

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DE LAS AMÉRICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Industrial**

**Rediseño del proceso de lavado y desinfección en la
plataforma de lavado de la compañía EBI para solucionar
los problemas de cuellos de botella**

AUTOR

Danny Valverde Arroyo

TUTOR

Ing. Luis C. Quirós González

LECTOR

Allan Mora Vargas

SAN JOSÉ, JULIO, 2021

Dedicatoria

Dedicado a mis padres, por el apoyo incondicional que me han dado; a mi novia y hermanas, quienes son los motivos para salir adelante y a todas las personas que contribuyeron, de una u otra manera, para lograr este objetivo.

Agradecimientos

A Dios, porque sin él no hubiera alcanzado mis metas y objetivos.

A mi familia, por el infinito apoyo y amor que me brinda cada día de mi vida.

A la Universidad, por darme la bienvenida y brindarme oportunidades.

A los profesores, quienes han aportado sus conocimientos y experiencias durante toda la carrera universitaria.

Y agradecer a todas las personas que me ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta propuesta, por brindarme su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en diferentes momentos de mi vida.

Resumen ejecutivo

La presente investigación titulada *Rediseño del proceso de lavado y desinfección en la plataforma de lavado de la compañía Berthier EBI de Costa Rica S.A.* se desarrolla en dicha empresa y aborda la situación problemática de los tiempos de espera. La investigación se basa en la metodología del ciclo Deming, lo que permite obtener como resultado que el proceso debe mejorarse.

Se identifican las causas que provocan cuellos de botella en la planta, utilizando instrumentos como diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, se comprueba que existe un cuello de botella importante en el proceso de lavado y desinfección de equipos especiales (compactadores y contenedores). Así mismo, se identifica en el periodo del 2016-2020 que el ingreso de vehículos al PTA presentó un incremento de su afluencia a 27 352 vehículos, lo que significó un incremento de un 29.22 % en la entrada de nuevos clientes.

Respecto a la metodología de investigación, se selecciona una muestra de 160 vehículos. Para la recolección y análisis de datos, el diagnóstico determina que los clientes presentan disconformidad e insatisfacción con la atención brindada por la empresa. Esto se pudo corroborar con una encuesta aplicada a 160 choferes, la cual mostró que tenían una percepción negativa respecto a los tiempos de espera, esto debido a que un 64.4% calificó a los tiempos ofrecidos por la empresa como ineficientes.

Por otra parte, se analiza el sistema de colas en plataforma de lavado utilizando el *software* Minitap, el cual determinó que funcionaba con tiempos de arribo y tiempos de servicio que seguían una distribución normal. En el caso de los tiempos de arribo de los clientes, presentaban una media de 1.911 y los tiempos de servicio ejecutado por los operarios de la empresa tenían un promedio de 4.162 minutos con una desviación estándar de 6.013 minutos.

Se realiza una evaluación de los servidores utilizando el *software* Winqsb, el cual demostró que el sistema de colas de la plataforma de lavado presentaba deficiencias en sus tiempos de atención. Dicha evaluación demostró que la utilización del sistema era de 74.77%; se estima, además, que los clientes debían esperar un promedio (W_b) de 9.20 minutos cuando el sistema estaba ocupado y existía un 42.77% de probabilidad de que los clientes encontraran el sistema ocupado al llegar a plataforma de lavado.

La propuesta para la Empresa Berthier EBI de Costa Rica S.A. se basa en la ampliación de su plataforma de lavado a tres líneas, con el objetivo de mejorar el problema de tiempos de espera y eliminar los cuellos de botella del proceso.

Además, se realiza un análisis completo de toda la documentación y se diseña un procedimiento para las líneas de plataforma de lavado, con el objetivo de cumplir con los requerimientos de los usuarios.

Se ejecuta un modelo de simulación construido en el *software* FlexSim, con los parámetros de rendimiento en cada uno de los procesos; con base en los tiempos de arribo y tiempos de servicio en la plataforma de lavado, los principales resultados de la simulación evidencian una clara mejora en los tiempos de espera, logrando alcanzar con tres líneas un promedio de tres vehículos en espera equivalente a un 2.3% de los 160 vehículos en el modelo. El diseño con tres líneas mejora la atención de vehículos, con un incremento en la capacidad del 16.1% sobre el modelo inicial, de esta forma, se optimizaron los tiempos de espera dentro del proceso.

Además, se elabora un plano estructurado y se levantan los requisitos para realizar la ampliación contemplando los requerimientos establecidos. Por otra parte, se lleva a cabo un análisis económico para la propuesta de ampliación, enfocado en la construcción de una tercera línea de lavado, con el objetivo de obtener la reducción de los tiempos de espera, así mismo, se analizan los costos que se correría para implementar la nueva línea de lavado.

Se estima un promedio del total de choferes que asigna el Departamento de Logística a rutas con equipos especiales y se obtiene un promedio de nueve choferes diarios, cada chofer tiene un promedio de tres viajes con equipos especiales. Con el análisis de los datos, se obtiene una ganancia de 11,7 horas diarias de toda la flota y una reducción del 13% de horas diarias en comparación con una línea.

El beneficio económico de la propuesta de ampliación con una proyección mensual representa un ahorro de 298,8 horas ahorradas, con la implementación de la propuesta, la empresa obtendría un ahorro mensual de ¢ 1.404.219,00.

CONTENIDO

Dedicatoria	1
Agradecimientos.....	2
Carta autorización del tutor	3
Carta de revisión Filológica	4
Carta incorporación de las modificaciones al TFG	5
Declaración jurada.....	6
Solicitud de defensa	7
Resumen ejecutivo	8
TABLAS	14
FIGURAS.....	14
APÉNDICES	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	17
Generalidades De La Empresa	18
Historia de la empresa	18
Misión.....	18
Visión	18
Planteamiento Del Problema	19
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	20
Justificación.....	21
Antecedentes	21
Proyecciones.....	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	26
Definición de proceso.....	26

	11
Rediseño de proceso.....	26
Metodología del rediseño de procesos	27
Diagrama de procesos	29
Diagrama Ishikawa.....	30
Diagrama de Pareto	32
Metodología PDCA.....	33
Estudio de tiempos	35
Sistema de colas	35
Software WinQSB.....	36
Simulación.....	37
Simulación usando Software Flexsim	37
Distribución de planta	38
Planteamiento para la distribución de planta.....	39
Lean Manufacturing	40
CAPITULO III MARCO METODÓLOGICO	41
Enfoque	41
Enfoque cuantitativo	41
Enfoque cualitativo	41
Enfoque mixto.....	41
Alcances	42
Estudio Exploratorio	42
Estudio Descriptivo	42
Estudio Correlacional.....	42
Estudio Explicativo	42
Diseño.....	42
Diseños experimentales.....	42

	12
Diseños no experimentales	43
Muestra De La Investigación	43
Probabilística aleatoria simple	43
Variables o Unidades De Análisis.....	44
Instrumentos	46
Proceso Para La Recolección De Datos	47
Métodos De Análisis	47
Cronograma.....	47
Estructura De Descomposición Del Trabajo	48
CAPÍTULO IV ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	49
Descripción de la situación actual.....	49
Descripción del problema.....	50
Metodología PDCA.....	56
Fase Planear PDCA	57
Diagrama de Flujo	60
Procesos de Líneas de lavado.....	61
Medición de las consecuencias y análisis de las causas.....	62
Diagrama de Ishikawa.....	62
Diagrama de Pareto	68
Fase Hacer PDCA	71
Fase Verificar PDCA	72
Análisis de la situación actual	72
Hipótesis General	72
Hipótesis Específica	72
Población y muestra	72
Estudio de tiempos plataforma de lavado	74

Evaluación de los vehículos en el sistema de colas en la plataforma de lavado.....	75
Evaluación de los servidores en el sistema de colas de la plataforma de lavado.....	76
Encuesta	80
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	84
CAPÍTULO VI PROPUESTA	85
Diseño o propuesta	85
Solución técnica del problema	85
Fase Actuar PDCA	85
Simulación del proceso en Software FlexSim.....	88
Plano ampliación plataforma de lavado	90
Requerimientos para su implementación	92
Beneficios operativos esperados	95
Análisis Económico.....	95
Inversión requerida.....	95
Cotizaciones	100
Beneficios Económicos	101
Plan de implementación	104
REFERENCIAS	106
APÉNDICES	109

TABLAS

Tabla 1 Metodología del rediseño de procesos.	27
Tabla 2 Variables	44
Tabla 3 Instrumentos	46
Tabla 4 Cronograma.....	47
Tabla 5 Causas del problema y categorización 6M`s.....	62
Tabla 6 Estrato de la muestra	74
Tabla 7 Formulario de la encuesta	81
Tabla 8 Requerimientos para su implementación	92
Tabla 9 Costos de nuevos operarios	96
Tabla 10 Cargas sociales y gastos administrativos nuevos operarios.....	98
Tabla 11 Costos nuevos equipos	100
Tabla 12 Costos estructura ampliación	100
Tabla 13 Situacion actual con una línea de lavado para equipos especiales.....	101
Tabla 14 Propuesta con dos líneas de lavado para equipos especiales	102
Tabla 15 Análisis de viajes con equipos especiales con una línea de lavado.	102
Tabla 16 Análisis de viajes con equipos especiales con dos líneas de lavado.	103
Tabla 17 Beneficio economico.....	103
Tabla 18 Total de beneficios económicos de la propuesta.....	104
Tabla 19 Diagrama de Gantt cronograma plan de implementación.....	105

FIGURAS

Figura 1 Símbolos de Diagrama de procesos.	30
Figura 2 Imagen de Diagrama de Ishikawa.....	31
Figura 3 Imagen de Diagrama de Pareto.....	33
Figura 4 Imagen de ciclo PDCA.	34
Figura 5 Imagen de ejemplo modelo software flexisim.....	38

Figura 6 descomposición del trabajo.....	48
Figura 7 Grafico vehículos recibidos en el PTA	50
Figura 8 Gráfico vehículos recibidos en el mes enero.	52
Figura 9 Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en enero 2021	52
Figura 10 Gráfico comparativo total de vehículos ingresados enero 2021	53
Figura 11 Gráfico vehículos recibidos en el mes febrero 2021.....	53
Figura 12 Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en febrero 2021	54
Figura 13 Gráfico comparativo total de vehículos febrero 2021	54
Figura 14 Gráfico vehículos recibidos en el mes de marzo.	55
Figura 15 Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en marzo 2021	55
Figura 16 Gráfico comparativo total de vehículos marzo 2021	56
Figura 17 Equipo de trabajo.....	58
Figura 18 Formulación del problema.	59
Figura 19 Diagrama de flujo del proceso de lavado y desinfección.	60
Figura 20 Gráfico Categorización 6M`s.....	65
Figura 21 Causas potenciales.	67
Figura 22 Diagrama de Ishikawa	68
Figura 23 Tabla calculos Diagrama de Pareto.	69
Figura 24 Diagrama de Pareto.....	70
Figura 25 Plan de acciones.....	71
Figura 26 Fórmula a aplicar tamaño de la muestra	73
Figura 27 Formula del tamaño de la muestra.	73
Figura 28 Histograma de tiempos entre llegadas	75
Figura 29 Histograma Tiempos de servicio	76
Figura 30 ingreso de datos al Software WinQSB	77
Figura 31 Indicadores del sistema de colas de plataforma de lavado en PTA.	78

Figura 32 Cola de ingreso a plataforma.	79
Figura 33 Entrada a plataforma de lavado.	79
Figura 34 Salida de plataforma de lavado.	80
Figura 35 Gráfico Encuesta.....	81
Figura 36 Fase Actuar PDCA.....	86
Figura 37 Procedimiento plataforma de lavado	87
Figura 38 Modelo Actual	89
Figura 39 Modelo Propuesto	90
Figura 40 Plano ampliación plataforma de lavado.....	91
Figura 41 Estructura Requerimientos.....	94
Figura 42 Horario operarios nuevos.....	96
Figura 43 Costos y utilidades operario turno diurno.....	99
Figura 44 Costos y utilidades operario turno mixto.....	99

APÉNDICES

Apéndice 1 Tiempos primer estrato de la muestra.....	109
Apéndice 2 Tiempos segundo estrato de la muestra	110
Apéndice 3 Encuesta primer estrato de la muestra	111
Apéndice 4 Encuesta segundo estrato de la muestra.....	112

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La empresa Berthier EBI de Costa Rica S.A. se dedica a la recolección, traslado y disposición final de los residuos sólidos, además, cuenta con tres Parques de Tecnología Ambiental (PTA) donde se dispone la mayor parte de los residuos sólidos de Costa Rica. Estos PTA se ubican en Limón, La Carpio y El Huazo. En los últimos años, ha aumentado el ingreso de los vehículos al PTA del Huazo, provocando que la plataforma de lavado no dé abasto con la cantidad de trabajo demandado, ocasionando retrasos y molestias en los usuarios.

Los lineamientos que rigen a nivel nacional e internacional sobre los funcionamientos de los PTA son sumamente estrictos y claros. Uno de ellos consiste en que todo vehículo que ingrese al frente de trabajo (área asignada para la disposición final de los desechos), al salir de esta zona, debe pasar obligatoriamente por la plataforma de lavado, donde se realiza el proceso de limpieza y desinfección de los vehículos por medio de máquinas de lavado a presión; en dicho lugar, se generan grandes atrasos en los usuarios debido a la duración del proceso.

La finalidad de este proyecto es desarrollar un análisis para el desarrollo de un rediseño del proceso y una ampliación de la plataforma de lavado, con el fin de expandir los espacios de trabajo, mejorar con tecnología de punta las herramientas, así como reducir los tiempos de lavado y desinfección de los vehículos. El proyecto se plasmará mediante la metodología de Lean Manufacturing, que es un método de organización del trabajo centrado en la continua mejora y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso.

Este proyecto sigue la línea de investigación sobre automatización de los procesos para brindar servicios, con el fin de minimizar las pérdidas que se producen en el proceso y utilizar solo aquellos recursos que sean imprescindibles. Así, se eliminaría el despilfarro para mejorar la calidad y reducir los tiempos de servicio y los costos.

A continuación, se describen los apartados del proyecto, el cual consta de seis capítulos. En el capítulo I, se realiza una descripción detallada del proyecto y las generalidades de la empresa, la problemática encontrada, los objetivos por conseguir; se detalla la importancia del proyecto para la empresa y la justificación.

El capítulo II presenta el marco teórico, con las fuentes necesarias para la comprensión del desarrollo del tema y los conceptos básicos del proyecto. Seguidamente, el capítulo III describe el proceso metodológico que se utiliza para dar solución al planteamiento del problema, donde se determina un enfoque de investigación, la muestra de investigación, las variables o unidades

de análisis, los instrumentos utilizados para recolectar la información; se explica el proceso de recolección de datos, el método de análisis para analizar la información recolectada y el cronograma de actividades que permite visualizar la duración total del proyecto y sus avances.

En el capítulo IV, se evidencia, por medio de estudios, la situación actual de la zona, para realizar el debido análisis e identificar el problema que existe. Además, se indican las causas y ayuda a plantear la solución.

Seguidamente, el capítulo V deriva las conclusiones y recomendaciones, las cuales establecen la importancia de todo el estudio del proyecto. Finalmente, en el capítulo VI se cierra el proyecto con los resultados, muestra cómo quedará el rediseño del proceso y concluye con la propuesta definitiva.

Generalidades de la empresa

A continuación, se presenta una descripción detallada de las principales generalidades de la empresa y del planteamiento del problema.

Historia de la empresa

Empresas Berthier EBI de Costa Rica S.A. es la empresa líder en el tratamiento de los residuos sólidos del país. Desde hace más de 15 años, EBI de Costa Rica cumple con todos los requisitos técnicos y legales que exigen las autoridades que regulan la materia sobre manejo integral de residuos sólidos, pero, además, es reconocida por la aplicación de programas ambientales que fortalecen las metas y propósitos nacionales en protección del recurso hídrico, protección de bosques, control de emisiones contaminantes hacia carbono neutralidad y programas de Bandera Azul Ecológica en la modalidad de Cambio Climático; además de ser una empresa certificada como Empresa Segura por el Consejo de Seguridad Vial y premiada por el Instituto Nacional de Seguros (INS) debido a sus programas de prevención de riesgos laborales.

Misión

Contribuir con el ambiente y la salud pública, en la búsqueda continua de soluciones a la gestión integral de materias residuales, mediante el desarrollo y transferencia tecnológica, la ingeniería de diseño, el desarrollo y la operación de parques de tecnología ambiental, como modelo de manejo integral de residuos.

Visión

Consolidarnos como líderes en el manejo integral de residuos, expandiendo nuestro modelo de Parque de Tecnología a otras regiones del país.

Planteamiento del problema

El presente proyecto tiene como finalidad realizar el rediseño y distribución de las instalaciones de la plataforma de lavado del PTA del Huazo. Esta área tiene un problema de infraestructura y de procesos, ya que no cuenta con la capacidad necesaria para la cantidad de trabajo demandado durante las jornadas laborales.

El personal operativo requerido para esta área es mínimo, por lo que, durante los picos de demanda, se genera un cuello de botella. Además, los equipos que se encuentran en este proceso son viejos y fallan constantemente, provocando más demoras de lo usual.

El Departamento de Ingeniería tiene a cargo la plataforma de lavado en PTA Huazo, este proceso dentro del PTA es el que tiene más embotellamientos en sus jornadas. Además, la plataforma de lavado denota el proceso de lavado y desinfección como un procedimiento sencillo y estructurado, por consiguiente, el aumento de vehículos que pasan por esta línea hace que ya no dé abasto, provocando atrasos, molestias en los usuarios y generando horas extras a la empresa.

Durante los últimos dos años, se ha detectado un incremento en el ingreso de vehículos para la disposición final de los desechos sólidos al PTA del Huazo de Desamparados, esto a causa del giro comercial que la empresa realizó hace aproximadamente tres años atrás. La compañía se dedicaba a la administración y desarrollos de los PTA a nivel nacional, sin embargo, debido a la visión de la empresa de ir más allá de solo recibir desechos sólidos, tomó la decisión de expandir sus operaciones comerciales enfocándose en el alquiler de equipos, recolección de desechos, traslados y disposición final de los residuos a nivel nacional; para eso, EBI invirtió en la compra de una compañía que se dedicaba a la logística de recolección de desechos, en equipos para el acopio de residuos, en la compra de camiones recolectores y en la ampliación de sus ofertas de servicios para las municipalidades, el sector público y privado.

Cuando se implementó la plataforma de lavado en el PTA del Huazo, en el 2007, no se tenía en mente la magnitud de demanda que se tendría en esta área muchos años después. La loza donde se realiza este proceso cuenta con dos puestos para lavar los chasis y llantas de los vehículos que salgan del área de disposición final de desechos. No obstante, el incremento de vehículos se da debido a los cierres de otros rellenos sanitarios (por ejemplo, Río Azul) y la falta de estos a nivel nacional, además de la ampliación de las operaciones que EBI ha implementado en los últimos tres años.

El proceso de lavado consiste en quitar los residuos de los chasis y de las llantas de los vehículos, pero con la nueva incorporación de la flota vehicular y de equipos de acopio de desechos (contenedores abiertos y compactadores), este proceso se ha vuelto más lento de lo normal, ya que el lavado de estos equipos es más profundo y minucioso. Por lo que los tiempos se han extendido más de lo establecido para este procedimiento y las filas que se generan para pasar por la plataforma son extensas, provocando un cuello de botella en dicho proceso y el disgusto de los usuarios por el tiempo perdido dentro del relleno sanitario, además del atraso de rutas en el Departamento de Logística.

A continuación, se describe la pregunta de planteamiento del problema:

¿Cómo mejorar el proceso de desinfección y lavado de los vehículos de la plataforma de lavado del PTA del Huazo?

Actualmente, la plataforma de lavado del PTA del Huazo no cuenta con la infraestructura ni las herramientas necesarias para solventar la demanda de trabajo que tiene durante sus jornadas diarias, por ende, el proyecto se basa en el análisis y evaluación para dar una propuesta de mejora en la plataforma de lavado, con el fin de reducir los tiempos de lavado en los vehículos de los usuarios y los equipos de la empresa.

Objetivos

A continuación, se describe el objetivo general y cinco objetivos específicos.

Objetivo general

Rediseñar el proceso de lavado y desinfección mediante un modelo de simulación en los procesos en la plataforma de lavado de la compañía EBI.

Objetivos específicos

- Describir el estado actual de los procesos que se encuentran en la zona de plataforma de lavado.
- Medir los tiempos de espera de la distribución actual que tiene la plataforma de lavado.
- Analizar las causas y efectos de los cuellos de botella en las líneas de lavado.
- Desarrollar opciones de mejora, que permitan disminuir los tiempos de espera en las líneas de lavado.
- Definir los controles del sistema, que permitan al proceso cumplir con la demanda diaria de servicio que se proporciona a los camiones y equipos.

Justificación

El presente proyecto se enfoca en identificar los procesos claves en el servicio de lavado y desinfección, así como definir patrones de comportamiento de los usuarios que hacen uso de la plataforma de lavado. Lo cual permite proponer alternativas que disminuyan los tiempos en cola y espera dentro del servicio, y esto trae consigo un incremento en la satisfacción de los usuarios, al permitirles mejorar el tiempo en el servicio de lavado y desinfección.

Por otro lado, el proyecto se enfoca en brindar un aporte tecnológico a los procesos del servicio, al desarrollar un modelo de simulación que sirve de herramienta para la toma de decisiones rápida frente a futuros requerimientos de incremento o modificación de la capacidad en la plataforma de lavado, resolviendo problemas y mejorando la rentabilidad. En el ámbito de la ingeniería, se tiene un aporte en la utilización y validez de las herramientas y métodos de la Ingeniería Industrial, introduciendo la simulación y el rediseño de disposición de planta como forma de optimizar tiempos en los procesos de la plataforma de lavado.

La investigación representa una alternativa de solución ante la necesidad de disminuir los tiempos de atención de los usuarios en la plataforma de lavado. Esto resulta muy importante, ya que muchas veces las empresas no encuentran las soluciones óptimas a determinadas limitaciones de sus sistemas productivos, lo cual, a su vez, genera que se ensayen un sin número de soluciones empíricas elevando los costos y generando una insatisfacción en sus clientes.

Mediante la teoría de colas, se puede identificar los costos y el aporte económico, de la misma manera cuantificar los costos que le puede generar su sistema de colas a través de la pérdida de clientes insatisfechos por los tiempos de atención.

Con una correcta distribución del área, como resultado se tiene mejorar la capacidad de atención del área, ayudando a que esté lista para dar servicio en las líneas de lavado en su capacidad máxima. También, se pretende reasignar las cargas de trabajo para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores al evitar agotamientos y ociosidad.

Antecedentes

La empresa Berthier actualmente no cuenta con datos históricos en la zona de plataforma de lavado sobre estudios previos, sin embargo, este proyecto tomará como referencia tesis y artículos científicos, donde se considera la metodología que utilizaron, así como los logros del estudio. A continuación, se presentan las tesis analizadas.

Propuesta de rediseño de procesos de recepción y distribución de productos de moda en un centro de distribución retail mediante simulación (Vargas, 2018).

La tesis vinculada a tiendas por departamento se basa en realizar una propuesta de rediseño de proceso de distribución a tienda de mercadería importada de tipo textil, para la cual utilizan la metodología de modelo de simulación con el *software* Arena, en cada uno de los procesos involucrados en la distribución de la mercadería, para identificar la situación actual y la propuesta del nuevo diseño.

Los resultados del modelo de la simulación permitieron evidenciar que es posible disminuir los costos operacionales cerca del 3% respecto al total de costos logísticos de la compañía, para una optimización de 0,6 millones de dólares anuales. Con la disminución de costos, lograron un menor costo de manutención de inventario, menor dotación de fuerza de trabajo y un menor número de procesos involucrados en la distribución de acuerdo con el modelo de simulación.

La elección de plasmar la propuesta de mejora con modelamiento de procesos y un modelo de simulación permitió comprender la situación actual de los procesos de distribución. Además, permitió comprender dónde se producen los actuales cuellos de botella, las principales demoras y su impacto en términos de costos operativos, en distintos escenarios de flujo de mercadería del año (Vargas, 2018).

Sánchez et al. (2018), Aplicación de la teoría de colas para disminuir el tiempo de atención de los clientes en la entidad financiera Oh Chimbote-Perú.

El objetivo de este estudio de teorías de colas es permitir a la organización un incremento en el flujo del proceso y disminución de tiempos, para lo cual utilizan metodologías de instrumentos de cuestionario, diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, y *software* Minitab para el estudio de tiempos.

Sánchez et al. (2018) manifiestan que los resultados más relevantes establecen identificar los tiempos de espera y obtienen como resultado que el 58.36% de los encuestados calificó a los tiempos de espera como ineficientes, determinó que el sistema tenía una utilización de 72%, un tiempo de espera de 0,12 horas y una probabilidad de encontrar el sistema ocupado del 45%. Se logró como resultado que la aplicación de la teoría de colas disminuyó el tiempo de atención de los clientes en la entidad financiera.

Ruíz et al. (2017), Propuesta de rediseño de procesos para la mejora de la gestión en la empresa Llanki Cine Medios EIRL en la ciudad de Chiclayo.

El objetivo de ese trabajo de grado es realizar una propuesta de rediseño en los procesos de la empresa LLANKI Cine+Medios EIRL. Se desarrolla mediante la metodología basada en el modelo de rediseño SAMME, el cual plantea las cinco fases del modelo (seleccionar, analizar, medir, mejorar y evaluar)

Según Ruíz et al. (2017), plantean un programa con exactitud para las fechas de las citas de los clientes, establecieron un orden en su calendario, para cumplir las fechas de entrega de los productos; incrementaron los niveles de satisfacción del cliente, debido a que mejoraron los procesos de secciones de fotos y videos. Además, la entrega del producto se simplificó, entregando los productos al cliente en menor tiempo.

Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector financiero (Nicho, 2017).

Dicha tesis es un estudio que tiene como objetivo rediseñar los procesos en un comedor, para lo cual utilizan la metodología de modelo de *software* Simio, comprueban la situación inicial y el comparativo con la simulación del modelo propuesto.

Entre los resultados más relevantes, los tiempos de los requerimientos especiales tenían mayor duración y aun cuando tenía una incidencia del 10%, retrasaba la cola y conllevaba a un mayor impacto en los clientes con pedidos estándar o aquellos que compraban solo una parte del menú. Realizan una nueva disposición y encuentran tres colas inicialmente para la atención del servidor del plato principal, y luego convergiendo en una sola cola que derivase hacia la caja disponible.

Los resultados obtenidos evidencian una clara mejora en los tiempos de atención en la línea, obtienen un promedio de clientes en el sistema equivalente a un 49.5% por debajo de la situación inicial. El mismo efecto se ve en el tiempo de atención promedio que pasó de ser 9.55 min a un tiempo de 4.69 min, representando una reducción de un 50.9%, manteniéndose la misma cantidad de personas que fueron atendidas en el sistema. Además, el indicador de tiempo mínimo en el sistema tuvo una reducción del 9.6% respecto a la situación actual (Nicho, 2017).

Rincón et al. (2016), Propuesta de rediseño para el sistema de gestión de calidad en el proceso comercial con enfoque al servicio al cliente para la empresa sanitaria e hidráulica S.A.

El objetivo del estudio se basa en una propuesta de aplicación de un sistema de gestión, utilizando la metodología CRM, de manera que lograron identificar el histórico de los clientes,

es decir, se puede encontrar toda la información que se ha podido obtener a lo largo de las relaciones que se han construido con estos.

Según Rincón et al. (2016), las principales conclusiones planteadas son: indicadores de gestión para el proceso comercial enfocados al servicio al cliente como herramienta para el mejoramiento de este, los cuales mostraron el impacto positivo dentro de las actividades planteadas en el proceso comercial.

A continuación, se presentan los artículos científicos analizados como parte del proyecto.

Román et al. (2018), Simulación Flexisim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba.

El objetivo y metodología del artículo es afrontar conceptos claves en relación con el uso del *software* Flexisim en un modelo de simulación. Según Román et al. (2018), los principales resultados muestran que el *software* Flexisim es una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema, se comprueba que la simulación de un modelo desarrollado con Flexisim permite tomar mejores decisiones en la operación de los sistemas industriales, los cuales buscan mejorar su rentabilidad.

Metodología para la reingeniería de procesos (Moreno, 2017).

El artículo es un estudio que tiene como objetivo y principal metodología el desarrollo de métodos teóricos y prácticos para realizar reingeniería de procesos, utilizando la metodología para la reingeniería de procesos. Las conclusiones se enfocan en maximizar las actividades y funciones que agregan valor para el cliente y eliminando aquellas que no lo hacen, cubriendo necesidades y expectativas de los clientes internos y externos (Moreno, 2017).

Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP (Rodríguez, 2016).

El objetivo de este estudio se basa en una propuesta de rediseño de una planta productora de lácteos, para la cual utilizan las metodologías SLP, CRAFT y QAP, de manera que se determina la gran importancia que representa una óptima distribución en una organización, ya que mejoran los flujos de materiales, personas e información. Además, automáticamente se aumentó la productividad de la organización, reduciendo costos y mejorando el nivel de servicio al cliente (Rodríguez, 2016).

Propuesta de una estructura de simulación y distribución en planta para la producción de caucho (Méndez, 2014).

El presente artículo vinculado a la producción de caucho utiliza la metodología de un modelo de simulación con el *software* SIMUL8 para medir la variable de producción de caucho. Entre las principales conclusiones, demostraron que la simulación del proceso de producción de láminas delgadas de caucho natural mostró una mejora en un 9% sobre el tiempo ocupado respecto a la situación inicial y permitió una disminución en tiempo en la actividad de laminado (Méndez, 2014).

Acuña et al. (2012), Evaluación de alternativas de distribución por medio de simulación.

El artículo es un estudio que tiene como objetivo y metodología la simulación de procesos para evaluar alternativas de distribuciones de planta, utilizaron la metodología de un modelo en el *software* SLAM.

Acuña et al. (2012) plantean la selección de distribuciones de planta utilizando la herramienta BLOCPLAN, con el modelo propuesto lograron determinar que los operarios pueden atender más de una estación de trabajo. Además, permitió implementar una redistribución de la planta.

Proyecciones

1. Evaluar las posibles opciones para una futura propuesta de ampliación y mejora para la plataforma de lavado del PTA del Huazo, la cual permita que los usuarios puedan acceder a esta parte del proceso en el menor tiempo posible y con mejores resultados.
2. Disminuir los tiempos del servicio de lavado y desinfección en el proceso, para reducir costos y quejas del servicio.
3. Maximizar la utilización del espacio de la plataforma de lavado para aumentar la capacidad.
4. Crear un espacio acorde con las necesidades futuras de la plataforma de lavado, para satisfacer demandas futuras acorde al crecimiento de la organización.
5. Este trabajo tiene como resultado esperado demostrar que las propuestas de mejora son capaces de aumentar la eficiencia del proceso, al eliminar cuellos de botella y mejorar el nivel de servicio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Este capítulo define la información necesaria para fundamentar lo aplicado en el diagnóstico, además, orienta dicho proceso, ya que permite reunir, depurar y explicar los elementos conceptuales y teorías existentes sobre el tema por estudiar. Esto ayudará a tener una perspectiva más amplia de cómo aplicar dichas herramientas y a sustentar cualquier análisis o interpretación de resultados.

Definición de proceso

Aguirre (2007) argumenta que un proceso es: “un grupo organizado de actividades relacionadas que trabajan en conjunto para el logro de un objetivo generando valor al cliente” (p. 23). Esta definición establece que los procesos no solamente son un conjunto de actividades, sino también una serie organizada de actividades, las cuales deben cumplirse para el logro de un objetivo.

Rediseño de proceso

Rodríguez (2018) plantea que el propósito del rediseño de procesos es: “lograr más con menos recursos” (p. 89). El autor considera también a Hammer y Champy, quienes definen el rediseño como: “el replanteamiento fundamental o rediseño radical de los procesos de las empresas para conseguir mejoras sustanciales y medidas de desempeño contemporáneas tan decisivas como costos, calidad, servicio y rapidez”.

Como bien dijo Heráclito: “lo único constante es el cambio”. En esta línea, es lógico suponer que todo cuanto realiza el hombre está destinado a variar con el correr de los años. La organización y sus procesos no son la excepción. Ese cambio puede darse por razones externas o por causas internas. El entorno de la empresa, los clientes, las innovaciones tecnológicas y la evolución de las formas de vida son cambios externos que deben ser atendidos; del mismo modo, el desarrollo y crecimiento mismo de la empresa, el cambio de la visión de los directivos o una necesidad de mejorar el clima laboral son causas internas.

Por su parte, Hitpass (2011) manifiesta que el diseño de procesos tiene como objetivo mejorar el grado de competitividad a través de técnicas de optimización de procesos. El mayor impacto de un rediseño se tiene si el análisis comienza con los eventos generados por los clientes y los resultados que llegan a ellos, por ejemplo, solicitudes, pedidos, pagos, reclamos, entre otros. Las dimensiones de optimización en el rediseño son: reducción de los tiempos de ciclo, mejoramiento de la calidad de los productos, servicios y reducción de costos (pág. 8).

Continuando con el mismo autor, considera los ámbitos en los que influye el rediseño y emplea los siguientes ámbitos:

- Estructural: cambio en el proceso mismo (cambian las operaciones, se eliminan duplicidades).
- Productividad: análisis de ciclo y costeo de actividades.
- Responsabilidades: se modifica la asignación de responsabilidad (personal, centralizar o descentralizar responsabilidades).
- Integración: mejorar el grado de integración entre la capa de la estrategia, operacional (procesos) y tecnología (producción y TI).
- Incorporación de tecnología: automatización de procesos, aplicación de tecnologías móviles, integración de sistemas.

Metodología del rediseño de procesos

Aguirre (2007) considera cinco pasos de la metodología para implementar un rediseño de procesos, para una mayor claridad de las ideas y bases para la metodología de rediseño de procesos, se elaboró la Tabla 1 que muestra un cuadro comparativo desarrollado por el mismo autor (pp. 21-32).

Tabla 1. Metodología del rediseño de procesos.

	Rediseño de procesos
Características principales	Se realizan cambios importantes en procesos críticos. Se diseñan nuevos procesos para soportar nuevos servicios o líneas de productos.
Impacto y problemas	Es la metodología más usada debido a su amplio rango de aplicación, por ejemplo, el rediseño de procesos previo a la implantación de sistemas ERP, introducción de nuevos productos, innovación en el servicio, entre otros.
Pasos de la metodología	a) Analizar los procesos b) Planear el proyecto c) Diseñar o rediseñar el proceso d) Desarrollar los recursos para el proceso mejorado e) Evaluación del mejoramiento

Nota: Danny Valverde Arroyo, basado en (Aguirre, 2007).

En la Tabla 1, se determinó la metodología del rediseño de procesos.

El mismo autor establece los cinco pasos de la metodología para implementar un rediseño de procesos:

a) Analizar los procesos

El autor menciona que, para lograr un correcto análisis, es necesario establecer indicadores de gestión de los procesos, de modo que permitan medir su estado actual y comparar el desempeño actual con el esperado. Este análisis de diferencias debe producir como resultado el señalamiento de los procesos sobre los cuales la organización debe enfocar su mejoramiento.

b) Planear el proyecto

Una vez determinados los procesos que se van a mejorar o rediseñar y el resultado esperado en términos de desempeño, se debe realizar la planeación del proyecto de mejoramiento. Como un primer paso, se establecen metas medibles del proyecto de mejoramiento, expresadas en términos de indicadores que se deben mejorar. Para la ejecución del proyecto, es importante definir un equipo de trabajo con roles, actividades y un tiempo de dedicación específico. Además, para asegurar que el proyecto se cumpla dentro de las fechas previstas, se debe prever un plan de acción con un cronograma de trabajo donde se incluyan todas las actividades correspondientes al diagnóstico, diseño e implantación de los cambios y que concluyen con la evaluación del proyecto de mejoramiento.

c) Rediseñar el proceso

El objetivo del análisis y rediseño de procesos es asegurar que estos sean eficaces (lo que tiene que ver con sus resultados en términos de tiempos de respuesta y calidad) y eficientes (lo que tiene que ver con el uso de recursos). Para lograrlo, es recomendable estructurar talleres de mejoramiento de procesos con la participación del talento humano de la empresa incluyendo a los responsables de la ejecución del proceso.

d) Desarrollar los recursos para el proceso mejorado

La implantación de los cambios es, tal vez, la etapa crítica que va a determinar el éxito del mejoramiento. Por ello, en esta etapa, es de vital importancia realizar un adecuado plan de acción donde se consideren las necesidades de capacitación generadas para el adecuado funcionamiento de los nuevos procesos. Así mismo, se deben adecuar los procesos de comunicación con los empleados, clientes, proveedores y con todos los involucrados en los cambios previstos. Como parte de la implantación, se deben tener en cuenta las necesidades

logísticas en cuanto a reorganización de los puestos de trabajo, así como las nuevas necesidades tecnológicas, entre otras.

e) Evaluación del mejoramiento

Una vez se implantan los cambios, es de vital importancia la evaluación de los resultados logrados con el proyecto con respecto a las metas establecidas en la etapa de planeación. De igual forma, se debe realizar la evaluación económica de los resultados del proyecto en cuanto a los recursos usados y el impacto económico generado. Como parte de esta etapa, es recomendable documentar todos los resultados del proyecto y las lecciones aprendidas, pues ello servirá para construir una base de conocimiento organizacional en proyectos de mejoramiento de procesos (pp. 21-32).

Diagrama de procesos

“El diagrama de operaciones de proceso indica las operaciones e inspecciones, presentes en un determinado proceso; desde la toma de materia prima hasta el empaque del producto terminado. Es importante señalar el tiempo de cada actividad y los materiales utilizados” (Universidad Autónoma de México, 2013, p. 3).

El diagrama de proceso es una similitud del diagrama del flujo, no obstante, es menos detallado e involucra los procesos antes vistos en el mapa de procesos. Gracias a este diagrama, se establece el orden lógico de los procesos, esto permite identificar cuáles son los procesos que se presentan en la zona de plataforma de lavado.







Según Heflo (2017), elaborar un diagrama de procesos requiere seguir los siguientes pasos:

- Paso 1: determinar los principales componentes del proceso, en este paso es necesario aclarar cuáles son las entradas del proceso y sus salidas, así como las actividades que se desarrollan en el mismo.
- Paso 2: ordenar las actividades, en este paso se necesita realizar una lista en orden cronológico.
- Paso 3: elegir los símbolos correctos para cada actividad, este paso indica correctamente cada tipo de actividad, utilizando los símbolos correctos, será mucho más fácil para cualquiera que esté familiarizado con los símbolos, poder entender el flujo rápidamente.
- Paso 4: realizar la conexión entre las actividades, para esto se utilizan conectores, normalmente flechas y líneas de puntos, o continuas.

- Paso 5: indique el comienzo y el final del proceso, esta es una información muy importante para establecer límites para los propietarios de los procesos.

En la Figura 1, se verá la estructura para el diagrama de procesos.

Figura 1. Símbolos de Diagrama de procesos.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Nota: autor Aiteco consultores.

Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso (Vieira, 2019).

Continuando con el mismo actor, se establece que todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminado las causas, se elimina el problema.

Pacheco (2019) considera que este tipo de diagrama sirve para aplicarse en una gran variedad de contextos, como los siguientes:

- Identificar causas que sean verdaderas sobre una determinada situación y, a su vez, permite que se puedan agrupar por categorías.
- Ayudar a mejorar los procesos.
- Favorecer la calidad de pensamiento por parte del equipo, lo que es de gran ayuda en los aportes de ideas.

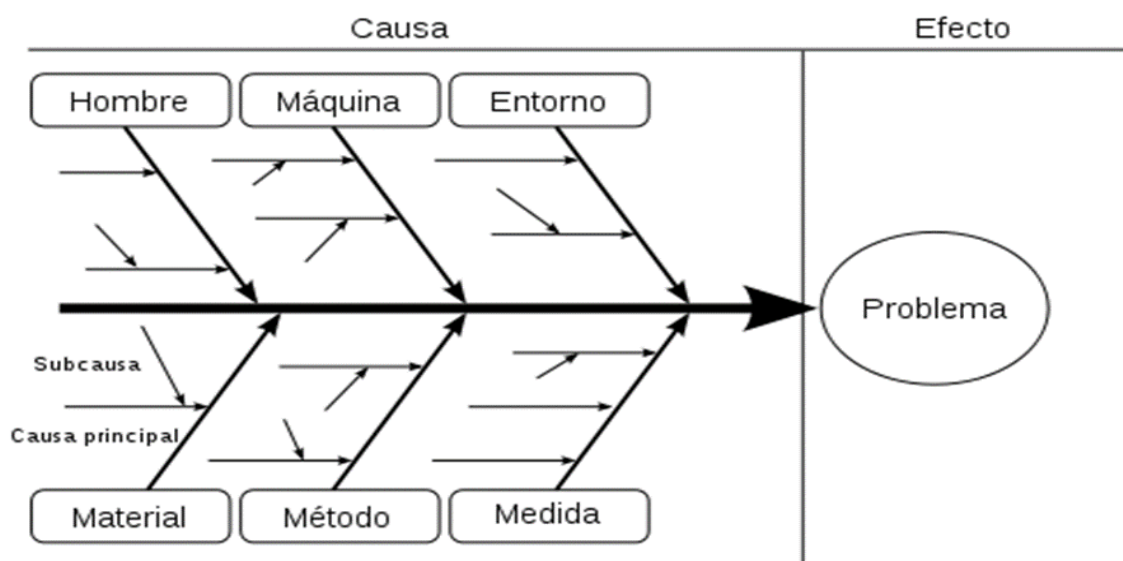
- Simplificar las relaciones que existen entre las causas y efectos de un proceso.
- Afianzar las ideas de los participantes en relación con determinadas actividades vinculadas a un proceso de calidad.
- Adquirir una visión globalizada y estructurada sobre una situación, debido a la ejecución de identificación de un conjunto de factores básicos.

Según LeanManufacturing (s.f.), crear un diagrama de Ishikawa requiere seguir los siguientes pasos:

- **Paso 1:** crear un encabezado, que enumere el problema o tema a estudiar.
- **Paso 2:** crear una espina dorsal para el pez (línea recta que lleva a la cabeza).
- **Paso 3:** identificar al menos cuatro causas que contribuyen al problema. Conectar estas cuatro causas con flechas a la columna vertebral. Esto creará la forma de espina de pescado.
- **Paso 4:** realizar una lluvia de ideas sobre cada causa para documentar las cosas que contribuyeron a la causa, se puede utilizar los 5 por qué u otro proceso de análisis de la causa raíz para mantener la conversación enfocada.
- **Paso 5:** continuar desglosando cada causa hasta que se hayan identificado todas las causas de fondo.

En la Figura 2, se verá la estructura para el Diagrama de Ishikawa.

Figura 2. Imagen de Diagrama de Ishikawa.



Nota: autor Gestión de operaciones.

Diagrama de Pareto

El Principio de Pareto presenta el concepto de que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son el resultado del 20% de las causas. Esto puede ser muy útil para tratar no conformidades, identificar puntos de mejora y definir qué planes de acción deben atacarse primero en lo que se refiere a la prioridad (Meire, 2018, p. 12).

Permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que debería enfocarse y solucionarlos.

El mismo autor argumenta que los problemas referentes a la calidad de productos y procesos pueden resultar en pérdidas y ser clasificados de la siguiente manera:

- Pocos vitales: representan pocos problemas que resultan en grandes pérdidas.
- Muchos triviales: representan muchos problemas que resultan en pocas pérdidas.

El diagrama de Pareto muestra un gráfico de barras que permite determinar, por ejemplo, qué problemas se deben resolver primero. Por medio de las frecuencias de las ocurrencias, de la mayor a la menor, es posible visualizar que, la mayoría de las veces, hay muchos problemas menores ante otros más graves, que representan mayor índice de preocupación y mayores pérdidas para la organización.

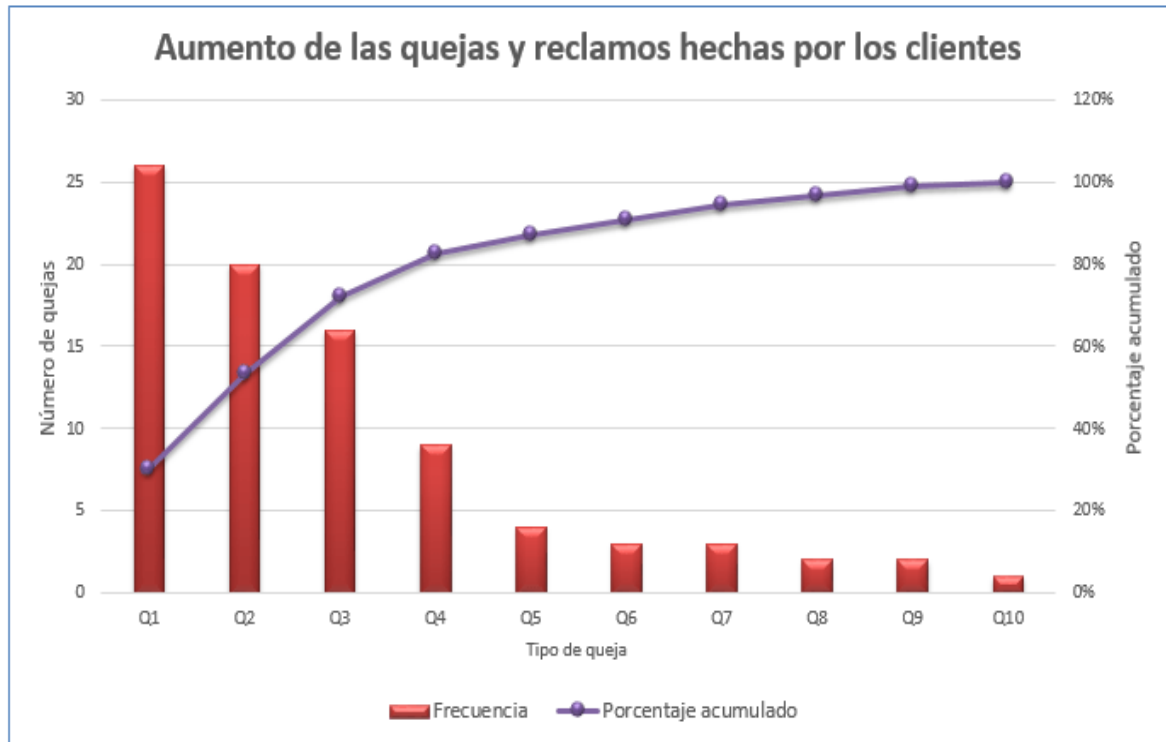
Según Riquelme (2020), elaborar un Diagrama de Pareto requiere seguir varios pasos, los cuales son los siguientes:

- **Paso 1.** Determinar cuáles son los problemas que se quieren investigar, así como el método para la recolección de datos. Por ejemplo: cantidad de accidentes laborales, cantidad de artículos defectuosos en la línea de producción, pérdidas económicas y de tiempo.
- **Paso 2.** Determinar los datos que se requieren, así como la forma en la que se van a clasificar. Algunos ejemplos: tipo de problema, ubicación del problema, procedimiento, equipo o maquinaria, tipo de trabajador.
- **Paso 3.** Determinar la forma de recabar datos, así como el período de tiempo en el que se va a llevar a cabo esta recolección.
- **Paso 4.** Diseñar la tabla con la que se van a contar los datos y su frecuencia.
- **Paso 5.** Ordenar de mayor a menor y calcular frecuencias.
- **Paso 6.** Construir el diagrama de barras correspondiente usando los datos obtenidos en el punto anterior.

- **Paso 7.** Analizar el gráfico: el 71,12% se concentra en las tres causas con mayor frecuencia de ocurrencia.

En la Figura 3, se verá la estructura para el Diagrama de Pareto.

Figura 3. Imagen de Diagrama de Pareto.



Nota: Ingenio Empresa.

Metodología PDCA

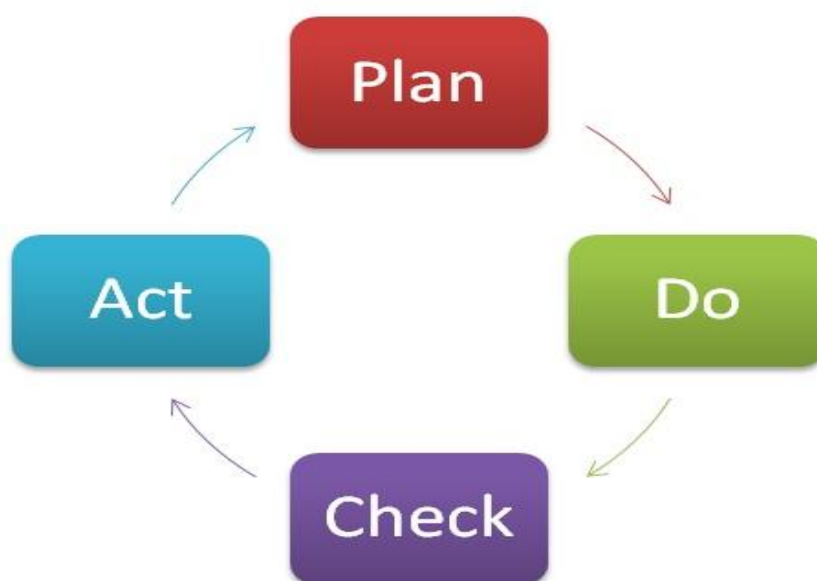
Según Jimeno (2013), el nombre del Ciclo PDCA (o Ciclo PHVA) viene de las siglas Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, en inglés “Plan, Do, Check, Act”. También es conocido como Ciclo de mejora continua o Círculo de Deming, por ser Edwards Deming su autor. Esta metodología describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiendo como tal al mejoramiento continuado de la calidad (disminución de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales...). El círculo de Deming lo componen cuatro etapas cíclicas, de forma que, una vez acabada la etapa final, se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, de forma que las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. La aplicación de esta metodología está enfocada, principalmente, para ser usada en empresas y organizaciones.

Continuando con el mismo autor, las cuatro etapas que componen el ciclo son las siguientes:

1. **Planificar (Plan):** se buscan las actividades susceptibles de mejora y se establecen los objetivos por alcanzar. Para buscar posibles mejoras, se pueden realizar grupos de trabajo, escuchar las opiniones de los trabajadores, buscar nuevas tecnologías mejores a las que se están usando ahora, entre otros.
2. **Hacer (Do):** se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta. Generalmente conviene hacer una prueba piloto para probar el funcionamiento antes de realizar los cambios a gran escala.
3. **Controlar o verificar (Check):** una vez implantada la mejora, se deja un periodo de prueba para verificar su correcto funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales, habrá que modificarla para ajustarla a los objetivos esperados.
4. **Actuar (Act):** por último, una vez finalizado el periodo de prueba, se deben estudiar los resultados y compararlos con el funcionamiento de las actividades antes de haber sido implantada la mejora. Si los resultados son satisfactorios, se implantará la mejora de forma definitiva, y si no lo son, habrá que decidir si realizar cambios para ajustar los resultados o si desecharla. Una vez terminado el paso 4, se debe volver al primer paso periódicamente para estudiar nuevas mejoras por implantar.

En la Figura 4, se verá el ciclo PDCA.

Figura 4. Imagen de ciclo PDCA.



Nota: pdcahome.

Estudio de tiempos

“Es una práctica utilizada para registrar los tiempos de una actividad o un proceso, para determinar el tiempo que se necesita para realizar una tarea específica. Una herramienta muy utilizada para registrar los tiempos de una operación es el uso del cronómetro, este puede utilizarse de forma acumulativa o de vuelta a cero” (Cruelles, 2012, p. 214).

Según LeanManufacturing (s.f.), elaborar un estudio de tiempos requiere seguir varios pasos, los cuales son los siguientes:

- Paso 1. Seleccionar, en esta fase se debe elegir el proceso para hacer el estudio del trabajo.
- Paso 2. Registrar, en esta fase se obtiene toda la información necesaria sobre el método de trabajo del proceso y los tiempos que se tarda en realizar cada uno en el momento de realizar el estudio, tanto de tiempo de ciclo como tiempo por elemento.
- Paso 3. Examinar, en este paso se examina de forma crítica los puntos fuertes y débiles del proceso, preguntando a los operarios si el método de trabajo y los movimientos que ejecutan para realizarlo son los más eficaces y se deben separar los movimientos que aportan valor de los que no aportan valor.
- Paso 4. Medición, se debe medir el tiempo de ciclo total de cada proceso, desglosándolo en el tiempo que se tarda en cada movimiento.
- Paso 5. Definir, una vez recopilados todos los datos, se definirá un tiempo estándar para cada una de las actividades del proceso de producción, que supondrá la base para las futuras mejoras.

Sistema de colas

Según García (2015), “un sistema de colas se describe como un conjunto de clientes que llega a un sistema buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos” (p. 7). En algunos casos, se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar.

El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red.

Continuando con el mismo autor, establece las características para describir adecuadamente un sistema de colas:

a) Patrón de llegada de los clientes

Es la distribución probabilística entre dos llegadas de cliente sucesivas, incluyendo el comportamiento de los clientes como la llegada independiente. Por otro lado, si es constante en el tiempo, será estacionario, mientras que, si varía en el tiempo, será no-estacionario.

b) Patrón de servicio de los servidores

Describe si los tiempos de atención son variables y el modo de atender de los servidores (individuales o en lotes).

c) Disciplina de cola

Es la manera en que los clientes se ordenan en la cola. Se definen dos tipos comunes: método FIFO (el primero en llegar será el primero en atender) y LIFO (el último en llegar será atendido primero).

d) Capacidad del sistema

Mide el número de clientes que pueden esperar en la cola, se definen sistemas finitos o infinitos.

e) Número de canales de servicio

Define la forma en la que los clientes serán atendidos en servidores, pueden ser multiservicios con una sola cola o servidores con colas independientes.

f) Número de etapas de servicio

Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. (pp. 8-10)

Es importante detallar los sistemas teniendo en cuenta cada una de las características, a fin de lograr un resultado adecuado en el análisis matemático posterior.

Software WinQSB

Es una herramienta para el manejo de métodos cuantitativos, el cual está conformado por 19 módulos. El programa contiene los más útiles y populares métodos cuantitativos usados en las ciencias administrativas, investigación de operaciones y administración de operaciones.

Es una aplicación versátil que permite la solución de una gran cantidad de problemas, debido a su facilidad y potencia de manejo.

Los módulos del *software* son:

- Programación dinámica
- Teoría de sistemas de colas
- Análisis de decisiones

- Cadenas de Markov
- Modelos de redes

Para la simulación del sistema de cola, se utilizó el programa Queuing Analysis Simulation. Este programa modela y simula sistemas de colas simples y multietapas con componentes, incluyendo poblaciones de clientes arribando, servidores, colas o colectores de basuras.

Simulación

Según Zarate et al. (2018), la simulación es la representación gráfica de algún proceso, sistema de producción o sistema real a través del tiempo, ya sea diseñada manualmente o en una computadora, la simulación compromete la generación de un historial artificial de un sistema y su observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real. La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evolución numérica usando un *software* diseñado para imitar las características u operaciones del sistema, a través del tiempo.

De acuerdo con Zarate et al. (2018), los sistemas de simulación desarrollados, validados y verificados pueden utilizarse para investigar una amplia variedad de preguntas del tipo: ¿Qué pasa si?, acerca del proceso. De esta manera, los modelos de simulación pueden ser utilizados tanto como un instrumento de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes en lapsos de tiempo distintos, o bien como un instrumento de diseño para predecir el comportamiento de sistemas nuevos en proyecciones que contribuyan a soluciones alternativas en efectos presentes para un futuro sustentable.

Actualmente, herramientas como *software* de simulación están cada vez más especializadas en las industrias. En la actualidad, se ha observado una tendencia creciente a incorporar mayor tecnología y eficiencia en los procesos cotidianos de la organización. Este tipo de herramientas ayudan a representar cada vez más complejos procesos, permitiendo una mejor comprensión de su comportamiento a fin de establecer mejoras.

Simulación usando software Flexsim

Según Zarate et al. (2018), Flexsim es un programa de simulación para Windows, enfocado en el flujo de procesos por eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro.

Continuando con el mismo autor, es una herramienta de análisis que permite construir modelos animados en 3D, además, con la animación gráfica, se pueden identificar problemas; considera

que este *software* brinda la posibilidad de realizar un modelo de un sistema antes de que sea construido o evaluar políticas operativas antes de sean puestas en funcionamiento. Asimismo, permite analizar y eliminar el riesgo de los sistemas modelados, para ello, dentro de la plataforma, se ofrecen funciones que permiten programar y planificar el sistema lo más cercano a la realidad.

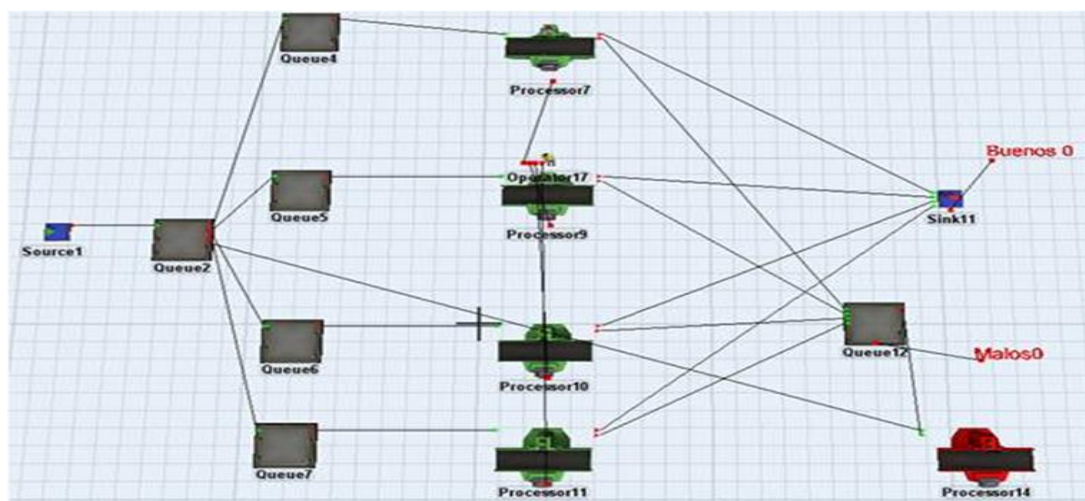
Según Zarate et al. (2018), el *software* está compuesto de entidades (*flowitems*), colas (*queues*), procesos (*processor*) y sistemas de transporte (*transportation*).

El *software* Flexi consta de los siguientes recursos:

- Recursos constantes o fijos (*fixed resources*). Aquí entrarían las colas (*queues*), las máquinas o procesos (*processor*) y las cintas transportadoras (*conveyors*).
- Recursos compartidos (*shared resources*). En este apartado están los operadores.
- Recursos móviles (*mobile resources*). En este apartado entran los sistemas de transporte que permite modelar el *software*, tales como elevadores, transpaleta y robot industriales.

En la Figura 5 se verá una imagen de un modelo usando el *software* Flexisim.

Figura 5. Imagen de ejemplo modelo *software* Flexisim.



Nota: Redalyc.

Distribución de planta

Núñez (2014) manifiesta que la distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.). Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas

operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.

Planteamiento para la distribución de planta

Según Díaz et al. (2011), el objetivo de visualizar la disposición de planta en planos o maquetas es realizar los ajustes necesarios, antes de ejecutar la etapa de implementación, de esta manera, pueden evitarse costos innecesarios e inconvenientes que se generarían si, luego de terminada la edificación, se observan deficiencias en la disposición (p. 7).

Continuando con el mismo autor, argumenta que, para ejecutar un planeamiento sistemático, la disposición de planta debe considerar cinco elementos que están en juego para el éxito del mejor ordenamiento físico:

- P=Producto: comprende los productos, la materia prima, piezas comprobadas, productos terminados o semiterminados.
- Q=Cantidad o volumen: indica la cantidad de productos fabricados o materiales empleados, se valoran por números de piezas, metros cúbicos, etc.
- R= Recorrido: denota el proceso y orden de operaciones en el trabajo, se toma como referencia el diagrama de operaciones del proceso.
- S= Servicios Anexos: comprenden mantenimiento, zonas de almacenaje y oficinas administrativas, entre otros.
- T= Tiempo: permite determinar, cuándo fabricar, para cuándo, cómo programar la producción y los tiempos requeridos para las operaciones. (pp. 124-126)

Según los autores mencionados, plantean cuatro fases o etapas del planeamiento. La preparación racional del planeamiento es, en esencia, una forma organizada de enfocar los proyectos de la disposición de planta, que consiste en fijar un cuadro operacional de fases, una serie de procedimientos y un conjunto de normas que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de un estudio de la disposición de planta.

Así, se definen las siguientes fases:

1. Determinación del problema
Definición del proyecto en cuanto al alcance, los requerimientos, ubicación física y condiciones externas.
2. Distribución general
Disposición de áreas funcionales, métodos generales de manejo y comunicación, servicios primarios y planos preliminares de los edificios.

3. Distribución al detalle

Solución, manejo de un lugar de trabajo a otro, información específica sobre la maquinaria y procedimientos, disposición de red de agua y desagüe, así como dibujos detallados de la construcción.

4. Plan de implementación

Planeación de los pasos específicos para construir, modificar, instalar y poner en marcha la planta. (pp. 124-126)

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. La clave del modelo está en generar una nueva cultura tendente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación o centro de distribución en este caso, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes, para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos medios y operarios (Cuatrecasas, 2010).

Continuando con el mismo autor, destaca una visión pragmática de lo que significa el Lean Manufacturing, confirma que constituye una puesta al día de los métodos tradicionales de organización del trabajo, desempeñados habitualmente por las oficinas técnicas de producción, que se estructuran y enriquecen con nuevos principios, métodos y técnicas aplicables a problemas específicos y dirigidos a conseguir la simplificación de la operación y la reducción de costos.

Su objetivo final es generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se explica el mecanismo utilizado en la investigación para determinar de qué manera se deben almacenar los datos y cómo analizarlos, además, indica si las herramientas de estudio que se van a emplear ayudan de manera factible a solucionar el problema, mediante una serie de pasos por realizar. Estos pasos se clasifican en tipo de enfoque, diseño de la investigación, muestras, variables o unidades de análisis, técnicas e instrumentos de recolección de datos, método de análisis de datos y un cronograma de actividades. Dichos elementos han de servir como base para adquirir la información necesaria.

Enfoque

En el momento que se inicia este capítulo, el primer paso es la definición del tipo de enfoque de la investigación que se desea realizar, la selección determinará los pasos por seguir del estudio y el enfoque de este. Existen tres tipos de enfoques metodológicos: el cuantitativo, el cualitativo y el mixto.

Enfoque cuantitativo

“Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, 2017, p. 4).

Enfoque cualitativo

“Utiliza la recolección de datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (Hernández, 2017, p. 7).

Enfoque mixto

“Representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio” (Hernández, 2017, p. 546).

Se elige el enfoque cuantitativo para desarrollar el proyecto, ya que encuentra una medición numérica y análisis estadístico entre las variables del problema de investigación. Los datos que se necesitan son cuantificables, se puede analizar y predecir el comportamiento de los datos, además, se basa en la aplicación de un estímulo para obtener un resultado o respuesta.

Alcances

A continuación, se expone la definición de los diferentes estudios de alcances de la investigación que se desea realizar. La selección determinará los pasos por seguir del estudio y el enfoque de este.

Estudio exploratorio

“Se emplean cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Hernández, 2017, p. 91).

Estudio descriptivo

“Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández, 2017, p. 92).

Estudio correlacional

“Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población, tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular” (Hernández, 2017, p. 93).

Estudio explicativo

“Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian, van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (Hernández, 2017, p. 95).

El tipo de estudio para este proyecto se determina con el estudio explicativo, ya que este mide la situación actual o las variables que influyen en los objetivos del proyecto, además, ayuda a explicar por qué ocurre un fenómeno y cuáles condiciones presenta.

Diseño

Para desarrollar el diseño de este proyecto, se toma como base el estudio explicativo, con el fin de desarrollar la estrategia adecuada para la solución del problema planteado.

Existen dos tipos de diseño: los diseños experimentales y los diseños no experimentales.

Diseños experimentales

“El diseño experimental es el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa” (Parella, 2012, p. 86).

Diseños no experimentales

“El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan, su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen” (Parella, 2012, p. 87).

Se dividen en dos tipos:

Transeccional: se recolectan los datos en un solo momento dado.

Longitudinal: recaban datos en diferentes puntos del tiempo.

Para este estudio de investigación, se opta por un enfoque tipo experimental transeccional, ya que este permite la manipulación de variables independientes y la medición de variables dependientes; con estas variables se busca analizar el proceso con el objetivo de resolver el problema de tiempos de espera y mejorar el rendimiento de la capacidad instalada.

Muestra de la investigación

El estudio se realizará en la zona de lavado y desinfección (plataforma de lavado), en esta zona es donde se realiza el proceso de limpieza y desinfección de los camiones.

Para el desarrollo del proyecto, la población del presente estudio está determinada por los camiones que hacen uso de la plataforma de lavado en un día en promedio. La determinación de la muestra se elige mediante el muestreo aleatorio simple, ya que se está eligiendo camiones de la población, de manera que todos tengan la misma probabilidad de aparecer. Con base en el diseño cuantitativo, se utilizará el método para la determinación del tamaño de la muestra de poblaciones finitas.

Probabilística aleatoria simple

Este método es uno de los más sencillos de aplicar, se caracteriza porque cada unidad que compone la población tiene la misma posibilidad de ser seleccionada. A este método también se lo conoce como sorteo, rifa o la tómbola (López, 2017, p. 39).

Variables o unidades de análisis

Las variables en la investigación representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto, ya que se pueden clasificar en conceptuales, operacionales e instrumentales. Una vez que se identifica, el siguiente paso es hacerla operativa, tal como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de variables o unidades de análisis.

Tabla 2. Variables

Objetivos	Variables	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir el estado actual de los procesos que se encuentran en la zona de plataforma de lavado.	Procesos	Conjunto de acciones o actividades sistematizadas que se realizan o tienen lugar con un fin (Victoria, 2008).	Cantidad de camiones en servicio / Tiempo de servicio	Hoja de observación
Medir los tiempos de espera de la distribución actual que tiene plataforma de lavado.	Tiempo de espera	Tiempo subjetivo que un cliente tiene que esperar sin recibir atención personalizada. Real Academia Española.	Tiempo mejorado/Tiempo actual	Registro

Analizar las causas y efectos de los cuellos de botella en las líneas de lavado.	Causas	Aquello que se considera como fundamento u origen de algo. Real Academia Española.	Cantidad de causas previstas/ causas por analizar	Exel, Minitap, WinQSB
Objetivos	VARIABLES	Conceptual	Operacional	Instrumental
Desarrollar opciones de mejora, que permitan disminuir los tiempos de espera en las líneas de lavado.	Rediseño del proceso	Es el resultado de volver a diseñar algo. Real Academia Española.	Tiempo total de los procesos en propuesta / Tiempo total de los procesos actual	Software FlexSim Arena
Definir los controles del sistema, que permitan al proceso cumplir con la demanda diaria de servicio que se proporciona a los camiones y equipos.	Controles	El proceso de medir los actuales resultados en relación con los planes (Robert B, s.f).	Cantidad de controles definidos/ total de indicadores por definir	Registro

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se determinaron las variables o unidades de análisis

Instrumentos

En la

Tabla 3, se observan los instrumentos utilizados para medir los indicadores establecidos, además, se determinan los recursos necesarios para obtener los datos y cuáles son los beneficios o resultados que se esperan.

Tabla 3. Instrumentos

Indicador	Instrumentos	Recursos requeridos	Beneficios esperados
Cantidad de camiones en servicio / Tiempo de servicio	Hoja de observación	Informático	Conocer el proceso actual de las líneas de lavado.
Tiempo mejorado/Tiempo actual	Registro	Informático	Estar al tanto del tipo de distribución actual.
Cantidad de causas previstas/ causas por analizar	Herramientas Exel, Minitap, WinQSB	Informático	Clasificar las causas que influyen en el diseño actual.
Tiempo total de los procesos en propuesta / Tiempo total de los procesos actual	Herramientas <i>software</i> Flexisim - Arena	Informático	Conocer los tiempos actuales.
Cantidad de controles definidos/ total de indicadores por definir	Registro	Informático	Establecer los controles de la propuesta

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la

Tabla 3. Instrumentos, se determinaron los instrumentos para medir los indicadores.

Proceso para la recolección De Datos

Para el presente estudio, se realizará la toma de tiempos como instrumento de medición directa. Los datos de los procesos por medirse son los siguientes: ingreso a la línea de lavado, tiempo de espera para ser atendido, tiempo de lavado y desinfección, con base en datos de arribo de camiones y la distribución entre las dos líneas de atención. En la medición de este proceso para un solo camión, se sigue un método continuo, dejando correr el cronómetro mientras dura el estudio. Una vez terminada la medición de tiempo de un camión, se pasan los datos al formato y se vuelve a la línea para medir al próximo camión volviendo el cronómetro a cero, para iniciar nuevamente una medición y así sucesivamente durante todo el estudio.

Métodos de análisis

El método por desarrollar para la información recolectada es asistido por computadora. Este método va relacionado con el enfoque del proyecto, ya que es un enfoque cuantitativo y con el diseño de la investigación estudio explicativo, la estrategia más adecuada para analizar el método de análisis y la información recolectada es la herramienta Excel y Minitap, con el fin de determinar las capacidades de las líneas y visualizar de forma más eficiente los cálculos necesarios.

El método para desarrollar las simulaciones de los escenarios consiste en utilizar como principal herramienta el *software* Flexisim y la Hoja de Cálculo de Excel, con el fin de analizar resultados utilizando matrices comparativas. Esto ayudará a clasificar qué tipo de diseño es el más adecuado y, por consiguiente, encontrar la solución óptima.

Con la información recolectada se pretende diagnosticar si los procesos que realizan están estandarizados o no, posteriormente, se efectuarán estudios para determinar la capacidad de las líneas de lavado. Aquí es importante identificar movimientos o desplazamientos productivos e improductivos y, de esta manera, reconocer posibles mudas en el proceso de lavado.

Cronograma

En la Tabla 4, se verá el cronograma de la investigación.

Tabla 4. Cronograma

Actividad	Semana 4	Semana 5	Semana 8	Semana 10	Semana 15	Semana 20
Capítulo I						
Capítulo III						
Capítulo II						
Capítulo IV						
Capítulo V						
Capítulo VI						
Entrega TFG						

Nota: Danny Valverde Arroyo.

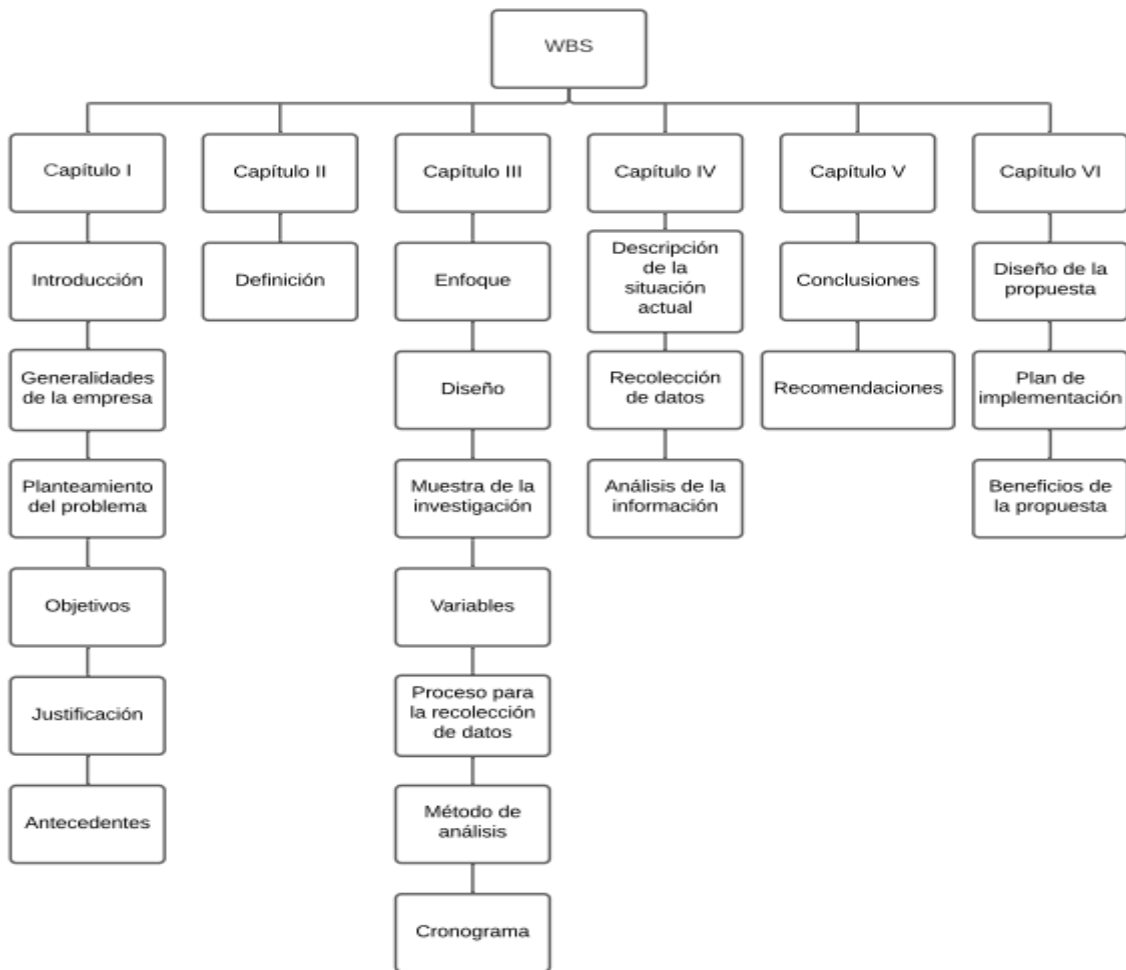
En la Tabla 4, se determinó el cronograma de la investigación.

Estructura de descomposición del trabajo

En la

Figura 6, se verá la descomposición del trabajo.

Figura 6. Descomposición del trabajo



Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la

Figura 6, se determinó la descomposición del trabajo.

CAPÍTULO IV. ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se estructuraron los primeros tres objetivos planteados en el estudio: definición del problema, medición de las consecuencias y análisis de las causas, los cuales están definidos en la estructura del proyecto. Hay que resaltar que se dividen en dos partes: descripción de la situación actual y análisis de la situación, las cuales contemplan toda la información necesaria para sustentar el análisis e interpretación de resultados de la situación actual.

Descripción de la situación actual

El proceso de lavado de vehículos consiste en quitar los residuos de los chasis y de las llantas de los vehículos; la empresa en el área de plataforma de lavado solo realizaba este proceso, no obstante, debido a un giro comercial, la compañía realizó la compra e incorporación de flota

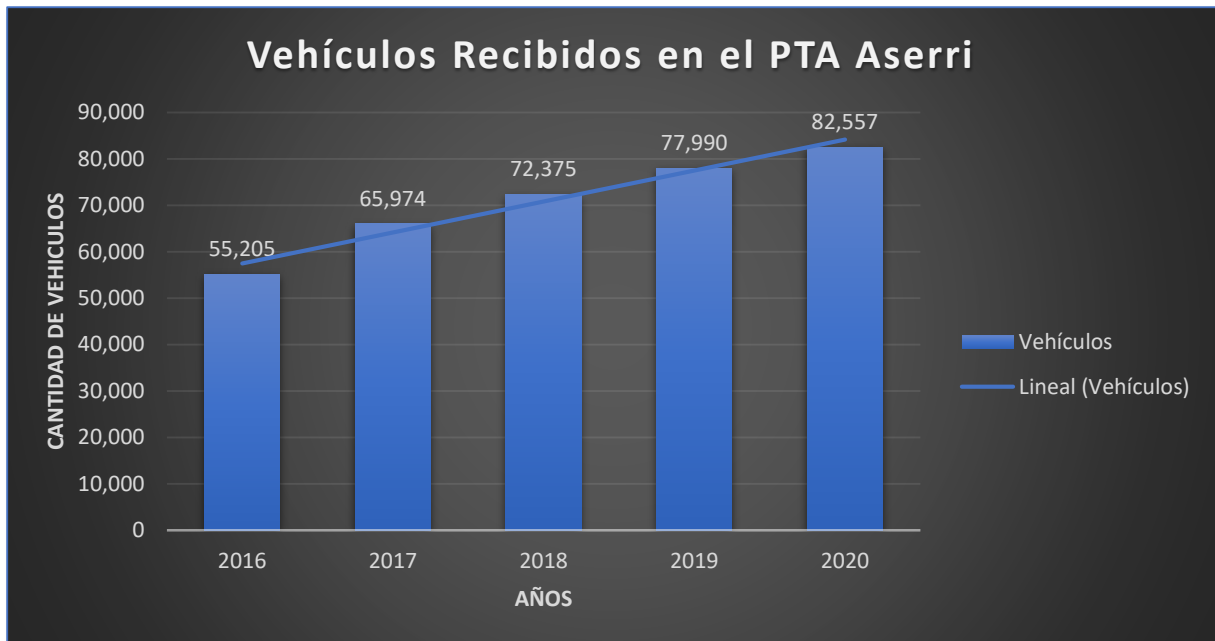
vehicular y de equipos de acopios de desechos (contenedores abiertos y compactadores), por consiguiente, el proceso se ha vuelto más lento de lo normal, ya que el lavado de estos equipos es más profundo y minucioso, lo cual provoca que los tiempos se hayan extendido más de lo establecido en el proceso, generando largas filas para pasar por lavado y provocando un cuello de botella en dicho proceso. Además, ha generado el disgusto de los usuarios por el tiempo perdido dentro del relleno sanitario y el atraso de las rutas ya establecidas en el Departamento de Logística.

Descripción del problema

La zona de plataforma de lavado, como su nombre lo indica, es el área donde se realiza el lavado y desinfección de vehículos, en ese espacio hay actividades como restregar, barrer, recoger los desechos de los equipos, lavado y desinfección de llantas y chasis. Actualmente, esta zona se encarga de lavar todos los vehículos que ingresan al PTA (el PTA corresponde a las siglas del Parque de Tecnología Ambiental en el cual se realizó el estudio). El proceso abastece de desinfección de llantas y limpieza de equipos a todo el PTA, la cual tiene las líneas 1 y 2. Además, es importante mencionar que la actividad de lavado y desinfección solo se realiza en esta zona, aquí es importante el análisis del ingreso de los vehículos al relleno sanitario.

A continuación, en la Figura 7, se verá un gráfico que representa los vehículos recibidos en PTA.

Figura 7. Gráfico vehículos recibidos en el PTA



Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la Figura 7, la gráfica representa datos utilizados con referencia a los vehículos recibidos en PTA Aserri durante los últimos 5 años. La gráfica refleja una tendencia creciente, la cual muestra que cada año ingresan más vehículos al PTA.

Con referencia a la Figura 7 donde se logra determinar que los vehículos tienen un aumento de ingreso cada año, se realizó un análisis de los vehículos recibidos con el propósito de verificar y validar la información requerida utilizando datos obtenidos durante un período de tres meses, en los cuales se cuantifica la cantidad de vehículos que ingresaron al PTA. Con los datos obtenidos, se procede a graficar la información para obtener el comportamiento mensual de los vehículos ingresados al PTA en un periodo de tres meses.

El siguiente gráfico de la Figura 8 muestra los datos obtenidos durante el mes de enero 2021, en los cuales se cuantifica la cantidad de vehículos que ingresaron al PTA, con el propósito de verificar y validar la información requerida para el estudio.

Figura 8. Gráfico vehículos recibidos en el mes enero.

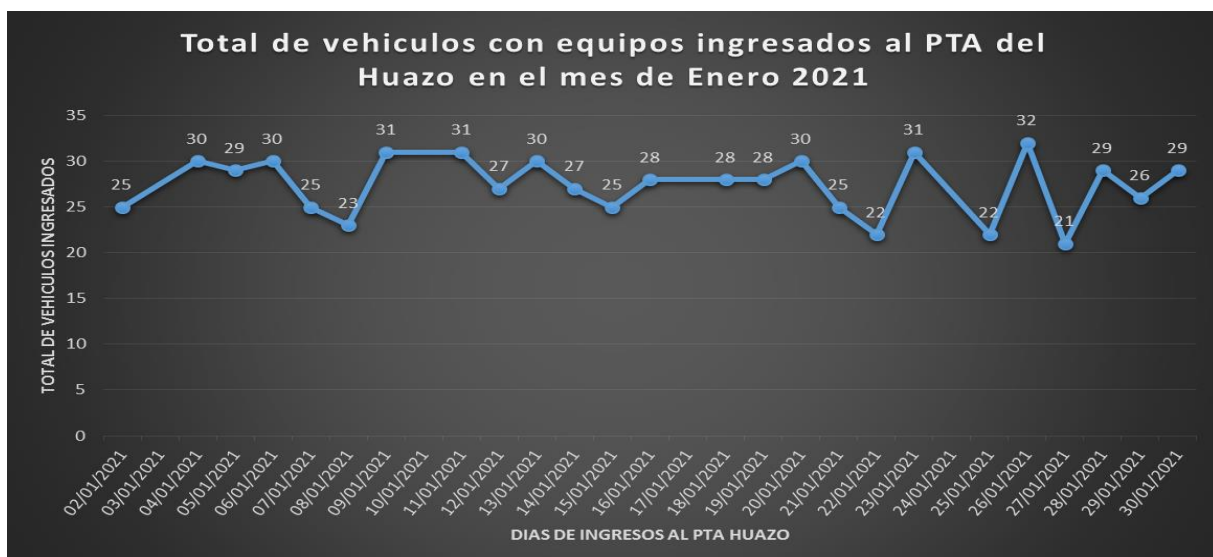


Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 8 muestra el comportamiento de los vehículos que ingresaron al PTA durante el mes de enero del 2021.

Por su parte, en el gráfico de la Figura 9, se muestra el comportamiento de los vehículos que ingresaron al PTA con algún equipo especial durante el mes de enero del 2021.

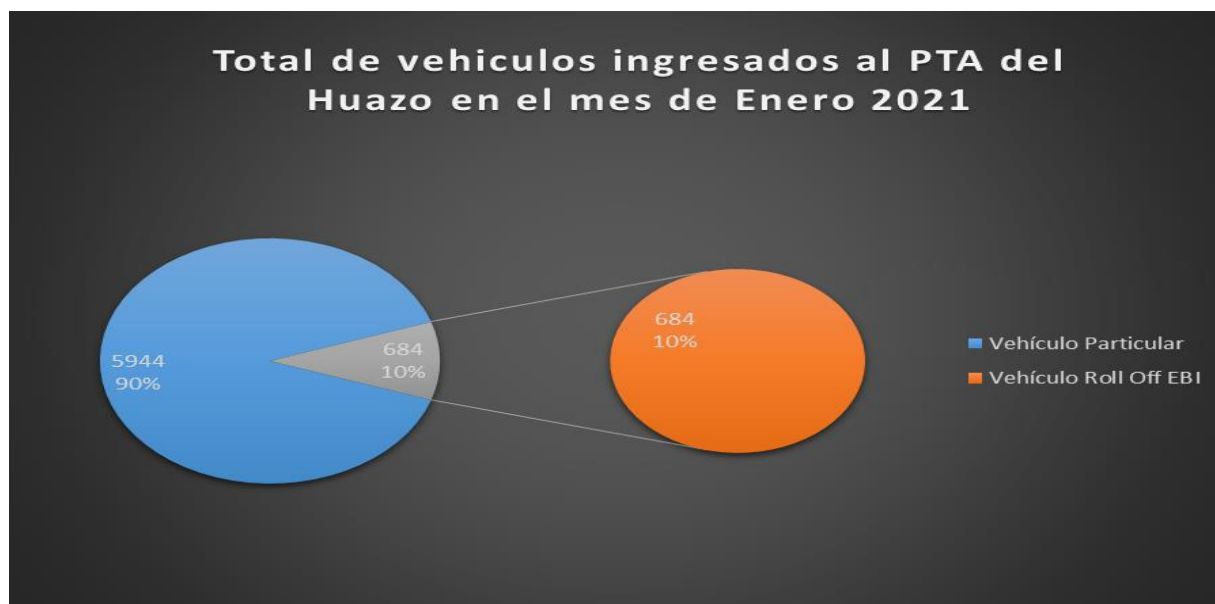
Figura 9. Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en enero 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

En el gráfico de la Figura 10, se detalla el porcentaje correspondiente a la cantidad de vehículos particulares y a los vehículos que ingresaron con algún equipo especial al PTA durante el mes de enero 2021.

Figura 10. Gráfico comparativo total de vehículos ingresados en enero 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 11 muestra los datos obtenidos durante el mes de febrero 2021, en los cuales se cuantifica la cantidad de vehículos que ingresaron al PTA, con el propósito de verificar y validar la información requerida.

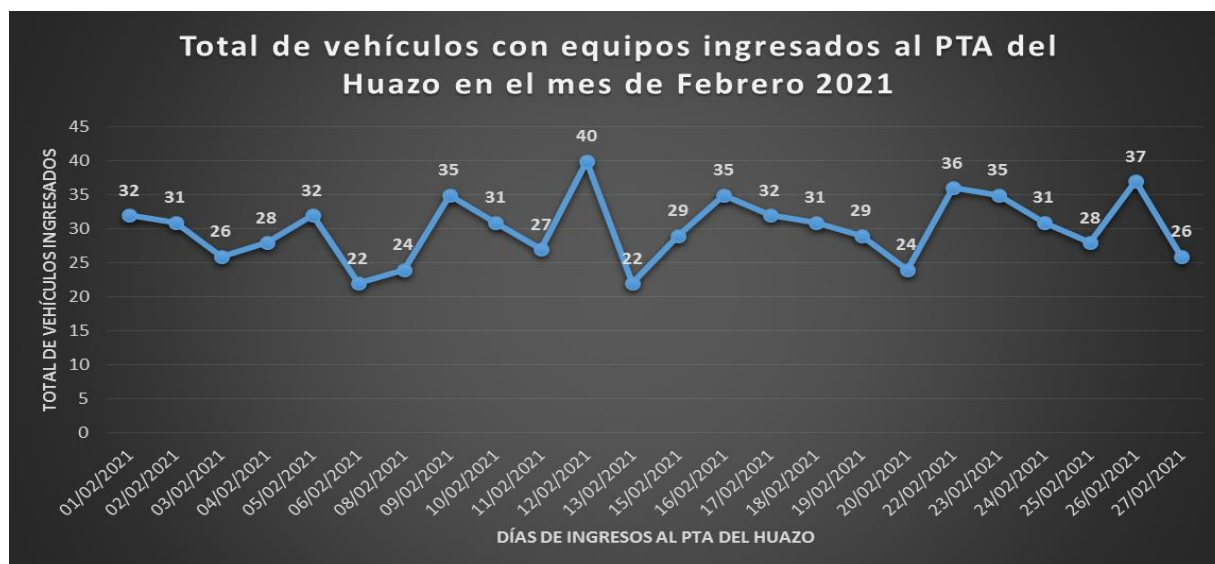
Figura 11. Gráfico vehículos recibidos en el mes de febrero 2021.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

Por otra parte, en el gráfico de la Figura 12, se muestra el comportamiento de los vehículos que ingresaron al PTA con algún equipo especial durante el mes de febrero del 2021.

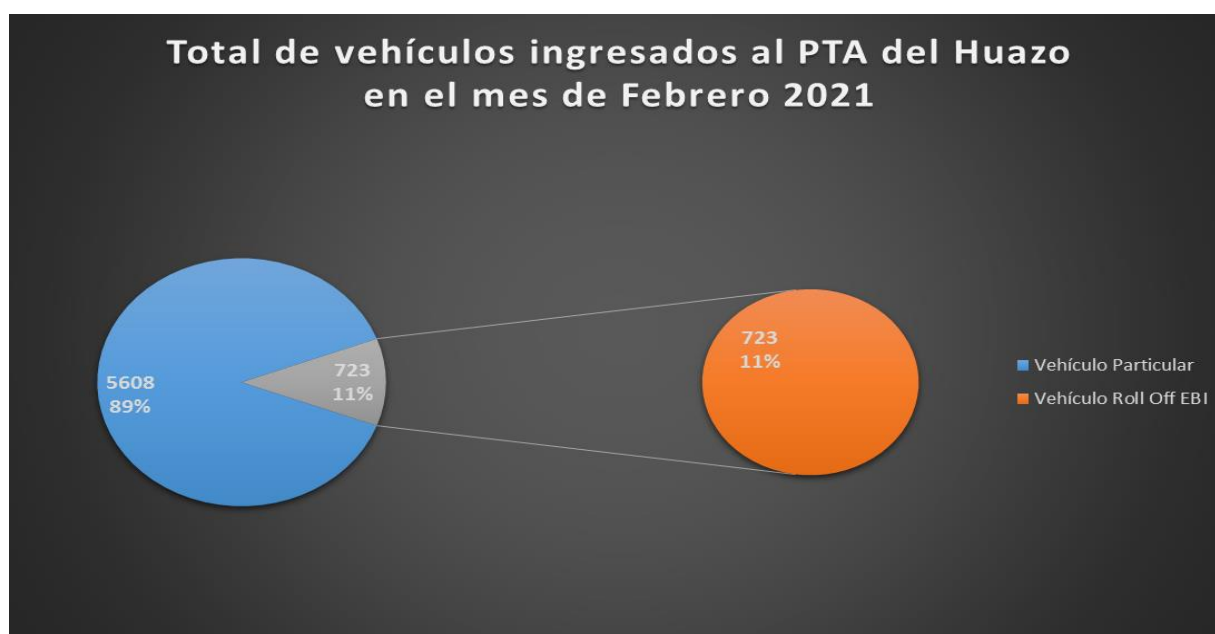
Figura 12. Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en febrero 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 13 detalla el porcentaje correspondiente a la cantidad de vehículos particulares y a los vehículos que ingresaron con algún equipo especial al PTA durante el mes de febrero 2021.

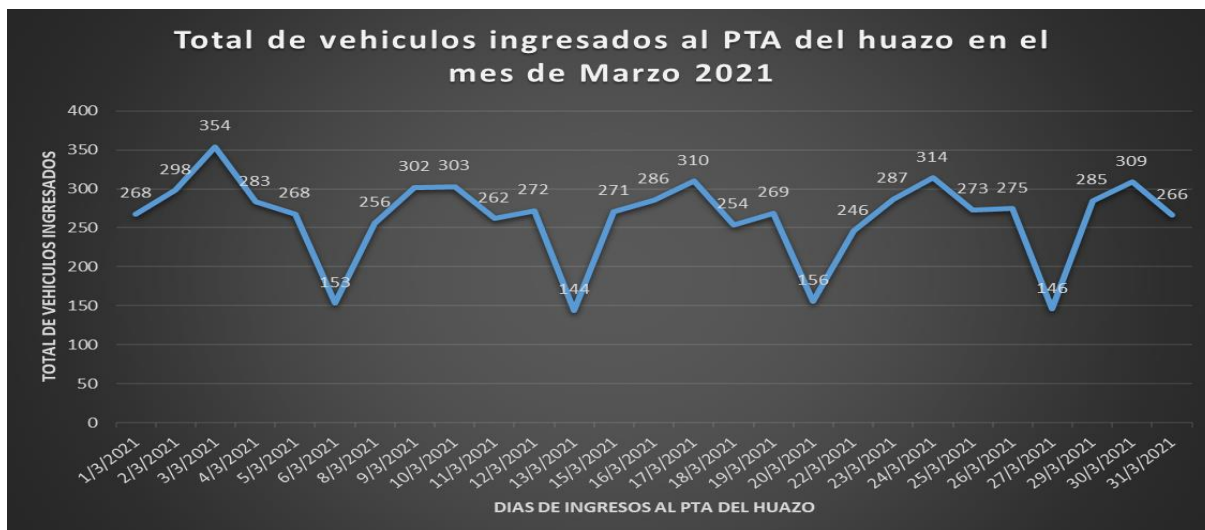
Figura 13. Gráfico comparativo total de vehículos en febrero 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 14 muestra los datos obtenidos durante el mes de marzo 2021, en los cuales se cuantifica la cantidad de vehículos que ingresaron al PTA, con el propósito de verificar y validar la información requerida.

Figura 14. Gráfico de vehículos recibidos en el mes de marzo.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 14 muestra el comportamiento de los vehículos que ingresaron al PTA durante el mes de marzo del 2021.

Por otra parte, el gráfico de la Figura 15 muestra el comportamiento de los vehículos que ingresaron al PTA con algún equipo especial durante el mes de marzo del 2021.

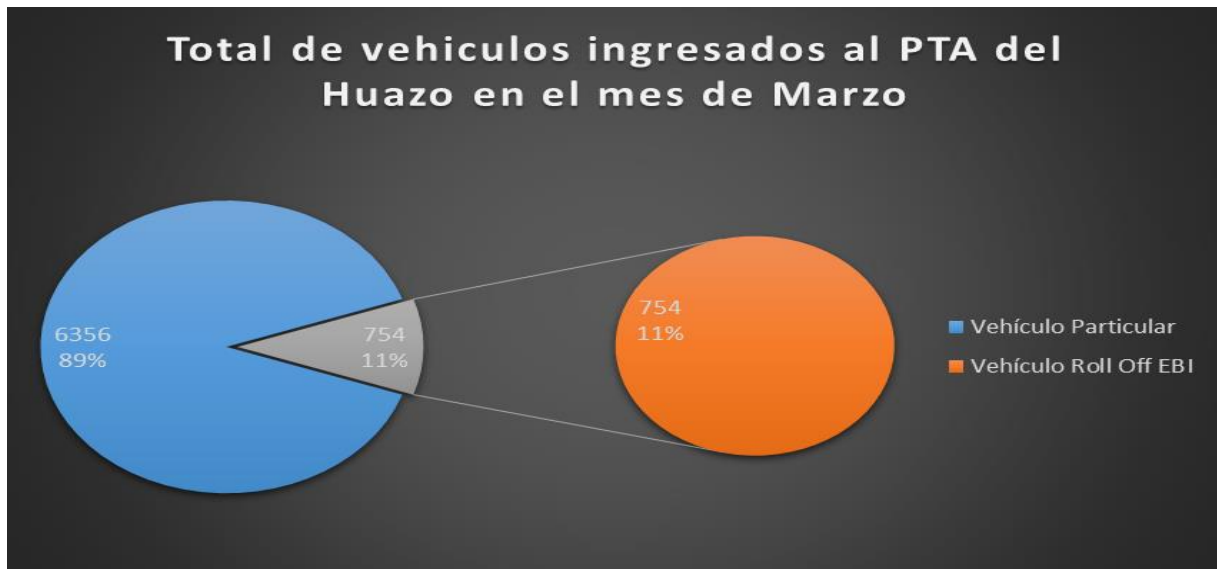
Figura 15. Gráfico total de vehículos ingresados con equipos especiales en marzo 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 16 detalla el porcentaje correspondiente a la cantidad de vehículos particulares y a los vehículos que ingresaron con algún equipo especial al PTA durante el mes de marzo 2021.

Figura 16. Gráfico comparativo total de vehículos marzo 2021



Nota: Danny Valverde Arroyo.

Los gráficos anteriores (Figura 10, Figura 13 y Figura 16) permiten resaltar que, durante los tres meses de verificación y validación de los datos, solo entre el 10% y el 11% del total de los vehículos que ingresan al PTA tienen que pasar por la línea de lavado 2 para realizar el lavado y desinfección de los equipos especiales.

Con referencia a la Figura 7, donde se logra determinar que los vehículos tienen un aumento de ingreso cada año, la información y el análisis se realizaron por trimestre de los vehículos recibidos, con el propósito de verificar y validar la información requerida, por consiguiente, el análisis de los datos obtenidos para el estudio se tomó durante un período de tres meses, en los cuales se cuantifica la cantidad de vehículos que ingresaron al PTA.

Metodología PDCA

La mejora continua de la capacidad y resultados es el objetivo permanente de toda organización, por ello, el ciclo PDCA es una metodología de mejora continua, cuya propuesta se basa en la estandarización de procesos. El objetivo es implementar esta herramienta para mejorar de una manera continua, sistemática y estructurada el desarrollo de los procesos de plataforma de lavado, para reducir costos, optimizar la calidad del servicio y disminuir los tiempos del proceso.

Este proyecto se plantea con base en un rediseño del proceso del lavado y desinfección de vehículos; para conocer con detalle los problemas de plataforma de lavado e implementar mejoras en el área de lavado, será planteada una propuesta con base en la metodología PDCA, con el objetivo de estructurar el proyecto enfocado en reducir los tiempos del servicio y espera, haciendo un mejor uso de los recursos y generar clientes satisfechos a través de la calidad de un buen servicio, así mismo, para hacerle frente al problema de cuellos de botella.

Es importante mencionar la falta de procedimientos y estándares en el proceso de lavado de vehículos según lo evidencian los registros de la empresa Berthier EBI. Además, este diseño le servirá de guía a la organización para desarrollar de una manera más efectiva sus procesos y poder hacerla extensiva a las diferentes áreas de la empresa, con el objetivo de mejorar la calidad de sus servicios. Así mismo, el objetivo de implementar la mejora continua es el de reducir los tiempos de espera en el proceso, buscando así que el proceso pueda cumplir con la capacidad de atención del área.

Fase Planear PDCA

La primera fase del PDCA se desarrolla a continuación, utilizando algunas de las herramientas anteriormente definidas que facilitan su ejecución, de esta manera, se logra obtener información que sirva para las fases posteriores. La identificación del problema fue desarrollada en el capítulo anterior y se centra en los cuellos de botella del proceso de lavado y desinfección de vehículos, lo cual impacta en los tiempos de espera para el ingreso al proceso.

Para la fase de planificación, se trabajó la identificación del problema o actividades susceptibles de mejora y se definen los métodos o herramientas para conseguir los objetivos. Primeramente, se presenta una caratula donde se desglosa la información del equipo de trabajo involucrado en este proyecto. Este documento muestra una tabla con la información necesaria del proyecto por ejecutar, dando como resultado los siguientes datos:

A continuación, en la Figura 17, se verá la información del equipo de trabajo involucrado en este proyecto.

Figura 17. Equipo de trabajo.

EQUIPO DE TRABAJO

PROBLEMA:	Tiempos de espera en la plataforma de lavado.		
PRODUCTO:	Plataforma de Lavado	PDCA No.:	001
No. DE PARTE	NA	FECHA APERTURA	5/4/2021
CLIENTE:	Empresas Berthier EBI de Costa Rica S.A.	FECHA CIERRE	

Equipo de Resolución de Problema

Nombre	Puesto	Departamento
Danny Valverde Arroyo	Coordinador de Logística	Logística
Miguel Alcalá	Ing. PTA del Huazo	Ingeniería
Jorge Campos Bermúdez	Chofer	Logística
Jorge Espinoza Monge	Chofer	Logística
Agustín Picado Viquez	Chofer	Logística
Henry Zúñiga Segura	Chofer	Logística
Marvin Picado Gamboa	Chofer	Logística
Andrey Calderón	Chofer	Logística
Carlos Montenegro Martínez	Chofer	Logística
Allan Montenegro Sandoval	Chofer	Logística
Mario Fonseca Conejo	Chofer	Logística
Alexander Bejarano Morales	Chofer	Logística
Christopher Segura Herrera	Chofer	Logística
Steven Castro Sanchez	Chofer	Logística
Marcos Hernández Arias	Chofer	Logística
Carlos Suarez Baltodano	Chofer	Logística
Juan Carlos Monge Tencio	Chofer	Logística
Juan Manuel Rojas Zarate	Operario plataforma lavado	Ingeniería
Cesar Miguel Corrales González	Operario plataforma lavado	Ingeniería
Ronald Alfaro Valverde	Operario plataforma lavado	Ingeniería
Pedro Amador Barrantes	Operario plataforma lavado	Ingeniería
Alexander Bryan Aguilar Badilla	Operario plataforma lavado	Ingeniería
Jeremy Alexander Mora Salazar	Operario plataforma lavado	Ingeniería

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la Figura 17, se indican los integrantes que conforman el equipo de trabajo.

En la Figura 18, se encuentra la formulación del problema, donde se realizan ocho preguntas concretas y directas para tener claro el objetivo por ejecutar. El resultado de estas se detalla, a continuación.

Figura 18. Formulación del problema.

**PDCA PASO 1: PLANEAR
(FORMULACIÓN DEL PROBLEMA) (¿QUÉ?)**

PDCA No.	002	FECHA	5/4/2021
----------	-----	-------	----------

<p>¿ Qué es lo que se ha encontrado (esquema eventual) ? :</p> <p>La Plataforma de Lavado del PTA del Huazo no cuenta con la infraestructura, ni las herramientas necesarias para solventar la demanda de trabajo que tiene durante sus jornadas diarias</p>
<p>¿ Quién lo ha detectado ? :</p> <p>Los usuarios y colaboradores</p>
<p>¿ Dónde se ha encontrado ? :</p> <p>En la Plataforma de Lavado del PTA del Huazo</p>
<p>¿ Cuándo se presentó (referencia, turno, ...) ? :</p> <p>Durante los picos de cada jornada laboral</p>
<p>¿ Cómo se ha detectado ? :</p> <p>Por medio de las quejas de los usuarios de la plataforma de lavado, debido al retraso y a los tiempos de espera que se generan para pasar por ese proceso.</p>
<p>¿ Cuántas veces se ha encontrado (por día, por semana, por mes, ...) ? :</p> <p>Seis veces por día Treinta seis veces por semana Ciento cincuenta y ocho veces por mes</p>
<p>¿ Porqué se ha constatado (Pb ya se había encontrado, ...) ? :</p> <p>Por los tiempos de esperar y las filas que se generan para ingresar a la plataforma de lavado.</p>
<p>¿ Cual es el objetivo que se quiere alcanzar y cuándo (plazo)?</p> <p>Analizar el proceso de lavado y desinfección que brinda la compañía EBI en la Plataforma de Lavado mediante un PDCA que permita la implementación de mejoras en la Plataforma de Lavado. El plazo para desarrollar este proyecto es de seis meses.</p>

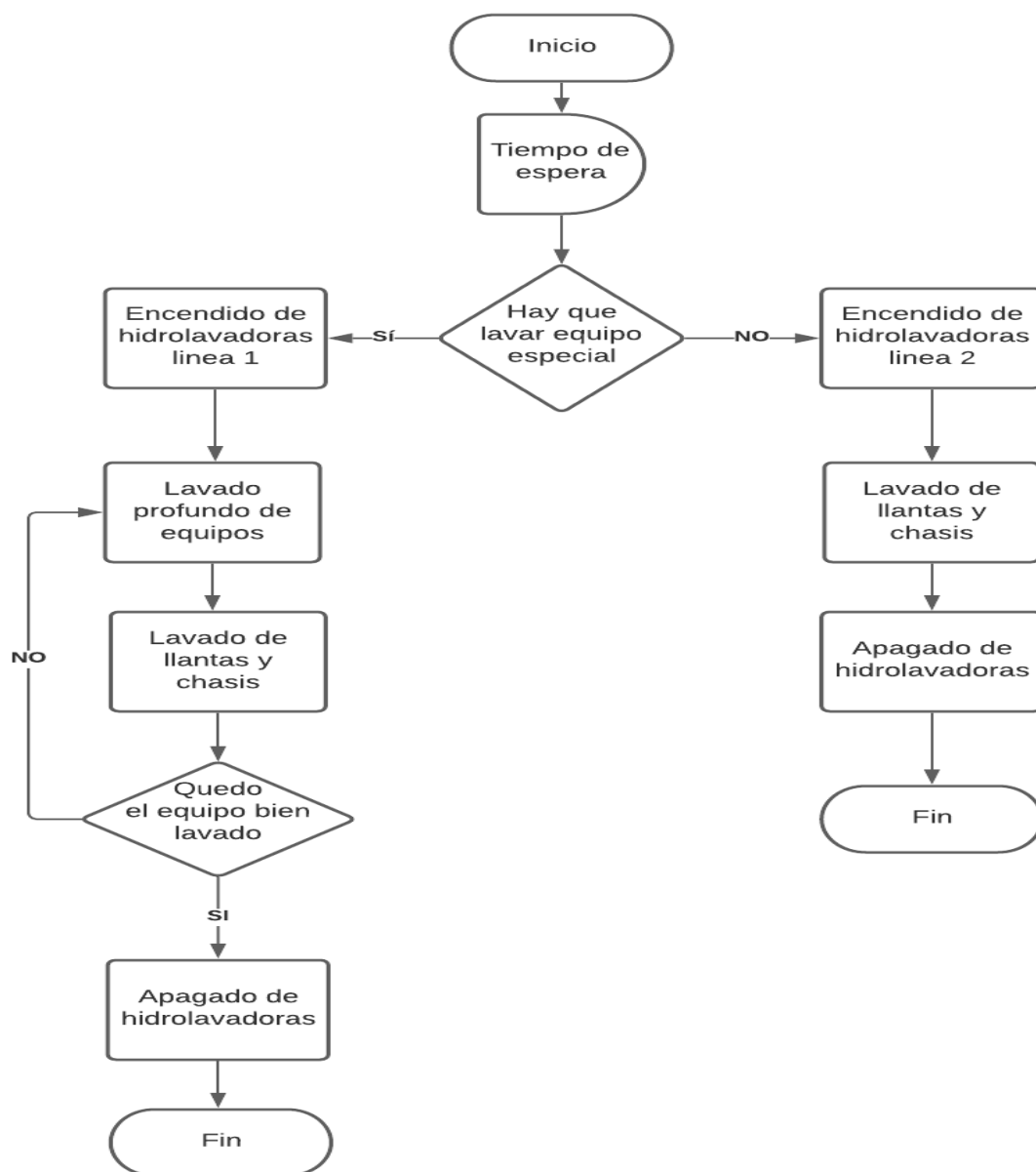
Nota: Danny Valverde Arroyo.

Diagrama de flujo

En esta sección, se presenta el diagrama de flujo de las líneas que se encuentran en la zona de plataforma de lavado, de forma que se pueda tener una visión más clara de la secuencia del proceso. A continuación, en la

Figura 19 se muestra el diagrama de flujo del proceso de lavado y desinfección de vehículos en la plataforma de lavado del PTA del Huazo.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso de lavado y desinfección.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la

Figura 19 Diagrama de flujo de proceso de las líneas 1 y 2, se puede observar el proceso de lavado y desinfección de vehículos en la plataforma de lavado del PTA del Huazo.

Procesos de líneas de lavado

El proceso inicia en el momento en que los vehículos salen del frente de trabajo y llegan a la fila para ingresar a la plataforma de lavado; en ese momento, los usuarios tienen que esperar un tiempo indefinido en la fila mientras se autoriza el ingreso uno a uno a la plataforma de lavado.

Cuando el usuario llega a la entrada de la plataforma, uno de los operarios verifica qué tipo de servicio necesita el vehículo antes de ingresar a la línea de lavado; si es solamente lavado de chasis y llantas, se le indicará al usuario que ingrese a la línea de lavado 1, pero, si el usuario aparte del lavado de chasis y llantas, tiene que lavar un equipo especial (un contenedor o un compactador), se le indicará que ingrese a la línea de lavado 2.

Una vez que el operario identifique el tipo de servicio que requiere el cliente, procederá a indicarle al usuario en cuál línea de lavado debe ingresar.

Línea 1

Cuando el vehículo se encuentra ubicado en el área de lavado, los operarios de la línea procederán con el encendido de la máquina de lavado a presión (hidro lavadora), en este momento inicia un proceso predefinido, el cual consiste en lavar con agua a presión los excesos de desechos que se encuentran adheridos al chasis y las llantas de los vehículos.

Una vez concluido este proceso predefinido, el operario de la hidrolavadora procederá a apagar la máquina. Cuando el vehículo ya se encuentra desinfectado, el operario le indicará al usuario que, por favor, salga de la línea de lavado y proceda a retirarse de la plataforma, dando por finalizado el proceso.

Línea 2

Cuando el vehículo se encuentra ubicado en el área de lavado, los operarios de la línea procederán con el encendido de la máquina de lavado a presión (hidrolavadora), en este momento inicia un proceso predefinido, el cual consiste en lavar con agua a presión los excesos de desechos que se encuentran adheridos al chasis y las llantas de los vehículos. Además, para los equipos especiales (contenedores o compactadores), se les realizan lavados más profundos, los cuales consisten en barrer, restregar, lavar a presión con agua, retirar los excesos de residuos

de desechos adheridos a los equipos y, por último, aplicar controlador de olores dentro y fuera de los equipos.

Una vez concluido el lavado del equipo y del vehículo, el usuario verificará si el proceso se realizó correctamente.

Si el cliente indica que no quedó bien lavado, se procede a aplicar un reproceso del servicio brindado y se tiene que comenzar de nuevo con el proceso predefinido de lavado y desinfección, pero, si el cliente indica que sí quedó bien lavado, le dará el visto bueno al trabajo realizado por el operario.

Una vez concluido este proceso predefinido, el operario de la hidrolavadora procederá a apagar la máquina. Cuando el equipo y el vehículo ya se encuentran desinfectados, el operario le indicará al usuario que, por favor, salga de la línea de lavado y proceda a retirarse de la plataforma, dando por finalizado el proceso.

Medición de las consecuencias y análisis de las causas

En la medición de las consecuencias, se presenta un diagrama de Ishikawa y un diagrama de Pareto, los cuales permitieron la identificación de las causas y efectos, así mismo, la identificación del 80/20 de la causa raíz, enfocado en el problema de tiempos de espera en plataforma de lavado.

Diagrama de Ishikawa

Inicialmente, se realizó una lista de las principales causas que afectan el problema de tiempos de espera en la plataforma de lavado. Además, se llevó a cabo una evaluación a cada causa y se asignó un valor, los cuales se estipularon en tres intervalos, donde el 5 corresponde a Grave, 3 Medio y 1 Bajo.

Se realizó la categorización 6M, en la cual se utilizaron los factores de mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medición y medio ambiente. A continuación, en la Tabla 5, se puede observar la categorización 6M y el valor que se asignó a cada causa que afecta el problema de tiempos de espera en la plataforma de lavado.

Tabla 5. Causas del problema y categorización 6M

Muestras	Causas	Categorización 6M	Valor de causa
1	Diseño plataforma de lavado	Método	5

Muestras	Lluvia de ideas	Categorización 6M	Valor de causa
2	Personal no calificado	Mano de obra	1
3	Polvo	Medio Ambiente	1
4	No seguir el proceso	Mano de obra	3
5	Ruido	Medio Ambiente	1
6	Actitud	Mano de obra	1
7	Cliente	Mano de obra	1
8	Pocas hidro lavadoras	Máquina	5
9	Barro	Medio Ambiente	1
10	Unidad Hidráulica	Máquina	5
11	Viento	Medio Ambiente	1
12	Cambio en el proceso	Método	3
13	Escobas	Material	3
14	Proceso manual	Método	3
15	Lluvia	Medio Ambiente	3
16	Palas	Material	1
17	Mediciones de tiempos (KPS`s)	Medida	5
18	Verificación del proceso	Mano de obra	5
19	Controlador de olor	Material	3
20	Desengrasante	Material	3
21	Poco personal	Mano de obra	5

Muestras	Lluvia de ideas	Categorización 6M	Valor de causa
22	Hidrolavadoras viejas	Máquina	5
23	Sol	Medio Ambiente	3
24	Material de apoyo	Método	3
25	Neblina	Medio Ambiente	1
26	Falta de incentivo	Mano de obra	1
27	Distribución de líneas de trabajo	Método	5
28	Jaula	Material	1
29	Rayos	Medio Ambiente	1

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la Tabla 5, Causas del problema y categorización 6M, se determinó la categorización 6M y se asignó un valor a cada causa que afecta el problema de tiempos de espera en la plataforma de lavado.

En el factor mano de obra, se establecieron siete causas de fallos, a las cuales se les asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso. El resultado total obtenido fue de 17 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 5 pts. Graves: poco personal, verificación del proceso.
- 3 pts. Medios: no seguir el proceso.
- 1 pt. Bajo: personal no capacitado, falta de incentivo, actitud, cliente.

En el factor maquinaria se establecieron tres causas de fallos, a las cuales se les asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso. El resultado total obtenido fue de 15 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 5 pts. Graves: pocas hidrolavadoras, hidrolavadoras viejas, unidad hidráulica.

En el factor medida, se estableció una causa de fallo, a la cual se le asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso. El resultado total obtenido fue de 5 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 5 pts. Graves: KPI.

En factor de método se establecieron cinco causas de fallos, a las cuales se les asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso, el resultado total obtenido fue de 19 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 5 pts. Graves: diseño plataforma de lavado, distribución líneas de trabajo.
- 3 pts. Medios: cambio en el proceso, proceso manual, material de apoyo.

En el factor de material, se establecieron cinco causas de fallos, a las cuales se les asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso. El resultado total obtenido fue de 11 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 3 pts. Medios: escobas, desengrasante, controlador de olor.
- 1 pt. Bajo: palas, jaula.

En el factor de medio ambiente, se establecieron ocho causas de fallos, a las cuales se les asignó el valor de influencia según la gravedad que puede tener en el proceso. El resultado total obtenido fue de 12 puntos, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

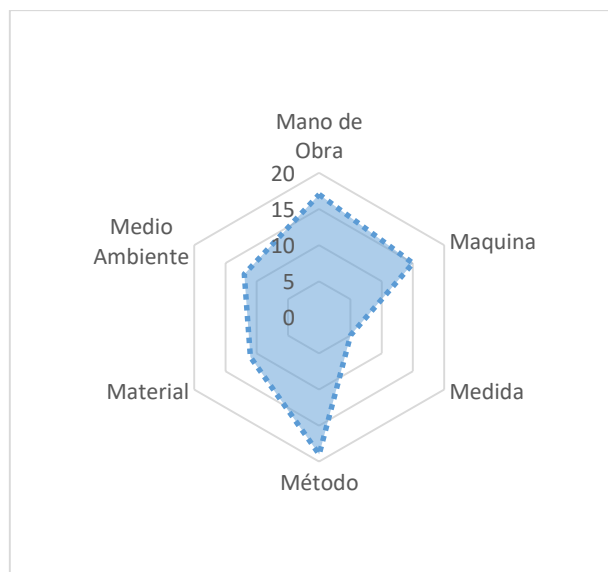
- 3 pts. Medios: lluvia, sol.
- 1 pt. Bajo: viento, neblina, rayos, ruido, polvo, barro.

Se detallan los resultados totales obtenidos según su gravedad para cada una de las 6M analizadas, de la siguiente manera:

- 19 pts. Método.
- 17 pts. Mano de obra.
- 15 pts. Maquinaria.
- 12 pts. Medio Ambiente.
- 11 pts. Material.
- 5 pts. Medida.

Con la categorización 6M, se realizó el gráfico de la Figura 20, el cual detalla los resultados totales obtenidos según su gravedad para cada una de las 6M analizadas.

Figura 20. Gráfico categorización 6M



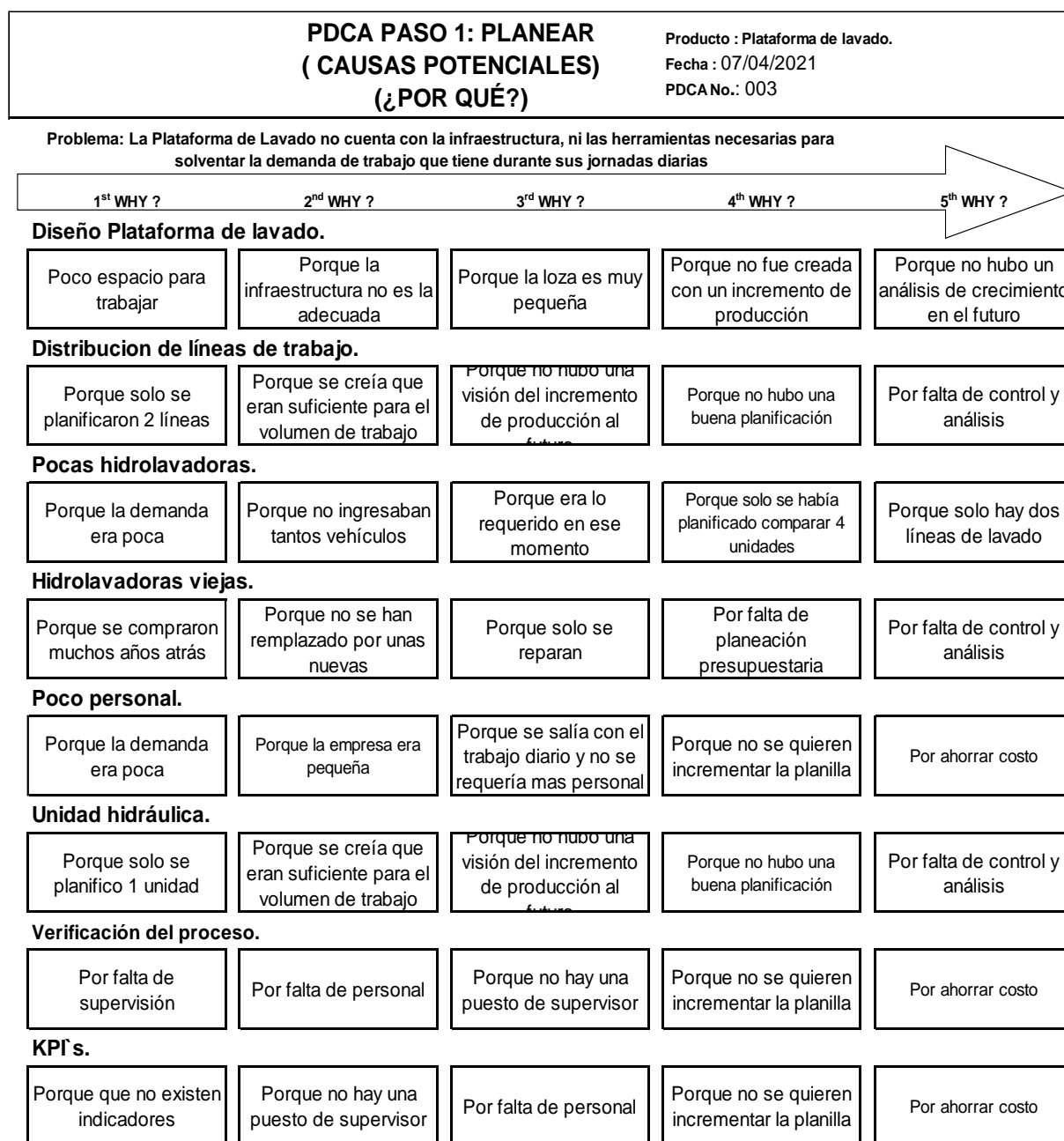
Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 20 representa los datos de la categorización 6M para cada causa, donde el factor más grave es el método, seguido de mano de obra y, por último, la maquinaria.

Con base en los valores obtenidos en la Tabla 5, se obtienen las causas con mayor gravedad al problema de tiempos de espera en plataforma de lavado, las cuales corresponden a un total de ocho causas con mayor problemática en el proceso de lavado; siguiendo con la fase Planear se obtienen las causas potenciales (Por qué).

A continuación, en la Figura 21, se verán las causas potenciales.

Figura 21. Causas potenciales.

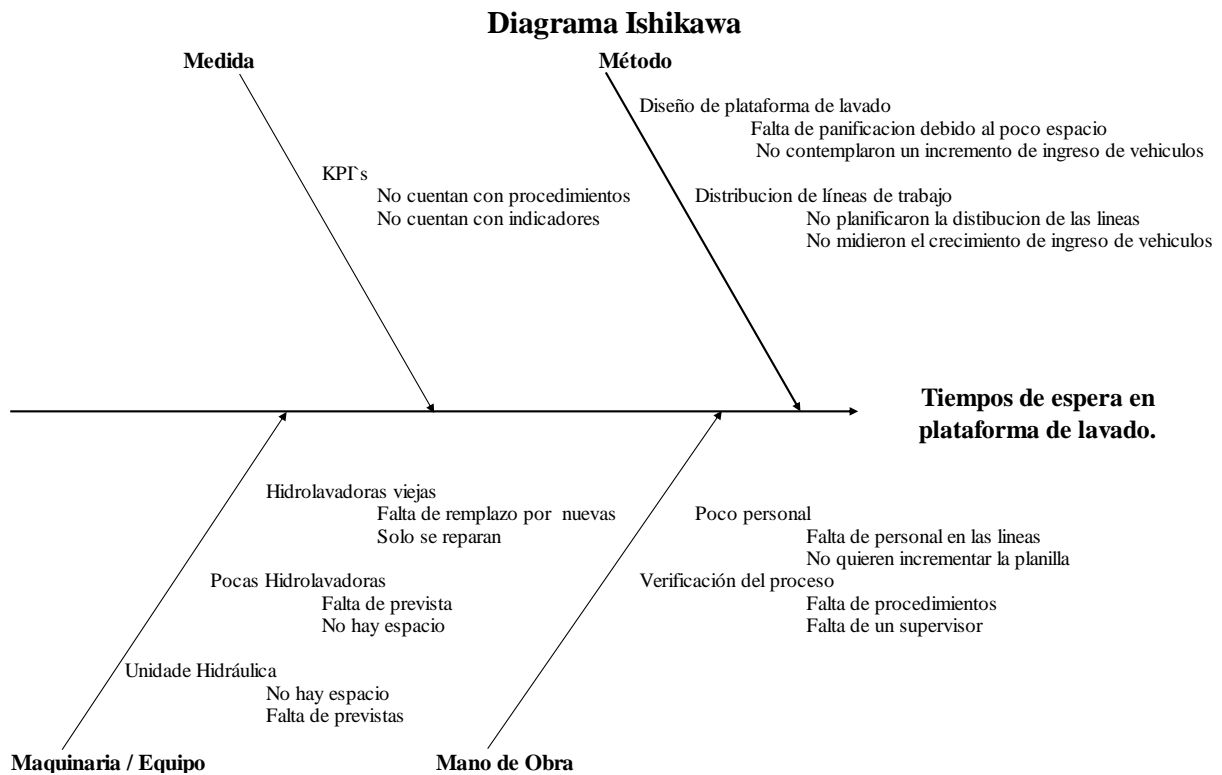


Nota: Danny Valverde Arroyo.

Con la información recopilada, se realizó el siguiente diagrama Ishikawa, el cual se detalla en la

Figura 22.

Figura 22. Diagrama de Ishikawa



Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la

Figura 22, se puede observar las causas que afectan las líneas de plataforma de lavado.

Diagrama de Pareto

Con base en la información de los valores obtenidos en al Tabla 5, se tabulan los datos en una tabla de cálculos formulada para la creación del diagrama de Pareto. A continuación, en la

Figura 23, se verá la tabla de cálculos del diagrama de Pareto.

Figura 23. Tabla cálculos Diagrama de Pareto.

Ranking	Causa / Problema / Fenómeno	Valor asignado	ID en gráfico	Posición real (Causas y datos ordenados)		Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Diseño Plataforma de lavado	5	Diseño Plataforma de lavado	1	Diseño Plataforma de lavado	5	6%	6%
18	Personal no capacitado	1	Distribucion Líneas de trabajo	2	Distribucion Líneas de trabajo	5	6%	13%
19	Falta de incentivo	1	Pocas hidrolavadoras	3	Pocas hidrolavadoras	5	6%	19%
9	No seguir el proceso	3	Hidrolavadoras viejas	4	Hidrolavadoras viejas	5	6%	25%
2	Distribucion Líneas de trabajo	5	Unidad Hidraulica	5	Unidad Hidraulica	5	6%	32%
20	Actitud	1	Poco Personal	6	Poco Personal	5	6%	38%
10	Conocimiento del cliente	3	Verificacion del proceso	7	Verificacion del proceso	5	6%	44%
3	Pocas hidrolavadoras	5	KPI's	8	KPI's	5	6%	51%
4	Hidrolavadoras viejas	5	No seguir el proceso	9	No seguir el proceso	3	4%	54%
5	Unidad Hidraulica	5	Conocimiento del cliente	10	Conocimiento del cliente	3	4%	58%
11	Escobas	3	Escobas	11	Escobas	3	4%	62%
21	Palas	1	Desengrasantes	12	Desengrasantes	3	4%	66%
12	Desengrasantes	3	Controlador de olor	13	Controlador de olor	3	4%	70%
13	Controlador de olor	3	Lluvia	14	Lluvia	3	4%	73%
6	Poco Personal	5	Sol	15	Sol	3	4%	77%
7	Verificacion del proceso	5	Cambio en el proceso	16	Cambio en el proceso	3	4%	81%
22	Jaula	1	Proceso Manual	17	Proceso Manual	3	4%	85%
14	Lluvia	3	Personal no capacitado	18	Personal no capacitado	1	1%	86%
15	Sol	3	Falta de incentivo	19	Falta de incentivo	1	1%	87%
23	Viento	1	Actitud	20	Actitud	1	1%	89%
24	Neblina	1	Palas	21	Palas	1	1%	90%
25	Rayos	1	Jaula	22	Jaula	1	1%	91%
26	Ruidos	1	Viento	23	Viento	1	1%	92%
27	Polvo	1	Neblina	24	Neblina	1	1%	94%
28	Barro	1	Rayos	25	Rayos	1	1%	95%
16	Cambio en el proceso	3	Ruidos	26	Ruidos	1	1%	96%
17	Proceso Manual	3	Polvo	27	Polvo	1	1%	97%
29	Material de apoyo	1	Barro	28	Barro	1	1%	99%
8	KPI's	5	Material de apoyo	29	Material de apoyo	1	1%	100%

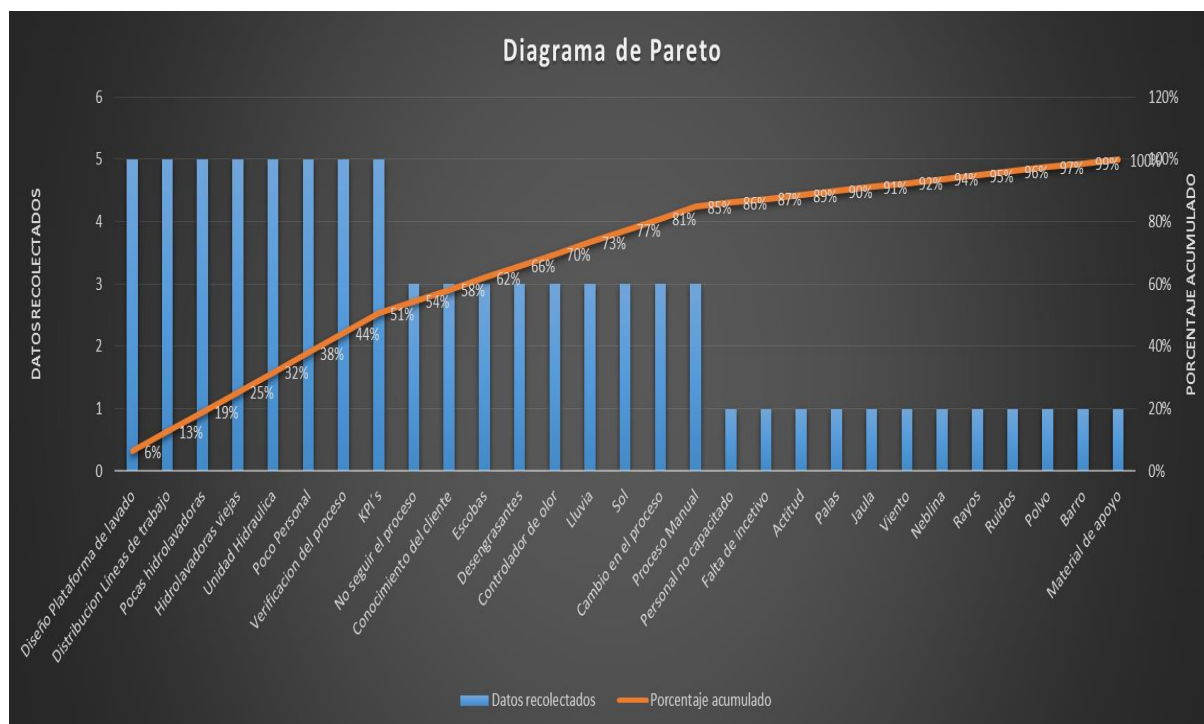
Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la tabla de la

Figura 23, se pueden observar las principales causas del problema de tiempos de espera en plataforma de lavado. Una vez tabulada toda la información en la tabla de cálculos, se obtiene el diagrama de Pareto, con el cual se determinaron las principales causas del problema de tiempos de espera en plataforma de lavado, permitiendo la identificación del 80/20 de la causa raíz.

A continuación, en la Figura 24 se verá el diagrama de Pareto.

Figura 24. Diagrama de Pareto.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

Con base en los datos obtenidos en la Figura 24 Diagrama de Pareto, se puede visualizar el comportamiento de las causas con mayor efecto en el proceso de lavado y desinfección, las cuales corresponden al 20% del total de los datos tabulados.

Se determina que el 20% de las causas corresponden a un total de ocho efectos con mayor problemática en el proceso de lavado, siendo estas:

- Diseño plataforma de lavado.
- Distribución líneas de trabajo.
- Pocas hidrolavadoras.
- Hidrolavadoras viejas.
- Unidades hidráulicas.
- Poco personal
- Verificación del proceso
- KPI.

Si se atacan las causas antes mencionadas, se mejora el problema de tiempos de espera en plataforma de lavado.

Fase Hacer PDCA

En esta fase se realiza el despliegue de las principales contramedidas determinadas en la Figura 21. Esto permitirá hacer los cambios necesarios para luego evaluar su impacto dentro del proceso de lavado, a fin de documentar los nuevos métodos y mejoras al proceso.

Para la siguiente fase, se lleva a cabo un plan de acción, mediante la correcta realización de tareas planificadas, la aplicación controlada del plan, la verificación y obtención de resultados necesarios para su posterior análisis.

A continuación, en la Figura 25, se desarrolla el formulario para la fase Hacer, en el cual, una vez identificado el problema, se empieza a realizar un plan de acciones sobre ¿quién? ¿Cuándo? ¿Y qué efectividad traerá?

Figura 25. Plan de acciones.

		PDCA PASO 1: PLANEAR / PASO 2: HACER (PLAN DE ACCIONES) (¿CÓMO?)						
						Hoja de		
PROBLEMA	La Plataforma de Lavado no cuenta con la infraestructura, ni las herramientas necesarias para solventar la demanda de trabajo que tiene durante sus jornadas diarias				LIDER PDCA	Danny Valverde		
PRODUCTO	Plataforma de Lavado				PDCA No.	005		
No. DE PARTE	NA				FECHA APERTURA	7/4/2021		
CLIENTE	Empresas Berthier EBI de Costa Rica				FECHA CIERRE			
PLAN DE ACCIONES					ESTANDARIZAR VERIFICAR			
PROBLEMA	CAUSA RAIZ	No.	ACCIONES	¿QUIÉN?	¿CUANDO?		EFECTIVIDAD	COMENTARIOS
					Inicio	Fin		
Diseño de plataforma de lavado	Infraestructura	1	Analizar propuestas mediante modelos de simulación del proceso de lavado	Gerencia, Ingeniería de proyectos y Danny	7/4/2021		En proceso	
Distribución de líneas de trabajo	Infraestructura	2	Analizar una propuesta para el rediseño de las líneas de trabajo en la plataforma de lavado	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
Pocas hidrolavadoras	Infraestructura y presupuesto	3	Analizar una propuesta para la compra de mas equipos y rediseño de las líneas de trabajo en la plataforma de lavado	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
Hidrolavadoras viejas	Falta de toma de decisiones	4	Analizar una propuesta para la compra de equipos nuevos	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
Poco personal	Falta de control	5	Analizar los tiempos de espera del servicio, para valorar la contratación de mas operarios	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
Unidad hidráulica	Falta de toma de decisiones	6	Analizar una propuesta para la compra de mas equipos	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
Verificación del proceso	Falta de control	7	Analizar una propuesta para crear procedimientos al proceso de la plataforma de lavado	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	
KPIs	Falta de control	8	Analizar una propuesta para la creación de un puesto de trabajo de supervisor de área, quien llevara los controles necesarios en la plataforma de lavado	Ingeniero del PTA y Danny Valverde	7/4/2021		En proceso	

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Fase Verificar PDCA

Después de haberse implantado la fase de planeación mediante herramientas como diagramas de flujo, Ishikawa, Pareto, entre otros, así como el plan de acciones en la fase Hacer, ahora se da paso a la fase Verificar, en la cual se lleva a cabo un plan de acción, mediante la correcta verificación y obtención de resultados necesarios para su posterior análisis.

Análisis de la situación actual

En esta segunda etapa de la situación actual, se presentan las hipótesis, muestra de la población del estudio y el estudio de tiempos en el cual se midieron los siguientes procesos: hora de llegada, tiempo entre llegadas, inicio de servicio, salida de servicio, tiempo de servicio, tiempo en cola y tiempo en sistema. Así mismo, se presenta la evaluación de los tiempos de los vehículos y servidores en el sistema de colas y los indicadores del sistema de colas en el área de lavado. Además, se aplicó una encuesta de satisfacción en la cual se determina la percepción de los choferes, con respecto a los tiempos en la cola que experimentan durante el servicio en la plataforma de lavado.

Hipótesis general

Con base en la identificación del problema y la determinación de los objetivos, se define la hipótesis:

El rediseño de procesos disminuye el tiempo de espera del servicio de lavado y desinfección dentro de la empresa EBI.

Hipótesis específica

Siguiendo el lineamiento de los objetivos específicos anteriormente detallados, se define la hipótesis específica:

El aumento de líneas de lavado disminuye el tiempo de espera en el servicio de plataforma de lavado.

Población y muestra

La población del presente estudio está determinada por los vehículos que hacen uso de la plataforma de lavado en un día en promedio, esto es una población de 302 vehículos tomados de la Figura 14. Para la determinación de la muestra, se realizó mediante el muestreo aleatorio

simple, puesto que se está eligiendo individuos de la población, de manera que todos tengan la misma probabilidad de aparecer.

Con base en el diseño cuantitativo, se utilizará el método para la determinación del tamaño de la muestra de poblaciones finitas en muestreos sin reposición como lo precisa (Valdivieso, Valdivieso, & Valdivieso, 2011, p. 153).

A continuación, en la Figura 26, se especifica la fórmula por aplicar.

Figura 26. Fórmula por aplicar al tamaño de la muestra

$$n = \frac{NZ_{\alpha}^2\sigma^2}{(E^2(N-1)) + Z_{\alpha}^2\sigma^2}$$

Nota: Carlos Valdivieso.

A continuación, en la Figura 27, se determina la fórmula de la muestra, donde se especifica:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población, calculado en relación con la cantidad total de camiones que pasan por la plataforma de lavado en un día.

σ : Desviación estándar de la población, para el presente proyecto se extrajo de una muestra pequeña tomado aleatoriamente.

Z: Con un nivel de confianza del 95%, el valor de tabla correspondiente es de 1.96.

E: Límite aceptable de error de estimación, queda a criterio del investigador en intervalos que generalmente van del 1% al 9%. Para el presente estudio se usa un factor del 5%.

A continuación, en la Figura 27, se expone la fórmula del tamaño de la muestra.

Figura 27. Fórmula del tamaño de la muestra.

$$n = \frac{302 \times 1.96^2}{(1 + (302 - 1) \times 0.05^2) + 1.96^2 \times 0.05^2}$$

$$n = 160$$

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se obtiene un tamaño de muestra de 160 vehículos de la población en la plataforma de lavado.

Estudio de tiempos plataforma de lavado

El estudio de tiempos se realizó con base en el tamaño de muestra de la población. Se tomaron como referencia los vehículos recibidos en la empresa, correspondientes al mes de abril del 2021, específicamente el jueves 15 y viernes 16, cuya cantidad ascendió a 573 vehículos.

A continuación, en la Tabla 6 se verá la información del estrato de la muestra.

Tabla 6. Estrato de la muestra

Estrato	Día	Sujetos en el estrato	Proporción	Muestra del estrato
1	Jueves	292	45%	72
2	Viernes	281	55%	88
		573	100%	160

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En la Tabla 6, se puede observar la estratificación de la población, la cual se realizó en función de los vehículos que ingresaron a la plataforma de lavado en el horario de 9:00 a.m. a 1:00 p.m.

Los procesos para medirse son los siguientes: hora de llegada, tiempo entre llegadas, inicio de servicio, salida de servicio, tiempo de servicio, tiempo en cola y tiempo en sistema. En la medición de este proceso para un solo vehículo, se sigue un método continuo, tomando los tiempos mientras dura el estudio.

Se requirió de dos personas para la toma de tiempos, una persona recopiló la hora de llegada de cada vehículo y la otra persona el inicio y salida de servicio para cada uno de los vehículos. Se requirieron dos relojes convencionales para tomar los valores numéricos de cada vehículo y así sucesivamente durante todo el estudio.

Para una correcta toma de tiempos, se aplicaron las siguientes consideraciones:

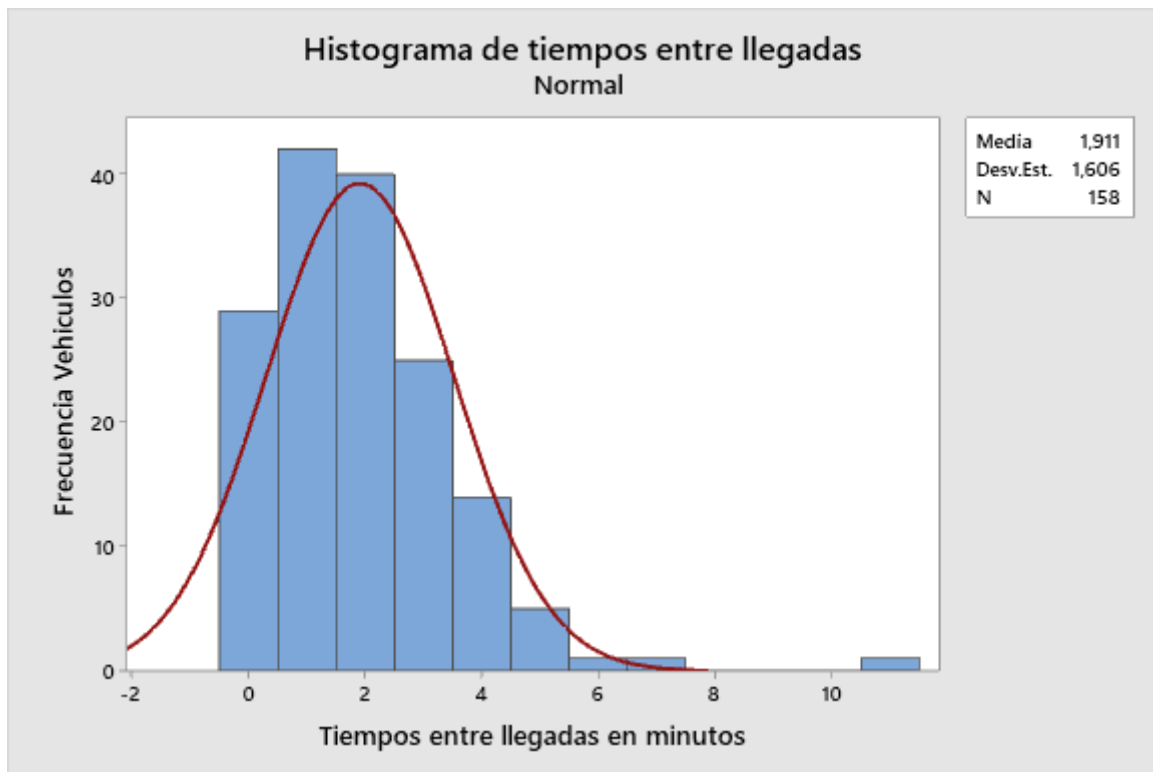
- Se informó a los empleados que estaban siendo evaluados.
- Se elaboró un formato de toma de tiempos para cada perspectiva indicada.
- Se contó con las herramientas necesarias para realizar la evaluación: reloj, formatos de toma de tiempos.
- Se realizaron tomas de tiempo en dos días diferentes, respetando la cantidad del tamaño de muestra para cada día.

Evaluación de los vehículos en el sistema de colas en la plataforma de lavado.

La evaluación de los vehículos estuvo enfocada en determinar cuál era el comportamiento de llegada y cuál era el comportamiento de los tiempos empleados para brindar el servicio en la plataforma de lavado. A continuación, en la

Figura 28, se verá el histograma de tiempos entra llegadas en la plataforma de lavado del PTA.

Figura 28. Histograma de tiempos entre llegadas



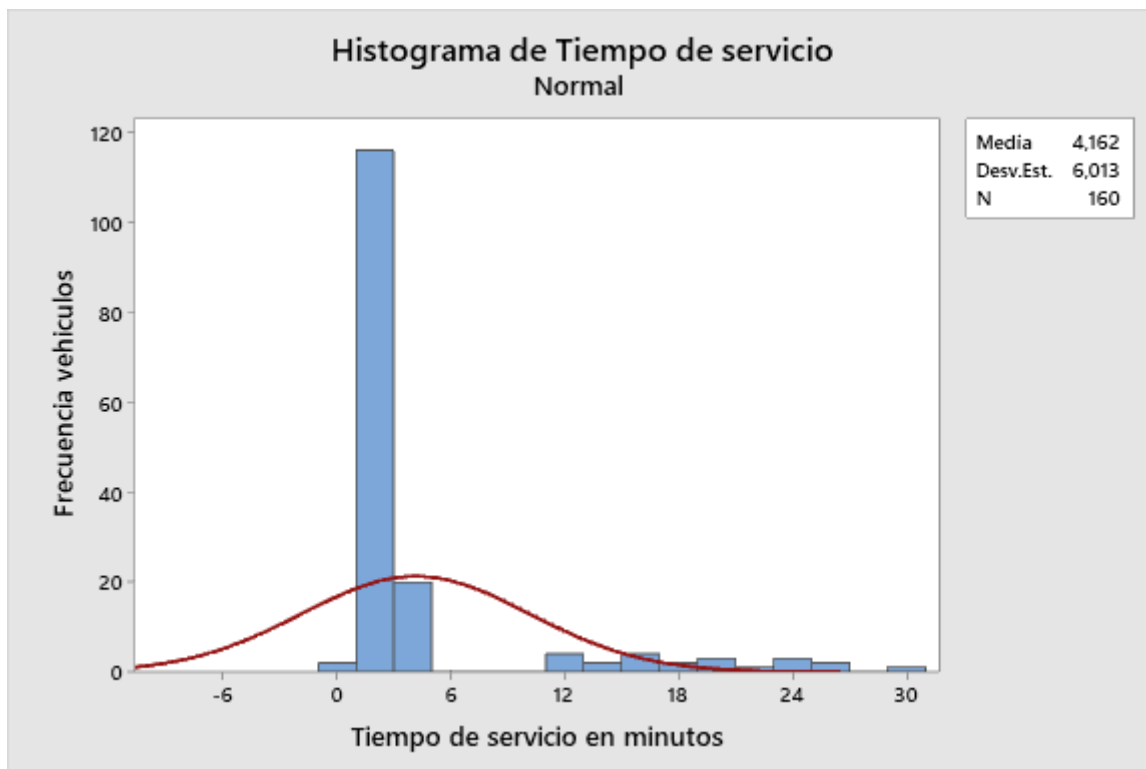
En el histograma de la

Figura 28, tiempos entre llegadas, se pudo concluir, a través del análisis, que los tiempos entre llegada de los vehículos tenían una distribución normal y una media de 1.911, datos analizados en Minitab 19.

Además de identificar la evaluación de los tiempos entre llegadas de los vehículos, también se identificó el tiempo de servicio. La evaluación estuvo enfocada en determinar cuál era el comportamiento de los tiempos de servicio por vehículo que atendía un operador.

A continuación, en la Figura 29, se verá el histograma de tiempos de servicio en la plataforma de lavado del PTA.

Figura 29. Histograma de tiempos de servicio



En el histograma de la Figura 29, tiempos de servicio, se pudo concluir, a través del análisis, que los tiempos de servicio para cada vehículo, es decir, los tiempos que se emplean durante el servicio, tuvieron una media de 4.162 minutos con una desviación estándar de 6.013 minutos, además, los datos siguen una distribución normal, datos analizados en Minitap 19.

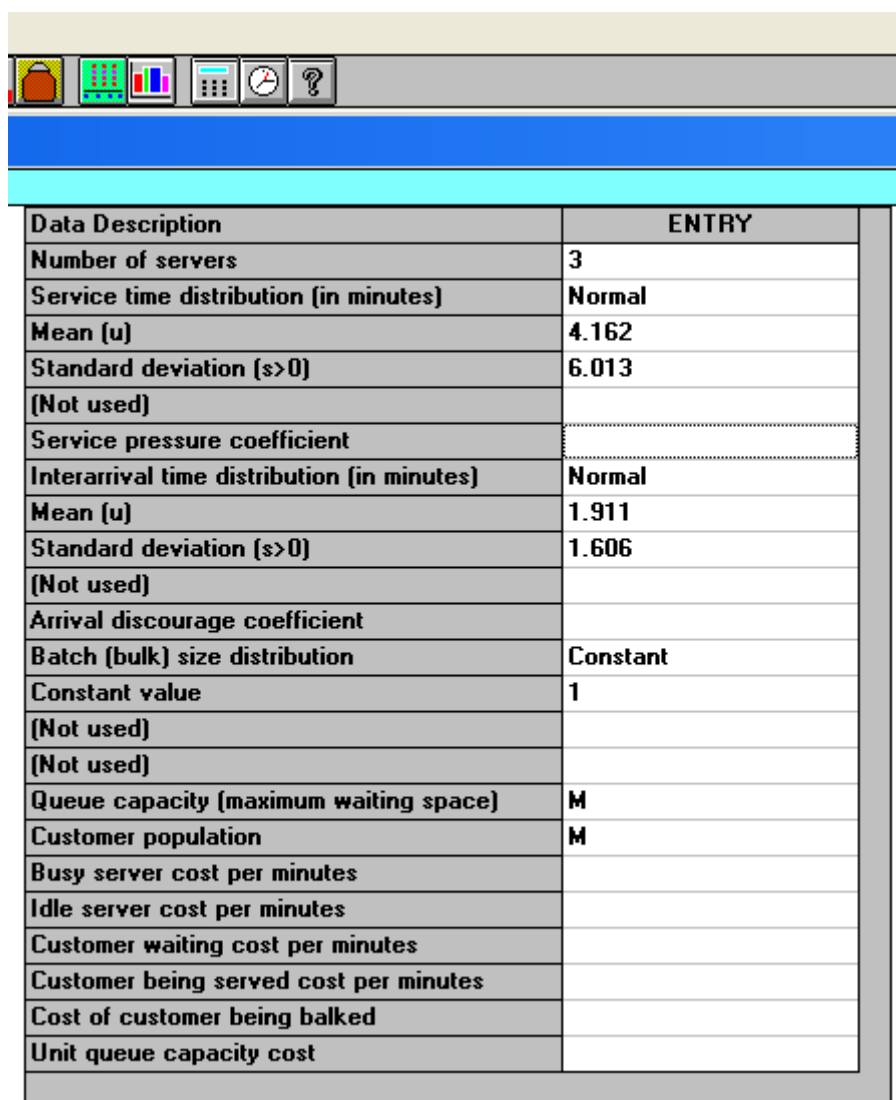
Evaluación de los servidores en el sistema de colas de la plataforma de lavado

Para la evaluación de los servidores se utilizó el *software* WinQSB, además, el programa requería los datos de los tiempos entre llegadas (

Figura 28) junto con los tiempos de servicio por cada operador que atendía en un servidor (Figura 29).

A continuación, en la Figura 30, se verá el ingreso de datos al *software* WinQSB para evaluar los servidores de la plataforma de lavado.

Figura 30. Ingreso de datos al software WinQSB



Data Description	ENTRY
Number of servers	3
Service time distribution (in minutes)	Normal
Mean (μ)	4.162
Standard deviation ($\sigma > 0$)	6.013
(Not used)	
Service pressure coefficient	
Interarrival time distribution (in minutes)	Normal
Mean (μ)	1.911
Standard deviation ($\sigma > 0$)	1.606
(Not used)	
Arrival discourage coefficient	
Batch (bulk) size distribution	Constant
Constant value	1
(Not used)	
(Not used)	
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per minutes	
Idle server cost per minutes	
Customer waiting cost per minutes	
Customer being served cost per minutes	
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

Nota: Programa WinQSB.

En la Figura 30, es posible observar los datos que se ingresaron al *software* WINQSB con la finalidad de evaluar el funcionamiento de los tres servidores actuales. Para ello se utilizaron los resultados donde se determinó que el tiempo de servicio y los tiempos entre llegadas tenían una distribución normal. Luego de ello, se pudo calcular los principales indicadores del sistema de colas inicial de la plataforma de lavado.

Con base en la información obtenida en la Figura 30, a continuación, en la Figura 31, se presentan los indicadores del sistema de colas de plataforma de lavado.

Figura 31. Indicadores del sistema de colas de plataforma de lavado en PTA.

s de botella		
04-24-2021	Performance Measure	Result
1	System: G/G/3	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per minutes =	0.5233
3	Service rate per server (μ) per minutes =	0.2403
4	Overall system effective arrival rate per minutes =	0.5393
5	Overall system effective service rate per minutes =	0.5373
6	Overall system utilization =	74.7742 %
7	Average number of customers in the system (L) =	4.3596
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	2.1164
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	4.9474
10	Average time customer spends in the system (W) =	8.1095 minutess
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	3.9390 minutess
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	9.2082 minutess
13	The probability that all servers are idle (Po) =	3.4595 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	42.7772 %
15	Average number of customers being balked per minutes =	0
16	Total cost of busy server per minutes =	\$0
17	Total cost of idle server per minutes =	\$0
18	Total cost of customer waiting per minutes =	\$0
19	Total cost of customer being served per minutes =	\$0
20	Total cost of customer being balked per minutes =	\$0
21	Total queue space cost per minutes =	\$0
22	Total system cost per minutes =	\$0
23	Simulation time in minutes =	1000.0000
24	Starting data collection time in minutes =	0
25	Number of observations collected =	538
26	Maximum number of customers in the queue =	14
27	Total simulation CPU time in second =	0.0700

Nota: Programa WinQSB.

A través de la Figura 31, se pudo determinar que la plataforma de lavado, con tres servidores funcionando, presentaba un porcentaje de utilización del 74.77%. Así mismo, se determinó que los vehículos tenían que esperar en cola un promedio de 9.20 minutos (Wb) cuando el sistema se encontraba ocupado. Con respecto a los valores de probabilidad, la probabilidad de que un vehículo llegue a la plataforma de lavado y encuentre el sistema ocupado o tenga que formar parte de la cola (Pb) es del 42.77% y la probabilidad de encontrar todos los servidores ocupados (Po) era del 3.45%, lo cual indicaba que los vehículos muchas veces debían esperar por ser atendidos. De esta manera, el diagnóstico de la plataforma de lavado mostró en ámbitos generales ser ineficiente.

A continuación, en la Figura 32, Figura 33 y Figura 34 se presenta la cola, ingreso y salida de los vehículos a plataforma de lavado.

Figura 32. Cola de ingreso a plataforma.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

Figura 33. Entrada a plataforma de lavado.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

Figura 34. Salida de plataforma de lavado.



Nota: Danny Valverde Arroyo.

A través de las fotografías, se observa que el espacio no es muy propicio para la espera, por ser estrecho y poco cómodo para los camiones, sin embargo, no cuentan con un límite de vehículos diarios.

El proceso no muestra un tipo de colas definida, esto indica que, conforme están llegando los clientes, se les va atendiendo, sin tener que clasificarlos por urgencia o tipo de servicio, lo cual haciendo que tenga que esperar cada uno hasta que el operador le pueda brindar el servicio. Además, se debe recalcar que se encuentra el estrés dentro del área de trabajo, ya que, al ser muy elevado el tiempo de espera, este suele generar incomodidad en la cola y, consecuentemente, ocasiona estrés laboral a los operarios que se encuentran brindando el servicio.

Encuesta

Adicionalmente, se aplicó una encuesta de satisfacción para determinar la percepción de los choferes, con respecto a los tiempos en la cola que experimentaban durante el servicio en la plataforma de lavado. Dicha medición se hizo con la muestra establecida y se realizó una pregunta concreta: ¿el tiempo de espera que usted experimentó en la cola es corto?

A continuación, en la Tabla 7, se presentan las calificaciones estipuladas para el formulario.

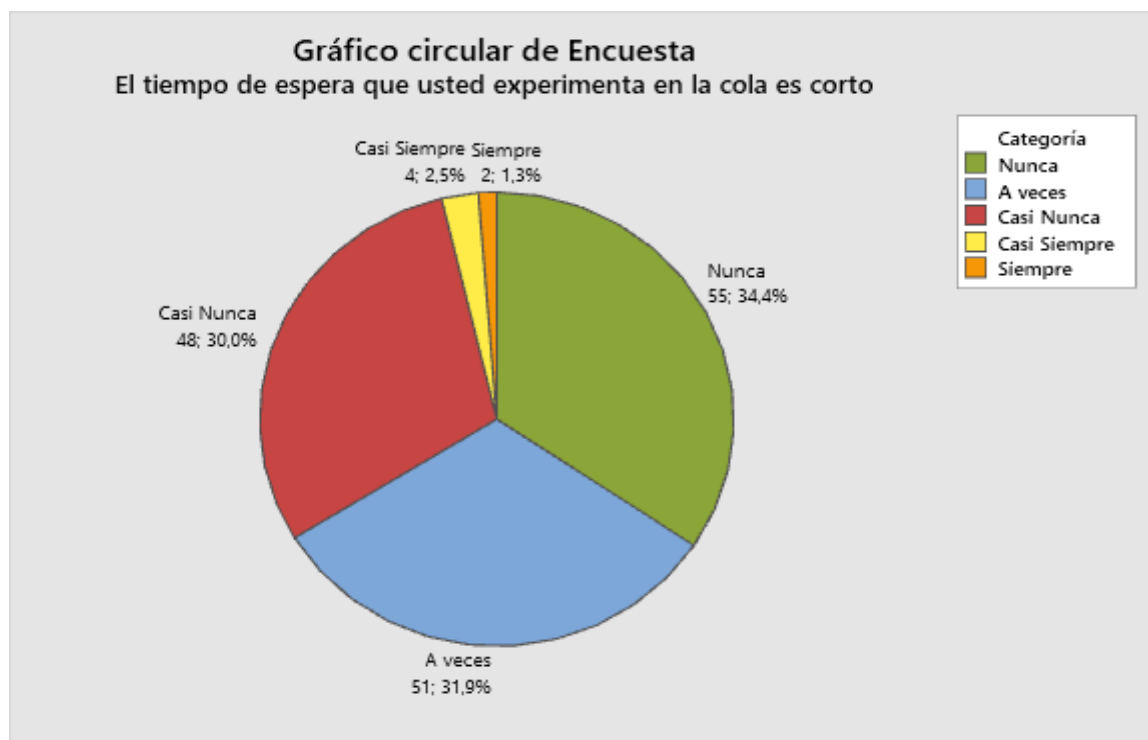
Tabla 7. Formulario de la encuesta

Calificación	Categoría
1	Nunca
2	Casi nunca
3	A veces
4	Casi siempre
5	Siempre

Nota: Danny Valverde Arroyo.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta el resultado de la encuesta. Además, con base en la información obtenida en la encuesta, se realizó un gráfico con los resultados obtenidos.

Figura 35. Gráfico de encuesta



Nota: Danny Valverde Arroyo.

El gráfico de la Figura 35 muestra la encuesta realizada, y representa que el tiempo en cola es ineficiente, debido a que el 34.4 % de los choferes indican que el tiempo en cola nunca es corto, además, el 30.0% indicó que casi nunca es corto; sumando estos dos porcentajes, se obtiene un 64,4%, y se concluye que los tiempos en cola son ineficientes.

La mayoría del puntaje de la encuesta corresponde al descontento con la atención, se observa que la calificación general estipula que el tiempo de cola es elevado. De esta manera, el diagnóstico de la plataforma de lavado mostró en ámbitos generales ser ineficiente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con el desarrollo y análisis del presente estudio, se identificaron las causas que provocan cuellos de botella en la planta, lo que ha permitido elaborar propuestas de mejora a los distintos problemas identificados. Por lo cual, se concluyen los siguientes aspectos:

Se comprobó que existe un cuello de botella importante en el proceso de lavado y desinfección de equipos especiales (compactadores y contenedores), a pesar de que este proceso en la plataforma de lavado es bastante estructurado, el problema radica en la relación entrada / capacidad de atención.

En el periodo del 2016 – 2020, el ingreso de vehículos al PTA incrementó su afluencia a 27352 vehículos, según los datos obtenidos, lo que significa un incremento de un 29.22 % en la entrada de nuevos clientes.

Se determinó que, durante los tres meses de verificación y validación de los datos, solo entre el 10% y el 11% del total de los vehículos que ingresan tienen que pasar por la línea de lavado 2 para realizar el lavado y desinfección de los equipos especiales.

Se realizó un análisis para describir el proceso en la plataforma de lavado por medio de un diagrama de flujo, el cual permitió la identificación de las etapas del proceso que se realiza en la actualidad.

Como herramienta de diagnóstico, se coordinó una lluvia de ideas con el personal para determinar las posibles causas de la generación del problema de tiempos de espera, con esta información se realizó un diagrama de Ishikawa y luego un diagrama de Pareto, identificando las principales causas del problema: diseño de plataforma de lavado, distribución de las líneas de trabajo, pocas hidrolavadoras. hidrolavadoras viejas, unidades hidráulicas, poco personal, verificación del proceso y ausencia de KPI.

El diagnóstico inicial determinó que los clientes presentaban disconformidad e insatisfacción con la atención brindada por la empresa. Esto se pudo corroborar con una encuesta aplicada a 160 choferes, la cual mostró que tenían una percepción negativa respecto a los tiempos de espera, debido a que un 64.4% calificó a los tiempos ofrecidos por la empresa como ineficientes.

Se estableció que el sistema de colas funcionaba con tiempos de arribo y tiempos de servicio que seguían una distribución normal. En el caso de los tiempos de arribo de los clientes,

presentaban una media de 1.911 y los tiempos de servicio ejecutado por los operarios de la empresa tenían un promedio de 4.162 minutos con una desviación estándar de 6.013 minutos.

La evaluación de los servidores demostró que el sistema de colas de la plataforma de lavado presentaba deficiencias en sus tiempos de atención. Dicha conclusión se basó en que la utilización del sistema era de 74.77%. Se estimó, además, que los clientes debían esperar un promedio (Wb) de 9.20 minutos cuando el sistema estaba ocupado y existía un 42.77% de probabilidad de que los clientes encontraran el sistema ocupado al llegar a plataforma de lavado.

Debido a lo anterior, se aceptan las hipótesis definidas al inicio de la investigación:

El rediseño de procesos sí disminuye el tiempo de espera del servicio de lavado y desinfección dentro de la empresa EBI.

El aumento de líneas de lavado sí disminuye el tiempo de espera en el servicio de plataforma de lavado.

Recomendaciones

De acuerdo con las conclusiones mencionadas anteriormente y con el análisis de los resultados obtenidos, se recomienda lo siguiente:

Realizar una ampliación de la plataforma de lavado, esta deberá pasar de dos líneas de lavado, como está actualmente, a tres para cumplir con la demanda del servicio y el crecimiento esperado de la empresa, por lo que la plataforma quedaría con tres líneas de lavado en paralelo; con esto se lograría bajar los tiempos de espera. Los costos y las medidas para dicha ampliación se presentan en la propuesta y evaluación económica.

Estandarizar y documentar un procedimiento para el proceso de la plataforma de lavado, dado que los operarios no utilizan ninguna guía para realizar las actividades; existe desconocimiento por parte del personal de algunas operaciones con mayor dificultad; los operarios provocan atrasos y desconformidad a los usuarios, debido a que las tareas donde se requiere concentración, agilidad y rapidez presentan atrasos significativos. Esto es de suma importancia para evitar reproceso y mudas dentro del proceso de lavado y desinfección.

Finalmente, se recomienda realizar una simulación del proceso con el objetivo de desarrollar una propuesta que mejore el problema de tiempos de espera en la plataforma de lavado y evitar los cuellos de botella. Para esto se elaborará una propuesta de ampliación a una línea más y se verificará por medio de la metodología PDCA cada paso a seguir en cuanto a las limitaciones y alternativas de mejora de la propuesta.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

La presente propuesta para la Empresa Berthier EBI de Costa Rica S.A. está sujeta a la ampliación de su plataforma de lavado en el PTA. El objetivo principal es mejorar el problema de tiempos de espera y eliminar los cuellos de botella del proceso, por lo que se tomaron en cuenta los datos obtenidos del análisis de la situación actual.

Diseño o propuesta

Las posibles soluciones de diseño para la ampliación de la plataforma de lavado tienen como objetivo crear alternativas que suplan las necesidades de la empresa. Estas soluciones están fundamentadas en llevar una secuencia lógica de servicio de lavado y desinfección en la plataforma de lavado, es decir, una distribución para disminuir los tiempos de espera y mejorar el flujo del proceso.

Solución técnica del problema

Realizar una ampliación de la plataforma de lavado, la misma deberá pasar de dos líneas de lavado, como está actualmente, a tres, para cumplir con la demanda del servicio y el crecimiento esperado de la empresa, por lo que la plataforma quedaría con tres líneas de lavado en paralelo, con esto se lograría bajar los tiempos de espera.

Fase Actuar PDCA

Esta última fase del ciclo de mejora continua permite generar retroalimentación sobre la planeación, realización y verificación desarrollados en los pasos anteriores, a fin de generar aprendizaje sobre todas las acciones previamente analizadas. Esto incluye el análisis, puesta en marcha y control, así mismo, con la información analizada, se determinan las contramedidas dentro del proceso y se documenta un procedimiento para el área de plataforma de lavado, a fin de que las mejoras establecidas sean sostenibles en el tiempo.

En la Figura 36 correspondiente a la fase Actuar, se procede a estandarizar los documentos afectados durante todo el proceso. Además, se detalla cuáles van a ser las intervenciones que se deben hacer para impedir la recurrencia del problema de tiempos de espera.

A continuación, en la Figura 36, se muestra la fase Actuar, en la cual se realiza la estandarización y creación del procedimiento del proceso.


Figura 36 Fase Actuar PDCA

PDCA PASO 4: ACTUAR ESTANDARIZACIÓN			
Hoja de			
PROBLEMA	Tiempos de espera en la plataforma de lavado.	LIDER PDCA	Danny Valverde
PRODUCTO	Plataforma de Lavado	PDCA No.	007
No. DE PARTE	NA	FECHA APERTURA	Mayo 2021
CLIENTE	Empresas Berthier EBI de Costa Rica S.A.	FECHA DE CIERRE	
ESTANDARIZACIÓN			
Hacer una lista de los documentos afectados		Cuales son las intervenciones que se deben hacer para impedir la recurrencia del problema	
Formulación del problema Plan de acción Validaciones		Realizar un análisis completo de toda la documentación que se requiere, para diseñar e implementar un procedimiento ejecutado en las líneas de plataforma de lavado. Revisar el proceso para cumplir con los requerimientos de los usuarios.	
PERSPECTIVAS			
Nuevos Proyectos		Impacto de Acciones	
Cuales son los puntos a tener en cuenta en los nuevos proyectos		Verificar el traslado de acciones a productos o procesos similares	
1- Tiempo con el personal involucrado para desarrollar los proyectos. 2- Un enfoque más amplio de los requerimientos de la empresa (accesibilidad). 3- Involucrar a todo el personal de la compañía (ya sea que este involucrado en el proyecto o no). 4- Apoyo de la Gerencia General. 5- Motivación para continuar mejorando o implementando procesos en las diferentes áreas de la compañía.		Implementar un procedimiento de lavado y desinfección en las líneas de plataforma de lavado, para hacerla eficiente y totalmente implementable en el servicio que brinda a sus usuarios.	

Nota: Danny Valverde Arroyo.

A continuación, en la Figura 37, se muestra el procedimiento para el área plataforma lavado.

Figura 37. Procedimiento plataforma de lavado

		EBI Proceso para plataforma de lavado			
		Elaborado por:	Danny Valverde	Rige a partir de:	19/5/2021
		Revisado por:	Dirección de Operaciones	Versión:	1
		Aprobado por:	Gerencia General	Página:	1 de 1
1. Objetivo:		Asegurar el control del proceso de plataforma de lavado.			
2. Alcance:		Aplica para las actividades realizadas en la plataforma de lavado del PTA.			
3. Definiciones y abreviaturas:		Plataforma de lavado: espacio destinado al lavado de vehículos previo a su salida de las instalaciones. Lavado en seco: limpieza de vehículos o superficie de la plataforma de lavado sin la utilización de agua.			
5. Descripción:	Responsable (s) del Proceso:	Ingeniero de PTA			
	Requisitos Legales y otros:	Reglamento sobre Rellenos Sanitarios Nº 38928-S Artículo 20 inciso c) se incluye dentro de la lista de instalaciones del relleno sanitario el área de lavado de camiones recolectores y equipo operativo. Artículo 21 inciso p) Las aguas producidas en el área de lavado de camiones y equipo operativo deben de ser conducidas hacia el sistema de tratamiento.			
	Aspecto (s) ambiental (es):	Generación de olores / Consumo de electricidad / Consumo de combustible / Emisiones de gases de combustión / Consumo de agua / Generación de aguas residuales.			
	Riesgos:	Contacto con objetos punzocortantes / Caídas a distinto y mismo nivel / Lumbalgias / Choque de calor / Atropellos / Estrés térmico / Proyección de partículas / Problemas sicosociales / Enfermedades bioinfecciosas / Accidentes de tránsito / Amputaciones / Atrapamientos / Aplastamientos / Choque eléctrico / Afectaciones por radiación UV.			
	Recursos requeridos:	<u>Recurso material</u>		<u>Recurso humano</u>	
		Cuarto de máquinas e hidrolavadoras.	Plataforma	Encargado de plataforma de lavado	
		Recipientes para controlador de olor.		Peones	
		Controlador de olor para biosólidos.		Choferes	
		Bomba de espalda para aplicación de controlador.			
		Agua. Herramientas para lavado en seco.			
Actividades del proceso:	1) El peón ubica el vehículo en la estación de lavado. 2) El peón realiza la limpieza del vehículo (llantas y chasis a camiones externos, limpieza completa a camiones EBI). 3) El peón traslada el vehículo a la romana.				
Criterios de operación:	1) Limpieza en seco de los camiones previo al uso de las hidrolavadoras. 2) Limpieza en seco de la plataforma de lavado previo a la limpieza con agua. 3) Limpieza de los canales perimetrales de la plataforma de lavado. 4) Todo personal de EBI que ingrese a esta área debe contar y utilizar el equipo de protección personal. 5) Las aperturas y cierres de las compuertas de los contenedores lo deben realizar entre dos personas. 6) No se puede ingerir ningún tipo de alimento. 7) La limpieza en esta área debe ser mínimo una vez al día. 8) Se debe lavar la plataforma inmediatamente después del lavado de contenedores con biosólidos. 9) El colaborador debe seguir estas indicaciones antes de manipular el rash o minor: 10) Esperar que el camión se detenga completamente. 11) Contar con el equipo de protección. 12) Adoptar una postura adecuada para manipular la manija. 13) No realizar la maniobra de apertura o cierre de una forma apresurada. 14) Buscar la colaboración de otros compañeros cuando no la pueda manipular solo. 15) Mantener ojos y mente en el trabajo. 16) Al manipular la manija y la compuerta cuidar las manos. 17) Utilizar hidrolavadora para lavar llantas y el chasis de los camiones o la maquinaria. 18) A los camiones EBI de tipo roll off o carga trasera también se realizará el lavado de los contenedores o de la tolva según corresponda, de manera que no quede ningún residuo en ellos al momento de salir de la plataforma. 19) Aplicar controlador de olor con bomba atomizadora en caso de que el contenedor EBI transportara biosólido, o que Logística así lo indique. 20) El vehículo debe esperar las indicaciones del encargado de plataforma de lavado o el peón. 21) Apagar la hidrolavadora en caso de que no esté en uso. 22) Tomar diariamente la lectura del hidrómetro que abastece a la plataforma de lavado. 23) No se permitirá el ingreso o permanencia de personas ajenas al proceso de lavado.				
Desempeño:	<u>Indicadores</u>		<u>Parámetro de control</u>	<u>Frecuencia de medición</u>	
	% cumplimiento: criterios cumplidos/total de cumplimientos		Mantener o mejorar desempeño	Semanal	
	% satisfacción del servicio		Mantener o mejorar desempeño	Semanal	
	% utilización de plataforma lavado		Mantener o mejorar desempeño	Semanal	
	% cumplimiento de lavado de equipos		Mantener o mejorar desempeño	Semanal	

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Simulación del proceso en software FlexSim

La simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real o propuesto, con el propósito de conducir experimentos numéricos que proporcionen una mejor comprensión del comportamiento del sistema para un conjunto de condiciones dadas. La simulación puede no ser la única herramienta para estudiar un modelo, pero con frecuencia es el método elegido. La razón de esto es que el modelo de simulación permite un modelado bastante complejo.

Se ejecutó un modelo de simulación construido en el *software* FlexSim, con los parámetros de rendimiento en cada uno de los procesos con base en los tiempos de arribo y tiempos de servicio en la plataforma de lavado.

El modelo de simulación comprende la simulación del proceso actual con dos líneas y la propuesta con tres líneas. El modelo empieza a funcionar cuando los vehículos ingresan a plataforma de lavado, en el modelo se ingresa la distribución de los tiempos de arribo de vehículos y la distribución de los tiempos de servicio.

El primer escenario corresponde al proceso actual con dos líneas de lavado; para empezar con el modelamiento, se tomó el análisis de los datos realizado en el estudio de tiempos utilizando el *software* Minitap, en referencia a los datos obtenidos en la

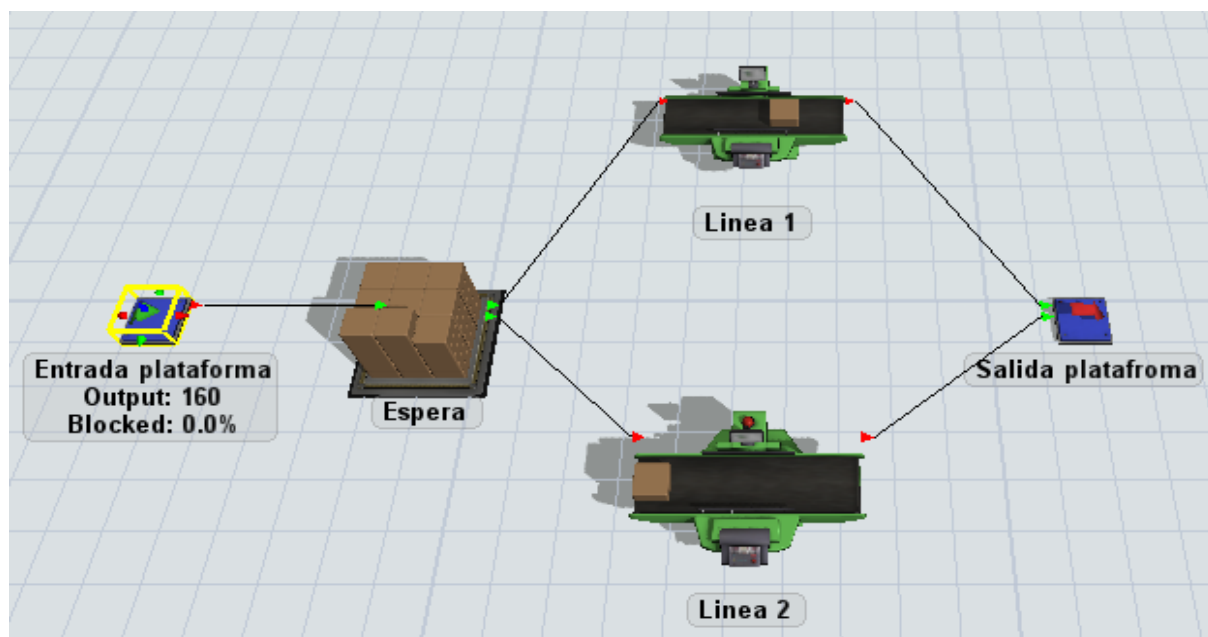
Figura 28 y Figura 29, los cuales determinaron que los tiempos entre llegada de los vehículos de la muestra realizada a 160 vehículos tenían una distribución normal y una media de 1.911, y los tiempos de servicio para el lavado de equipos y vehículos tenían una distribución normal con una media de 4.162 minutos.

Los principales módulos utilizados en el modelo de simulación son los siguientes:

- Source: la entrada de vehículos al proceso de lavado.
- Queue: las colas en el proceso de lavado.
- Process: líneas de servicio del proceso de lavado.
- Sink: salida de vehículos del proceso de lavado.

A continuación, en la Figura 38 se muestra el diagrama 2D del modelo actual con dos líneas en el *software* FlexSim.

Figura 38. Modelo actual



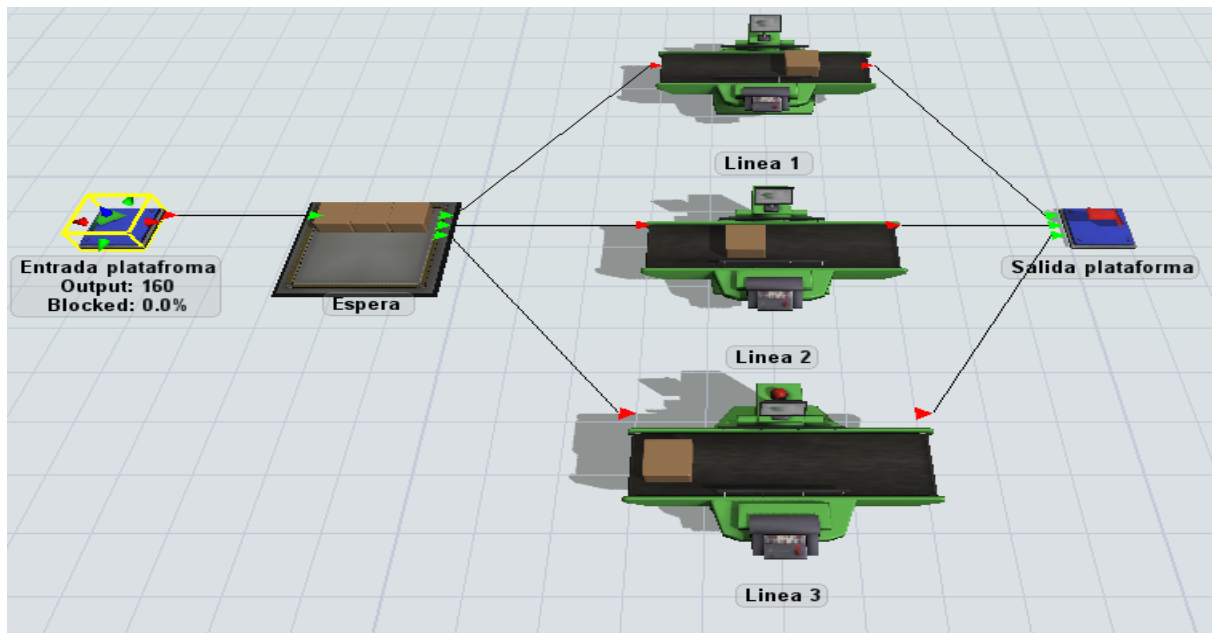
Nota: Danny Valverde Arroyo.

La Figura 38 muestra la simulación actual con dos líneas de lavado. El modelo denota el problema de colas, ya que mantiene un promedio de 29 vehículos en espera. Los resultados obtenidos evidencian el problema de tiempos de espera, obteniéndose con dos líneas un promedio de 29 vehículos en espera equivalente a un 18.4%, de los 160 vehículos en el modelo.

Estos resultados muestran la necesidad de modelar un sistema bajo el soporte de tres líneas de lavado para disminuir los tiempos de espera en el proceso. En vista de ello, se sugirió realizar la simulación con tres líneas de lavado; se procedió a modelar las líneas y así verificar si efectivamente reducían el problema de tiempos de espera.

Bajo esa premisa, se realiza la simulación propuesta con tres líneas de lavado, en la Figura 39 se presenta el diagrama 2D del modelo propuesto en el *software* FlexSim.

Figura 39. Modelo propuesto



Nota: Danny Valverde Arroyo.

La Figura 39 muestra la simulación con tres líneas de lavado. La simulación denota que la espera es más corta, ya que mantienen un promedio de tres vehículos en cola.

Los resultados obtenidos evidencian una clara mejora en los tiempos de espera, logrando alcanzar con tres líneas un promedio de tres vehículos en espera equivalente a un 2.3% de los 160 vehículos en el modelo. Como se observa, el diseño con tres líneas mejora la atención de vehículos, es decir, se da un incremento en la capacidad del 16.1% sobre el modelo inicial, de esta forma, se optimizan los tiempos de espera dentro de la plataforma.

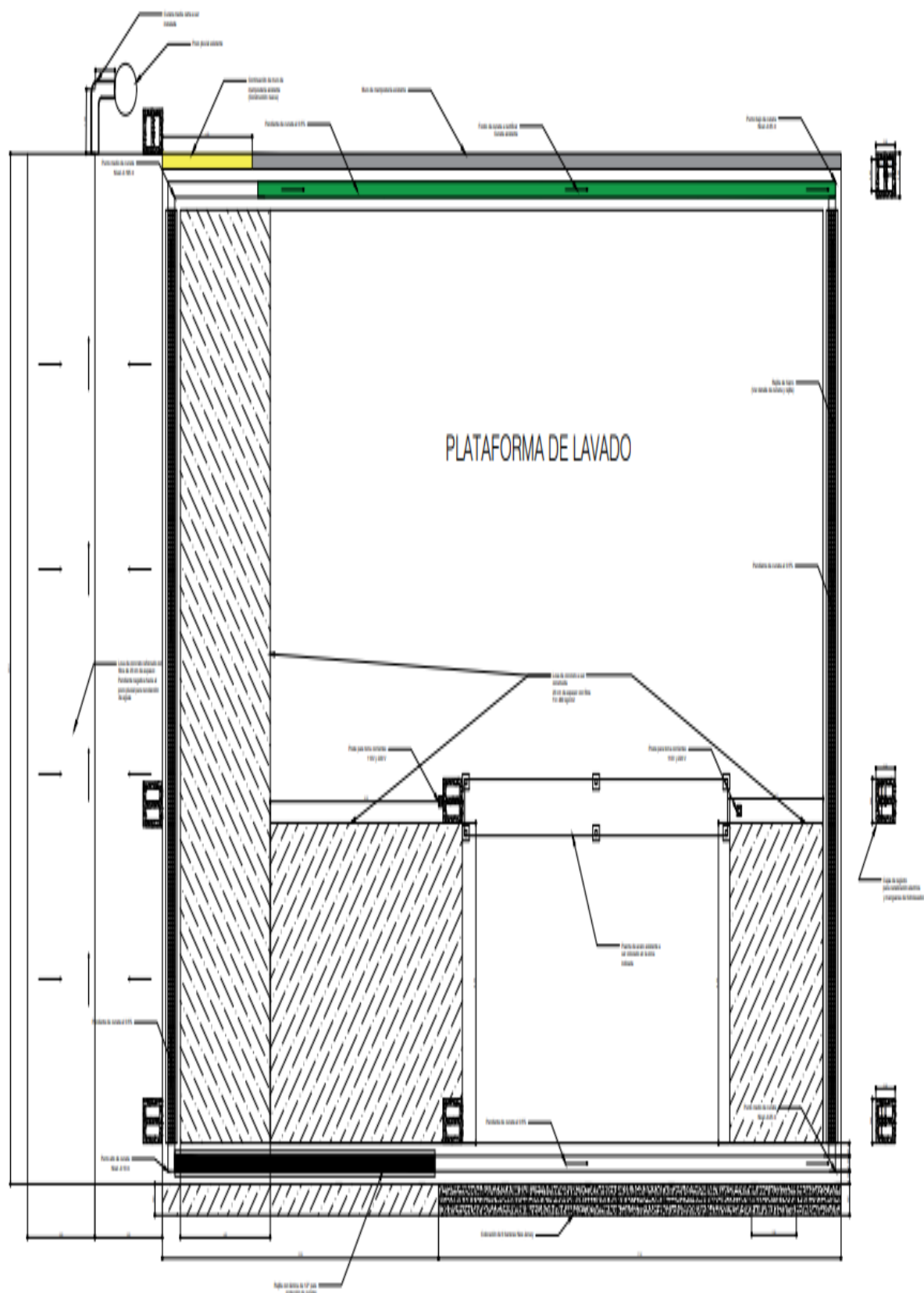
Disponiendo de la nueva línea, esta estaría disponible para el lavado de equipos (compactadores y abiertos), así mismo, el lavado y desinfección de los vehículos y realizaría el servicio hacia el próximo disponible.

Plano ampliación plataforma de lavado

Se elaboró un plano para la ampliación a una tercera línea. El ingeniero a cargo realizó el plano con la ayuda del encargado de proyectos de la empresa, en el cual se puede observar la ampliación, además, se establecen nuevas áreas para mejorar el proceso.

A continuación, en la Figura 40 se detalla el plano para la ampliación de la plataforma de lavado.

Figura 40. Plano ampliación plataforma de lavado.



Nota: Empresas Berthier EBI.

Requerimientos para su implementación

Con base en el plano estructurado, se levantan los requisitos que se deben considerar para realizar la ampliación, además, se toman en cuenta otros requisitos solicitados por el ingeniero.

Una vez obtenido el análisis de la propuesta, se procede a desglosar los trabajos necesarios que se deben realizar para hacer posible la ampliación, en estos trabajos se deben contemplar los requerimientos establecidos en la Tabla 8.

A continuación, la Tabla 8 muestra con más detalle los requerimientos que debe tener la ampliación.

Tabla 8. Requerimientos para su implementación

Número de requerimiento	Tipo	Descripción	Solicitante	Puesto
1	Estructura	Mantener las dimensiones de las dos líneas actuales (aunque se puede reducir un poco) considerando las medidas para la tercera línea.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
2	Estructura	Zona exclusiva para el drenaje de aguas (las dimensiones pueden ser pequeñas). Hay que considerar detalles de nueva caja de registro.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
3	Estructura	Considerar espacio para la cuneta, profundidad de la cuneta varía según su ubicación en la plataforma de lavado. La misma tiene una pendiente mínima de 0.5%.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio

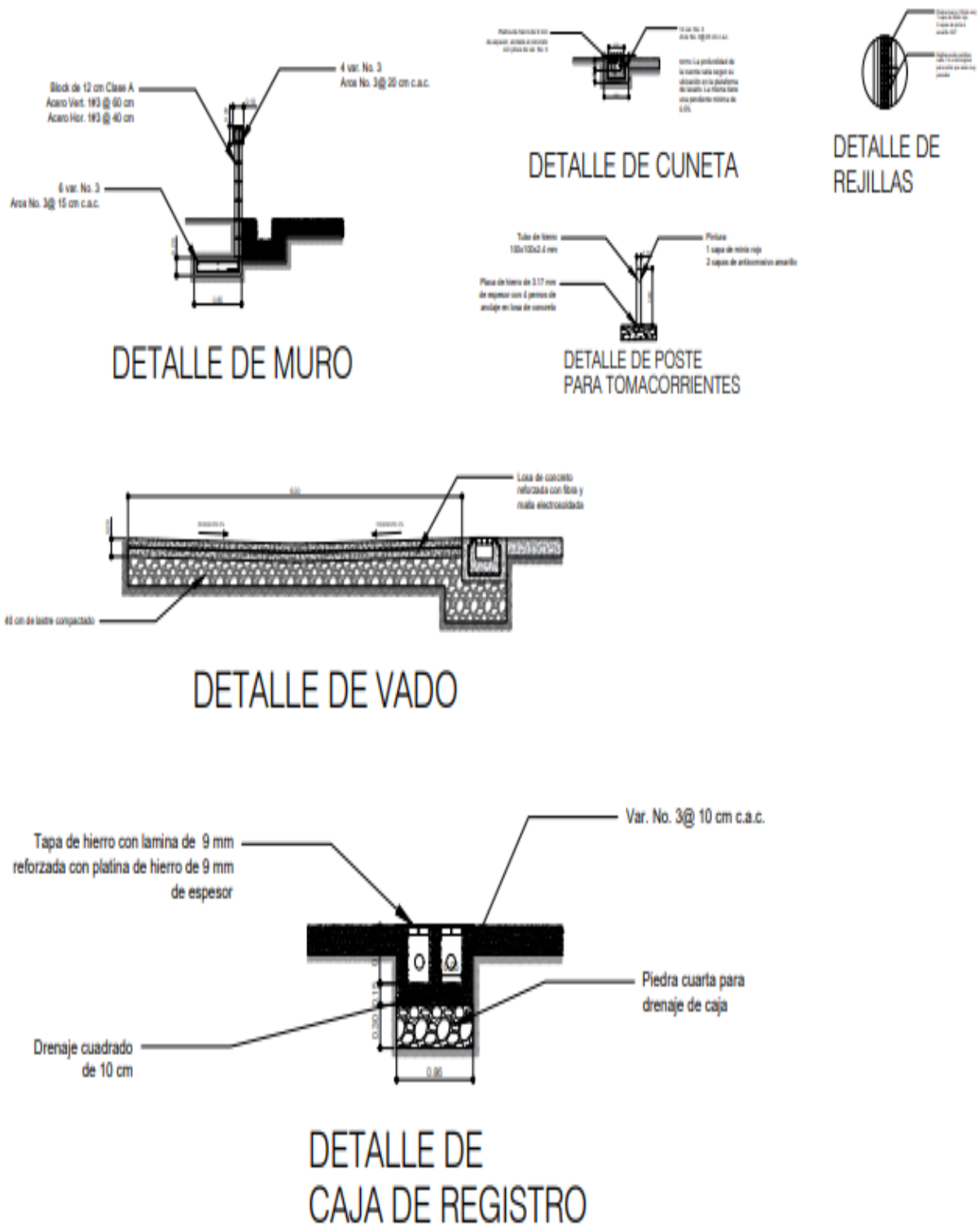
Número de requerimiento	Tipo	Descripción	Solicitante	Puesto
4	Estructura	Valorar espacios para colocar poste de tomacorrientes.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
5	Estructura	Valorar espacio para construcción de muro.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
6	Estructura	Considerar espacio para preparar losa de concreto reforzada con fibra y malla electrosoldada.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
7	Estructura	Considerar espacio para barreras tipo Jersey.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
8	Estructura	Considerar espacio para nuevas rejillas.	Miguel Alcalá	Ingeniero de patio
9	Salud Ocupacional	Todos los drenajes deben tener protección para evitar el ingreso de objetos o la salida de plagas y malos olores.	Mario Pacheco	Jefe Salud Ocupacional
10	Salud Ocupacional	Todo personal que ingrese a esta área debe contar y utilizar el equipo de protección personal.	Mario Pacheco	Jefe Salud Ocupacional

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Con base en la Tabla 8, Lista de requerimientos para la ampliación, luego de ser estipulados con el equipo de trabajo, fueron dibujados a detalle los requerimientos necesarios para la ampliación de la plataforma.

A continuación, en la Figura 41, se muestra la estructura de los requerimientos que debe tener la ampliación.

Figura 41. Estructura requerimientos



Nota: Empresas Berthier EBI.

Beneficios operativos esperados

A continuación, se presentan los beneficios que se obtienen de la propuesta de ampliación en la zona de plataforma de lavado para la Empresa Berthier EBI de Costa Rica S.A.

- Flujo de vehículos.
- Capacidad de servicio en las líneas de un 100%.
- Reducción de colas.
- Uso más efectivo de la maquinaria, mano de obra y servicio.
- Disminución de los tiempos en espera.
- Flexibilidad para cambios en las líneas y en el volumen de demanda.
- Satisfacción y motivación de los operarios.
- Supervisión y control de las actividades.
- Procedimiento para la estandarización del servicio.
- Aumento de la satisfacción del servicio.
- Reducción de riesgos de accidentes de trabajo.

Análisis económico

Se plantea un análisis económico para la propuesta de ampliación, enfocado en la propuesta de ampliación a una tercera línea de lavado para obtener la reducción de los tiempos de espera; con el fin de realizar la evaluación económica de la propuesta, se realizó un análisis de los costos que se correría para implementar la nueva línea de lavado.

El análisis económico de la propuesta se basa en la construcción de la estructura para la nueva línea de lavado, contratar más personal, ya que se necesitan dos nuevos operarios, y la compra de dos equipos hidrolavadoras.

Los costos asociados a la ampliación se detallan en la inversión requerida. Se toma en cuenta el costo total de todos los requerimientos para la nueva línea, además, los costos de los operarios y equipos, así mismo, todo lo que se requiere para mejorar el flujo de vehículos en plataforma de lavado, ya que es parte esencial de este estudio.

Inversión requerida

A continuación, se presentan los costos de los nuevos operarios en los que se incurriría para la aplicación de la propuesta de mejora. Los operarios se distribuirían en una jornada diurna y en jornada mixta.

A continuación, en la Tabla 9, se presentan los costos por semana de cada operario.

Tabla 9. Costos de nuevos operarios

Operarios	Tipo de jornada	Salario semanal	Horas extras semanales	Hora	Hora extras
Operario 1	Mixta	70 000,00	5	1 458,33	2 187,50
Operario 2	Diurna	70 000,00	0	1 458,33	2 916,67

Nota: Danny Valverde Arroyo.

A continuación, en la Figura 42, se presentan los horarios para cada operario.

Figura 42. Horario operarios nuevos

	Horario diurno
Operario 2	5:00 am a 2:30 pm Lunes a Viernes 5:00 am a 10:30 am Sabado
	Horario Mixto
Operario 1	2:00 pm a 10:00 pm Lunes a Viernes 09:00 am a 5:00 pm Sabado

Nota: Danny Valverde Arroyo.

A continuación, la Tabla 10, presenta las cargas sociales y gastos administrativos para cada operario.

Tabla 10. Cargas sociales y gastos administrativos nuevos operarios

			CARGAS SOCIALES					GASTOS ADMINISTRATIVOS				
			26,33%	8,30%	4,17%	38,80%	5,33%	4,33	5%	5%		
<i>Operarios</i>	<i>Total extras</i>	<i>Total salario</i>	<i>CCSS Aporte Patronal 26.33% Quincenal</i>	<i>Provisión Aguinaldo Quincenal</i>	<i>Provisión Vacaciones</i>	<i>TOTAL, Aportes</i>	<i>Adelanto de Cesantía</i>	<i>Total, semanal Bruto</i>	<i>Total, Mensual Bruto</i>	<i>Gastos Administrativo</i>	<i>Uniformes /SST</i>	<i>Total, a facturar</i>
Operario 1	10 937,50	80 937,50	21 310,84	6 717,81	3 375,09	31 403,75	4 313,97	116 655,22	505 117,10	25 255,85	25 255,85	555 628,81
Operario 2	0,00	70 000,00	18 431,00	5 810,00	2 919,00	27 160,00	3 731,00	100 891,00	436 858,03	21 842,90	21 842,90	480 543,83

Nota: Danny Valverde Arroyo.

A continuación, la Figura 43 y Figura 44 presentan los costos y las utilidades de los nuevos operarios, tomado en cuenta el turno diurno y turno mixto.

Figura 43. Costos y utilidades operario turno diurno

CONCEPTO	MONTO
COSTO MOD	¢480 610,52
COSTO MOI (10%)	¢48 061,05
TOTAL MO	¢528 671,57
OTROS GASTOS DIRECTOS (10%)	¢52 867,16
TOTAL GASTOS	¢581 538,72
UTILIDAD	¢29 076,94
% DE UTILIDAD	5%
FACTURACION	¢610 615,66
REDODEADO	¢610 000,00

PARAMETROS PREVISTO DE CONTRATACION

Total Operario a contratar	1
Total a facturar	¢610 000,00
Utilidad de facturacion	¢129 389,49

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Figura 44. Costos y utilidades operario turno mixto

CONCEPTO	MONTO
COSTO MOD	¢555 628,81
COSTO MOI (10%)	¢55 562,88
TOTAL MO	¢611 191,69
OTROS GASTOS DIRECTOS (10%)	¢61 119,17
TOTAL GASTOS	¢672 310,86
UTILIDAD	¢33 615,54
% DE UTILIDAD	5%
FACTURACION	¢705 926,40
REDODEADO	¢610 000,00

PARAMETROS PREVISTO DE CONTRATACION

Total Operario a contratar	1
Total a facturar	¢610 000,00
Utilidad de facturacion	¢54 371,19

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Cotizaciones

Una vez establecidos los requerimientos que necesita la propuesta de ampliación, se procede a realizar las cotizaciones correspondientes y así obtener una visión más amplia para evaluar la propuesta, ya que los factores que influyen en la toma de esta decisión son los beneficios y la inversión.

Se recomienda realizar la compra de dos hidrolavadoras nuevas para la nueva línea, a continuación, la Tabla 11 presenta la cotización.

Tabla 11. Costos nuevos equipos

Ampliación plataforma de lavado nuevos equipos		
Descripción cotización	Monto IVA incluido	Proveedor
Hidrolavadora Alkota 220V monofásica	₡ 1 498 949,00	Central de mangueras SA
Total, COL	₡ 2 997 898,00	

Nota: Danny Valverde Arroyo.

A continuación, la Tabla 12 presenta la cotización que requiere la estructura de la propuesta de ampliación.

Tabla 12. Costos estructura ampliación

Costos ampliación plataforma de lavado estructura construcción		
Descripción cotización	Monto IVA incluido	Proveedor
60% adelanto contrato construcción	₡ 6 867 600,00	Cristian Elizondo Arias
Compra fibra rudedil para concreto	\$ 2 034,00	SAHE Internacional
Alquiler bobcat con rotomartillo	₡ 423 750,00	ROSMALI
Fabricación cajas de registro	₡ 1 600 000,00	Cristian Elizondo Arias
Avance 20% construcción	₡ 2 289 200,00	Cristian Elizondo Arias
Finiquito 20% construcción	₡ 2 289 200,00	Cristian Elizondo Arias
Compra 9 barreras tipo Jersey	\$ 3 672,50	Productos Concreto SA
Total, COL	₡ 13 469 750,00	
Total, USD	\$ 5 706,50	
Cambio dólar	617,91	
Total	₡ 16 995 853,42	

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Beneficios económicos

En este punto del proceso, se analizan los beneficios económicos que se obtienen de la propuesta, de modo que se aprovechen las situaciones de mejora. Los beneficios económicos se reflejan con base en un análisis realizado de los tiempos de espera de los vehículos de la empresa para realizar el lavado de equipos especiales (compactadores y contenedores).

A continuación, la Tabla 13 presenta la situación actual con una línea de lavado para equipos especiales.

Tabla 13. Situación actual con una línea de lavado para equipos especiales

Situación actual con una línea de lavado para equipo especial				
Mes	Q. Equipos por mes	Promedio de equipos diarios	Tiempo promedio de lavado por equipo en minutos	Tiempo total de lavado por día en horas
ene-21	684	27	19	8,6
feb-21	723	30	19	9,5
mar-21	754	27	19	8,55

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se realizó un análisis de los tiempos de espera con base en los vehículos que la empresa asigna a rutas con equipos especiales, se tomó referencia a la Figura 9, Figura 12 y Figura 15. Las figuras determinaron la cantidad de vehículos que entran al PTA con equipos especiales en los meses del estudio; se realizó un promedio diario de entrada de equipos en los tres meses de estudio. Además, se hizo un promedio del tiempo de servicio utilizado en el lavado de equipos con base en la muestra de tiempos del estudio y se tomó con referencia al Apéndice 1 y Apéndice 2, con lo cual se obtuvo el tiempo promedio que emplea la línea número dos en el lavado de los equipos especiales; con estos datos se obtuvieron las horas diarias que se utilizan en el lavado de los equipos.

A continuación, la Tabla 14 presenta la propuesta con dos líneas para el lavado de equipos especiales.

Tabla 14. Propuesta con dos líneas de lavado para equipos especiales

Propuesta con dos líneas de lavado para equipo especial				
Mes	Q. Equipos por mes	Promedio de equipos diarios	Tiempo promedio de lavado por equipo (minutos)	Tiempo total de lavado por día en horas
ene-21	684	27	19	4,3
feb-21	723	30	19	4,8
mar-21	754	27	19	4,3

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se realizó el mismo análisis de la Tabla 13, sin embargo, en la Tabla 14, se tomó en cuenta la propuesta de ampliación a una tercera línea. Los resultados indican que las horas que emplean los camiones de la empresa en el lavado de contenedores se pueden reducir a un 50%.

A continuación, la Tabla 15 presenta el análisis de viajes con equipos especiales con una línea de lavado.

Tabla 15. Análisis de viajes con equipos especiales con una línea de lavado.

Análisis de viajes con equipos especiales con una línea de lavado.							
Chofer	Q. Viajes	Duración Viaje (minutos)	Tiempo promedio de espera para ingresar a la plataforma de lavado (minutos)	Tiempo promedio de lavado por equipo (minutos)	Tiempo total de espera ingresar a la plataforma de lavado (minutos)	Tiempo total para realizar los 3 viajes (minutos)	Tiempo total en horas para realizar los 3 viajes
1	3	180	19	19	57	616	10,3

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se realizó un análisis con base en la cantidad de horas que cada vehículo de la empresa emplea en el servicio que se brinda a los clientes en el traslado de la basura con equipos especiales. La Tabla 15 detalla la cantidad de viajes en promedio que realiza un chofer por día con equipos especiales; se realizó un promedio de la duración de los viajes, un promedio del tiempo de espera para el ingreso al lavado de equipos con base en la muestra de tiempos del estudio; se tomó con referencia al Apéndice 1 y Apéndice 2, el tiempo promedio de lavado por equipo ya estipulado en la Tabla 13 y se obtuvo el tiempo total de espera para los tres viajes.

Con los datos anteriores, se obtuvo el tiempo total que dura el vehículo para realizar los tres viajes y, por último, se obtiene el tiempo total en horas que requiere un vehículo para realizar los tres viajes asignados por la empresa con equipos especiales.

A continuación, la Tabla 16 presenta el análisis de viajes con equipos especiales con dos líneas de lavado.

Tabla 16. Análisis de viajes con equipos especiales con dos líneas de lavado.

Análisis de viajes con equipos especiales con dos líneas de lavado.							
Chofer	Q. Viajes	Duración Viaje	Tiempo de espera para ingresar a la plataforma de lavado (3 equipos adelante)	Tiempo promedio de lavado por equipo	Tiempo de espera total para ingresar a la plataforma de lavado	Tiempo total para realizar los 3 viajes	Tiempo total en horas para realizar los 3 viajes
1	3	180	0	19	0	540	9,0

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se realizó el mismo análisis de la Tabla 15, sin embargo, en la Tabla 16, se comparó con la propuesta de ampliación a una tercera línea. Los resultados obtenidos demuestran que, con la propuesta de la tercera línea para el lavado de equipos, representa la eliminación del tiempo de espera para ser atendido y una reducción de 1,3 horas de tiempo en cada chofer asignado en ruta con equipos especiales.

A continuación, la Tabla 17 presenta el beneficio económico en horas del chofer.

Tabla 17. Beneficio económico

Beneficio Económico en horas chofer				
Q. de líneas	Q. Viajes diarios	Chofer	Tiempo total en horas para realizar los 3 viajes	Tiempo total en horas para realizar los 27 viajes diarios
1 línea	27	9	10,3	92,7
2 línea	27	9	9	81

Nota: Danny Valverde Arroyo.

Se estimó un promedio del total de choferes que asigna el Departamento de Logística a rutas con equipos especiales, se obtuvo un promedio de 9 choferes diarios. Cada chofer tiene un promedio de tres viajes con equipos especiales y todos tienen que pasar por plataforma de

lavado; se obtuvo el tiempo total diario en horas que necesita toda la flota para realizar todos los viajes asignados.

Con el análisis de los datos, se obtuvo una ganancia de 11,7 horas diarias de toda la flota, esto es una reducción del 13% de horas diarias en comparación con una línea.

A continuación, la Tabla 18 presenta el total de beneficios económico de la propuesta

Tabla 18. Total de beneficios económicos de la propuesta

	Datos		Totales
Q. Horas x semana	11,5	6	69
Q. Horas x mes	69	4,33	298,8
Ahorro Mensual	298,8	¢4.700,00	¢ 1.404.219,00

Nota: Danny Valverde Arroyo.

El beneficio económico de la propuesta de ampliación con una proyección mensual representa un ahorro de 298,8 horas ahorradas; con la implementación de la propuesta, la empresa obtendría un ahorro mensual de **¢ 1.404.219,00**.

Plan de implementación

La propuesta para el plan de implementación del proyecto contempla el desarrollo de cinco fases consecutivas, las cuales se deben realizar a partir del mes de julio del 2021. A continuación, se describe cada fase, incluyendo la definición del responsable para cada fase:

Tiempo de construcción de estructura para la nueva línea: el tiempo de construcción contempla los trabajos estipulados en la Tabla 8 Requerimientos para su implementación, además, toma en cuenta otros requisitos solicitados por el ingeniero. El responsable de esta fase es el ingeniero de patio.

Adquisición de equipos hidrolavadoras: esta fase contempla la compra de dos hidrolavadoras nuevas para la nueva línea. El responsable de la adquisición de los equipos es el Departamento de Proveduría.

Tiempo de instalación de nuevos equipos: el tiempo de instalación debe esperar la construcción de la ampliación, el responsable es el ingeniero eléctrico de la empresa.

Capacitaciones: esta fase contempla a las personas más preparadas del equipo de trabajo, estas, en conjunto con el ingeniero, deben capacitar a los nuevos miembros y asegurar así que todos manejen la misma información y conocimientos. Además, es necesario que los trabajadores conozcan y comprendan la finalidad del proyecto para poder involucrarlos en el mismo, de tal manera que no lo conciban como una especie de control rígido.

Curva de aprendizaje: esta última fase permite generar retroalimentación sobre la realización y verificación del proceso, a fin de generar aprendizaje sobre todas las acciones previamente estipuladas en el procedimiento. Esto incluye la puesta en marcha y control, así mismo, con el procedimiento se determinan las contramedidas dentro del proceso y se documenta el paso a paso del proceso para el área de plataforma de lavado, a fin de que las mejoras establecidas sean sostenibles en el tiempo.

A continuación, la Tabla 19 presenta un diagrama de Gantt del cronograma propuesto para la implementación del proyecto, iniciando desde la aprobación del proyecto por parte de la Gerencia General hasta la evaluación final de desempeño del nuevo personal.

Tabla 19. Diagrama de Gantt cronograma plan de implementación

Plan de implementación	Julio 2021	Agosto 2021	Setiembre 2021	Octubre 2021	Responsable
Tiempo de construcción de estructura para la nueva línea					Ingeniero de patio y Constructora.
Adquisición de equipos e hidrolavadoras					Ingeniero de patio y Proveeduría
Tiempo de instalación de nuevos equipos					Ingeniero de patio e ingeniero eléctrico
Capacitación con base en el procedimiento (tiempo requerido 2 meses)					Ingeniero de patio, Salud ocupacional
Curva de aprendizaje					Ingeniero de patio

Nota: Danny Valverde Arroyo

REFERENCIAS

- Acuña, M., & Moya, M. (2012). Evaluación de alternativas de distribución por medio de simulación. *Repositorio TEC*, 15(1), 8-14.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2383
- Aguirre, S. (2007). *Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos*. Universidad EAFIT.
- Cruelles, A. (2012). *Mejora de tmetodos y tiempos de fabricacion*. Ediciones Tecnicas .
- Cuatrecasas, L. (2010). *Lean management la gestión competitive por excelencia*. Profit Editorial.
- Diaz, B., Jarufe, B., & Noruega, M. (2011). *Disposición de planta*. Universidad de Lima.
- García, J. (2015). *Aplicando Teoría de Colas en Direccion de Operaciones*. Grupo Rogle.
- Heflo. (2017). *heflo.com*. <https://www.heflo.com/es/blog/modelado-de-procesos/hacer-diagrama-flujo-proceso/>
- Hernandez, R. (2017). *Metodologia de la investigacion* . Mc Graw Hill.
- Hitpass, B. (2011). *¿Reingeniería, rediseño o mejora de procesos de negocio?*
<http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?xid=523>
- Leanmanufacturing. (s.f.). *LeanManufacturing10*. <https://leanmanufacturing10.com/analisis-metodos-tiempos>
- LeanManufacturing. (s.f.). *leanmanufacturing10.com*.
<https://leanmanufacturing10.com/diagrama-de-ishikawa-o-de-espina-de-pescado-que-es-y-como-se-hace-ejemplo>
- López, P. (2017). *Metodologia de la investigacion social cuantitativa*. Universidad Autonoma de Barcelona.
- Meire, J. (2018). *Qualiex*. <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-pareto/>
- Méndez, V. (2014). Propuesta de una estructura de simulación y distribución en planta para la producción de caucho. *Redalyc*, XVII(47), 1-6.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84921327013>

- Moreno, R. (2017). Metodología para la reingeniería de procesos. *Scielo*, 38(2), 5-8. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362017000200002
- Nicho, O. (2017). Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector. (Bachillerato Ingeniería Industrial, Perú) . Universidad Nacional Mayor De San Marcos.
- Núñez, A. (2014). *Dirección de operaciones, Decisiones tácticas y estratégicas*. UOC.
- Pacheco, J. (2019). *Web y empresas*. <https://www.webyempresas.com/diagrama-ishikawa/>
- Parella, S. (2012). *Metodología De La Investigación Cuantitativa*. FEDUPEL.
- Rincón, A., & Saboya, A. (2016). Propuesta de rediseño para el sistema de gestión de calidad en el proceso comercial con enfoque al servicio al cliente para la empresa sanitarias e hidráulicas s.a. (Especialización Gerencia Integral De Calidad, Bolivia). Universidad Sergio Arboleda.
- Riquelme, M. (2020). *Web y empresas*. <https://www.webyempresas.com/elaborar-un-diagrama-de-pareto/>
- Rodríguez, A. (2016). Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Redalyc*, 21(4), 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950881005>
- Rodriguez, J. (2018). *Estudios de sistemas y procedimientos administrativos*. Cengage Learning Latinoamérica.
- Roman, V., Diaz, M., & Zarate, R. (2018). Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Redalyc*, 22(2), 1-18. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458109002/html/index.html>
- Ruiz, T., & Tenorio, K. (2017). Propuesta de rediseño de procesos para la mejora de la gestión en la empresa llanki cine medios eirl en la ciudad de chicalayo. (Licenciatura En Administración De Empresas, México). Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.
- Sánchez, A., & Querevalú, A. (2018). Aplicación de la teoría de colas para disminuir el tiempo de atención de los clientes en la entidad financiera Oh Chimbote-Perú. (Licenciatura Ingeniería Industrial, Perú). Universidad Cesar Vallejo.

- Universidad Autónoma de México. (2013). *Diagramas de procedimientos*. Universidad Autónoma de México.
- Valdivieso, C., Valdivieso, R., & Valdivieso, O. (2011). *Determinación del Tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión*. UPB Investigación y Desarrollo.
- Vargas, P. (2018). Propuesta de rediseño de procesos de recepción y distribución de productos de moda en un centro de distribución retail mediante simulación.(Maestría En Gestión Y Dirección De Empresas, Chile). Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento.
- Zarate, R., Roman, R., & Diaz, M. (2018). Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Redalyc*, 22(2).
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458109002/html/index.html>

APÉNDICES

Apéndice 1. Tiempos primer estrato de la muestra

Llegadas	Tiempos Jueves 15/04/2021 9:00 am a 1 pm							
	Hora de llegada	Tiempo entre llegadas	Inicio de Servicio	Salida de servicio	Tiempo de Servicio	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	Clasificación Servicio
1	09:01:02	09:01:02	09:01:02	09:04:45	00:03:43	00:00:00	00:03:43	Lavado de llantas
2	09:02:12	00:01:10	09:02:16	09:26:30	00:24:14	00:00:04	00:24:18	Lavado de equipo
3	09:06:23	00:04:11	09:06:23	09:09:41	00:03:18	00:00:00	00:03:18	Lavado de llantas
4	09:09:22	00:02:59	09:09:58	09:13:38	00:03:40	00:00:36	00:04:16	Lavado de llantas
5	09:09:41	00:00:19	09:14:03	09:17:18	00:03:15	00:04:22	00:07:37	Lavado de llantas
6	09:11:46	00:02:05	09:18:36	09:21:20	00:02:44	00:06:50	00:09:34	Lavado de llantas
7	09:12:03	00:00:17	09:27:02	09:39:19	00:12:17	00:14:59	00:27:16	Lavado de camion
8	09:16:43	00:04:40	09:22:18	09:25:52	00:03:34	00:05:35	00:09:09	Lavado de llantas
9	09:23:58	00:07:15	09:26:36	09:28:28	00:01:52	00:02:38	00:04:30	Lavado de llantas
10	09:25:17	00:01:19	09:29:32	09:31:39	00:02:07	00:04:15	00:06:22	Lavado de llantas
11	09:30:42	00:05:25	09:32:16	09:35:39	00:03:23	00:01:34	00:04:57	Lavado de llantas
12	09:32:39	00:01:57	09:36:06	09:38:22	00:02:16	00:03:27	00:05:43	Lavado de llantas
13	09:33:26	00:00:47	09:40:23	10:06:23	00:26:00	00:06:57	00:32:57	Lavado de equipo
14	09:38:03	00:04:37	09:38:36	09:41:59	00:03:23	00:00:33	00:03:56	Lavado de llantas
15	09:38:29	00:00:26	09:42:31	09:44:14	00:01:43	00:04:02	00:05:45	Lavado de llantas
16	09:39:37	00:01:08	09:44:48	09:46:52	00:02:04	00:05:11	00:07:15	Lavado de llantas
17	09:42:43	00:03:06	10:07:05	10:20:36	00:13:31	00:24:22	00:37:53	Lavado de equipo
18	09:46:56	00:04:13	09:47:49	09:49:30	00:01:41	00:00:53	00:02:34	Lavado de llantas
19	09:52:33	00:05:37	09:52:33	09:55:28	00:02:55	00:00:00	00:02:55	Lavado de llantas
20	10:03:36	00:11:03	10:03:36	10:05:55	00:02:19	00:00:00	00:02:19	Lavado de llantas
21	10:05:52	00:02:16	10:21:43	10:37:24	00:15:41	00:15:51	00:31:32	Lavado de equipo
22	10:08:17	00:02:25	10:08:17	10:08:39	00:00:22	00:00:00	00:00:22	Lavado de llantas
23	10:10:12	00:01:55	10:10:12	10:11:04	00:00:52	00:00:00	00:00:52	Lavado de llantas
24	10:12:57	00:02:45	10:12:57	10:16:45	00:03:48	00:00:00	00:03:48	Lavado de llantas
25	10:13:29	00:00:32	10:17:10	10:19:24	00:02:14	00:03:41	00:05:55	Lavado de llantas
26	10:15:28	00:01:59	10:20:52	10:22:23	00:01:31	00:05:24	00:06:55	Lavado de llantas
27	10:18:12	00:02:44	10:22:36	10:24:58	00:02:22	00:04:24	00:06:46	Lavado de llantas
28	10:22:56	00:04:44	10:25:18	10:28:15	00:02:57	00:02:22	00:05:19	Lavado de llantas
29	10:23:47	00:00:51	10:38:46	10:59:23	00:20:37	00:14:59	00:35:36	Lavado de equipo
30	10:25:53	00:02:06	10:28:49	10:30:15	00:01:26	00:02:56	00:04:22	Lavado de llantas
31	10:26:22	00:00:29	10:30:35	10:33:12	00:02:37	00:04:13	00:06:50	Lavado de llantas
32	10:29:30	00:03:08	10:33:51	10:35:29	00:01:38	00:04:21	00:05:59	Lavado de llantas
33	10:34:22	00:04:52	10:36:06	10:38:40	00:02:34	00:01:44	00:04:18	Lavado de llantas
34	10:36:56	00:02:34	10:39:13	10:41:50	00:02:37	00:02:17	00:04:54	Lavado de llantas
35	10:37:27	00:00:31	10:42:18	10:45:22	00:03:04	00:04:51	00:07:55	Lavado de llantas
36	10:38:56	00:01:29	10:45:38	10:47:28	00:01:50	00:06:42	00:08:32	Lavado de llantas
37	10:44:53	00:05:57	10:48:03	10:50:42	00:02:39	00:03:10	00:05:49	Lavado de llantas
38	10:45:25	00:00:32	10:51:50	10:53:27	00:01:37	00:06:25	00:08:02	Lavado de llantas
39	10:48:00	00:02:35	10:54:12	10:56:23	00:02:11	00:06:12	00:08:23	Lavado de llantas
40	10:48:17	00:00:17	11:00:23	11:12:53	00:12:30	00:12:06	00:24:36	Lavado de equipo
41	10:52:10	00:03:53	10:56:41	10:57:57	00:01:16	00:04:31	00:05:47	Lavado de llantas
42	10:58:28	00:06:18	11:13:40	11:25:42	00:12:02	00:15:12	00:27:14	Lavado de equipo
43	11:00:06	00:01:38	11:00:06	11:01:25	00:01:19	00:00:00	00:01:19	Lavado de llantas
44	11:02:05	00:01:59	11:02:05	11:04:53	00:02:48	00:00:00	00:02:48	Lavado de llantas
45	11:05:28	00:03:23	11:05:28	11:07:52	00:02:24	00:00:00	00:02:24	Lavado de llantas
46	11:06:55	00:01:27	11:08:08	11:11:27	00:03:19	00:01:13	00:04:32	Lavado de llantas
47	11:08:20	00:01:25	11:11:58	11:13:49	00:01:51	00:03:38	00:05:29	Lavado de llantas
48	11:09:21	00:01:01	11:14:24	11:16:13	00:01:49	00:05:03	00:06:52	Lavado de llantas
49	11:11:45	00:02:24	11:26:48	11:44:01	00:17:13	00:15:03	00:32:16	Lavado de equipo
50	11:15:36	00:03:51	11:16:28	11:19:14	00:02:46	00:00:52	00:03:38	Lavado de llantas
51	11:19:44	00:04:08	11:19:44	11:21:38	00:01:54	00:00:00	00:01:54	Lavado de llantas
52	11:20:18	00:00:34	11:22:56	11:25:39	00:02:43	00:02:38	00:05:21	Lavado de llantas
53	11:21:20	00:01:02	11:26:25	11:29:27	00:03:02	00:05:05	00:08:07	Lavado de llantas
54	11:23:50	00:02:30	11:45:25	12:08:28	00:23:03	00:21:35	00:44:38	Lavado de equipo
55	11:24:16	00:00:26	11:30:24	11:32:27	00:02:03	00:06:08	00:08:11	Lavado de llantas
56	11:24:41	00:00:25	11:33:04	11:35:30	00:02:26	00:08:23	00:10:49	Lavado de llantas
57	11:26:35	00:01:54	11:36:24	11:38:06	00:01:42	00:09:49	00:11:31	Lavado de llantas
58	11:27:34	00:00:59	11:38:42	11:40:35	00:01:53	00:11:08	00:13:01	Lavado de llantas
59	11:30:29	00:02:55	11:41:52	11:43:18	00:01:26	00:11:23	00:12:49	Lavado de llantas
60	11:33:15	00:02:46	11:44:22	11:46:57	00:02:35	00:11:07	00:13:42	Lavado de llantas
61	11:35:20	00:02:05	11:47:09	11:50:03	00:02:54	00:11:49	00:14:43	Lavado de llantas
62	11:36:02	00:00:42	11:50:23	11:52:43	00:02:20	00:14:21	00:16:41	Lavado de llantas
63	11:39:55	00:03:53	11:52:58	11:54:14	00:01:16	00:13:03	00:14:19	Lavado de llantas
64	11:41:19	00:01:24	11:54:42	11:55:47	00:01:05	00:13:23	00:14:28	Lavado de llantas
65	11:43:53	00:02:34	11:56:03	11:58:06	00:02:03	00:12:10	00:14:13	Lavado de llantas
66	11:44:31	00:00:38	11:58:39	12:01:19	00:02:40	00:14:08	00:16:48	Lavado de llantas
67	11:47:47	00:03:16	12:09:00	12:34:09	00:25:09	00:21:13	00:46:22	Lavado de equipo
68	11:50:54	00:03:07	12:02:15	12:04:29	00:02:14	00:11:21	00:13:35	Lavado de llantas
69	11:54:45	00:03:51	12:05:01	12:07:26	00:02:25	00:10:16	00:12:41	Lavado de llantas
70	11:55:09	00:00:24	12:08:22	12:10:41	00:02:19	00:13:13	00:15:32	Lavado de llantas
71	11:56:42	00:01:33	12:10:19	12:12:14	00:01:55	00:13:37	00:15:32	Lavado de llantas
72	11:59:38	00:02:56	12:12:40	12:14:56	00:02:16	00:13:02	00:15:18	Lavado de llantas

Apéndice 2. Tiempos segundo estrato de la muestra

Llegadas	Tiempos Viernes 16/04/2021 9:00 am a 1 pm							
	Hora de Llegada	Tiempo entre Llegadas	Inicio de Servicio	Salida de servicio	Tiempo de Servicio	Tiempo en Cola	Tiempo en Sistema	Clasificación Servicio
73	09:00:18	09:00:18	09:00:18	09:02:58	00:02:40	00:00:00	00:02:40	Lavado de llantas
74	09:02:45	00:02:27	09:03:18	09:05:29	00:02:11	00:00:33	00:02:44	Lavado de llantas
75	09:03:56	00:01:11	09:05:49	09:07:19	00:01:30	00:01:53	00:03:23	Lavado de llantas
76	09:05:38	00:01:42	09:07:58	09:09:48	00:01:50	00:02:20	00:04:10	Lavado de llantas
77	09:06:47	00:01:09	09:10:01	09:11:50	00:01:49	00:03:14	00:05:03	Lavado de llantas
78	09:06:58	00:00:11	09:12:05	09:14:23	00:02:18	00:05:07	00:07:25	Lavado de llantas
79	09:08:03	00:01:05	09:14:55	09:17:36	00:02:46	00:06:52	00:31:38	Lavado de equipo
80	09:10:59	00:02:56	09:14:58	09:17:36	00:02:38	00:03:59	00:06:37	Lavado de llantas
81	09:13:28	00:02:29	09:18:47	09:20:35	00:01:48	00:05:19	00:07:07	Lavado de llantas
82	09:16:25	00:02:57	09:20:59	09:23:00	00:02:01	00:04:34	00:06:35	Lavado de llantas
83	09:20:46	00:04:21	09:23:15	09:25:31	00:02:16	00:02:29	00:04:45	Lavado de llantas
84	09:23:08	00:02:22	09:26:03	09:28:57	00:02:54	00:02:55	00:05:49	Lavado de llantas
85	09:26:39	00:03:31	09:29:11	09:32:26	00:03:15	00:02:32	00:05:47	Lavado de llantas
86	09:30:28	00:03:49	09:33:09	09:35:40	00:02:31	00:02:41	00:05:12	Lavado de llantas
87	09:31:46	00:01:18	09:36:13	09:38:28	00:02:15	00:04:27	00:06:42	Lavado de llantas
88	09:32:57	00:01:11	09:38:42	09:41:22	00:02:40	00:05:45	00:08:25	Lavado de llantas
89	09:35:16	00:02:19	09:42:07	09:44:55	00:02:48	00:06:51	00:09:39	Lavado de llantas
90	09:36:07	00:00:51	09:40:42	10:10:23	00:29:41	00:04:35	00:34:16	Lavado de equipo
91	09:37:42	00:01:35	09:45:26	09:47:58	00:02:32	00:07:44	00:10:16	Lavado de llantas
92	09:39:06	00:01:24	09:48:14	09:50:20	00:02:06	00:09:08	00:11:14	Lavado de llantas
93	09:40:53	00:01:47	09:50:36	09:52:57	00:02:21	00:09:43	00:12:04	Lavado de llantas
94	09:41:17	00:00:24	09:53:17	09:55:13	00:01:56	00:12:00	00:13:56	Lavado de llantas
95	09:44:21	00:03:04	09:55:38	09:57:48	00:02:10	00:11:17	00:13:27	Lavado de llantas
96	09:46:52	00:02:31	09:58:32	10:00:10	00:01:38	00:11:40	00:13:18	Lavado de llantas
97	09:47:03	00:00:11	10:00:32	10:02:28	00:01:56	00:13:29	00:15:25	Lavado de llantas
98	09:48:53	00:01:50	10:02:39	10:04:44	00:02:05	00:13:46	00:15:51	Lavado de llantas
99	09:52:52	00:03:59	10:04:58	10:06:46	00:01:48	00:12:06	00:13:54	Lavado de llantas
100	09:55:06	00:02:14	10:07:03	10:09:40	00:02:37	00:11:57	00:14:34	Lavado de llantas
101	10:00:39	00:05:33	10:11:52	10:27:23	00:15:31	00:11:13	00:26:44	Lavado de equipo
102	10:04:58	00:04:19	10:10:06	10:13:12	00:03:06	00:05:08	00:08:14	Lavado de llantas
103	10:08:24	00:03:26	10:13:34	10:15:57	00:02:23	00:05:10	00:07:33	Lavado de llantas
104	10:09:25	00:01:01	10:28:35	10:48:52	00:20:17	00:19:10	00:39:27	Lavado de equipo
105	10:10:26	00:01:01	10:16:41	10:19:03	00:02:22	00:06:15	00:08:37	Lavado de llantas
106	10:14:23	00:03:57	10:19:43	10:22:15	00:02:32	00:05:20	00:07:52	Lavado de llantas
107	10:16:54	00:02:31	10:22:38	10:25:56	00:03:18	00:05:44	00:09:02	Lavado de llantas
108	10:19:20	00:02:26	10:25:57	10:28:04	00:02:07	00:06:37	00:08:44	Lavado de llantas
109	10:20:12	00:00:52	10:49:42	11:08:28	00:18:46	00:29:30	00:48:16	Lavado de equipo
110	10:22:02	00:01:50	10:28:47	10:31:18	00:02:31	00:06:45	00:09:16	Lavado de llantas
111	10:24:52	00:02:50	10:31:43	10:33:52	00:02:09	00:06:51	00:09:00	Lavado de llantas
112	10:25:43	00:00:51	10:33:30	10:36:24	00:02:54	00:07:47	00:10:41	Lavado de llantas
113	10:27:53	00:02:10	10:36:58	10:39:36	00:02:38	00:09:05	00:11:43	Lavado de llantas
114	10:28:32	00:00:39	10:40:16	10:42:46	00:02:30	00:11:44	00:14:14	Lavado de llantas
115	10:33:29	00:04:57	10:43:06	10:45:25	00:02:19	00:09:37	00:11:56	Lavado de llantas
116	10:36:52	00:03:23	10:45:50	10:49:21	00:03:31	00:08:58	00:12:29	Lavado de llantas
117	10:37:12	00:00:20	10:49:38	10:51:47	00:02:09	00:12:26	00:14:35	Lavado de llantas
118	10:39:50	00:02:38	10:52:08	10:54:38	00:02:30	00:12:18	00:14:48	Lavado de llantas
119	10:42:59	00:03:09	11:09:01	11:21:03	00:12:02	00:26:02	00:38:04	Lavado de equipo
120	10:44:42	00:01:43	10:54:57	10:56:42	00:01:45	00:10:15	00:12:00	Lavado de llantas
121	10:48:48	00:04:06	10:57:04	10:59:42	00:02:38	00:08:16	00:10:54	Lavado de llantas
122	10:52:26	00:03:38	11:21:53	11:42:35	00:20:42	00:29:27	00:50:09	Lavado de equipo
123	10:55:28	00:03:02	11:01:56	11:04:44	00:02:48	00:06:28	00:09:16	Lavado de llantas
124	10:56:38	00:01:10	11:05:17	11:08:29	00:03:12	00:08:39	00:11:51	Lavado de llantas
125	11:01:20	00:04:42	11:08:46	11:10:51	00:02:05	00:07:26	00:09:31	Lavado de llantas
126	11:02:53	00:01:33	11:11:32	11:13:59	00:02:27	00:08:39	00:11:06	Lavado de llantas
127	11:05:28	00:02:35	11:14:27	11:17:00	00:02:33	00:08:59	00:11:32	Lavado de llantas
128	11:07:43	00:02:15	11:17:23	11:20:08	00:02:45	00:09:40	00:12:25	Lavado de llantas
129	11:09:52	00:02:09	11:43:02	11:58:26	00:15:24	00:33:10	00:48:34	Lavado de equipo
130	11:10:28	00:00:36	11:20:39	11:23:14	00:02:35	00:10:11	00:12:46	Lavado de llantas
131	11:13:20	00:02:52	11:23:16	11:26:02	00:02:46	00:09:56	00:12:42	Lavado de llantas
132	11:15:27	00:02:07	11:26:30	11:29:48	00:03:18	00:11:03	00:14:21	Lavado de llantas
133	11:17:02	00:01:35	11:30:16	11:33:18	00:03:02	00:13:14	00:16:16	Lavado de llantas
134	11:20:29	00:03:27	11:33:39	11:35:40	00:02:01	00:13:10	00:15:11	Lavado de llantas
135	11:21:19	00:00:50	11:35:56	11:38:03	00:02:07	00:14:37	00:16:44	Lavado de llantas
136	11:24:18	00:02:59	11:38:32	11:40:29	00:01:57	00:14:14	00:16:11	Lavado de llantas
137	11:25:26	00:01:08	11:40:55	11:42:55	00:02:00	00:15:29	00:17:29	Lavado de llantas
138	11:26:34	00:01:08	11:42:36	11:45:26	00:02:50	00:16:02	00:18:52	Lavado de llantas
139	11:29:54	00:03:20	11:58:56	12:15:09	00:16:13	00:29:02	00:45:15	Lavado de equipo
140	11:32:20	00:02:26	11:45:37	11:48:05	00:02:28	00:13:17	00:15:45	Lavado de llantas
141	11:35:42	00:03:22	11:48:36	11:51:42	00:03:06	00:12:54	00:16:00	Lavado de llantas
142	11:36:53	00:01:11	11:52:08	11:54:15	00:02:07	00:15:15	00:17:22	Lavado de llantas
143	11:37:52	00:00:59	11:54:38	11:56:40	00:02:02	00:16:46	00:18:48	Lavado de llantas
144	11:39:10	00:01:18	11:57:06	11:59:35	00:02:29	00:17:56	00:20:25	Lavado de llantas
145	11:42:58	00:03:48	12:15:39	12:29:35	00:13:56	00:32:41	00:46:37	Lavado de equipo
146	11:44:23	00:01:25	11:59:57	12:02:10	00:02:13	00:15:34	00:17:47	Lavado de llantas
147	11:49:53	00:05:30	12:02:29	12:04:50	00:02:21	00:12:36	00:14:57	Lavado de llantas
148	11:53:58	00:04:05	12:05:08	12:08:12	00:03:04	00:11:10	00:14:14	Lavado de llantas
149	11:55:52	00:01:54	12:08:23	12:10:52	00:02:29	00:12:31	00:15:00	Lavado de llantas
150	11:59:40	00:03:48	12:30:16	12:53:12	00:22:56	00:30:36	00:53:32	Lavado de equipo
151	11:59:55	00:00:15	12:11:21	12:13:29	00:02:08	00:11:26	00:13:34	Lavado de llantas
152	12:04:23	00:04:28	12:13:42	12:16:02	00:02:20	00:09:19	00:11:39	Lavado de llantas
153	12:06:28	00:02:05	12:16:26	12:18:30	00:02:04	00:09:58	00:12:02	Lavado de llantas
154	12:09:03	00:02:35	12:18:53	12:21:06	00:02:13	00:09:50	00:12:03	Lavado de llantas
155	12:10:48	00:01:45	12:22:26	12:24:57	00:02:31	00:11:38	00:14:09	Lavado de llantas
156	12:13:42	00:02:54	12:25:00	12:27:41	00:02:41	00:11:18	00:13:59	Lavado de llantas
157	12:16:58	00:03:16	12:27:59	12:30:06	00:02:07	00:11:01	00:13:08	Lavado de llantas
158	12:18:30	00:01:32	12:30:36	12:33:21	00:02:45	00:12:06	00:14:51	Lavado de llantas
159	12:21:11	00:02:41	12:33:53	12:35:57	00:02:04	00:12:42	00:14:46	Lavado de llantas
160	12:22:28	00:01:17	12:35:19	12:38:16	00:02:57	00:12:51	00:15:48	Lavado de llantas

Apéndice 3. Encuesta primer estrato de la muestra

Items encuestados	Calificacion	Categoria	Items encuestados	Calificacion	Categoria
Ciente 1	1	Nunca	Ciente 36	1	Nunca
Ciente 2	3	A veces	Ciente 37	2	Casi Nunca
Ciente 3	2	Casi Nunca	Ciente 38	3	A veces
Ciente 4	1	Nunca	Ciente 39	3	A veces
Ciente 5	2	Casi Nunca	Ciente 40	1	Nunca
Ciente 6	2	Casi Nunca	Ciente 41	2	Casi Nunca
Ciente 7	3	A veces	Ciente 42	3	A veces
Ciente 8	1	Nunca	Ciente 43	3	A veces
Ciente 9	3	A veces	Ciente 44	1	Nunca
Ciente 10	1	Nunca	Ciente 45	2	Casi Nunca
Ciente 11	3	A veces	Ciente 46	1	Nunca
Ciente 12	2	Casi Nunca	Ciente 47	1	Nunca
Ciente 13	1	Nunca	Ciente 48	3	A veces
Ciente 14	1	Nunca	Ciente 49	1	Nunca
Ciente 15	2	Casi Nunca	Ciente 50	3	A veces
Ciente 16	3	A veces	Ciente 51	3	A veces
Ciente 17	1	Nunca	Ciente 52	3	A veces
Ciente 18	2	Casi Nunca	Ciente 53	3	A veces
Ciente 19	1	Nunca	Ciente 54	2	Casi Nunca
Ciente 20	1	Nunca	Ciente 55	1	Nunca
Ciente 21	2	Casi Nunca	Ciente 56	1	Nunca
Ciente 22	3	A veces	Ciente 57	2	Casi Nunca
Ciente 23	1	Nunca	Ciente 58	1	Nunca
Ciente 24	4	Casi Siempre	Ciente 59	3	A veces
Ciente 25	3	A veces	Ciente 60	2	Casi Nunca
Ciente 26	3	A veces	Ciente 61	3	A veces
Ciente 27	2	Casi Nunca	Ciente 62	1	Nunca
Ciente 28	2	Casi Nunca	Ciente 63	1	Nunca
Ciente 29	2	Casi Nunca	Ciente 64	2	Casi Nunca
Ciente 30	1	Nunca	Ciente 65	2	Casi Nunca
Ciente 31	3	A veces	Ciente 66	1	Nunca
Ciente 32	2	Casi Nunca	Ciente 67	3	A veces
Ciente 33	3	A veces	Ciente 68	1	Nunca
Ciente 34	2	Casi Nunca	Ciente 69	3	A veces
Ciente 35	2	Casi Nunca	Ciente 70	2	Casi Nunca
Ciente 36	1	Nunca	Ciente 71	4	Casi Siempre
			Ciente 72	3	A veces

Apéndice 4. Encuesta segundo estrato de la muestra

Items encuestados	Calificacion	Categoria	Items encuestados	Calificacion	Categoria
Cliente 73	3	A veces	Cliente 121	4	Casi Siempre
Cliente 74	2	Casi Nunca	Cliente 122	1	Nunca
Cliente 75	4	Casi Siempre	Cliente 123	2	Casi Nunca
Cliente 76	1	Nunca	Cliente 124	2	Casi Nunca
Cliente 77	2	Casi Nunca	Cliente 125	3	A veces
Cliente 78	2	Casi Nunca	Cliente 126	2	Casi Nunca
Cliente 79	1	Nunca	Cliente 127	1	Nunca
Cliente 80	2	Casi Nunca	Cliente 128	3	A veces
Cliente 81	3	A veces	Cliente 129	3	A veces
Cliente 82	1	Nunca	Cliente 130	1	Nunca
Cliente 83	3	A veces	Cliente 131	2	Casi Nunca
Cliente 84	3	A veces	Cliente 132	3	A veces
Cliente 85	1	Nunca	Cliente 133	3	A veces
Cliente 86	1	Nunca	Cliente 134	1	Nunca
Cliente 87	2	Casi Nunca	Cliente 135	1	Nunca
Cliente 88	3	A veces	Cliente 136	2	Casi Nunca
Cliente 89	3	A veces	Cliente 137	2	Casi Nunca
Cliente 90	2	Casi Nunca	Cliente 138	5	Siempre
Cliente 91	2	Casi Nunca	Cliente 139	3	A veces
Cliente 92	3	A veces	Cliente 140	3	A veces
Cliente 93	1	Nunca	Cliente 141	2	Casi Nunca
Cliente 94	1	Nunca	Cliente 142	1	Nunca
Cliente 95	2	Casi Nunca	Cliente 143	1	Nunca
Cliente 96	3	A veces	Cliente 144	2	Casi Nunca
Cliente 97	1	Nunca	Cliente 145	3	A veces
Cliente 98	1	Nunca	Cliente 146	1	Nunca
Cliente 99	2	Casi Nunca	Cliente 147	2	Casi Nunca
Cliente 100	1	Nunca	Cliente 148	1	Nunca
Cliente 101	2	Casi Nunca	Cliente 149	4	Siempre
Cliente 102	1	Nunca	Cliente 150	2	Casi Nunca
Cliente 103	3	A veces	Cliente 151	1	Nunca
Cliente 104	3	A veces	Cliente 152	3	A veces
Cliente 105	2	Casi Nunca	Cliente 153	2	Casi Nunca
Cliente 106	1	Nunca	Cliente 154	3	A veces
Cliente 107	3	A veces	Cliente 155	1	Nunca
Cliente 108	1	Nunca	Cliente 156	2	Casi Nunca
Cliente 109	1	Nunca	Cliente 157	1	Nunca
Cliente 110	3	A veces	Cliente 158	3	A veces
Cliente 111	3	A veces	Cliente 159	1	Nunca
Cliente 112	2	Casi Nunca	Cliente 160	2	Casi Nunca
Cliente 113	2	Casi Nunca			
Cliente 114	3	A veces			
Cliente 115	3	A veces			
Cliente 116	1	Nunca			
Cliente 117	1	Nunca			
Cliente 118	3	A veces			
Cliente 119	1	Nunca			
Cliente 120	1	Nunca			