



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I

**IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y ESTUDIOS DE
TIEMPOS EN AUTOLAVADOS COMERCIALES**

PRESENTADO POR:

11811136 CARLOS DANIEL LAÍNEZ ORELLANA

ASESOR: ING. PAOLA PASCUA

Resumen Ejecutivo

El propósito central de esta investigación es desarrollar una propuesta para la reducción de tiempos en el proceso de lavado, aplicando diversas herramientas del Sistema de Mejoramiento de Operaciones. El enfoque principal reside en una propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing, complementada con estudios de tiempos, con el fin de optimizar cada fase del proceso de lavado. La investigación se llevará a cabo en tres autolavados comerciales de Tegucigalpa, Francisco Morazan que han sido seleccionados debido a los problemas recurrentes con el cumplimiento de los tiempos estipulados para los servicios. Estos retrasos han generado constantes demoras en las entregas y, como consecuencia, insatisfacción entre los clientes.

El objetivo es reducir significativamente los tiempos improductivos y mejorar la calidad del servicio ofrecido, lo que a su vez incrementará la satisfacción de los clientes y la competitividad de los autolavados en el mercado local. A través de la técnica de mapeo de procesos mediante VSM (Value Stream Mapping), se lograron identificar los cuellos de botella y las actividades que más tiempo consumen en el proceso, permitiendo aplicar herramientas Lean de manera efectiva para optimizar el flujo de trabajo.

Adicionalmente, la colaboración de tres expertos en el área industrial y en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing aportará un valor significativo al estudio, ya que sus consejos y experiencias permitirán validar las propuestas realizadas, ofreciendo una perspectiva más completa y sólida en cuanto a la implementación de mejoras dentro del ámbito de la operación de autolavados. Con su apoyo, se espera que la investigación dé un salto cualitativo importante en la aplicación de estrategias efectivas para la mejora de procesos.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Estudios de tiempos, VSM, auto lavados, análisis de procesos

Resumen Ejecutivo (Ingles)

The central purpose of this research is to develop a comprehensive plan for reducing time in the car wash process by applying various tools from the Operations Improvement System. The focus is on implementing the Lean Manufacturing methodology, complemented by time studies, to optimize each phase of the car wash process. The research will be conducted at three commercial car washes in Tegucigalpa, selected due to recurring issues with meeting the stipulated service times. These delays have resulted in frequent delivery setbacks and, consequently, customer dissatisfaction.

The goal is to significantly reduce unproductive time and improve the quality of service offered, which will, in turn, increase customer satisfaction and enhance the competitiveness of the car washes in the local market. Through the process mapping technique known as VSM (Value Stream Mapping), bottlenecks and time-consuming activities were identified, enabling the effective application of Lean tools to optimize workflow.

Additionally, the collaboration of three experts in the industrial field and in the application of Lean Manufacturing tools will provide significant value to the study, as their advice and experience will help validate the proposed solutions, offering a more comprehensive and solid perspective on the implementation of improvements within the car wash operations. With their support, the research is expected to make a qualitative leap in the application of effective strategies for process improvement.

Key words: Lean Manufacturing, Time Studies, Operational Improvement System, car washes, processes.

Índice de contenido

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del problema.....	2
2.1	Precedentes del problema.....	2
2.2	Definición del problema.....	4
2.3	Justificación.....	5
2.4	Preguntas de investigación.....	6
2.5	Objetivos.....	7
2.5.1	Objetivo General.....	7
2.5.2	Objetivos específicos.....	7
III.	Estado del arte.....	8
3.1	Lean Manufacturing.....	8
3.1.1	Método Westinghouse.....	9
3.1.2	Reducción de tiempos en procesos.....	10
3.1.1	Estudio de tiempos.....	11
3.2.1	Racionalización de procesos.....	12
3.2.2	Análisis de procesos.....	13
3.2.3	Value Stream Mapping (VSM).....	14
3.2.4	Optimización.....	15
IV.	Metodología.....	16
4.1	Enfoque.....	16
4.1.1	Alcance.....	17

4.2 Variables de la investigación.....	18
4.3 Técnicas e Instrumentos aplicados.....	19
4.3.1 Instrumentos.....	19
4.3.2 Técnicas.....	20
4.4 Población y muestra.....	21
4.4.1 Población.....	21
4.4.2 Muestreo.....	21
4.4.3 Muestra.....	22
4.4.3.1 Método de selección de operarios a los tres autolavados.....	22
4.5 Metodología de estudio.....	23
4.6 Metodología de Validación.....	24
4.7 Cronograma de actividades.....	26
V. Resultados y Análisis.....	27
5.1 Pilotaje de como medir los tiempos del proceso de los tres autolavados..	27
5.1.1 Pilotaje autolavado#1.....	27
5.1.2 Pilotaje autolavado#2.....	27
5.1.3 Pilotaje autolavado#3.....	28
5.1.2 Análisis actual del autolavado #1.....	31
5.1.3 Análisis actual del autolavado #2.....	32
5.1.4 Análisis actual del autolavado #3.....	33
5.1.5 Racionalización de actividades.....	34
5.2 Toma de tiempos.....	35
5.2.1 Tabla de tiempos del autolavado #1.....	36
5.2.2 Tabla de tiempos autolavado #2.....	38
5.2.3 Tabla de tiempos autolavado #3.....	39
5.4 VSM Situación Actual de los autolavados.....	40

5.4.1: VSM Situación actual Autolavado #1.....	40
5.4.2 VSM Situación actual Autolavado #2.....	41
5.3.3 VSM Situación actual Autolavado #3.....	42
5.4 Plan de reducción de tiempos del proceso.....	43
VI. Conclusiones.....	44
6.1 Conclusiones específicas.....	44
6.2 Conclusión General.....	46
VII. Recomendaciones.....	47
7.1 Recomendaciones para la investigación.....	47
7.2 Recomendaciones para las empresas.....	48
Bibliografías.....	49
Anexos.....	51

Índice de Tablas

Tabla #1 – Actividades autolavado 1.....	27
Tabla #2 – Actividades Autolavado #2.....	28
Tabla #3 – Actividades Autolavado #3.....	29
Tabla#4 – Racionalización de actividades de los autolavados.....	30
Tabla #5 – Identificación de Factores según método de Westinghouse.....	31
Tabla #6 – Tabla de tiempos Autolavados #1.....	32
Tabla#7 – Tiempos Autolavado #2.....	34
Tabla #8 – Tiempo Autolavado #3.....	35
Tabla#9 – Actividades mas lentas del proceso de lavado.....	39

Listas de siglas

VSM: Value Stream Mapping (Mapa de flujo de valor).

Kaizen: Mejora continúa.

TO: Tiempo Observado

TN: Tiempo Normal

FC: Factor de Calificación

I. Introducción

En la actualidad, el retraso en los procesos representa uno de los principales desafíos para muchas empresas, ya que genera inconvenientes como entregas tardías, baja productividad y, en el peor de los casos, costos adicionales que podrían evitarse con una gestión más eficiente. La implementación de herramientas Lean en los procesos es crucial para que las empresas identifiquen las acciones necesarias y mejoren su desempeño. Estas herramientas permiten dar una mejora a cada etapa del proceso para que este sea productivo. Para ello, es fundamental primero analizar las áreas problemáticas y luego proponer las mejoras adecuadas.

En esta investigación se enfocará en la implementación del Sistema de Mejoramiento de Operaciones, utilizando principalmente herramientas de Lean Manufacturing y estudios de tiempos. Estas herramientas serán muy útiles para los autos lavados, ya que permitirán realizar un análisis detallado de la situación actual. A partir de este análisis, se podrá proponer mejoras específicas, identificando áreas con retrasos, desperdicios, retrabajos y otros factores que afectan negativamente el proceso.

Este estudio se llevará a tres empresas de auto lavado que están todas operando en Tegucigalpa. La investigación se centrará exclusivamente en el proceso de lavado, ya que, según los gerentes, es la etapa donde se presentan mayores problemas de tiempos de entrega. Por ello, se aplicarán las herramientas de Lean Manufacturing y los estudios de tiempos previamente mencionados, con el objetivo de proponer mejoras que optimicen los procesos de estas empresas.

II. Planteamiento del problema

2.1 Precedentes del problema

En 2021, en el carwash María José de Chimbote, Perú, se planteó la implementación de Lean Manufacturing con el objetivo de mejorar su productividad. La justificación se basa en teorías de mejora continua y productividad, destacando el uso de herramientas como 5S y el VSM para optimizar procesos. Desde una perspectiva práctica, se espera un incremento significativo en la productividad y rentabilidad del negocio, junto con la creación de empleos y el fortalecimiento de su posición en el mercado. La hipótesis es que la implementación de Lean Manufacturing resultará en una mejora notable en la productividad del carwash. (Mejía Vásquez, C. G. 2021)

En un estudio realizado en un carwash en Cruzeiro, Brasil, se aplicaron técnicas de Lean Manufacturing para reducir desperdicios, disminuir costos y mejorar la productividad. A través de herramientas de calidad, se evaluó el proceso actual y se implementó un nuevo modelo. Tras seis meses de análisis, se observó una disminución en el tiempo del proceso, así como en el consumo de energía y agua, además de un aumento en el número de vehículos atendidos diariamente. Esto demostró la efectividad de Lean Manufacturing en mejorar la competitividad en diferentes industrias (Paulino & Oliveira, 2018).

En Guadalajara, México. El estudio "Gestión para mejorar la productividad en la empresa Car Wash Lubricantes R&J, La Victoria, 2019" se llevó este objetivo de evaluar cómo la gestión impacta la productividad de la empresa. Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental, analizando datos de 30 días mediante observación y cronometraje. Los análisis se realizaron utilizando Microsoft Excel y SPSS Statistics 22. Los resultados mostraron un incremento en la productividad de 0.4894 a 0.7388, validado por la prueba Z de Wilcoxon con una significancia de 0.000, confirmando la mejora en la eficiencia (Herrera Díaz, 2018).

En San José, Costa Rica, el Consejo de Transporte Público realizó un proyecto basado en la metodología Lean para evaluar las condiciones de orden, limpieza y almacenamiento. Se detectaron deficiencias en el cumplimiento de estándares en áreas de trabajo, incluyendo acumulación excesiva y mala organización. Además, las oficinas presentaban niveles de iluminación por debajo de lo requerido por la normativa INTE T45:2014. Como solución, se propuso implementar la metodología 5S para mejorar el orden en el Archivo Institucional y las bodegas, junto con mejoras en la iluminación para reducir riesgos ocupacionales (Romero-Mora, 2019).

En Tegucigalpa, Honduras, los gerentes de autos lavados han detectado que las largas esperas durante el proceso de lavado generan insatisfacción entre los clientes, quienes no están dispuestos a esperar más de una hora. Esta situación afecta la percepción del servicio y podría llevar a la pérdida de usuarios. Para abordar este problema, los gerentes proponen capacitaciones para el personal y estudios detallados del proceso de lavado. Estas acciones buscan reducir los tiempos de espera, mejorar la satisfacción del cliente y aumentar la eficiencia operativa (Vides, 2024).

2.2 Definición del problema

En los tres autos lavados analizados de Tegucigalpa, se ha identificado como problema principal la excesiva duración de los tiempos de entrega. Aunque se estima un tiempo específico para completar el servicio, con frecuencia este tiempo se extiende considerablemente, lo que resulta en cuellos de botella y largos periodos de espera para los clientes que desean lavar sus vehículos. Lo que restringe la capacidad de atender a una mayor cantidad de clientes. Como resultado, se limita el número de autos lavados, lo que afecta directamente los ingresos que estos tres establecimientos podrían generar.

2.3 Justificación

Aplicar herramientas Lean y estudios de tiempos en múltiples empresas permite identificar y eliminar desperdicios, estandarizar procesos, reducir tiempos de espera y fomentar una cultura de mejora continua, alineándose con los principios fundamentales de la metodología Lean Manufacturing. Manel Rajadell Carreras. (n.d.)

Según Johansson (2020), la implementación de Lean Manufacturing tiene el potencial de transformar las organizaciones al optimizar la eficiencia, minimizar los desperdicios y promover una cultura de mejora constante, lo que contribuye a aumentar la competitividad y mejorar la adaptabilidad frente a las demandas del mercado.

El proyecto aportará beneficios importantes a los autolavados seleccionados, al identificar oportunidades para reducir los tiempos de espera a través de un análisis detallado del proceso de lavado. La aplicación de Lean Manufacturing, centrada en la organización y limpieza del entorno, ayudará a eliminar cuellos de botella y mejorar la eficiencia operativa. Además, la validación del proceso mediante un pilotaje y el apoyo de expertos garantizarán que las soluciones sean efectivas tanto en teoría como en la práctica.

2.4 Preguntas de investigación

1. ¿De qué manera puede el estudio de tiempos en el proceso de lavado y sus actividades asociadas mejorar el desempeño de los tres autos lavados?
2. ¿En qué medida la aplicación de diagramas de flujos (VSM) puede reducir de manera efectiva los tiempos de los procesos dentro del área de lavado en los tres auto lavados?
3. ¿Cuál es el grado de validez del proceso de lavado mediante la colaboración de expertos y pilotaje para contribuir la efectividad operativa en los autos lavados?

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo General

Proponer un plan de reducción de tiempos en el proceso de lavado de tres autolavados utilizando herramientas de Sistema de Mejoramiento de Operaciones.

2.5.2 Objetivos específicos.

1. Identificar los tiempos actuales de lavado y las actividades asociadas para un análisis de tiempos de ciclo mediante estudios de tiempos.
2. Diseñar un plan de reducción de tiempos en el área de lavado mediante la implementación de la herramienta de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).
3. Validar la funcionalidad del proceso de lavado a través de triangulación de expertos y pilotaje.

III. Estado del arte

3.1 Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing se enfoca en la eliminación de desperdicios a través del uso de diversas herramientas y metodologías que se originaron principalmente en Japón, específicamente en la planta de producción de Toyota. Esta filosofía tiene como objetivo principal aumentar la productividad, eficiencia, competitividad y rentabilidad de las empresas. Al reducir el desperdicio, las empresas pueden optimizar sus procesos, disminuir costos y mejorar la calidad de sus productos. Además, Lean Manufacturing promueve una cultura de mejora continua y flexibilidad, lo que permite a las organizaciones adaptarse rápidamente a los cambios del mercado (Guevara s/f)

Lean Manufacturing se centra en la mejora continua a través de la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos. Un estudio de Goshime, Kitaw y Jilcha (2019) indica que esta metodología no solo aumenta la productividad, sino también la satisfacción del cliente, al reducir costos, tiempos de entrega y mejorar la calidad de los productos. Los investigadores subrayan la importancia de herramientas como 5S, TPM y SMED para alcanzar estos beneficios en las industrias de metales e ingeniería (Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K., 2019).

La aplicación de Lean Manufacturing en tres autolavados es crucial para identificar y eliminar actividades que no aportan valor, optimizando el uso de recursos y reduciendo desperdicios. Esto permite estandarizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y minimizar los tiempos de espera, factores clave para satisfacer la alta demanda. Además, fomenta una cultura de mejora continua, asegurando que los autolavados puedan adaptarse rápidamente a las necesidades cambiantes del mercado y mantener un servicio consistente y de calidad para los clientes.

3.1.1 Método Westinghouse

El método Westinghouse para la evaluación de operadores es una herramienta empleada en estudios de tiempos con el fin de medir el rendimiento de los trabajadores. Este enfoque clasifica el desempeño basándose en cuatro aspectos fundamentales: destreza, dedicación, condiciones y regularidad. Cada uno de estos factores se valora de manera cualitativa, lo que permite modificar los tiempos estándar según las características particulares de cada operario. De esta manera, el sistema asegura que los tiempos de producción reflejen de forma precisa y justa las variaciones en el rendimiento de los empleados. (Andersson, R., & Bellgran), M. (2015)

En un estudio llevado a cabo en Turquía, se utilizó una versión mejorada del método Westinghouse para optimizar la evaluación del tiempo estándar en entornos industriales. La investigación integró el enfoque tradicional de Westinghouse con un sistema de lógica difusa, lo que permitió minimizar la influencia subjetiva al evaluar el desempeño de los trabajadores. Este enfoque fue aplicado en una empresa turca que fabrica máquinas de corte automático, y se comprobó que la nueva metodología generaba resultados más precisos y sensibles, reflejando de manera más efectiva las variaciones en el rendimiento de los empleados. Cevikcan, E., & Kilic, H. S. (2016).

El método Westinghouse es útil en estudios de tiempos en autolavados porque permite ajustar los tiempos estándar tomando en cuenta factores como la habilidad y el esfuerzo de cada trabajador, además de las condiciones de trabajo y su consistencia. Esto es clave en un ambiente como el de un autolavado, donde el desempeño puede variar entre operarios. Aplicar este método ayuda a obtener tiempos más precisos, permitiendo optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa, lo cual se traduce en una reducción en los tiempos de espera y una mejor experiencia para los clientes.

3.1.2 Reducción de tiempos en procesos

La reducción de tiempos en un proceso se enfoca en eliminar tareas que no aportan valor, buscando optimizar el flujo operativo y mejorar la productividad. Desde la perspectiva de Lean Manufacturing, este enfoque prioriza la identificación de actividades innecesarias, la disminución de tiempos muertos y el ordenamiento eficiente de las etapas del proceso. Esta metodología es ampliamente utilizada para incrementar la satisfacción del cliente y aprovechar los recursos de manera óptima, destacándose su efectividad en sectores industriales y comerciales mediante la reestructuración de procesos para evitar desperdicios. Barahona. L (2023)

La investigación en el sector de la industria de calzado utilizó la metodología Lean para reducir los tiempos de preparación en una máquina de inyección de moldeo. Este proyecto implementó análisis de métodos y tiempos, ajustes en el diseño del layout y simulaciones, logrando una disminución del 51.53% en los tiempos de preparación y un incremento del 9.5% en la capacidad productiva. Los resultados evidencian cómo LEAN puede eliminar actividades que no generan valor y mejorar significativamente la eficiencia de los procesos productivos. Juárez. M (2018)

Un plan de reducción de tiempos en los tres autolavados puede mejorar significativamente la eficacia operativa al identificar y eliminar actividades que no agregan valor, optimizando los procesos y reduciendo tiempos de espera. La implementación de herramientas Lean, como el análisis de tiempos y el rediseño de procesos, permite estandarizar las tareas, mejorar la coordinación y minimizar el desperdicio de recursos. Esto no solo aumenta la capacidad de atención al cliente, sino que también mejora la utilización de los recursos disponibles, elevando la eficiencia y reduciendo costos operativos

3.1.1 Estudio de tiempos

Los estudios de tiempos analizan el tiempo requerido para realizar tareas específicas con el fin de eliminar ineficiencias. Según Project Review Insights, estos estudios optimizan procesos mediante la observación y recopilación de datos, identificando puntos críticos para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios. Un plan detallado de recolección de datos y la capacitación de los observadores aseguran que los resultados sean consistentes y precisos, facilitando la implementación de mejoras en los procesos (Purdue OWL, 2006).

Los estudios de tiempos son una herramienta fundamental en la ingeniería industrial, utilizados para analizar y mejorar los procesos de fabricación mediante la medición del tiempo requerido para las tareas e identificación de ineficiencias. Según Limble CMMS, estos estudios pueden aumentar significativamente la productividad y crear entornos de trabajo más seguros al eliminar movimientos innecesarios. Además, John Klaess resalta que, desde su introducción por Frederick Winslow Taylor, los estudios de tiempos han sido esenciales para la recolección de datos y la optimización de procesos, estableciendo tiempos estándar para tareas y mejorando el diseño de procesos (Limble CMMS s/f).

Los estudios de tiempos beneficiarán el proyecto de implementación de Lean Manufacturing en auto lavados al identificar y eliminar desperdicios, optimizando así las operaciones. Al medir el tiempo necesario para cada tarea, se pueden establecer estándares que mejoren la eficiencia y reduzcan tiempos de espera. Esto permitirá una mejor organización del trabajo y una asignación más eficaz del personal, aumentando la productividad y satisfacción del cliente. Además, al identificar y corregir ineficiencias, se pueden mejorar la calidad del servicio y reducir costos operativos, alineándose con los principios de Lean Manufacturing.

3.2.1 Racionalización de procesos

El método de racionalización de procesos se enfoca en la optimización de los procedimientos mediante su simplificación y mejora estructural, lo que contribuye a una reducción significativa de tiempos operativos, costos y recursos. Esta estrategia implica una planificación detallada, orientada a reestructurar los procesos para hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles. Su implementación a la mejora continua de diferentes sectores, como la industria y los servicios, con el objetivo de aumentar la productividad y lograr resultados más consistentes. Pérez Porto, J., & Merino, M. (2022).

Un estudio sobre la racionalización de procesos en la revisión física de inventarios optimizó el control de inventarios, reduciendo tiempos, costos y riesgos laborales. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, basado en estudios de tiempos y movimientos, complementado con análisis de costos. A través de simulaciones, se determinó que la implementación de un dron y el uso del método zigzag fueron soluciones óptimas para aumentar la eficiencia y seguridad en la revisión de inventarios, lo que mejoró significativamente el rendimiento operativo de la empresa. Linares Basabe, A., Aguirre Arias, Y., & Mayorga Morato, M. (2021).

El método de racionalización de procesos ayudará en el estudio de los tres autolavados al identificar y eliminar actividades innecesarias, optimizando cada proceso de lavado según la cantidad y complejidad de sus operaciones. Esto permitirá reducir tiempos de espera, mejorar la eficiencia del servicio y aumentar la satisfacción del cliente. Además, permitirá redistribuir mejor los recursos y estandarizar tareas, logrando una mayor consistencia en la calidad del servicio, independientemente de las diferencias en la cantidad de actividades entre los autolavados estudiados.

3.2.2 Análisis de procesos

El análisis de procesos es una técnica clave para revisar y mejorar la secuencia de actividades que forman parte de un proceso. A través de este análisis, es posible detectar ineficiencias, cuellos de botella y áreas con potencial de mejora dentro de un proceso específico, lo que contribuye a optimizar el rendimiento general. En el ámbito empresarial, este tipo de análisis abarca la evaluación de tareas individuales, la distribución de recursos y la medición de los tiempos y costos asociados con cada fase del proceso. Scribbr. (2023).

El análisis de los procesos en ingeniería es esencial ya que permite a los ingenieros mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la calidad de los sistemas y operaciones. A través de la evaluación de los procesos, se pueden reducir los desperdicios, optimizar los costos y garantizar un uso más eficiente de los recursos. Esto es particularmente relevante en la ingeniería industrial, donde la meta principal es incrementar la productividad sin comprometer la calidad. Además, una comprensión detallada de los procesos permite anticipar posibles problemas y desarrollar soluciones proactivas, lo que contribuye a obtener resultados más sostenibles y exitosos tanto en la manufactura como en la prestación de servicios (AcademiaMag, 2023; SEI, 2023).

El análisis de los procesos de lavado es esencial en la investigación sobre la implementación de Lean Manufacturing y estudios de tiempos, ya que permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y calidad del servicio. Al evaluar estos procesos, se pueden eliminar actividades innecesarias, optimizar los recursos y reducir los tiempos operativos. Este enfoque no solo mejora la satisfacción del cliente, sino que también alinea las operaciones con los principios de Lean, promoviendo positivo en las empresas.

3.2.3 Método de Observación Directa

El método de observación directa, dentro de la ingeniería de métodos, consiste en examinar y registrar de manera sistemática las actividades que realizan los trabajadores durante sus tareas. Este enfoque permite analizar los tiempos, movimientos y la secuencia de las operaciones con el fin de optimizar el flujo de trabajo. Su aplicación resulta especialmente eficaz en procesos repetitivos y se complementa con herramientas gráficas y registros detallados para rediseñar los procesos, reducir ineficiencias y aumentar la productividad. Kanawaty, G. (2016).

La investigación titulada *Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la empresa Fil Export SAC Ate-2021* emplea la observación directa como una herramienta clave para recolectar información sobre los tiempos, movimientos y condiciones asociadas al proceso productivo. A través del uso de técnicas como diagramas de procesos y la medición con cronómetros, se identificaron áreas de mejora en las actividades realizadas por los operarios. Este enfoque permitió diseñar propuestas que optimizaron los métodos de trabajo y contribuyeron al incremento de la eficiencia operativa. Zamalloa Peña, J. J. (2021)

La observación directa es crucial para comprender a fondo el proceso de lavado en los tres autolavados, ya que permite identificar ineficiencias y actividades de valor no agregado en tiempo real. Facilita la detección de cuellos de botella, movimientos innecesarios y problemas en la coordinación del equipo. Además, brinda datos precisos para medir tiempos de ciclo y espera, esenciales en un análisis detallado. Esta metodología asegura que las propuestas de mejora se basen en la realidad operativa y no en suposiciones, aumentando la efectividad de las soluciones. También permite evaluar el desempeño de los operadores y validar cambios implementados.

3.2.4 Value Stream Mapping (VSM)

El Mapeo del Flujo de Valor (VSM) es una técnica utilizada para analizar y mejorar procesos productivos. Esta herramienta es esencial en la gestión Lean, ya que permite visualizar el flujo de trabajo, identificar ineficiencias y oportunidades de mejora. Este artículo describe que el VSM se compone de cuatro pasos principales: crear un mapa del estado actual del proceso, identificar y eliminar desperdicios, diseñar un mapa del proceso futuro mejorado, e implementar dicho proceso (ASANA, 2023). /pasado

El mapeo de flujo de valor (VSM) es una herramienta clave en la ingeniería que proporciona una visión integral del proceso, ayudando a identificar desperdicios y áreas de mejora. Su uso permite aumentar la eficiencia, reducir tiempos de entrega y disminuir costos. VSM detecta cuellos de botella y actividades sin valor añadido, lo que facilita su optimización o eliminación, mejorando así la productividad y calidad. Además, fomenta la colaboración entre departamentos y promueve una cultura de mejora continua al involucrar a todos los interesados en el proceso (Singh & Sharma, 2009).

El Value Stream Mapping (VSM) en la implementación de Lean Manufacturing en auto lavados ofrece una visión completa del flujo de procesos, ayudando a identificar áreas para mejorar. Al eliminar actividades innecesarias, se optimizan los tiempos de lavado y se reducen los costos operativos. Este enfoque facilita la definición de métricas para la mejora continua y proporciona una representación visual que mejora la comunicación y comprensión entre el equipo. Como resultado, se aumenta la rentabilidad y se mejora la satisfacción del cliente mediante un servicio más eficiente y de mayor calidad.

3.2.5 Optimización

La optimización es el proceso de mejorar un sistema o proceso para alcanzar el máximo nivel de eficiencia y funcionalidad. En investigación operativa e ingeniería, esto implica evaluar y seleccionar la mejor alternativa entre varias opciones disponibles, teniendo en cuenta diversas restricciones y objetivos. El objetivo es encontrar la solución que brinde los mejores resultados dentro de los límites establecidos, maximizando el rendimiento y minimizando el uso de recursos, con el fin de lograr una solución óptima a los problemas planteados (Bertsimas & Tsitsiklis, 1997).

La optimización es un aspecto esencial en la ingeniería que se enfoca en mejorar un sistema o proceso a través de la identificación y ajuste de variables clave para obtener los resultados más favorables dentro de un conjunto de restricciones. Este proceso se utiliza para maximizar o minimizar una función objetivo, que puede incluir factores como costos, tiempo, eficiencia y otros parámetros significativos. La optimización es fundamental en la ingeniería porque permite a los profesionales diseñar y gestionar sistemas de manera más eficiente y efectiva, mejorando así el rendimiento general y la sostenibilidad de los procesos. Winston, W. L. (2004)

La optimización en la implementación de Lean Manufacturing y estudios de tiempos en autolavados ofrece beneficios clave, como el aumento de la eficiencia al reducir tiempos y recursos, y la disminución de costos operativos al eliminar actividades innecesarias. También mejora la productividad al optimizar el flujo de trabajo y minimizar tiempos muertos. Además, contribuye a una mejor calidad del servicio, asegurando un lavado más uniforme y satisfactorio. Finalmente, facilita un uso más eficiente de recursos como agua y detergentes, promoviendo la mejora continua mediante ajustes constantes.

IV. Metodología

4.1 Enfoque

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, caracterizado por su naturaleza secuencial y probatoria. Aunque este método sigue un orden riguroso, permite la redefinición de algunas fases. Inicialmente, parte de una idea general que se va delimitando progresivamente, a partir de la cual se derivan los objetivos y las preguntas de investigación. Este enfoque también implica la recolección de datos para probar hipótesis, utilizando mediciones numéricas y análisis estadísticos con el propósito de establecer patrones de comportamiento y validar teorías (Sampieri, n.d.).

Durante el desarrollo de esta investigación, siguiendo el enfoque cuantitativo, se podrán responder las preguntas de investigación previamente formuladas. Para el primer objetivo, se realizará un estudio de tiempos, recolectando datos numéricos específicos del proceso de lavado. Con los datos obtenidos, se aplicarán diversas herramientas Lean para analizar el rendimiento actual de la empresa. Este análisis permitirá identificar áreas de mejora y formular propuestas concretas para optimizar los procesos.

4.1.1 Alcance

El alcance de esta investigación se define como descriptivo, con el objetivo de especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos u otros fenómenos analizados. Se busca medir y recolectar información de manera independiente sobre los conceptos o variables involucrados, sin intentar establecer relaciones causales entre ellos (Sampieri, n.d.).

4.2 Variables de la investigación

1. Tiempo Normal: Se refiere al período requerido por un operario para completar una operación específica bajo condiciones estándar. Este tiempo es considerado el ideal para realizar la tarea sin interrupciones ni excesos.
2. Tiempo Promedio: Representa el promedio de los tiempos registrados a partir de un mínimo de siete mediciones de una misma operación. Este valor se utiliza para obtener una medida representativa del tiempo necesario para realizar la tarea en condiciones normales.
3. Tiempos Suplementarios: Son intervalos de tiempo adicionales que se añaden al tiempo normal de trabajo para compensar factores como pausas, ajustes necesarios y otras actividades no productivas pero esenciales para el proceso.
4. Tiempo Laboral: Es el periodo durante el cual el operario está efectivamente trabajando en la operación. Este tiempo excluye los descansos y cualquier otro tiempo no productivo.
5. Tiempos Muertos: Miden los períodos en los que no se realiza trabajo útil, es decir, el tiempo en el que el operario está inactivo debido a diversas razones como la espera de materiales, fallos en el equipo, o interrupciones no planificadas.

6. Cantidad de Carros Entregados: Se refiere al número total de vehículos que han completado el proceso de lavado y han sido entregados a los clientes en un período de tiempo determinado.

4.3 Técnicas e Instrumentos aplicados

4.3.1 Instrumentos

1. Microsoft Excel: Software utilizado para organizar, tabular y analizar los datos recolectados.
2. Cronómetro: Herramienta para medir y recopilar datos precisos sobre la duración de las operaciones.
3. Microsoft Visio: Software específico para crear mapas de flujo de valor, identificando y eliminando desperdicios en los procesos.
4. Cámara Fotográfica: Utilizada para documentar los procesos y movimientos de los operarios, facilitando un análisis detallado y posterior revisión.

4.3.2 Técnicas

1. Estudio de Tiempos: Actividad que consiste en establecer un tiempo estándar permitido para realizar una tarea específica, lo que ayuda a identificar ineficiencias y a implementar mejores prácticas.
2. Diagrama de Flujo de Proceso: Técnica utilizada para visualizar el flujo de datos y actividades en un proceso, facilitando la identificación de pasos y posibles mejoras en el mismo.
3. Herramienta Lean Manufacturing: Para la herramienta Lean se utilizará específicamente la herramienta VSM "Mapa de la Cadena de Valor "que nos ayudará a identificar lo que genera problemas al flujo del proceso.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

Esta investigación se centrará en tres empresas del sector de lavado de autos, ubicadas en Francisco Morazán, Tegucigalpa que en conjunto cuentan con un total de 17 operarios específicamente asignados al área de lavado. Estos operarios constituyen una población finita y específica para el estudio, lo que permite un análisis detallado de los procesos y procedimientos en este sector.

4.4.2 Muestreo

En la investigación se aplicó un muestreo probabilístico para calcular la muestra utilizando el método de muestreo aleatorio simple. De esta manera, se seleccionaron aleatoriamente individuos de la población, asegurando que cada uno tuviera la misma probabilidad de ser incluido en la muestra. La selección de los elementos para la muestra se realizó de manera independiente, sin que hubiera influencia de otros elementos (Martínez, n.d.).

$$n = \frac{Z_{(\alpha/2)}^2 PQN}{\varepsilon^2(N - 1) + Z^2 PQ}$$

DONDE:

N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza

P = Probabilidad que ocurra el evento

Q = Probabilidad que no ocurra

E = Error de estimación.

4.4.3 Muestra

Mediante un enfoque de muestreo probabilístico, se aplicó la fórmula del muestreo aleatorio simple para una población finita, lo que permitió determinar que 15 operadores son suficientes para realizar la investigación. Estos operadores se distribuirán entre tres autos lavados, con 5 operadores asignados a cada uno. Adicionalmente, se utilizará un cronómetro para registrar con precisión los tiempos de las actividades realizadas en el área de lavado, asegurando un análisis.

$$\frac{17 \times 1.96^2 (1 - 0.5) \times 0.5}{0.1^2 (17 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 14.57229560871$$

4.4.3.1 Método de selección de operarios a los tres autolavados

A criterio personal en un estudio de procesos, una forma equitativa y objetiva de analizar la operación de lavado de los tres autolavados es distribuir de manera uniforme el número de operarios observados entre las distintas unidades analizadas. En este caso, considerando tres autolavados, se propone estudiar a cinco operarios en cada uno de ellos. Esta división asegura que las muestras sean comparables y representen de manera balanceada las condiciones específicas de cada ubicación.

4.5 Metodología de estudio

Se seleccionaron inicialmente tres empresas especializadas en lavado de autos para informarles sobre el interés en llevar a cabo un estudio de tiempos e implementar herramientas Lean en sus procesos. Con la colaboración de los gerentes generales, se identificaron las principales problemáticas operativas, destacando el área de lavado como la que presenta mayores demoras, lo que genera retrasos significativos en las entregas a los clientes.

Se establecieron los siguientes objetivos para la investigación: analizar en detalle los tiempos y procesos actuales de lavado mediante estudios específicos; reducir el tiempo de los procesos en el área de lavado utilizando la herramienta de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM); y validar la efectividad del proceso de lavado a través de pruebas piloto y la consulta con expertos. Posteriormente, se construyó el estado del arte con al menos 10 referencias bibliográficas de revistas, artículos científicos y estudios previos, con el fin de proporcionar una base sólida y enriquecedora para la investigación.

Posteriormente se definió la metodología del estudio, determinando que el enfoque sería cuantitativo debido al uso de datos numéricos en la investigación. Se identificaron las variables relevantes y se seleccionaron las herramientas adecuadas para el análisis. Una vez establecidas las herramientas, se determinaron las técnicas específicas a emplear para recopilar los datos necesarios, en concordancia con los objetivos de la investigación.

4.6 Metodología de Validación

La validación por parte de tres expertos en el ámbito industrial fue crucial para el estudio, especialmente en lo relacionado con la toma de tiempos. Estos expertos, quienes tienen un sólido historial en la interacción con operarios y en la aplicación de herramientas LEAN en diversos proyectos, proporcionaron una perspectiva valiosa y confirmaron la rigurosidad de los métodos empleados. Su experiencia no solo garantizó la validez y confiabilidad de los datos recogidos, sino que también aportó un enfoque práctico y realista al análisis, asegurando que los resultados fueran aplicables y pertinentes al contexto investigado.

El pilotaje es crucial para garantizar la precisión en las observaciones y la recopilación de datos para el estudio de tiempos. Este proceso permite validar los métodos de medición, identificar posibles errores y ajustar las herramientas antes de su implementación. Además, el pilotaje de la propuesta de mejora asegura que las herramientas sean funcionales y prácticas para los operarios, maximizando su utilidad en el día a día. Probar las estrategias en un entorno controlado minimiza riesgos y facilita una transición más eficiente hacia el nuevo sistema.

V. Resultados y Análisis

5.1 Identificación de tiempos actuales de los tres autolavados

Para analizar los tiempos actuales de los tres autolavados, se llevará a cabo un proceso de observación inicial con el objetivo de identificar las condiciones y tiempos empleados en las operaciones actuales. Este análisis servirá como base para un pilotaje, el cual permitirá definir un método efectivo para la recolección precisa de datos. Durante el pilotaje, se establecerán parámetros de medición y se validarán las herramientas para garantizar la exactitud en los registros. Este enfoque estructurado es fundamental para obtener resultados representativos y fiables que respalden el estudio posterior.

5.1.2 Pilotaje autolavado#1

En el autolavado #1, la recolección de datos se llevó a cabo utilizando un cronómetro y el método de observación se identificando cada actividad dentro del proceso de lavado. Se estableció que la toma de tiempos se iniciaría cuando el automóvil llegará al área de lavado, independientemente el operario fuera a la bodega a traer los implementos necesarios no se interrumpirá el proceso de lavado en sí. Se tomaron tres pruebas, si el operario realizaba alguna otra acción, el cronómetro se reiniciaba, independientemente de si la tarea anterior se había completado o no. Esta metodología permitió un análisis preciso de los tiempos, asegurando que solo se midieran las actividades relevantes.

Pilotaje A#1

Prueba	Tiempos	Tamaño del auto	Servicio	Instrumentos
1	65.36min	Pequeño	Normal	Excel y Cronometro
2	59.32 min	Pequeño	Moderado	Excel y Cronometro
3	67.20 min	Mediano	Normal	Excel y

				Cronometro
--	--	--	--	------------

La observación directa es esencial en el análisis de procesos, ya que permite registrar con exactitud las tareas realizadas, identificar áreas de mejora y comprender el funcionamiento real del sistema. Este método aporta una visión objetiva al recopilar datos en tiempo real, eliminando posibles malinterpretaciones. Además, ofrece una base sólida para desarrollar propuestas de optimización específicas, adaptadas a las particularidades del proceso estudiado.

5.1.3 Pilotaje autolavado#2

En el autolavado #2, se aplicaron los mismos parámetros y herramientas utilizados en el autolavado #1 para la recolección de datos, como el uso del cronómetro para registrar cada actividad del operario. Sin embargo, cuando la demanda aumentaba, se consideró la utilización de dos cronómetros para medir de manera simultánea los tiempos de las actividades, lo que permitía obtener una medición más precisa y no interferir con las operaciones. Esta prueba piloto se llevaron a cabo tres tomas de tiempos.

Pilotaje A#2

Prueba	Tiempos	Tamaño del auto	Nivel de servicio	Instrumentos
1	55.26min	Pequeño	Normal	Excel y Cronometro
2	63.63 min	Mediano	Normal	Excel y Cronometro
3	72.23 min	Grande	Normal	Excel y Cronometro

Un estudio de tiempos es fundamental para identificar ineficiencias y optimizar los procesos en el lavado de vehículos. Este análisis permite detectar actividades que consumen más tiempo del necesario y establecer estándares que mejoren la productividad y reduzcan tiempos de espera.

5.1.4 Pilotaje autolavado#3

En el autolavado #3, se mantuvieron los mismos parámetros y herramientas que en los autolavados anteriores para la recolección de datos, pero se introdujo una modificación debido a la mayor demanda de servicio. En este caso, cuando la demanda aumentaba, se utilizaban dos o más cronómetros simultáneamente para medir de manera precisa los tiempos de las diferentes actividades. Este enfoque permitía asegurar que los datos fueran recolectados de manera adecuada, sin perder detalle de las acciones realizadas por los operarios. Además, se estableció como meta diaria la observación de 5 vehículos por día, lo que facilitaba la recolección de una muestra representativa de datos y proporcionaba una base sólida para el análisis de los tiempos de lavado.

Pilotaje A#3

Prueba	Tiempos	Tamaño del auto	Nivel de servicio	Instrumentos
1	58.36 min	Pequeño	Normal	Excel y Cronometro
2	70.36 min	Grande	Extremo	Excel y Cronometro
3	72.23 min	Grande	Extremo	Excel y Cronometro

5.1.4 Levantamiento del proceso del lavado

A través del pilotaje, las observaciones y las conversaciones con los operarios de los tres autolavados, se logró identificar las etapas del proceso de lavado de cada establecimiento. Estos procesos fueron determinados siguiendo los pasos previamente establecidos por cada uno de los autolavados, lo que permitió comprender mejor las tareas realizadas en cada fase. El análisis detallado de estas etapas proporciona una visión más clara de las operaciones, facilitando la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia.

A través de medición de tiempo del proceso de lavado, se determinó que el tiempo estimado para el proceso de lavado era de aproximadamente 60 minutos, sin considerar variables como el tamaño del vehículo o su nivel de suciedad. Además, diversos factores externos prolongaban el tiempo total de lavado. La falta de procedimientos estandarizados generaba variabilidad en la duración del servicio, resultando en tiempos de espera más largos que no correspondían con la complejidad real del trabajo en cada vehículo.

Tegucigalpa, al ser el núcleo administrativo y gubernamental de Honduras, concentra las principales oficinas del sector público, según el Instituto del Trabajo. En el Distrito Central, más del 40% de la población económicamente activa posee un vehículo. La frecuencia de lavado, que supera tres veces al mes, genera alta demanda en los autolavados, provocando saturación de sus servicios. Sánchez Hernández, J. C., & Antúnez Escobar, P. A. (2013)

5.4.1.1 Variables a estudiar al proceso de lavado

En el estudio de tiempos de los autolavados, analizar el nivel de suciedad y el tamaño del vehículo es esencial para clasificar adecuadamente los tiempos requeridos en cada lavado. Esto permite establecer estándares realistas según las condiciones del auto, evitando sobrecargas en el flujo de trabajo. Además, facilita la asignación eficiente de recursos, garantizando un servicio más rápido y adaptado a las necesidades específicas de cada cliente, mejorando la calidad y la satisfacción general.

Nivel de Suciedad del auto

Nivel de suciedad	Explicación
Ligera	Polvo, partículas de polen, y manchas pequeñas.
Moderada	Incluye barro seco, manchas de lluvia ácida y residuos de insectos.
Extrema	Sustancias como grasa, excremento de aves, savia de árboles, y marcas de alquitrán.

Fuente: Elaboración propia

Tamaño de los automóviles

Tamaño del auto
Pequeño
Mediano
Grandes

Fuente: Elaboración Propia

5.1.5 Análisis actual del autolavado #1

En este estudio se analizó el proceso de lavado en un autolavado ubicado en la zona norte de Tegucigalpa, el cual contaba con un equipo de cinco operadores encargados de ejecutar las actividades necesarias para llevar a cabo dicho proceso. A través de observaciones se identificaron las actividades involucradas en cada etapa del lavado, lo que permitió realizar un análisis y con esto identificar posibles mejoras en la eficiencia operativa y en la calidad del servicio ofrecido. Este enfoque metodológico sirvió como base para proponer soluciones orientadas a la optimización del tiempo y los recursos empleados en la operación diaria.

Se observó que el proceso se dividirá en 10 actividades:

TABLA #1 – ACTIVIDADES AUTOLAVADO 1

#	Actividad
1	Recepción del auto
2	Rociado con manguera
3	Enjabonado
4	Enjuagado
5	Pasado con la toalla chasis
6	Pasado con la toalla interior
7	Aspirado interior
8	Aplicado de limpiador (almorol) chasis
9	Aplicado de limpiador (almorol) llantas
10	Despacho de auto

En el análisis efectuado, se detectó que el operador no contaba con los implementos de limpieza en un lugar accesible, lo que le obligaba a desplazarse hasta la bodega para recogerlos. Este traslado provocaba un pequeño retraso en la prestación del servicio, impactando negativamente en la eficiencia del proceso de lavado.

5.1.6 Análisis actual del autolavado #2

En este estudio se realizó un análisis del proceso de lavado en un autolavado ubicado en la zona sur de Tegucigalpa. Aunque el autolavado contaba con un total de siete operadores en planta, el estudio se centró en observar y analizar el desempeño de cinco de ellos. A través de observaciones se identificaron y destacaron los subprocesos clave en los que estos operadores participaban durante el proceso de lavado. Este análisis se hizo en tres semanas y facilitó la identificación de posibles mejoras para optimizar la eficiencia y efectividad del servicio.

Se observó que el proceso se dividirá en 10 elementos:

TABLA #2 – ACTIVIDADES AUTOLAVADO #2

#	Actividades
1	Recepción del auto
2	Rociado con manguera
3	Enjabonado
4	Enjuagado
5	Pasado con la toalla chasis
6	Pasado con la toalla interior
7	Aspirado interior
8	Aplicado de almorol interior
9	Aplicado almorol llantas
10	Despacho de automóvil

En el análisis realizado, se identificó que el operador no tenía los implementos de limpieza al alcance inmediato, lo que lo obligaba a desplazarse hasta la bodega para obtenerlos. Este movimiento generaba un pequeño retraso en la entrega del servicio, impactando negativamente en la eficiencia del proceso de lavado. Además, se observó que, al limpiar autos de gran tamaño, el operador no lograba cubrir completamente el techo debido a su altura, lo que lo llevaba a inclinarse sobre el vehículo para completar la tarea, afectando así la calidad del trabajo realizado.

5.1.4 Análisis actual del autolavado #3

En este estudio se llevó a cabo un análisis detallado del proceso de lavado en un autolavado ubicado en la zona centro de Tegucigalpa. El establecimiento contaba con cinco operadores encargados de llevar a cabo las distintas fases del proceso de lavado, tomados a lo largo de tres semanas. Se destacaron las actividades asociadas en los que estos operadores participaban. Este análisis permitió una comprensión profunda de las dinámicas operativas, proporcionando una base sólida para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y calidad del servicio.

Se determinó que el proceso se dividirá en 11 elementos:

TABLA #3 – ACTIVIDADES AUTOLAVADO #3

#	Actividades
1	Recepción del auto
2	Rociado con balde de agua
3	Rociado con manguera
4	Enjabonado
5	Enjuagado
6	Pasado con la toalla chasis
7	Pasado con la toalla interior
8	Aspirado interior
9	Aplicado de almorol interior
10	Aplicado almorol llantas
11	Despacho de automóvil

En el análisis realizado, se mostró que este autolavado enfrentaba problemas significativos debido a la presencia de actividades innecesarias y problemas recurrentes. Estos problemas generaban cuellos de botella en el flujo de trabajo, lo que reducía la eficiencia general del servicio y provocaba demoras en el tiempo de espera de los clientes.

5.1. Toma de tiempos

Se empleó el número de observaciones determinado a partir de la ecuación de muestreo aleatorio simple para una población finita, con el fin de registrar los tiempos asociados a las actividades realizadas. Se optó por analizar ocho ciclos de trabajo para cada uno de los cinco operarios involucrados. Posteriormente, los tiempos obtenidos fueron evaluados utilizando la tabla de factores según la metodología de Westinghouse detallada en la tabla de abajo. Este enfoque permite una evaluación detallada y representativa del desempeño de los operarios, facilitando la identificación de ineficiencias y oportunidades para mejorar el proceso general.

TABLA #5 – IDENTIFICACIÓN DE FACTORES SEGÚN MÉTODO DE WESTINGHOUSE DEL

FACTOR	CLASIFICACIÓN	VALOR
HABILIDAD	A1	0.15
ESFUERZO	B2	0.08
CONDICIONES	C	0.02
CONSISTENCIA	C	0.01
TOTAL (C) =		0.26

En la tabla #5 muestra que la tabla de Westinghouse utiliza cuatro criterios para evaluar el rendimiento del operario estudiados en los tres autolavados: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Estos aspectos pueden verse influenciados por factores como la fatiga, los obstáculos en el entorno laboral y las condiciones del clima. Con esta evaluación, se calculó el tiempo normal para el proceso de almacén e inventario mediante la fórmula adecuada. Los factores evaluados permitieron estimar de manera precisa y contextualizada el rendimiento del operario en el proceso analizado.

5.1.9 Tabla de tiempos del autolavado #1

El cálculo del tiempo normal se basa en factores como la habilidad, el esfuerzo, las condiciones de trabajo y la consistencia, evaluados con la tabla de Westinghouse. Esta fórmula ajusta el tiempo observado para reflejar el rendimiento bajo condiciones estándar. Se utilizará en los demás estudios de tiempo y se determinará por la siguiente fórmula:

$$TN = i * FC$$

Donde:

TN = Tiempo Normal

TO = Tiempo Observado

FC = Factor de Calificación + 1

TABLA #6 – TABLA DE TIEMPOS AUTOLAVADOS #1

Autolavado 1									
5 operadores									
40 observaciones									
Tiempo: min									
Recepcion del auto	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado con la toalla chasis	Pasado toalla al interior	Aspirado interior	Aplicado almorol chasis	Aplicado almorol llantas	Despacho auto
2.15	6.4	11.57	9.773	8.13	7.86	10.37	6.65	5.26	4.25
Tiempo total del proceso (Promedio)	72.413								
Factor de calificacion + 1	73.673								

Fuente: Elaboración propia

$$TN = (72.41) + (1.26)$$

$$TN = 73.67 \text{ min}$$

Los resultados indicaron que el tiempo normal del proceso de lavado era de 87.46 minutos. Se identificaron tres actividades principales que contribuían significativamente a las demoras y generaban cuellos de botella en el proceso: aspirado, enjuagado y secado. Estas etapas fueron reconocidas como las más problemáticas, afectando la eficiencia general del proceso de lavado. Y que la mayoría de los autos eran de tamaño pequeño y mediano

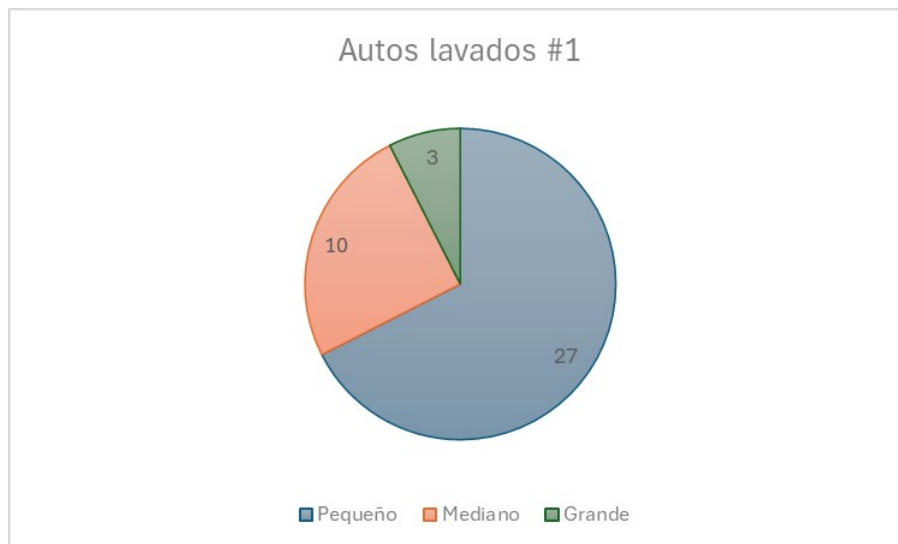


Ilustración 1- Autos llegados autolavado #1

5.1.10 Tabla de tiempos autolavado #2

TABLA#7 – TIEMPOS AUTOLAVADO #2

Autolavado 2										
5 operadores										
40 observaciones										
Tiempo: min										
Recepcion del auto	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado con la toalla chasis	Pasado toalla al interior	Aspirado interior	Aplicado almorol interior	Aplicado almorol llantas	Despacho auto	
1.7	5.6	10.65	9.45	9.36	8.25	12.25	5.36	4.45	3.25	
Tiempo total del proceso (Promedio)	65.87									
Factor de calificacion + 1	67.13									

Fuente: Elaboración propia

$$TN = (65.87) + (1.26)$$

$$TN = 67.13 \text{ min}$$

Los resultados mostraron que el tiempo promedio del proceso de lavado era de 67.13 minutos. Se identificaron tres actividades clave que provocaban demoras significativas

y creaban cuellos de botella: aspirado, enjuagado y secado. Estas etapas fueron destacadas como las más problemáticas, afectando la eficiencia global del proceso. Además, se observó que la aspiradora, al ser de corriente directa, dificultaba la movilidad del operador durante la tarea. Y la proporción de llegada de autos es más variable a comparación a los otros dos autolavados.

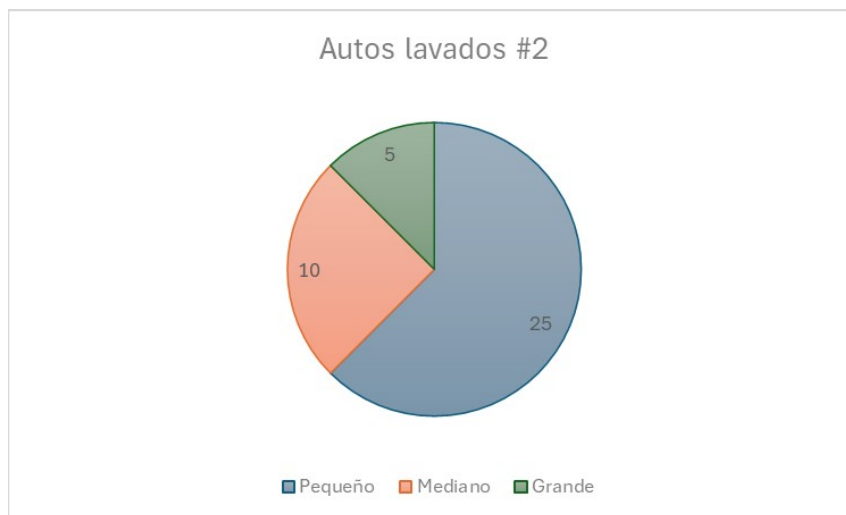


Ilustración 2- Autos Llegados Autolavado #2

5.1.11 Tabla de tiempos autolavado #3

Autolavado 3											
5 operadores											
40 observaciones	Tiempo: min										
Recepcion del auto	Rociado con balde de agua	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado toalla al chasis	Pasado toalla la interior	Aspirado	Aplicado almorol interior	Aplicado almorol llantas	Despacho de automoviles	
1.7	2.3	6.25	9.45	9.36	8.25	7.85	12.25	6.25	3.25	4.8	
Tiempo total del proceso (Promedio)	71.71										
Factor de calificacion + 1	72.97										

TABLA #8 – TIEMPO AUTOLAVADO #3

Fuente: Elaboración propia.

$$TN = (72.22) + (1.26)$$

$$TN = 72.97 \text{ min}$$

Los resultados indicaron que el tiempo promedio del proceso de lavado era de 90.99 minutos. Se identificaron tres actividades principales que causaban demoras importantes y formaban cuellos de botella en el proceso: aspirado, enjuagado y secado. Estas fases fueron reconocidas como las más problemáticas, impactando negativamente en la eficiencia general del proceso. Además, se observó que la mayor cantidad de autos que llegan son de tamaño pequeño y mediano

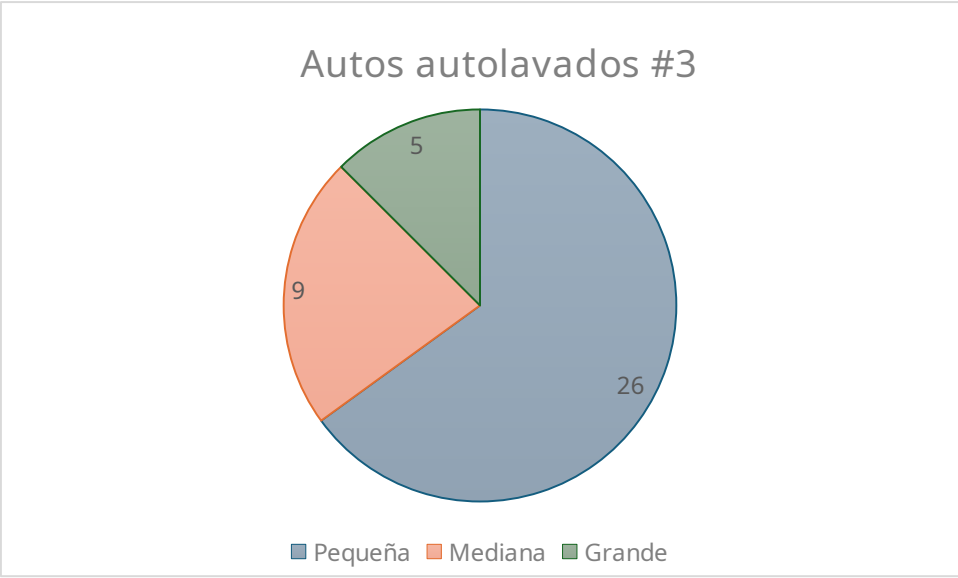


Ilustración 3- Autos llegados A#3

5.2 VSM Situación Actual de los autolavados

5.2.1: VSM Situación actual Autolavado #1

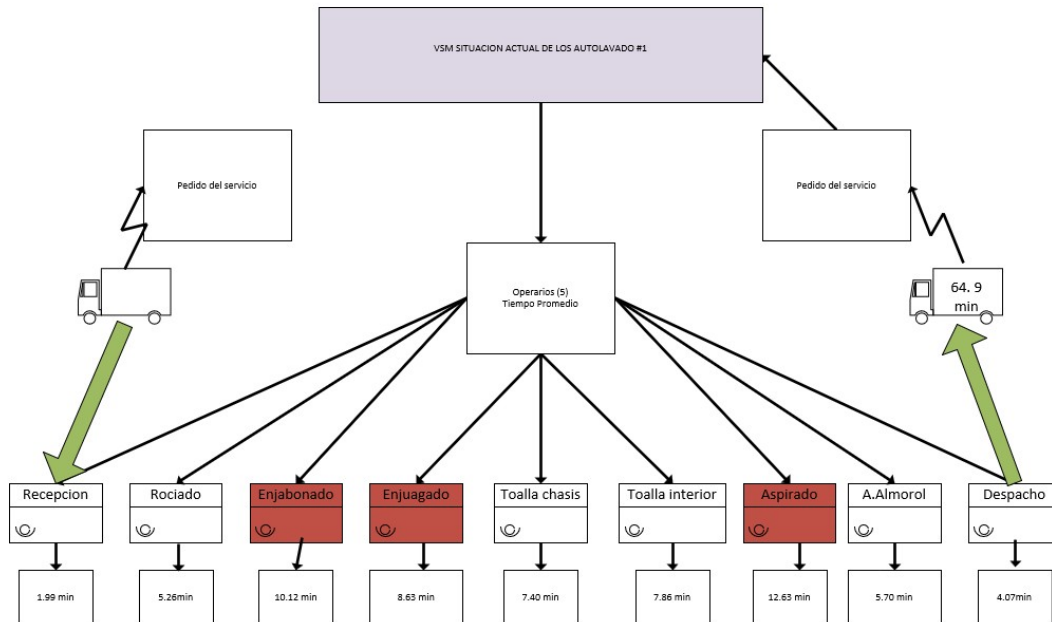


Ilustración 1- VSM situación actual autolavado #1

Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración #5 se mostró el VSM del autolavado #1 en su situación actual, donde se destacaron en rojo las tres actividades que generaban mayores retrasos y cuellos de botella. Estas actividades fueron identificadas como las principales causas de demora debido a la falta de implementos cercanos o a pausas innecesarias en el proceso. Además, se observó que la actividad de secado del chasis con toalla podría alargarse, por lo que se recomendó que el operario emplee movimientos horarios y antihorarios durante el proceso reducir los tiempos de espera con un tiempo promedio total del proceso de 69.42 minutos.

5.2.2 VSM Situación actual Autolavado #2

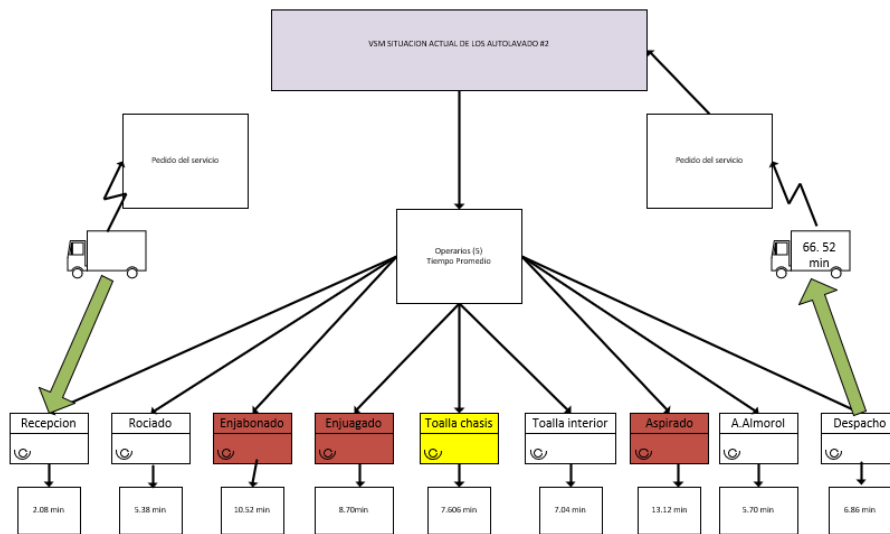


Ilustración 2- VSM Situación actual del autolavado #2

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración #6 se presentó el VSM del autolavado #2 en su estado actual, resaltando en rojo las tres actividades que provocaban mayores retrasos y cuellos de botella. Estas tareas fueron identificadas como las principales fuentes de demora debido a la falta de herramientas accesibles o pausas innecesarias. Las áreas señaladas mostraron los puntos críticos que perjudicaban la eficiencia operativa, destacando la necesidad de optimizar la ubicación de implementos y eliminar tiempos muertos. Se observó que la herramienta "la aspiradora" es de conexión directa y esto afecta la movilidad del operario que tiene un promedio de 70.22 minutos.

5.2.4 Plan de reducción de tiempos del proceso

Dentro de los tres autolavados se identificaron tres procesos que resultan ser los más lentos dentro del flujo de trabajo. Además, y se detectó un proceso con alta probabilidad de generar un cuello de botella, lo que podría afectar negativamente la eficiencia general. Estos hallazgos permiten enfocar los esfuerzos en mejorar específicamente estas áreas. Al abordar estos puntos críticos, se espera reducir tiempos y evitar acumulaciones en el proceso productivo.

TABLA#9 – ACTIVIDADES MAS LENTAS DEL PROCESO DE LAVADO

Actividad
Enjabonado
Enjuagado
Aspirado
Pasado con la toalla chasis

Tras identificar las actividades con mayor holgura, se llevará a cabo un pilotaje utilizando herramientas propuestas como la gabacha, la escalera antideslizante y la aspiradora a batería. Este pilotaje se realizará con un operador externo, ajeno a los tres autolavados, para evaluar si estas mejoras permiten reducir los tiempos de lavado esperado en una reducción del 20 %. La aplicación de estas herramientas tiene como objetivo optimizar los tiempos operativos y mejorar la eficiencia del proceso.

5.2.5 Prueba Piloto de las mejoras de propuesta de Implementación

Para lograr esta reducción de tiempo, se pueden implementar varias mejoras. Una de ellas es la adquisición de aspiradoras a batería, lo que agilizará la limpieza interior sin depender de cables o tomas de corriente. Además, el uso de escaleras antirresbalante facilitará el acceso a zonas elevadas de los vehículos, mejorando la seguridad y eficiencia de los operarios. Asimismo, al realizar movimientos horarios y antihorarios durante el secado del chasis, se optimizará el proceso de secado, cubriendo más superficie en menos tiempo. Estas recomendaciones no solo incrementarán la productividad, sino que también mejorarán la calidad del servicio y reducirán los tiempos de espera.

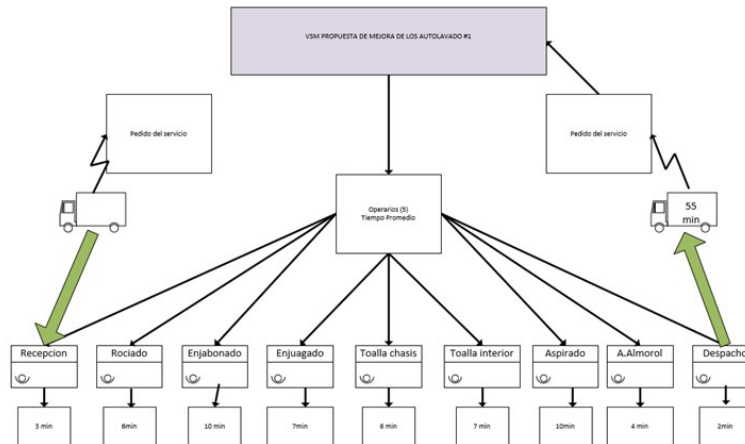
Operario Externo

Tamaño del carro	Tiempo Total
Pequeño	55.36
Pequeño	48.36
Mediano	52.1
Mediano	55.1
Grande	60.36
Promedio	54.256

Las herramientas propuestas, como la escalera antiderrapante, la gabacha y la aspiradora a baterías, son esenciales para el plan de reducción de tiempos. Estas herramientas son fundamentales para mejorar la seguridad y la eficiencia durante el

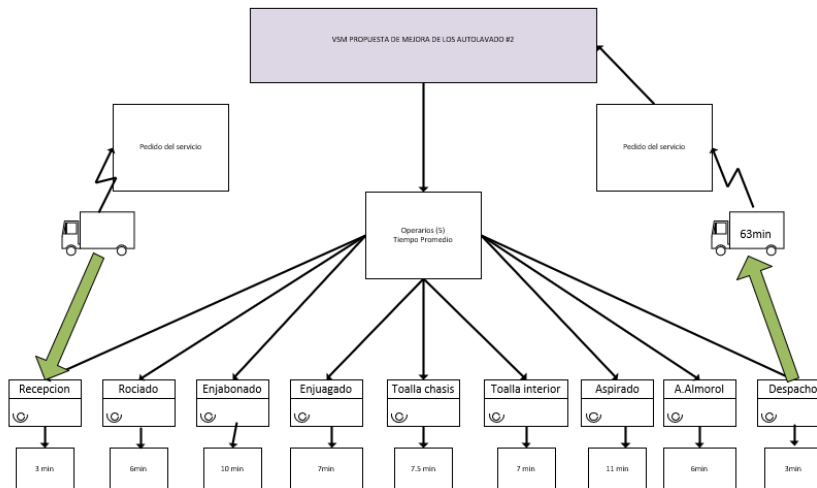
proceso de lavado, permitiendo que los operarios realicen sus tareas de manera más rápida y con mayor comodidad.

5.2.3 VSM con Situación de Mejor autolavado #1



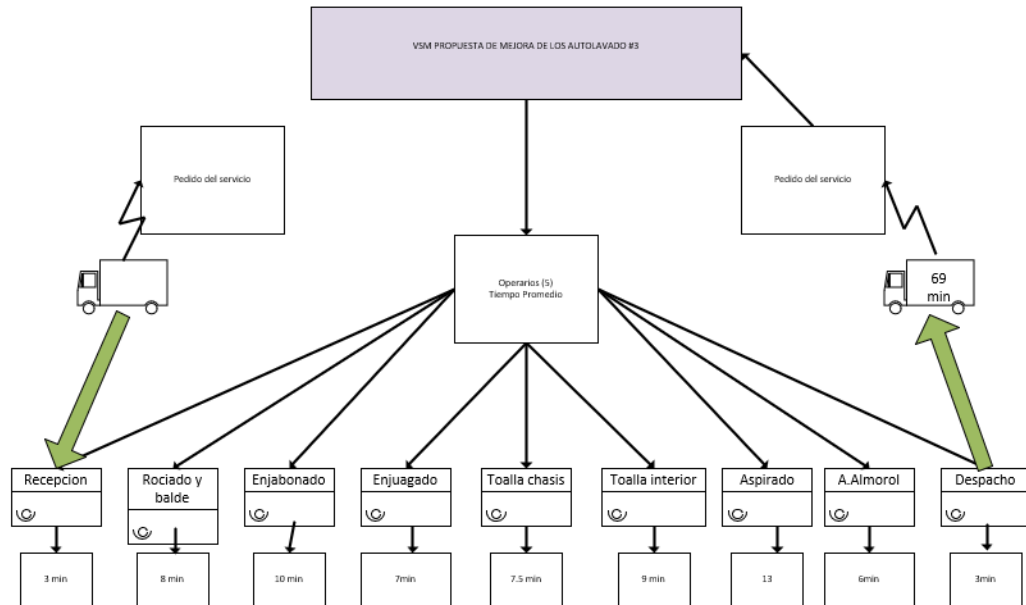
Si la propuesta de reducción del 20 % en los tiempos es viable, el tiempo total del proceso disminuirá a 55 minutos, como lo muestra el análisis del Value Stream Mapping (VSM). Esta mejora no solo optimizará la eficiencia operativa, sino que también permitirá atender a un mayor número de clientes en menos tiempo, incrementando la capacidad de demanda del autolavado 1. Con una reducción significativa en los tiempos de las actividades que generan más tiempo, se espera que los clientes perciban un servicio más rápido y eficiente.

5.2.4 VSM con Situación de mejora del autolavado 2



Si la propuesta de reducción del 20 % es viable, el tiempo total del proceso será de 63 minutos, como lo demuestra el análisis de Value Stream Mapping (VSM). Esta mejora podría incrementar significativamente la demanda en el autolavado 2, debido a una mayor capacidad operativa. Además, la variabilidad en el tiempo de lavado entre autos pequeños y medianos resulta ser mínima, lo que contribuye a una estandarización más eficiente del proceso. Esta homogeneidad permite optimizar los recursos y reducir tiempos muertos. Por consiguiente, la implementación de la propuesta tendría un impacto positivo en la productividad y en la satisfacción del cliente.

5.2.5 VSM con Situación de mejora del autolavado 3



Si la propuesta de reducción del 20 % es viable, el tiempo total para el proceso será de 69 minutos, como lo demuestra el Value Stream Mapping (VSM) desarrollado. Esto no solo optimizará los tiempos de operación, sino que permitirá atender una mayor demanda, especialmente en el Autolavado 3. En este establecimiento, la variabilidad en el tamaño de los autos pequeños y medianos no representa un desafío significativo durante el lavado. Sin embargo, este autolavado tiende a recibir un mayor número de vehículos grandes, lo que podría influir en los tiempos de servicio. A pesar de ello, la reducción propuesta es una oportunidad para aumentar la eficiencia y captar más clientes, especialmente en momentos de alta demanda como los fines de semana.

VI. Conclusiones

6.1 Conclusiones específicas

6.1.1 A través de un estudio de tiempos y un análisis , se determinó el tiempo real estimado del proceso de lavado en tres autolavados. El promedio de tiempo en el Autolavado 1 fue de 72.41 minutos, en el Autolavado 2 fue de 65.87 minutos, y en el Autolavado 3 fue de 71.71 minutos. Este análisis permitió desglosar los tiempos específicos de cada actividad involucrada, proporcionando una evaluación precisa del proceso de lavado.

6.1.2 El plan de reducción de tiempo en el proceso de lavado es viable, dado que se han identificado las actividades que generan cuellos de botella mediante un VSM en los tres autolavados estudiados. Al optimizar estas actividades e implementar herramientas de Lean Manufacturing, se espera una reducción de un 20% en el tiempo total del proceso. Esta disminución permitiría a cada operario atender entre uno y dos vehículos adicionales, incrementando así la productividad de los autolavados. Además, se mejorarán significativamente los tiempos de espera, lo que contribuirá a una mayor satisfacción del cliente y fortalecerá la competitividad de los negocios.

6.1.3 La validación mediante la triangulación de expertos y la realización de pruebas piloto fue fundamental para la realización del proyecto ya que las asesorías proporcionadas resultaron decisivas para la precisión de los estudios de tiempos y la correcta implementación de la metodología Lean esta experiencia de los expertos permitió identificar mejoras clave, optimizando los procesos de manera efectiva y adaptando las herramientas de Lean a las necesidades específicas de las empresas y con el enfoque colaborativo fortaleció las recomendaciones, asegurando su viabilidad y efectividad en la práctica.

6.1.4 La propuesta del del plan de reducción de tiempos, con un objetivo de mejora del 20% en los tres autolavados, tendrá un impacto positivo significativo en la eficiencia operativa. Al optimizar los procesos, se logrará un flujo de trabajo más ágil, lo que permitirá atender un mayor volumen de vehículos, especialmente durante los días picos de demanda, como los fines de semana. Esta mejora en los tiempos de lavado no solo incrementará la capacidad operativa, sino que también generará más ingresos al poder atender a más clientes en menor tiempo, mejorando la competitividad y la satisfacción del cliente.

6.2 Conclusión General

6.2.1 En conclusión, la propuesta de un plan para reducir los tiempos en el proceso de lavado en tres autolavados, utilizando herramientas del Sistema de Mejoramiento de Operaciones, es una estrategia clave para optimizar la productividad y satisfacer la demanda de los clientes. Este enfoque permite identificar y eliminar actividades innecesarias, reducir cuellos de botella y establecer estándares eficientes. Al adaptar los procesos a las condiciones específicas de cada vehículo y maximizar los recursos disponibles

VII. Recomendaciones

7.1 Recomendaciones para la investigación

7.1.1 Se sugiere llevar a cabo un estudio futuro orientado a analizar la redistribución del personal en el área de lavado, enfocándose en la posibilidad de asignar equipos de dos trabajadores para atender cada vehículo. Esta iniciativa busca maximizar el aprovechamiento de los recursos humanos, disminuir los tiempos operativos y fomentar una mejor coordinación en las tareas de limpieza. Asimismo, se prevé que esta estrategia podría incrementar la eficiencia del proceso y mejorar la experiencia del cliente. Para ello, sería necesario evaluar su factibilidad e impacto mediante un análisis del proceso.

7.1.2 Es recomendable que, en el análisis sobre el trabajo en equipos de dos personas, se dé prioridad al desarrollo de procedimientos operativos que impulsen la cooperación entre los trabajadores. Este planteamiento tiene como finalidad fortalecer una colaboración efectiva, potenciar el desempeño conjunto y evitar duplicidad de esfuerzos. La asignación precisa de funciones y la sincronización adecuada entre los miembros del equipo serán fundamentales para lograr estos propósitos. Asimismo, se prevé que esta iniciativa ayude a reducir los tiempos de operación y a elevar la calidad del servicio.

7.1.3 Se recomienda, a futuro, realizar una evaluación costo-beneficio enfocada en la adquisición de maquinaria para automatizar actividades dentro del proceso operativo. Este análisis permitiría identificar el impacto económico de la inversión en relación con los beneficios esperados, como la reducción de tiempos y costos operativos. Además, la automatización podría contribuir a mejorar la eficiencia general y la calidad del servicio. La propuesta debe estar respaldada por un estudio que contemple tanto los aspectos financieros como operativos.

7.1.4 Se aconseja que la empresa realice un análisis exhaustivo sobre cómo la disminución de los tiempos en el proceso de lavado impacta en el aumento del volumen de ventas. Este estudio facilitaría la evaluación de la influencia de la optimización operativa en la capacidad de atención al cliente y en el crecimiento de los ingresos. Asimismo, permitiría identificar oportunidades adicionales para mejorar la eficiencia del servicio. Llevar a cabo este análisis será fundamental para respaldar decisiones estratégicas enfocadas en el desarrollo empresarial.

7.2 Recomendaciones para las empresas

7.2.1 Es fundamental que los operarios encargados del área de lavado reciban formación en la metodología Lean Manufacturing, con el objetivo de alcanzar una reducción mínima del 15 % en las actividades que más tiempo consumen dentro del proceso. La implementación de esta metodología no solo optimizará las tareas, sino que también generará un impacto positivo en la productividad general de la empresa. Al disminuir los tiempos muertos y los retrasos, se mejorará la eficiencia operativa, lo que repercutirá en una mayor satisfacción del cliente y una capacidad de respuesta más ágil.

7.2.2 Es crucial que los gerentes de los autolavados realicen evaluaciones detalladas del proceso aplicado por cada operario en la metodología Lean. El propósito de estas revisiones es asegurar que los principios se estén implementando correctamente y verificar si ha habido mejoras significativas en comparación con meses anteriores. Además, es necesario identificar las áreas que aún presentan problemas para proponer nuevas soluciones que ayuden a reducir los retrasos, mejorando los tiempos de entrega y la atención al cliente.

VIII Aplicabilidad / Implementación

Cada uno de los tres autolavados analizados deberá llevar a cabo una evaluación para la implementación de los factores recomendados en este estudio. Se sugiere que todos los operarios del proceso de lavado reciban capacitaciones sobre la metodología Lean Manufacturing, lo que permitirá aplicar adecuadamente sus principios. Además, estas capacitaciones mejorarán la comprensión de los empleados sobre la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios. Si se implementan correctamente estas recomendaciones, se logrará una reducción notable en los tiempos del proceso, lo cual impactará positivamente tanto en los tiempos de entrega como en la satisfacción del cliente.

La metodología Lean puede ser implementada en cualquier empresa que busque optimizar sus procesos, reducir tiempos o incrementar la productividad. No obstante, el estudio de tiempos es específico a la empresa donde se realizó, ya que las variaciones en tiempos y distancias no serían iguales en otras compañías. La propuesta de esta investigación es viable económicamente, dado que las capacitaciones y talleres necesarios para aplicar Lean Manufacturing no requieren una inversión significativa.

IX. Evolución del trabajo Actual / Trabajo Futuro

Este proyecto de investigación puede avanzar a una segunda fase mediante un enfoque evolutivo, empleando una perspectiva distinta y nuevas herramientas. En esta etapa, sería posible integrar metodologías como las 5S y redefinir los objetivos, aplicando estrategias de Optimización pertenecientes a las clases de Sistemas de Mejoramiento de las Operaciones e Ingeniería de Métodos. Estas herramientas permitirían un análisis más profundo de los factores que influyen en la productividad de los procesos de la empresa. En particular, se podría estudiar la presencia de los siete tipos de desperdicios identificados en Lean Manufacturing y utilizar enfoques como 5S, Kanban, SMED, TPM.

La implementación de estas técnicas no solo ayudaría a mejorar la calidad del proceso de lavado en los tres autolavados, sino que también facilitaría la identificación y eliminación de actividades innecesarias, logrando un impacto positivo en la productividad y calidad general de la empresa. Esta segunda fase, por lo tanto, permitiría consolidar los resultados obtenidos en la primera y profundizar en el uso de metodologías avanzadas para la mejora continua.

Bibliografías

- Guevara, (s.f.). Lean Manufacturing: Enfoque en la eliminación de desperdicios y mejora continua.
- Project Review Insights. (2006). Time studies: Optimizing processes through observation and data collection. Purdue OWL.
- General Electric. (n.d.). *GE's approach to cycle time reduction*. General Electric. Retrieved from <https://www.ge.com/>
- Liker, J. K. (2004). *El Sistema Toyota: 14 Principios de Gestión del Mayor Fabricante Mundial*. McGraw-Hill.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Pensamiento Lean: Cómo Eliminar Desperdicios y Crear Valor en tu Empresa*. Free Press.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Aprender a Ver: Mapeo del Flujo de Valor para Añadir Valor y Eliminar Desperdicios*. Lean Enterprise Institute.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *La Caja de Herramientas Lean: Guía Esencial para la Transformación Lean*. PICSIE Books.
- Zamalloa Peña, J. J. (2021). *Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en la empresa Fil Export SAC Ate-2021 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional UCV.

- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *Manual del Sistema Toyota: Guía Práctica para Implementar los 4P de Toyota*. McGraw-Hill.
- Dennis, P. (2016). *Simplificación de la Producción Lean: Guía Clara del Sistema de Producción Más Eficiente*. Productivity Press.
- Sánchez Hernández, J. C., & Antúnez Escobar, P. A. (2013). *Estudio de prefactibilidad de lavado de automóviles a domicilio en Tegucigalpa, Honduras*. UNITEC.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *La Máquina que Transformó el Mundo: Historia de la Producción Lean*. Free Press.
- Martin, K., & Osterling, M. (2014). *Mapeo del Flujo de Valor: Cómo Visualizar el Trabajo y Alinear el Liderazgo para Transformaciones Organizacionales*. McGraw-Hill.
- Rivera, G. V. M., Vásquez, C. G. M., Huallpachoque, R. C. C., & Rosado, D. J. M. (2022). *Influencia del uso del Lean Manufacturing en la productividad: caso empresa lavado de vehículos Carwash, Chimbote-Perú*.
- Calle Domínguez, S. N. L., Gonzales Ruiz, K. A., Li León, Y. K., Moyano Raygada, V. C., & Valderrama Rubio, E. F. (2018). *Propuesta de optimización del tiempo, espacio y mano de obra bajo el enfoque Lean Management, para la mejora de la eficiencia y productividad de la empresa "Car Wash Mr. G & H" EIRL*.
- Arteaga, C. C., Montenegro, Y. Á. G., Salazar, M. del C. T., & Cisneros, M. G. V. (2020). *Importancia de un estudio de tiempos y movimientos*. *Inventio*, 16(39), Article 39.
- Durán, F. A. (n.d.). *Globalización: Técnicas para el Manejo Eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios y Hospitalarias*.

- *Lindo-Salado-Echeverría, C., Sanz-Angulo, P., De-Benito-Martín, J. J., & Galindo-Melero, J. (2015). Aprendizaje del Lean Manufacturing Mediante Minecraft: Aplicación a la herramienta 5S/Lean Manufacturing Learning by Minecraft: application to the 5S tool. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información, 16, 60–75. <https://doi.org/10.17013/risti.16.60-75>.*
- *Gus. (2020, June 10). Diagrama de flujo de proceso (flujograma de proceso): Qué es y cómo hacerlo en 5 pasos. Atlas Consultora. <https://www.atlasconsultora.com/diagrama-de-flujo-de-proceso-que-es-y-como-hacerlo/>*
- *Miranda, P. P., Salazar-Araujo, E., Mendoza, Z. V. Á., & Cardona, J. O. (2020). Marketing digital, elementos de la cadena de valor generadores de competitividad del sector publicitario*
- *Pérez Porto, J., & Merino, M. (2022). Racionalización - Qué es, ejemplos, definición y concepto. Definicion.de. <https://definicion.de/racionalizacion/>*

Anexos

ANEXO #1

Habilidad		
0.15	A1	Super hábil
0.13	A2	Super hábil
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0.05	E1	Regular
-0.1	E2	Regular
-0.16	F1	Pobre
-0.22	F2	Pobre

Esfuerzo		
0.13	A1	Excesivo
0.12	A2	Excesivo
0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0.04	E1	Regular
-0.08	E2	Regular
-0.12	F1	Pobre
-0.17	F2	Pobre

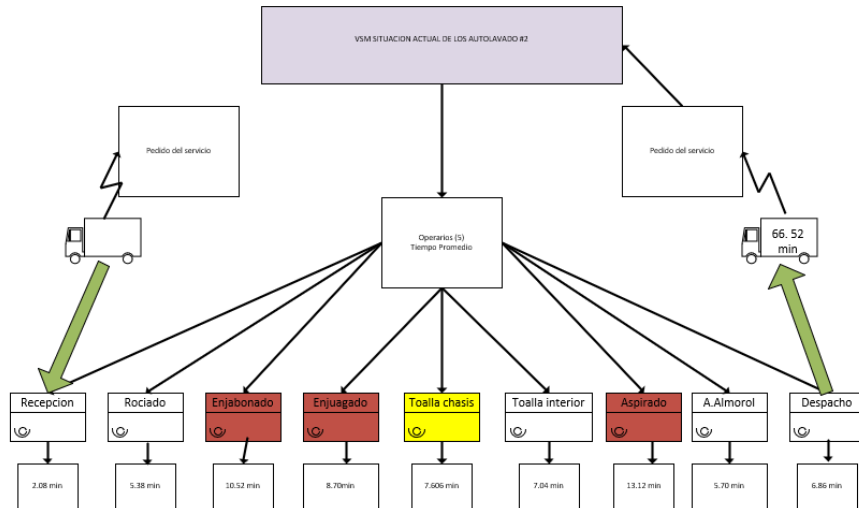
Condiciones		
0.06	A	Ideal
0.04	B	Excelente
0.02	C	Buena
0	D	Promedio
-0.03	E	Regular
-0.07	F	Pobre

Consistencia		
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Buena
0	D	Promedio
-0.02	E	Regular
-0.04	F	Pobre

ANEXO #4-TABLAS DE TIEMPO

Elementos		Operario	Recepcion del vehiculo	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado con la toalla chasis	Pasado con la toalla interior	Aspirado	Aplicado de almorol	Despacho de auto	Tiempo total del proceso	Factor de calificacion + 1
Numero de ciclo	X	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	XX	1.26
1	a	1.9	6.42	10.32	8.75	9.26	11.3	12.37	8.52	5.36	74.2	75.46	
2	a	1.8	5.32	12.28	9.39	7.31	9.25	8.56	6.36	4.36	64.63	65.89	
3	a	1.5	5.36	11.36	8.45	6.26	12.36	9.36	7.32	4.38	66.37	67.63	
4	a	2.9	5.24	11.26	9.37	4.25	8.36	8.45	6.23	5.26	61.32	62.58	
5	a	1.6	5.1	12.26	11.21	7.64	8.45	10.22	5.24	3.25	64.97	66.23	
6	b	2.26	5.69	10.52	11.39	6.78	9.63	12.26	5.3	5.2	69.03	70.29	
7	b	1.5	5.4	9.45	11.75	8.2	9.54	5.26	6.25	4.5	61.85	63.11	
8	b	1.9	6.23	11.36	10.25	6.25	6.22	10.36	7.36	3.5	63.43	64.69	
9	c	2.6	8.45	12.05	12.36	8.2	6.32	10.26	5.55	3.25	69.04	70.3	
10	c	2.8	9.45	11.45	8.26	7.2	7.25	9.36	5.21	1.9	62.88	64.14	
11	c	1.5	9.63	19.36	9.27	6.25	7.36	8.26	6.36	2.22	70.21	71.47	
12	d	1.9	6.26	15.36	8.36	7.2	9.12	11.9	8.26	1.5	69.86	71.12	
13	d	2.5	5.32	14.32	8.25	6.36	8.23	12.25	9.36	2.2	68.79	70.05	
14	d	3.2	6.2	15.36	10.36	8.2	8.36	12.26	6.25	1.9	72.09	73.35	
15	e	2.5	6.02	12.36	9.24	5.1	7.36	11.36	6.32	2.5	62.76	64.02	
Promedio	XX	2.15733333	6.406	12.6046667	9.77733333	6.96533333	8.60733333	10.166	6.65933333	3.41866667	66.762	68.022	

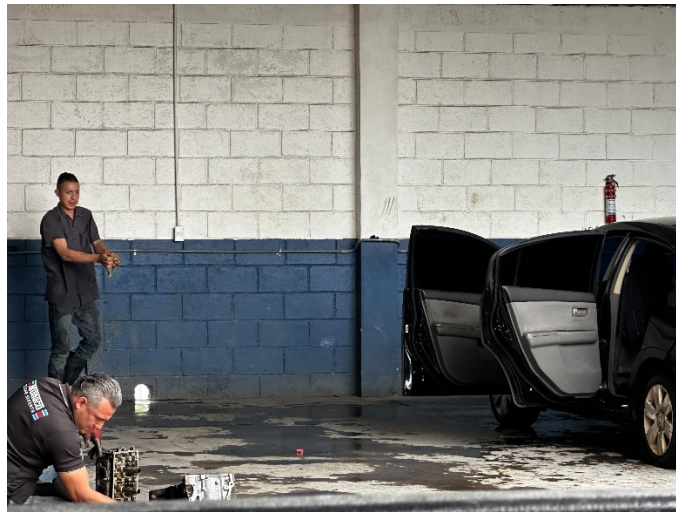
ANEXO #5



ANEXO #6 – AUTOLAVADO 1



ANEXO #7 – AUTOLAVADO 1



ANEXO #8 – AUTOLAVADO 1



ANEXO #9 -AUTOLAVADO 2



ANEXO #9- AUTOLAVADO 2



ANEXO #10 – AUTOLAVADO 3



ANEXO #11



ANEXO #12 – AUTOLAVADO 3



ANEXO #13



ANEXO #14



ANEXO #15

