiento.	baja	Moderada	Riesgo Tolerable	Capacitación continua en seguridad laboral y mantenimiento adecuado de equipo.
Mal mantenimiento a montacargas	Los montacargas presentan fallas debido a un mantenimiento deficiente.	Falta de capacitación	Baja	Media	Riesgo Aceptable	Establecer un programa de mantenimiento preventivo riguroso.

Cuadro 3.2 Matriz de riesgo

		Matriz de Riesgo							
		Consecuencias							
		Minima	Media	Moderada	Alta	Maxima			
Probabilidad		1	2	4	8	16			
Muy Alta	5	5	10	20	40	80			
Alta	4	4	8	16	32	64			Riesgo Aceptable
Media	3	3	6	12	24	48			Riesgo Tolerable
Baja	2	2	4	8	16	32			Riesgo Alto
Muy baja	1	1	2	4	8	16			Riesgo Extremo

Cuadro 3.3 Consecuencia y probabilidad

3.5. 1 Materiales

A continuación se listan los principales equipos empleados en el proceso de carga y descarga de vigas y que influyen en el análisis que estamos desarrollando, ya que son determinantes en la eficiencia operativa y el uso óptimo de los recursos. Además, estos equipos fueron estudiados porque presentan un impacto directo en el tiempo empleado para realizar las actividades y en la seguridad del personal involucrado.

Para analizar las variables de rendimiento, capacidad y tiempos de operación de estos equipos, se empleó una combinación de observaciones directas, recolección de datos en campo y análisis mediante herramientas como diagramas Hombre-Máquina y el ciclo PDCA, lo que permitió identificar ineficiencias y áreas de mejora.

1. Montacargas Combilift C6000:

Capacidad: 6000 kg, con capacidad para levantar hasta 28 piezas de vigas.

Motor: Este montacargas está equipado con un motor diésel, que le proporciona la potencia necesaria para realizar cargas pesadas.

Características: El Combilift C6000 es especialmente útil en espacios reducidos, lo que permite maniobrar eficientemente durante el proceso de carga y descarga, mejorando la productividad del área.

2. Tráiler de 18 toneladas:

Capacidad para transportar hasta 18,000 kg. Es utilizado para asegurar la correcta distribución del peso de las vigas durante el transporte.

3. Herramientas de manipulación:

Sujetadores: Se emplearon alambres recocidos, con dos piezas por cada lado de la viga, para asegurar su estabilidad durante la carga y descarga.

4. Cronómetro digital:

Para medir con precisión el tiempo de carga y descarga, se utilizó un cronómetro digital, y los tiempos fueron registrados en hojas de cálculo de Excel para su posterior análisis.

3.5.2 Recolección de datos

Para analizar los tiempos de carga y descarga de las vigas, se llevó a cabo una serie de mediciones durante un período de tiempo determinado. Los datos se recopilaron mediante el cronómetro digital, registrando el tiempo de inicio y el tiempo de finalización de cada ciclo de carga y descarga.

3.5.3 Análisis Estadístico

Una vez recolectados los datos, se utilizaron funciones de Excel para realizar un análisis estadístico que permitiera identificar tendencias, calcular promedios y variabilidad en los tiempos de carga y descarga, y evaluar la eficiencia operativa. Los datos fueron procesados para obtener los siguientes cálculos clave:

Media: Representa el tiempo promedio por operación

Mediana: Indica el valor central de los tiempos registrados

Desviación estándar: mide la dispersión de los datos respecto al promedio.

3.5.4 Cálculos de promedios y desviaciones estándar

Para evaluar la eficiencia y consistencia de los procesos de carga y descarga, se realizó un análisis estadístico utilizando las herramientas de Excel. En primer lugar, calculamos el promedio de los tiempos de carga y descarga, lo que nos permitió determinar el tiempo medio que se tarda en completar cada proceso.

Además, calculamos la desviación estándar para cada proceso, lo que nos dio una idea de la variabilidad o consistencia de los tiempos entre los diferentes ciclos. Esto nos permitió identificar si existían patrones o tendencias en los tiempos de carga y descarga, y si había algún ciclo que se desviara significativamente de la media. Este análisis estadístico nos proporcionó una visión clara de la eficiencia y consistencia de nuestros procesos de carga y descarga, lo que nos permitirá tomar decisiones informadas para optimizar y mejorar nuestros procedimientos.

RESULTADOS.

En este apartado, se presenta una visión amplia de los análisis realizados en relación con el tiempo de carga y descarga de vigas en la empresa PROCON PLANTA WAAD, destacando las principales observaciones sin redundar en los procedimientos previamente detallados en la sección de Materiales y Métodos.

Durante el desarrollo del análisis, se implementaron las metodologías de Hombre-Máquina y el ciclo PDCA como herramientas clave para evaluar la eficiencia operativa. Además, se diseñó y utilizó un checklist específico para el monitoreo de los montacargas, con el fin de registrar el estado y desempeño de los equipos durante las operaciones.

Panorama General

Durante las 16 semanas de análisis se recopilaron datos sobre el tiempo de carga y descarga de vigas utilizando el montacargas Combilift C6000 y un tráiler de 18 toneladas. Se evaluaron parámetros como la consistencia en los tiempos, la relación operativa entre el operario y la máquina, y el cumplimiento de los estándares establecidos. La recopilación de datos permitió identificar tendencias, desviaciones y áreas de mejora operativa dentro del área de logística de la empresa PROCON PLANTA WAAD.

Presentación de resultados.

4.1 Resumen estadístico de tiempos de operación

La mediana de tiempo es considerablemente menor para ambas operaciones en comparación con la media, lo que podría indicar la existencia de datos atípicos o tiempos extremos en algunas operaciones.

La desviación estándar es mayor en las operaciones de descarga (0.1524), lo que refleja mayor variabilidad en comparación con las operaciones de carga (0.0154). La media de tiempo para la operación de carga es de 39:48 minutos, superior a la de descarga (37:08 minutos).

Material	Cantidad de carga	Vehículo	Operario	Tipo de operación	Tiempo de inicio	Tiempo fin	Total de tiempos	Observaciones
Viga 12-5	12	Mc12	Operario 1	Carga	8:00:00	8:10:00	0:10:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	12	Mc01	Operario 1	Descarga	8:15:00	8:30:00	0:15:00	sin incidencias
Viga 12-5	25	Mc 27	Operario 2	Carga	10:00:00	10:20:00	0:20:00	Retraso al medir la plana
Viga 12-5	25	Mc 31	Operario 2	Descarga	11:00:00	11:20:00	0:20:00	sin incidencias
Viga 12-5	27	Mc12	Operario 3	Carga	8:00:00	8:30:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	27	Mc01	Operario 3	Descarga	8:30:00	9:00:00	0:30:00	retraso del operario
Viga 12-5	10	Mc 27	Operario 4	Carga	8:00:00	8:11:00	0:11:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	10	Mc 31	Operario 4	Descarga	8:13:00	8:35:00	0:22:00	sin incidencias
Viga 12-5	20	Mc01	Operario 5	Carga	3:00:00	3:35:00	0:35:00	Retraso
Viga 12-5	20	Mc 27	Operario 5	Descarga	3:35:00	4:00:00	0:25:00	sin incidencias
Viga 12-5	116	Mc 31	Operario 6	Carga	12:00	12:40	0:40:00	sin incidencias
Viga 12-5	116	Mc 27	Operario 6	Descarga	01:30	02:00:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	30	Mc 31	Operario 7	Carga	07:30	08:00	0:30:00	sin incidencias
Viga 12-5	30	Mc12	Operario 7	Descarga	09:00	09:40:00	0:40:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	52	Mc 27	Operario 8	Carga	10:30:00	11:20:00	0:50:00	sin incidencias
Viga 12-5	35	Mc 31	Operario 8	Descarga	11:20	12:00	0:40:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	35	Mc12	Operario 9	Carga	03:00	03:30	0:30:00	sin incidencias
Viga 12-5	90	Mc12	Operario 9	Descarga	04:00	05:00	1:00:00	Atraso por fallo de la Mc
Viga 12-5	90	Mc31	Operario 10	Carga	10:00	10:44	0:44:00	sin incidencias
Viga 12-5	77	Mc30	Operario 10	Descarga	11:00	12:01	1:01:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	77	Mc14	Operario 11	Carga	02:10	02:50	0:40:00	sin incidencias
Viga 12-5	77	Mc10	Operario 11	Descarga	02:50	04:00	1:10:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	112	Mc 31	Operario 12	Carga	09:30	10:15	0:45:00	sin incidencias
Viga 12-5	112	Mc12	Operario 12	Descarga	11:00	11:30	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	112	Mc12	Operario 12	Descarga	11:00	11:30	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	29	Mc12	Operario 13	Carga	12:15	12:40	0:25:00	sin incidencias
Viga 12-5	29	Mc31	Operario 13	Descarga	01:30	02:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	10	Mc30	Operario 14	Carga	08:00	08:20	0:20:00	sin incidencias
Viga 12-5	10	Mc01	Operario 14	Descarga	08:30	09:00	0:30:00	atraso por fuga
Viga 12-5	60	Mc01	Operario 15	Carga	03:00	04:00	1:00:00	atraso de la planta
Viga 12-5	60	Mc 27	Operario 15	Descarga	04:00	04:40	0:40:00	sin incidencias
Viga 12-5	7	Mc 31	Operario 16	Carga	12:39	12:58	0:19:00	sin incidencias
Viga 12-5	7	Mc 27	Operario 16	Descarga	01:00	01:40	0:40:00	atraso del operario
Viga 12-5	100	Mc 31	Operario 17	Carga	07:00	08:00	1:00:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	100	Mc12	Operario 17	Descarga	08:00	08:50	0:50:00	sin incidencias
Viga 12-5	55	Mc 27	Operario 18	Carga	11:20	12:00	0:40:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	55	Mc 31	Operario 18	Descarga	03:00	03:30	0:30:00	sin incidencias
Viga 12-5	40	Mc12	Operario 19	Carga	04:00	05:00	1:00:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	40	Mc12	Operario 19	Descarga	10:00	10:44	0:44:00	sin incidencias
Viga 12-5	35	Mc31	Operario 20	Carga	09:00	09:29	0:29:00	sin incidencias
Viga 12-5	35	Mc30	Operario 20	Descarga	09:30	10:15	0:45:00	Atraso por fallo de la Mc
Viga 12-5	15	Mc14	Operario 21	Carga	11:00	11:30	0:30:00	sin incidencias
Viga 12-5	15	MC10	Operario 21	Descarga	12:15	12:40	0:25:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	23	Mc 31	Operario 22	Carga	01:30	02:00	0:30:00	sin incidencias
Viga 12-5	23	Mc12	Operario 22	Descarga	08:00	08:20	0:20:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	112	Mc12	Operario 23	Carga	08:30	10:00	1:30:00	atraso por acomodo
Viga 12-5	112	Mc31	Operario 23	Descarga	11:00	12:00	1:00:00	sin incidencias
Viga 12-5	160	Mc30	Operario 24	Carga	01:40	03:30	1:50:00	sin incidencias
Viga 12-5	160	Mc01	Operario 24	Descarga	03:30	04:30	1:00:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	50	Mc12	Operario 25	Carga	08:30	09:16	0:46:00	sin incidencias
Viga 12-5	50	Mc12	Operario 25	Descarga	09:30	10:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	80	Mc30	Operario 26	Descarga	04:45	05:30	0:45:00	sin incidencias
Viga 12-5	60	Mc14	Operario 27	Carga	10:55	11:30	0:35:00	atraso del operario
Viga 12-5	60	MC10	Operario 27	Descarga	11:30	12:23	0:53:00	atraso del operario
Viga 12-5	12	Mc 31	Operario 28	Carga	12:15	12:40	0:25:00	sin incidencias
Viga 12-5	12	Mc12	Operario 28	Descarga	01:30	02:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	12	Mc12	Operario 29	Carga	08:00	08:20	0:20:00	sin incidencias
Viga 12-5	12	Mc31	Operario 29	Descarga	08:30	09:00	0:30:00	Buen rendimiento
Viga 12-5	85	Mc30	Operario 30	Carga	11:00	12:10	1:10:00	Mal manejo del material
Viga 12-5	85	Mc01	Operario 30	Descarga	12:11	12:58	0:47:00	sin incidencias

Cuadro 4.1 Resumen estadísticos de tiempo de operación

4.1.2 Media de tiempos por tipo de operación

Esta gráfica compara los tiempos promedio (media) de las operaciones de carga y descarga.

Análisis:

Las operaciones de carga presentan un tiempo promedio ligeramente mayor que las de descarga. La diferencia entre ambos promedios podría deberse a factores como el ajuste manual de las vigas durante la carga o la coordinación operativa.

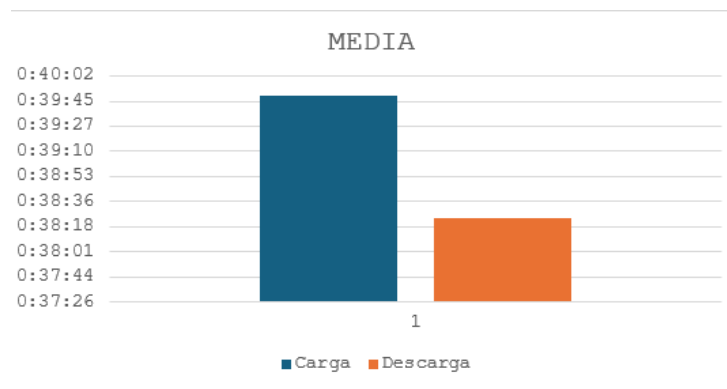


Figura 4.1 Medias de tiempo por tipo de operación

4.1.3 Mediana de tiempos por tipo de operación

Esta gráfica muestra los valores de la mediana para los tiempos de carga y descarga.

Análisis:

La mediana, representativa de los valores centrales, es menor que la media en ambas operaciones, lo que refuerza la hipótesis de valores extremos que elevan el promedio general. En la operación de carga, la mediana se encuentra más cerca de la media, indicando menor dispersión en los datos.

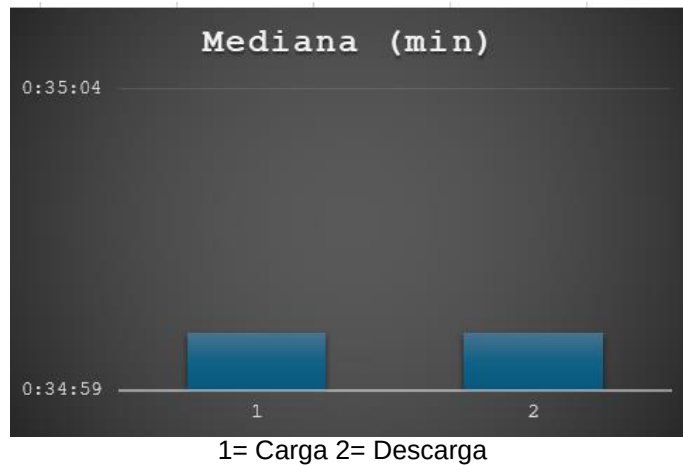


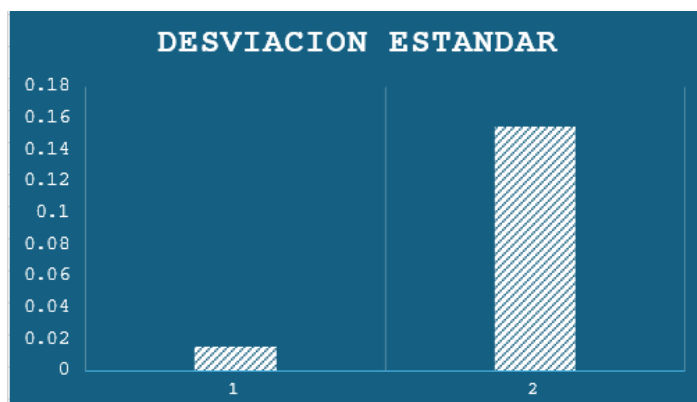
Figura 4.2 Media de tiempos por tipo de operación

4.1.3 Desviación estándar de tiempos por tipo de operación

La gráfica ilustra la variación de los tiempos de carga y descarga mediante la desviación estándar.

Análisis:

La desviación estándar es considerablemente mayor en la operación de descarga, indicando una mayor inconsistencia en la ejecución de este proceso. Estas variaciones podrían deberse a factores externos como la experiencia del operador o las condiciones del tráiler al momento de realizar la descarga.



1=Carga 2=Descarga

Figura 4.3 Desviación estándar de tiempos por tipo de operación

4.1.4 Checklist de operación

El checklist de montacargas se diseñó como una herramienta para registrar el estado de los equipos antes de cada operación, permitiendo identificar posibles fallas o irregularidades que puedan comprometer la seguridad y eficiencia de las tareas. Este registro abarca aspectos críticos tales como lo son: Niveles de líquidos, Estado del motor y radiador, Sistema hidráulico, Condiciones generales. El propósito principal de este formato es asegurar que las condiciones del montacargas sean óptimas antes de cada jornada laboral. Esto minimiza riesgos de fallos mecánicos, aumenta la seguridad operativa y contribuye al cumplimiento de las normativas internas de mantenimiento preventivo.

Check List. Montacargas

Montacargas NO.		Mes		Noviembre																							
Se debera responder a las preguntas marcadas, unicamente se colocara ☒ si esta en correcto estado y un X si esta en mal estado, para el caso de el recorrido de Prueba se colocara ☒ si el recorrido es satisfactorio y una X si no es satisfactorio																											
D/A	OPERADOR (NOMBRE Y FIRMA)	Niveles			Radiador	Motor	Pinzas			Sistema hidraulico				Generales								OBSERVACIONES					
		Acetle del motor	Acetle hidraulico	Acetle de transmision	Liquido de bateria	Combustible	Nivel del anticongelante	Voleta	Estado de las bandas	Succion del alternador	Fisuras en pinzas	Presion de pinzas	Gomas de pinzas	Fisuras en el mastil	Baleros visibiles del	Revisión de mangueras	Problemas en la direccion	Lubricación de cadenas	Succion de tornillo en	Golpes en la carroceria	Revisión de claxon		Revisión de luces	Revisión de espejos	Revisión de extintor	Revisión de alarma de	Llantas
1	Miquel Cupul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
2																											
3	Hugo Benito	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	TALLER
4																											
5	Molina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
6																											
7	Gerardo Matu	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
8																											
9	Hugo benito	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	TALLER
10																											
11	Maquel Cupul	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
12																											
13	Gerardo Matu	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
14																											
15	Molina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	COMPLETO
16																											

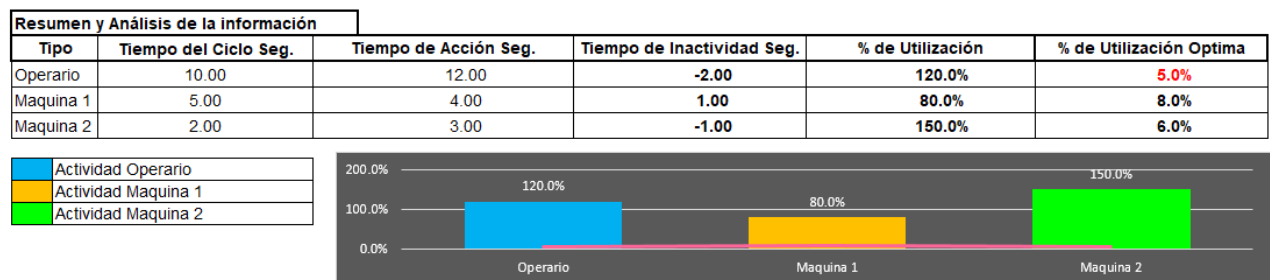
Cuadro 4.2 Check list de operación

4.1.5 Diagrama Hombre Maquina

En los cuadros 4. 3 y 4.4 muestra el análisis del diagrama Hombre-Máquina identificó que, en promedio, el montacargas permaneció inactivo durante el 12% del tiempo operativo total. Esto podría optimizarse mediante una mejor coordinación entre el operario y la máquina

DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA								
Hoja N°		De:		Diagrama N°:		Proceso:		
Fecha:			Elaborado por:			Maquina 1:		
El estudio Inicia:			Operario:			Maquina 2:		
Operario			Maquina 1 montacarga			Maquina 2 Plana		
Tiem.	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	Actividad	Carga	
3		Verifica las vigas	X		X			
6		Colocar alambres recocidos	X					
10		Supervicion de la carga	X					Levantamiento de vigas
15		En espera						Transporte al trailer
5		Asegurar las vigas al trailer	X					Posicionamiento de vigas

Cuadro 4. 3 Diagrama Hombre-Maquina



Cuadro 4.4 Resumen y análisis de la información

4.1.6 Matriz de operación del ciclo PDCA

La matriz de operación evidenció que las actividades de posicionamiento de vigas en el tráiler consumieron un 30% del tiempo total de carga, atribuido a ajustes repetitivos en el acomodo de las piezas.

Matriz Operacional de la metodología PDCA					
CICLO PDCA					
Etapa (PDCA)	Act. Principales	Responsable	Recursos Necesarios	Indicadores de desempeño	Metodos de evaluación
Planificar	Establecer procedimientos estandar para medir los tiempos de carga y descarga	Supervisor de almacen	Documentos de referencia, formatos de registros	Procedimientos definidos y documentados la 100%	Validación de los procedimientos definidos por el equipo de trabajo
	Identificar problemas en la manipulación de vigas	Supervisor de almacen	Observación en el campo	Identificación de al menos 3 problemas criticos durante el mes	Revisión diaria de los registros
Hacer	Registrar tiempos de carga y descarga en diferentes turnos y condiciones	Operarios y analistas de logistica	Cronometro,hojas de registro, montacargas	Al menos 90% de las operaciones registradas durante el mes	Revisión diarias de los registros
	Capacitar al personal en uso correcto del montacarga y procedimientos estandar	Coordinador de capacitación	Equipo de montacargas, manuales de capacitación	100% del personal operativo capacitados al final del mes	Registro de asistencia y pruebas de practicas
Verificar	Analizar los datos recolectados para identificar eficiencias	Analista de logistica	Software de analisis, tabla de datos	Identificación de desviaciones mayor es al 10% respecto al tiempo estandar	Informe de analisis estadistico
	Comparar los resultados con los estandares previamente definidos	Jefe de almacen	Estandares de tiempo ideal.	Reducción del 15% en el tiempo promedio respecto al mes inicial	Comparación de resultados antes y despues
Actuar	Realizar ajustes en los procedimientos y estandares según los hallazgos	Jefe de almacen y equipo de mejora continua	Reportes de verificación, formatos ajustados	Implementación de al menos 2 mejoras operativas durante el mes	Comparación de datos antes y despues de la implementación
	Establecer nuevas practicas estandarizadas y capacitar al personal nuevamente	Jefe de almacen	Materiales de capacitación actualizados	Cumplimiento del 100% de las nuevas practicas al final del mes	Auditorias internas y retroalimentación del personal

Cuadro 4. 5 Matriz de operación del ciclo PDCA

4.1.7 Discusión.

El análisis de los tiempos revela que el operador tiene una utilización del 120%, lo que indica una sobrecarga de trabajo que puede afectar la seguridad y la eficiencia operativa, mientras que las máquinas muestran una utilización subóptima, con solo un 80% y 150%, respectivamente. Esto refleja una falta de balance entre las actividades humanas y mecánicas. 2. Interpretación de las

4.1.8 Ineficiencias observadas

La mayor parte del tiempo improductivo proviene de la máquina 2, cuya inactividad se debe a esperas mientras el operador asegura las vigas. Esto sugiere una falta de sincronización en las actividades del ciclo.

1.4.9 Impacto en los procesos operativos

La carga de trabajo excesiva del operador podría derivar en riesgos ergonómicos y errores en la supervisión. Además, la baja utilización de la máquina 1 representa una oportunidad perdida para optimizar los recursos.

1.4.10 Contraste con estudios previos

A diferencia de lo propuesto en estudios de balance de carga operativa, donde se sugiere una distribución equitativa entre las tareas humanas y mecánicas, el presente análisis evidencia un desequilibrio que limita el flujo operativo.

1.4.11 Propuestas de mejora basadas en los resultados

Una propuesta inicial sería redistribuir las tareas del operador, asignando actividades secundarias a la máquina 1 para reducir tiempos muertos y mejorar su utilización al 90%.

1.4.12 Limitaciones del análisis

Es importante considerar que los tiempos registrados corresponden a una muestra limitada de operaciones, lo cual podría influir en la representatividad de los datos para otras condiciones operativas.

RECOMENDACIONES.

1. Redistribución de actividades

Asignar tareas específicas de supervisión o manipulación a la máquina 1, optimizando su utilización y aliviando la carga del operador. Esto fomentará un mejor balance de trabajo y reducirá tiempos muertos.

2. Sincronización de procesos

Implementar un sistema de coordinación entre el operador y las máquinas para garantizar un flujo continuo de actividades. Esto puede lograrse mediante herramientas visuales como cronogramas de tareas o un checklist operativo.

3. Mejoras en la capacitación y seguridad laboral

Diseñar un programa de formación orientado a la manipulación segura de vigas, considerando aspectos ergonómicos para minimizar riesgos y optimizar el rendimiento del personal.

4. Implementación de metodologías estandarizadas

Aplicar el ciclo PDCA para identificar, medir y mejorar las áreas críticas en el proceso de carga y descarga. Además, desarrollar un manual operativo que describa los pasos para alcanzar la eficiencia esperada.

5. Investigaciones futuras

Se recomienda realizar estudios adicionales con una muestra más amplia de operaciones para validar los resultados obtenidos, así como explorar la implementación de tecnologías que automaticen parcialmente las tareas del operador, mejorando aún más la eficiencia.

CONCLUSIÓN.

El análisis realizado permitió identificar desequilibrios significativos en la distribución de tareas y el uso de recursos durante el proceso de carga y descarga de vigas. Se evidenció una sobreutilización del operador, quien asume la mayor parte de las actividades, mientras que las máquinas presentan niveles de subutilización, especialmente la máquina 2, que enfrenta tiempos muertos considerables. Estas ineficiencias no solo afectan la productividad del área, sino que también incrementan el riesgo de accidentes laborales y errores operativos debido al exceso de carga sobre el personal.

Asimismo, se detectó la ausencia de una metodología estandarizada que permita coordinar eficazmente las actividades entre el operador y las máquinas, lo que contribuye a la falta de sincronización y la generación de tiempos improductivos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar estrategias de mejora basadas en metodologías como el ciclo PDCA, las cuales permitan optimizar el uso de los recursos, garantizar un flujo continuo de trabajo y mejorar las condiciones de seguridad laboral.

En conclusión, este estudio representa un punto de partida para rediseñar los procesos operativos en la empresa, con el objetivo de alcanzar mayores niveles de eficiencia, reducir tiempos muertos y fomentar un ambiente de trabajo seguro y productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AC-MP. (6 de Junio de 2022). El ciclo PDCA: qué es y cómo utilizarlo para mejorar tu organización. Artículo, Aseguramiento calidad, Resolución de problemas, págs. <https://acmplean.com/el-ciclo-pdca-que-es-y-como-utilizarlo-para-mejorar-tu-organizacion/>.
- Corredoira, M. L. (2019). Del hombre-máquina a la máquina-hombre. Revista de Estudios Interdisciplinarios, 2. Obtenido de <https://philpapers.org/rec/LPEDHA>
- Cristóbal, M. (2022). Gestión de logística y cadena de suministro. Noviembre : Pearson Uk. Obtenido de https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=BRfOIVoAAAAJ&citation_for_view=BRfOIVoAAAAJ:QsaTk4IG4EwC
- Giannasi, I. E. (Octubre de 2022). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Obtenido de Desperdicios en la producción y manipulación: <https://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/Desperdicios%20de%20la%20producci%C3%B3n-%20Ef.%20Em..pdf>
- MOLINA, R. A. (Abril de 2021). MEJORA DE PROCESOS EN LA GESTIÓN MEDIANTE IMPLEMENTACIÓN DEL CICLO PDCA: CASO DE APLICACIÓN EN EMPRESA DE SERVICIO. Obtenido de INVESTIGACION OPERATIVA: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/136068/CONICET_Digital_Nro.b300780d-119a-4e21-a2c0-c6b2f24b557c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Silva, A. S. (1 de Mayo de 2017). Producción más Limpia y ciclo PDCA. Revista de producción mas limpia. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617304687>
- Tejeda, A. S. (Abril-Junio de 2011). MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS. Obtenido de CIENCIA Y SOCIEDAD: <https://intranetrepositorio.intec.edu.do/server/api/core/bitstreams/214c79b6-6d68-40a6-b00c-219506366b58/content>
- Torres, M. B. (14 de Agosto de 2020). Diagrama Hombre-Maquina. Obtenido de Optimiza el método de trabajo: <file:///C:/Users/LIBERO/Downloads/Diagrama%20Hombre%20-%20Ma%CC%81quina.pdf>

ANEXOS

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/187wbRaryPFqmxIXkahSePZnz11ONxKk-/edit?usp=sharing&ouid=100497863197946943978&rtpof=true&sd=true>

