

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing

1

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en la empresa fabricante y reparadora de equipos rotativos Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing.

Juan Carlos Lozano Piñeros

Facultad de Administración de Empresas, Universidad Santo Tomás

Magister Lizeth González

30 de noviembre de 2023

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing

2

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en la empresa fabricante y reparadora de equipos rotativos Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing.

Juan Carlos Lozano Piñeros

Trabajo de grado para optar para el título Maestría en Administración de Empresas

MBA

Dirigido por:

Johanna Lizeth González Devia

Magister Bioquímica

Universidad Santo Tomás

Administración de Empresas

Bogotá

2023

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	3
Lista de Tablas	8
Lista de Figuras.....	9
Lista de Gráficos	11
Agradecimientos	12
I. Resumen	13
II. Abstract	15
III. Palabras claves	16
IV. Línea de investigación	16
V. Resumen Ejecutivo	17
VII. Análisis del contexto.....	20
1. Problema.....	21
1.1. Objetivo General	23
1.2. Objetivos Específicos.....	24
1.3. Justificación.....	24
2. Marco teórico	27
2.1. Estado del arte	27
2.2. Lean Manufacturing	30

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps
Colombia basado en Lean Manufacturing

	4
2.3. Orígenes de Lean Manufacturing.....	31
2.4. Técnicas de la Filosofía Lean Manufacturing.....	31
2.4.1. <i>Mapeo del flujo de Valor (Value Stream Mapping- VSM)</i>	31
2.4.2. <i>Justo a tiempo (Just In Time-JIT)</i>	33
2.4.3. <i>Poka-yoke</i>	33
2.4.4. <i>Kaizen</i>	34
2.4.5. <i>Las 6S</i>	35
2.4.6. <i>Valor Agregado vs. No Agregado</i>	37
2.5. Principios Lean Manufacturing.....	38
2.6. Lean Manufacturing en el Control de Desperdicios Operacionales.....	38
2.7. Términos básicos en Lean Manufacturing	39
2.7.1. <i>Control visual</i>	39
2.7.2. <i>Jidoka</i>	41
2.7.3. <i>Muda</i>	41
2.7.4. <i>SMED</i>	42
2.7.5. <i>Kanban</i>	44
2.7.6. <i>Estandarización del trabajo</i>	45
2.7.7. <i>Mantenimiento Productivo total</i>	47
2.7.8. <i>Takt Time</i>	48

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing

	5
2.7.9. PDCA	49
2.8. Teorías sobre Lean Manufacturing en la empresa Sulzer Pumps Colombia	50
2.9. Lean Manufacturing en el proceso operativo	51
3. Marco metodológico	52
3.1. Enfoque	53
3.2. Tipo	53
3.3. Población y muestra	54
3.4. Instrumentos de recolección de información	55
3.4.1. Encuesta	56
3.4.2. VSM (Value Stream Mapping)	58
3.4.2.1. Desarrollo del VSM	58
3.4.2.2. Métricas de los procesos	58
3.4.2.3. Proceso de Fabricación	58
3.4.2.3.1. Demanda proceso de fabricación	59
3.4.2.3.2. Lead time fabricación	60
3.4.2.3.3. Valor agregado proceso de fabricación	61
3.4.2.3.4. Tak time	61
3.4.2.3.5. Flujo de valor proceso de fabricación	63
3.4.2.4. Proceso de montaje	66

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps
Colombia basado en Lean Manufacturing

	6
3.4.2.4.1. Demanda proceso de montaje	67
3.4.2.4.2. Lead time montaje	67
3.4.2.4.3. Valor agregado proceso de montaje	68
3.4.2.4.4. Tack time proceso de montaje	69
3.4.2.4.5. Flujo de Valor Actual proceso de montaje	69
3.4.2.4.6. Flujo de valor futuro proceso de montaje	70
4. Resultados	73
4.1. Identificación de Prácticas y Técnicas en Sulzer Pumps Colombia	73
4.2. Selección de Prácticas y Técnicas de otras Organizaciones	74
4.3. Establecimiento de Técnicas y Metodologías basadas en Lean Manufacturing.	75
4.4. Análisis general	76
5. Propuesta plan de mejoramiento	78
5.1. Programa de capacitación en metodologías Lean Manufacturing	78
5.2. Implementaciones en el proceso de montaje 6´S	79
5.2.1. 6´s Puestos de trabajo del proceso de montaje	80
5.2.2. 6´s Proceso de pruebas hidrostáticas	85
5.2.3. 6´s Almacenamiento de materiales.	88
5.3. Implementaciones en el proceso de calidad 6´S	90
5.4. Implementaciones en el proceso de fabricación 6´S	92

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps
Colombia basado en Lean Manufacturing

	7
5.4.1. 6's Almacenamiento dispositivos de fabricación.....	92
5.5. Implementación Kaizen.....	94
5.5.1. Evento Kaizen 1.	95
5.5.2. Evento Kaizen 2.	97
5.5.3. Evento Kaizen 3.	101
5.5.4. Evento Kaizen 4.	103
5.6. Implementación SMED.....	108
5.6.1. Maquinas CNC.....	110
5.7. Implementación Jidoka	112
5.8. Implementación Kanban	113
5.9. Implementación Muda.....	115
5.9.1. Reducción del tiempo de espera en el proceso de fabricación.....	115
5.9.2. Reducción del tiempo de espera en el proceso de montaje	115
5.9.3. Movimientos no requeridos en el proceso de fabricación y montaje	117
5.9.4. Sobre procesamiento en el proceso de montaje y fabricación	117
5.10. Implementación Poka-yoke en el proceso de fabricación	118
5.11. Costos de la puesta en marcha del plan de mejoramiento	120
6. Conclusiones.....	121
7. Recomendaciones	123

Referencias.....	124
------------------	-----

Lista de Tablas

Tabla 1. Análisis de salidas no conformes.....	22
Tabla 2. Lista de individuos que conforman la muestra	54
Tabla 3. Encuesta	57
Tabla 4. Métricas proceso de fabricación	59
Tabla 5. Cálculo de demanda proceso de fabricación.....	60
Tabla 6. Cálculo de Lead time fabricación	60
Tabla 7. Cálculo de valor agregado proceso de fabricación	61
Tabla 8. Cálculo Tack Time proceso de fabricación	63
Tabla 9. Métricas proceso de montaje	66
Tabla 10. Cálculo de demanda proceso de montaje.....	67
Tabla 11. Cálculo de Lead time montaje	68
Tabla 12. Cálculo de valor agregado proceso de montaje	68
Tabla 13. Cálculo tack time proceso de montaje	69
Tabla 14. Análisis evento Kaizen 1	96
Tabla 15. Análisis evento Kaizen 2	100
Tabla 16. Resultado de ahorro Kaizen 2	101
Tabla 17. Costos de implementación	120

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema metodología 6's	36
Figura 2. Descripción de la metodología a utilizar	52
Figura 3. VSM actual proceso de fabricación.....	64
Figura 4. VSM futuro proceso de fabricación	65
Figura 5. VSM actual proceso de montaje.....	71
Figura 6. VSM futuro proceso de montaje	72
Figura 7. Diagrama de flujo. Implementaciones en el proceso de montaje 6'S	79
Figura 8. Puestos de trabajo actual	81
Figura 9. Uso del espacio disponible en montaje	81
Figura 10. Layout proceso de montaje actual	82
Figura 11. Desarrollo de proyectos con alto volumen de trabajo	83
Figura 12. Diseño de puestos de trabajo propuesto	84
Figura 13. Estado actual de los dispositivos para pruebas hidrostáticas.	86
Figura 14. Estado actual de los dispositivos para pruebas hidrostáticas.	86
Figura 15. Estantería propuesta.	87
Figura 16. Dispositivo recomendado para el proceso de presiones en pruebas hidrostáticas. ...	87
Figura 17. Almacén de materiales operaciones actualmente.	88
Figura 18. Almacén de materiales operaciones actualmente.	88
Figura 19. Almacén de materiales operaciones actualmente.	89

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps
Colombia basado en Lean Manufacturing

	10
Figura 20. Almacén de materiales operaciones actualmente.	89
Figura 21. Disposición actual de materiales en calidad.....	91
Figura 22. Estantería propuesta para control de calidad.....	92
Figura 23. Estado actual de los dispositivos en el proceso de fabricación.	93
Figura 24. Estantería propuesta	93
Figura 25. Reparación total de carcasa método anterior.....	95
Figura 26. Reparación total de carcasa método nuevo.	96
Figura 27. Método de montaje anterior para pruebas hidrostáticas	98
Figura 28. Método de montaje anterior para pruebas hidrostáticas.	98
Figura 29. Método de montaje nuevo para pruebas hidrostáticas.....	99
Figura 30. Dispositivo para montaje nuevo.	99
Figura 31. Uso de espacio actual.	102
Figura 32. Uso de espacio actual.	102
Figura 33. Uso de espacio en Sulzer Brasil.	103
Figura 34. Imagen formato de registro manual de horas OP.FT.08	104
Figura 35. Imagen registro de Excel control de horas	105
Figura 36. Transacción IW33	105
Figura 37. Transacción IW42	106
Figura 38. Transacción CO03.....	106
Figura 39. Transacción CO11N	107
Figura 40. Llave hidráulica convencional.....	108
Figura 41. Llave eléctrica de torque	109
Figura 42. Llave de impacto inalámbrica	110

	11
Figura 43. Proceso actual de programación torno CNC en Sulzer Colombia	111
Figura 44. Ejemplo de programación asistida por computador CAM para torno CNC.	111
Figura 45. Ejemplo de programación asistida por computador CAM para centro de mecanizado CNC.	112
Figura 46. Estado actual del proceso almacenamiento de insertos.....	113
Figura 47. Ejemplo de implementación cuadro Kanban para control de insertos.	114
Figura 48. Ejemplo de almacenamiento para insertos.	114
Figura 49. Reunión stand- up de seguimiento en Sulzer Brasil.....	116
Figura 50. Cuadro de seguimiento proceso de montaje Sulzer Brasil	117
Figura 51. Gage de roscas.....	118
Figura 52. Alesómetro.	119
Figura 53. Implementación de uso de Alesómetro en Sulzer Brasil.....	119

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Resultados de encuesta	74
--	----

Agradecimientos

A mi familia Quiero expresar mi profundo agradecimiento por su constante apoyo, amor y paciencia. Su aliento inquebrantable ha sido mi motivación para alcanzar este logro en mi tesis de maestría. Su presencia y respaldo han sido fundamentales en cada paso del camino. Gracias por ser mi fuente de fortaleza.

Estimada Dra. Johanna Lizeth Gonzáles Devia, quiero agradecerle sinceramente por su valiosa asistencia y orientación. Su experiencia y sabiduría han sido cruciales para guiarme en mi investigación. Gracias a su dirección experta, he obtenido una comprensión más clara del tema y las herramientas necesarias para abordarlo con éxito.

Quiero expresar mi agradecimiento a David Lora, Gerente General de Sulzer Pumps Colombia, por su apoyo y confianza en mi labor de investigación, Asimismo, quiero agradecer a José Humberto Aguilar, Gerente de Operaciones de Sulzer Pumps Colombia, cuya orientación ha enriquecido significativamente mi trabajo.

I. Resumen

La eficiencia operativa y la optimización de procedimientos son elementos cruciales para empresas y entidades que buscan mantener su competitividad en un entorno empresarial cada vez más riguroso. Estos conceptos abordan la capacidad de generar productos o servicios de excelencia empleando la menor cantidad de recursos, maximizando el desempeño y minimizando los gastos.

Este logro exige una correcta combinación de personal, procesos y tecnología para mejorar la productividad y el valor de las operaciones. La eficiencia operativa se evalúa mediante indicadores clave de rendimiento (KPI) que analizan el desempeño empresarial, incluyendo el tiempo de producción, costos y calidad del producto.

La optimización de procedimientos abarca el análisis y la mejora continua de los procesos para eliminar ineficiencias. Algunas estrategias incluyen la automatización de tareas repetitivas, el manejo optimizado de inventarios, la capacitación de empleados, uso adecuado de tecnología, mejor planificación y evaluación constante. Ambos conceptos son vitales para el éxito empresarial a largo plazo, al reducir errores humanos, incrementar rentabilidad, mejorar calidad y sostener competitividad. Ejemplos exitosos incluyen Toyota, que redujo desperdicios en 90% a través de lean Manufacturing. Un estudio de caso involucra a Sulzer Pumps Colombia, que precisa mejorar el control y medición de sus procesos para aminorar costos superfluos y sostener competitividad. El objetivo de este estudio plantea diseñar un plan basado en lean Manufacturing para reducir costos y tiempos de entrega, empleando análisis cualitativos y herramientas como análisis de datos históricos y VSM. El proyecto enriquecerá prácticas manufactureras, optimizará recursos y añadirá valor al cliente final.

Palabras Clave: Value Stream Mapping, Lean Manufacturing, eficiencia operacional, optimización de procesos, calidad del producto, rentabilidad.

II. Abstract

Operational efficiency and process optimization are crucial elements for companies and organizations seeking to remain competitive in an increasingly rigorous business environment. These concepts address the ability to generate excellent products or services using the least amount of resources, maximizing performance and minimizing expenses.

This achievement requires the right combination of people, processes, and technology to improve productivity and the value of operations. Operational efficiency is assessed through key performance indicators (KPIs) that analyze business performance, including production time, costs, and product quality.

Process optimization encompasses the analysis and continuous improvement of processes to eliminate inefficiencies. Strategies include automation of repetitive tasks, optimized inventory management, employee training, appropriate use of technology, better planning and constant evaluation.

Both concepts are vital to long-term business success by reducing human error, increasing profitability, improving quality and sustaining competitiveness. Successful examples include Toyota, which reduced waste by 90% through lean manufacturing and six sigma.

One case study involves Sulzer Pumps Colombia, which needs to improve the control and measurement of its processes to reduce unnecessary costs and sustain competitiveness. The study aims to design a lean manufacturing-based plan to reduce costs and delivery times, using qualitative analysis and tools such as historical data analysis and VSM. The project will enrich manufacturing practices, optimize resources, and add value to the end customer.

Keywords: Value Stream Mapping, lean manufacturing, operational efficiency, process optimization, product quality, profitability.

III. Palabras claves

On time Delivery

Value Stream Mapping

Planificar, Hacer, Verificar, Actuar

Key Performance Indicator

Inspección por cuenta propia

Kick Off Meeting

Número de turnos

Jornada laboral

Tiempo descanso

Tiempo disponible

Producción

Número de personas

Porcentaje de funcionamiento

Producción real

Tiempo de ciclo

Porcentaje de defectos

Tiempo de cambio de producto

Número de operarios

IV. Línea de investigación

Línea de Administración e Innovación

V. Resumen Ejecutivo

El presente trabajo se enfocó en el análisis cualitativo exploratorio de los procesos operativos de Sulzer Pumps Colombia, específicamente en la planta de Cota, Cundinamarca. Se utilizó la metodología Lean Manufacturing, con énfasis en las técnicas de Value Stream Mapping (VSM) y Takt Time, para evaluar la eficiencia y proponer mejoras.

La población bajo estudio incluyó empleados con experiencia en fabricación y montaje, representando el 60% de la fuerza laboral en esta área. Se usó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando participantes deliberadamente según su experiencia y conocimientos.

La recopilación de datos involucró información primaria a través de encuestas y VSM, y datos secundarios provenientes de la literatura sobre Lean Manufacturing. Los resultados indicaron áreas de mejora en los procesos de fabricación y montaje.

Se propuso un programa de capacitación en metodologías Lean Manufacturing para el personal operativo, reconociendo la importancia de equipar al equipo con habilidades y perspectivas necesarias.

Las implementaciones sugeridas se centraron en la metodología 6'S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke, shitsuke), abordando aspectos clave en los procesos de montaje, pruebas hidrostáticas, calidad y fabricación. Además, se propuso la implementación de Kaizen, SMED, Jidoka, Kanban, Muda, y Poka-yoke para optimizar eficiencia, calidad y tiempos de espera.

La estrategia Kaizen se destacó por involucrar a los empleados en la mejora continua, reconociendo y premiando sus aportes. Además, se enfatizó en la importancia de una comunicación clara y reuniones regulares para mantener la eficiencia en los procesos.

VI. Introducción

La problemática de los desperdicios operacionales en una empresa puede tener varias implicaciones negativas como largos tiempos de espera para los clientes, exceso de inventario, defectos en los productos entre otros. Los procesos operativos de las empresas del sector metalmecánico ofrecen bienes y servicios en el sector de equipos rotativos y se mantienen en constante evolución para mejorar continuamente sus procesos y así lograr su mayor eficiencia y productividad garantizando la permanencia y competitividad en el mercado que cada día es más exigente (Arrieta, 2011).

Sulzer, uno de los principales fabricantes de bombas del mundo, suministra una amplia gama de productos para soluciones de bombeo estándar, configuradas y de ingeniería adaptadas a sus necesidades específicas, así como equipos auxiliares. Reconocidos por productos de última tecnología, su fiabilidad de funcionamiento y por la aportación de soluciones eficientes (Sulzer, 2023).

Sulzer Ltd. es una empresa suiza de fabricación e ingeniería industrial, fundada por Salomón Sulzer-Bernet en 1775 y establecida como Sulzer Brothers Ltd. (Gebrüder Sulzer) en 1834 en Winterthur, Suiza. Hoy es una empresa que cotiza en bolsa con alrededor de 180 instalaciones de fabricación y centros de servicio en todo el mundo. Las acciones de la empresa cotizan en la Bolsa de Valores de Suiza (Sulzer, 2023).

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el objetivo de este proyecto se centra en diseñar un plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales utilizando los principios y herramientas del lean manufacturing.

Este caso de estudio en Sulzer Pumps Colombia permite identificar la necesidad de implementar métodos de reducción de desperdicios en la operación ya que estos no agregan

valor al cliente final de la mano del cumplimiento de la calidad en la entrega de los bienes y servicios ofertados. Por supuesto con una integración en seguridad industrial.

VII. Análisis del contexto

Sulzer es una empresa suiza con presencia a nivel mundial, en el sector de la ingeniería y la fabricación de equipos para la industria. Fundada en 1834, actualmente tiene más de 16.000 empleados en más de 180 países, lo que demuestra la internacionalización de la organización (Sulzer, 2023).

La competitividad a nivel global es importante para Sulzer, ya que opera en un mercado altamente competitivo, donde la innovación es un factor clave para el éxito. La empresa se ha centrado en la inversión en investigación y desarrollo a fin de tener una ventaja competitiva. Esto incluye el desarrollo de nuevas soluciones y productos para el mercado (Sulzer, 2023).

En cuanto a la sostenibilidad y la sustentabilidad, Sulzer ha establecido objetivos claros para el uso responsable de los recursos y la reducción de su huella de carbono y de otros impactos ambientales. La empresa está comprometida con el desarrollo de soluciones eficientes, innovadoras y respetuosas con el medio ambiente (Sulzer, 2023).

La perdurabilidad es otra de las preocupaciones de Sulzer. La empresa se ha centrado en desarrollar soluciones duraderas y confiables para la industria. Esto se refleja en la calidad de sus productos y servicios, en su atención al cliente y en su capacidad para adaptarse a los cambios en el mercado (Sulzer, 2023).

1. Problema

En la industria, los desperdicios operacionales o los “muda”, en términos de Lean Manufacturing, son actividades que no aportan valor al producto o servicio final. Por esta razón, deben ser eliminados o reducidos para mejorar la eficiencia de cada proceso. En consecuencia, si los desperdicios no se tratan o gestionan adecuadamente, existe el riesgo de que los productos entregados presenten defectos o no cumplan con los estándares de calidad esperados, impactando directamente en la satisfacción del cliente, lo que puede generar devoluciones, reclamaciones y comprometer la relación a largo plazo con ellos (Paredes et al., 2022).

Adicionalmente, los desperdicios operacionales pueden afectar negativamente los plazos de entrega y la disponibilidad de productos, razón por la cual si la compañía enfrenta problemas con los desperdicios en su proceso de producción, es probable que se presenten retrasos en la entrega, lo cual impacta negativamente a los clientes que necesitan los productos en un tiempo programado (Paredes et al., 2022).

Otra consecuencia desfavorable de los desperdicios operacionales es la disminución de la calidad del producto, esto significaría la obtención de productos defectuosos, lo cual podría generar un descontento entre los clientes o en el peor de los casos, la pérdida de clientes, lo que afecta la reputación de la empresa (Estévez y Burgos, 2006).

Cabe destacar que los desperdicios operacionales también afectan los indicadores de entregas a tiempo como el OTD (on time delivery), lo cual, a su vez, genera ineficiencia en los procesos y al mismo tiempo lleva a un mayor consumo de recursos, tiempos de ciclo prolongados y mayores costos de producción. De acuerdo con Estrada (2009) es fundamental implementar una cultura de cambio rápido y mejora continua, siendo la Manufactura Esbelta

una herramienta clave para la mejora de los procesos operativos, que eviten demoras en la ejecución de los procesos e impacte significativamente en los objetivos de la compañía y sin comprometer el valor al cliente final.

Sulzer Pumps Colombia es una empresa líder en la reparación de bombas centrífugas y la fabricación de repuestos que enfrenta desafíos significativos en términos de desperdicios operacionales, los cuales representan una pérdida de recursos, tiempo y dinero, impactando negativamente la eficiencia, rentabilidad y competitividad de la empresa en el mercado.

Un análisis realizado por el Departamento de Calidad de Sulzer Pumps Colombia, mostró una tendencia preocupante en cuanto a las salidas no conformes en los procesos de ingeniería y operaciones de la empresa para los años 2022, 2023 y lo que va del 2024. Los datos arrojados indican que, aunque las salidas no conformes en ingeniería han disminuido de 53% a 35%, las de operaciones han aumentado significativamente de 9% a 54%, lo cual representa pérdidas económicas sustanciales para la empresa, cercanas a los 177.609.000 millones de pesos colombianos (Ver Tabla 1).

Ahora bien, en lo que va del año 2024, se ha observado una disminución significativa en las salidas no conformes en el proceso de ingeniería alcanzando un 10%, mientras que en operaciones se ha incrementado al 90%, generando un valor de 179.164.000 millones de pesos colombianos (Ver tabla 1).

Tabla 1. Análisis de salidas no conformes

Año	Ingeniería	Operaciones	Valor total (millones)
2022	53% salidas no conformes	9% salidas no conformes	153.674.000
2023	35% salidas no conformes	54% salidas no conformes	177.609. 000
2024	53% salidas no conformes	9% salidas no conformes	179.114.000

*Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de la empresa Sulzer Pumps
Colombia*

Estos desperdicios operacionales se manifiestan en sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, inventario excesivo, procesamiento ineficiente y defectos en los productos, lo cual da como resultado la eficiencia de los procesos, un aumento en los tiempos de ciclo, reducción de la capacidad de respuesta a la demanda del cliente y la generación de costos adicionales en términos de almacenamiento, retrabajo y tiempos de inactividad.

La presencia de estos desperdicios reduce la competitividad de Sulzer Pumps Colombia al aumentar los costos de producción y disminuir la calidad y la velocidad de entrega de sus productos y servicios. Aunque la empresa reconoce la importancia de la mejora continua para enfrentar estos desafíos, actualmente carece de un enfoque sistemático y estructurado para identificar, analizar y eliminar los desperdicios de manera efectiva.

Por ello, surge la necesidad de implementar mejoras en los procesos de operaciones para eliminar los desperdicios operacionales identificados anteriormente. Para abordarlo, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es la estrategia más efectiva para implementar un plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia, utilizando principios de Lean Manufacturing, con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos, reducir costos y aumentar la competitividad en el mercado?

1.1. Objetivo General

Diseñar un plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en operacionales en la empresa fabricante y reparadora de equipos rotativos Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing, que posibilitan mejorar la eficiencia del proceso operativo.

1.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las prácticas y técnicas utilizadas en Sulzer Pumps Colombia para eliminar los desperdicios operacionales en los procesos de fabricación y montaje de la compañía.
2. Seleccionar las prácticas y técnicas utilizadas en otras organizaciones de la misma industria o en industrias similares para reducir o eliminar los desperdicios operacionales, incluyendo la implementación de metodologías como Lean Manufacturing.
3. Establecer las técnicas y metodologías basadas en Lean Manufacturing para los procesos de fabricación y montaje de Sulzer Pumps Colombia que permitan la reducción de residuos operacionales.

1.3. Justificación

La implementación de métodos Lean Manufacturing se ha convertido en una estrategia efectiva para abordar este tipo de problemas y lograr una gestión eficiente de los desperdicios (Hidalgo, 2022), teniendo en cuenta su filosofía de gestión que se centra en la eliminación sistemática de los mismos para mejorar la eficiencia y la calidad en los procesos de producción. Al eliminar actividades que no agregan valor, como la sobreproducción, los tiempos de espera y los defectos en los productos, Lean Manufacturing busca optimizar los recursos y maximizar el valor entregado al cliente (Andreu, 2023).

El control de desperdicios operacionales es de vital importancia para las empresas por varias razones, la primera de ellas es la reducción de los desperdicios operacionales que permite optimizar el uso de los recursos, resultando en una mayor eficiencia y rentabilidad para las empresas. Al minimizar la generación de desperdicios, se logra reducir los costos asociados,

como la compra de materiales innecesarios o la reparación de productos defectuosos (Holguín y Pacheco, 2019).

Además, controlar los desperdicios tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, porque las empresas pueden reducir su huella de carbono al minimizar la generación de residuos y el consumo innecesario de energía, esto no solo compensa las demandas actuales de responsabilidad social corporativa, sino que también es un factor determinante en la elección de los clientes a la hora de realizar sus compras (Conejo, 2018).

Según un estudio realizado por McKinsey & Company, las empresas que aplican el Lean Manufacturing pueden reducir sus costos operativos entre un 10% y un 30%, aumentar su productividad entre un 20% y un 40%, mejorar su calidad entre un 30% y un 50%, reducir sus emisiones de CO₂ entre un 15% y un 25%, aumentar su satisfacción del cliente entre un 10% y un 20% y mejorar su clima laboral entre un 10% y un 15% (Guy et al., 2019).

Aunado a ello, Zuleta (2022) afirma que las empresas que adoptan una cultura de eliminación de los desperdicios pueden crear un entorno de trabajo más colaborativo, creativo y motivador, donde los empleados se sienten más comprometidos, empoderados y responsables. Asimismo, pueden fomentar la innovación, el aprendizaje continuo y la mejora constante, lo que les permite adaptarse mejor a los cambios y a las necesidades de los clientes

Un estudio realizado por Gamarra (2020), afirma que una empresa en su modelo de eficiencia operativa logró aumentar la capacidad de producción en un 10% y en un 8% la eficiencia operativa. Otra, alcanzó un impacto organizacional desarrollando la mejora continua en el equipo de trabajo, esto permitió generar el pensamiento de innovación en los colaboradores y una visión en los proyectos y negocios (Sánchez, 2020).

Ahora bien, el aporte principal de esta investigación radica en la generación de conocimiento y la identificación de prácticas efectivas para el control de desperdicios en operaciones empleando métodos Lean Manufacturing. Además, este trabajo contribuye con la

literatura existente sobre el control de desperdicios operacionales y la aplicación de métodos Lean Manufacturing, y adicionalmente, los resultados obtenidos pueden servir de referencia para otras empresas del sector, así como para futuras investigaciones en este campo.

En términos de impacto, este trabajo puede generar un efecto positivo tanto a nivel empresarial como académico. A nivel empresarial, la implementación de los métodos Lean Manufacturing propuestos generan beneficios significativos para Sulzer Pumps Colombia, como la mejora en la eficiencia de los procesos, la reducción de costos operativos y un mayor nivel de satisfacción del cliente.

En el ámbito académico, esta investigación contribuirá al desarrollo y enriquecimiento de los estudios en el campo de la gestión de operaciones y la optimización de recursos. Además, al abordar un problema real en una empresa específica, se generarán conocimientos aplicables y relevantes para el entorno empresarial colombiano.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

Carrillo, Alvis, Mendoza & Cohen (2018) establecieron una propuesta de implementación de *lean manufacturing* por medio del uso de herramientas de producción esbelta y de confiabilidad de procesos, de modo que se promueva la búsqueda del beneficio mutuo en el aprovechamiento de oportunidades de mejora y optimización de recursos y procesos. Los autores realizaron una comparación entre el sistema actual y el sistema propuesto, a través de mediciones, de forma tal que se optimizaran la operación. El manejo de las rutinas laborales, el ambiente en la planta física y elevar la motivación a nivel general. La investigación fue de tipo descriptiva, donde se emplearon a las herramientas de *lean manufacturing*, tales como las cinco eses (5 s) y herramientas de mantenimiento en confiabilidad a través de sus conceptos y del uso del software Weibull ++6. Concluyeron que mediante la implementación de las 5 s ha llevado a mejoras significativas en el aspecto visual, la operación y el mantenimiento, lo que contribuye a la eficiencia y la producción; se identifica que las probabilidades de fallo de los equipos están cerca del 50 %, lo que representa un riesgo significativo para la operación, entonces proponen rutinas de inspección de equipos para mitigar los mantenimientos correctivos y reducir las probabilidades de fallo al menos al 20 % en una primera etapa. Por otra parte, se reconoce que los fallos más recurrentes están relacionados con las operaciones productivas y las rutinas de alistamiento de las máquinas, por lo que sugieren adaptar mejores prácticas operativas y actualizar el plan de mantenimiento, junto con un plan de capacitación para operadores y supervisores. Destacan la importancia de la coordinación entre la gestión administrativa, compras y recursos humanos para garantizar el funcionamiento adecuado del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés).

Sarria, Fonseca & Bocanegra (2017) establecieron una propuesta basada en un modelo metodológico de implementación de *lean manufacturing* enfocada en empresas industriales en Colombia, partiendo de modelos teóricos existentes, bajo criterios de selección de la secuencia de prácticas, en el marco del proyecto Implementación de lean manufacturing en Colombia presentado a la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. Para ello, utilizaron la metodología ICOM, como herramienta valiosa para facilitar la implementación de *lean manufacturing* en empresas, la cual permite establecer relaciones entre los procesos y la construcción del diagrama de contexto. En ese sentido, hicieron una revisión de los principales métodos de implementación de diferentes autores que escriben sobre *lean manufacturing* identificando las 14 prácticas más usadas a través de una matriz comparativa, con lo cual se diseñó la metodología de implementación para empresas pequeñas y por personas con poca experiencia. En sus conclusiones destacaron la importancia de llevar a cabo un diagnóstico minucioso que permita detectar las causas que generan impacto negativo en el desarrollo del sistema productivo, con el fin de descubrir y remover los desperdicios mediante la implementación de la técnica de *lean manufacturing*.

Martínez, F., Martínez, Nuño & Cavazos (2016) realizaron una propuesta de mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing, en la clínica ABC. Para ello realizaron un trabajo de campo por 6 meses, donde se aplicaron diversas herramientas del *Lean Manufacturing* para mejorar los tiempos de atención a los pacientes, una de ellas fue el mapeo del flujo de valor (*value stream mapping*) y el diagrama de spaghetti, los cuales ayudaron a visualizar y comprender los procesos en detalle, identificando así las áreas y métodos que no agregaban valor para los pacientes. Esto permitió evidenciar una mejora del 56% en la atención brindada a los pacientes. Concluyeron que

la aplicación del *Lean Manufacturing* en este contexto permite una evaluación detallada de los procesos clínicos, identificando dónde se pueden eliminar desperdicios y optimizar la eficiencia. Este estudio no solo demuestra la viabilidad del *Lean Manufacturing* en entornos de atención médica en Bogotá, sino que también proporciona un modelo para otras instituciones de salud que buscan mejorar su eficiencia y calidad de atención. Al adoptar enfoques basados en Lean, las clínicas y hospitales pueden trabajar hacia la optimización de procesos que benefician tanto a los pacientes como al personal médico y administrativo.

González, Marulanda & Echeverry (2018) presentaron un diagnóstico para la implementación de las herramientas *Lean Manufacturing*, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia, con el objetivo de dar a conocer los factores relevantes que intervienen en la implementación de las mismas, a partir de los hallazgos de la investigación realizada en algunas empresas del sector textil confecciones de la sub-región del Valle de Aburrá, del departamento de Antioquia, en Colombia. La metodología que utilizaron tuvo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para abordar el estudio de caso, donde se utilizó una muestra por conveniencia en la cual se implementó un cuestionario de preguntas estructuradas, diseñado para recopilar datos específicos de manera estandarizada. Los hallazgos resaltan la importancia de identificar los elementos que impulsan a las compañías dedicadas a la confección en Medellín y el Valle de Aburrá a implementar herramientas de *Lean Manufacturing* como Kanban, 5S, Kaizen, Just-in-Time, Gestión Total de la Calidad (TQM), entre otras. Estas herramientas tienen el potencial de promover el mejoramiento continuo, fortalecer la competitividad en el mercado y garantizar la fidelización de los clientes. El estudio confirmó que la aplicación de técnicas, herramientas y filosofía *Lean Manufacturing* es escasa en algunas de estas empresas; sin embargo, también sugiere que aquellas empresas que adoptan y aplican de

manera efectiva estos principios tienen la capacidad de mejorar significativamente su eficiencia, productividad y competitividad en el mercado.

2.2. Lean Manufacturing

En la industria actual, la eficiencia operacional y la reducción de costos son aspectos cruciales para la competitividad y el éxito de las organizaciones. Para alcanzar estos objetivos, se han desarrollado diversas filosofías y enfoques, entre ellos, el *Lean Manufacturing* (manufactura esbelta) que se enfoca en la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos. En este estado de arte, se analizarán los conceptos clave relacionados con el control de desperdicios operacionales y su vinculación con la filosofía *Lean Manufacturing* (Correa, 2007).

Lean Manufacturing, también conocido como manufactura esbelta o producción ajustada, es una filosofía de gestión y un enfoque de producción desarrollado inicialmente por Toyota en Japón en la década de 1950. Su objetivo principal es eliminar todo tipo de desperdicio (muda) en el proceso de producción y proporcionar el máximo valor a los clientes, al tiempo que se busca la mejora continua (Socconini, 2019).

El término "lean" hace referencia a la reducción o eliminación de cualquier elemento que no agregue valor a los productos o servicios ofrecidos. Esto incluye actividades, procesos o recursos que no contribuyen directamente a satisfacer las necesidades del cliente o mejorar la calidad del producto. Al eliminar estos desperdicios, se busca aumentar la eficiencia, reducir los costos y mejorar la calidad del producto o servicio final (Socconini, 2019).

2.3. Orígenes de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing tuvo sus raíces en Japón, específicamente en Toyota, en la década de 1950. La compañía implementó el sistema de producción Toyota (TPS), que se basó en el concepto de "eliminación de desperdicios" (muda) y en la mejora continua de los procesos. La filosofía Lean se difundió posteriormente a nivel mundial y se ha convertido en un enfoque ampliamente adoptado en diversas industrias (Socconini, 2019).

2.4. Técnicas de la Filosofía Lean Manufacturing

La metodología Lean Manufacturing emplea una variedad de herramientas y técnicas para eliminar los desperdicios y mejorar los procesos, su enfoque de gestión se centra en maximizar el valor para el cliente y simultáneamente, minimizar el desperdicio dentro de un proceso de producción (González et al., 2018). Algunas técnicas clave dentro de la filosofía *Lean Manufacturing* son las siguientes:

2.4.1. Mapeo del flujo de Valor (Value Stream Mapping- VSM)

VSM significa "Value Stream Mapping", que se traduce como "Mapeo del Flujo de Valor", y es una herramienta utilizada en la gestión *Lean* para visualizar y analizar los flujos de valor en los procesos de una organización, con el objetivo de identificar ineficiencias, desperdicios y oportunidades de mejora, así como reducir el tiempo de entrega de los productos (Rother, 2003). El proceso de Value Stream Mapping implica varias etapas:

- a) Selección del Proceso: Se elige un proceso específico que se va a analizar y mejorar. Puede ser un proceso de fabricación, logística, servicio al cliente, entre otros.

- b) Dibujo del Estado Actual: Se crea un mapa visual que representa el flujo de valor tal como es en la actualidad. Esto incluye la secuencia de pasos, tiempos de procesamiento, tiempos de espera, inventarios y otros elementos relevantes.
- c) Identificación de Desperdicios: Se identifican y marcan los desperdicios y las ineficiencias en el proceso, siguiendo los principios de eliminación de MUDA del Sistema de Producción Toyota.
- d) Dibujo del Estado Futuro: Se desarrolla un mapa que representa cómo debería ser el flujo de valor ideal en el proceso. Se eliminan los desperdicios identificados y se introducen mejoras para lograr un proceso más eficiente.
- e) Plan de Acción: Se crea un plan detallado para implementar las mejoras necesarias para lograr el estado futuro deseado. Esto puede incluir cambios en los procesos, la tecnología, la organización del trabajo, entre otros.
- f) Implementación: Se ejecutan las mejoras planificadas y se monitorea su impacto en el proceso. Se pueden realizar ajustes según sea necesario.
- g) Seguimiento y Medición: Se realiza un seguimiento continuo para evaluar el impacto de las mejoras en términos de eficiencia, calidad, costos y otros indicadores clave de rendimiento.
- h) Retroalimentación y Aprendizaje: Se recopilan lecciones aprendidas durante todo el proceso y se aplican en futuros proyectos de mejora.

2.4.2. *Justo a tiempo (Just In Time-JIT)*

La metodología Justo a Tiempo representa una filosofía industrial que se concentra en la producción precisa y oportuna de artículos, limitándose a fabricar únicamente lo esencial, en el instante preciso y en las cantidades requeridas. Es una estrategia, también conocida como sistema de producción justo a tiempo (JIT), que se orienta hacia la adaptación de la fabricación según la demanda, posibilitando la diversificación de productos al aumentar tanto el número de modelos como sus unidades correspondientes (Badillo & Cetre, 2018).

El objetivo principal de la metodología JIT es la reducción de inventarios, conservando únicamente los imprescindibles mediante enfoques como el método de stock base cero, lo cual supone un cambio en la mentalidad relativa al proceso productivo, la distribución y la comercialización de los productos. Se fundamenta en la eliminación de cualquier elemento que genere desperdicio para la organización, dado que dicho desperdicio implica un costo. Por último, se requiere llevar a cabo todas las actividades necesarias para optimizar los recursos y, simultáneamente, permitir que las empresas alcancen niveles de excelencia, productividad y competitividad. El principio central del JIT consiste en suprimir las fuentes de pérdida industrial al lograr la cantidad adecuada de materias primas y la producción precisa de productos en el lugar y momento correctos (Badillo & Cetre, 2018).

2.4.3. *Poka-yoke*

Es un término japonés que se traduce comúnmente como "a prueba de errores" o "a prueba de fallos". Se refiere a un concepto utilizado en la gestión de la calidad y la manufactura para evitar errores humanos o defectos en un proceso, con el objetivo principal de diseñar procesos y sistemas de manera que sea difícil o imposible cometer errores (Shingo, 1986).

El sistema Poka Yoke se basa en la premisa de que es más efectivo prevenir los errores en lugar de corregirlos, una vez hayan ocurrido, Esto se logra mediante la implementación de dispositivos o mecanismos que detecten y prevengan errores en el proceso de producción. Estos dispositivos pueden ser físicos, visuales para los operadores (Shingo, 1986). Los pasos generales para implementar el sistema Poka Yoke son los siguientes:

- a) Identificación de los errores potenciales: Analiza el proceso de producción o la operación para identificar los puntos donde los errores son más probables de ocurrir.
- b) Diseño de dispositivos o mecanismos de prevención: Desarrolla soluciones prácticas que eviten la ocurrencia de los errores identificados. Estos dispositivos pueden ser sensores, guías, alarmas, configuraciones específicas, etc.
- c) Implementación de los mecanismos: Integra los dispositivos o mecanismos en el proceso de producción para garantizar que los errores no puedan ocurrir o sean fácilmente detectables y corregibles.
- d) Monitoreo y mejora continua: Evalúa la efectividad de los dispositivos implementados y recopila datos sobre la prevención de errores. Realiza ajustes y mejoras en los mecanismos según sea necesario para lograr resultados óptimos.

2.4.4. Kaizen

Kaizen, un término originario de Japón encierra la filosofía de perfeccionamiento constante dentro de una organización, abarcando sus procesos, productos y prácticas. Este enfoque se sustenta en la noción de llevar a cabo mejoras incrementales de manera continua y progresiva, involucrando a todos los niveles de la empresa, con el propósito de lograr un incremento sostenible en la eficiencia, calidad e innovación.

La esencia del enfoque Kaizen consiste en detectar y eliminar ineficiencias, optimizar la secuencia de acciones y fomentar una cultura de participación en la búsqueda constante de mejoras. Con frecuencia, se implementa en conjunto con otras metodologías, como el sistema de producción Toyota y la Gestión Lean. (Suárez, 2008). En otras palabras, Kaizen significa mejora continua y se basa en la premisa de que siempre hay margen para mejorar y que todos los empleados, desde la línea de producción hasta la gerencia, deben participar en la identificación y eliminación de desperdicios y la implementación de mejoras en los procesos.

2.4.5. Las 6S

Las "6S" constituyen un enfoque de gestión que se utiliza para mejorar la organización, limpieza y eficiencia en el lugar de trabajo, estas 6S provienen de seis principios japoneses que comienzan con la letra "S" (Figura 1), y se utilizan para organizar un espacio de trabajo de manera eficiente, efectiva y segura (Hirano, 1995). Entonces, la metodología 6S consiste en:

- a) Seiri (Clasificación): Consiste en eliminar los elementos innecesarios del área de trabajo, dejando solo lo esencial y deshaciéndose de lo que no se necesita.
- b) Seiton (Orden): Organizar los elementos esenciales en un lugar de fácil acceso y asegurarse de que cada cosa tenga su lugar designado.

Figura 1. Esquema metodología 6's



Fuente: Makotoflow.cl (2024)

- c) Seiso (Limpieza): Mantener un área de trabajo limpia y ordenada mediante la limpieza regular y el mantenimiento de la higiene.
- d) Seiketsu (Normalización): Establecer procedimientos y estándares para mantener las tres primeras S (seiri, seiton, seiso) de manera constante en el tiempo.
- e) Shitsuke (Disciplina): Desarrollar hábitos disciplinados para seguir los procedimientos y estándares establecidos en el Seiketsu.
- f) Safety (Seguridad): En algunos casos, se agrega una sexta S para enfocarse en la seguridad, asegurándose de que el entorno de trabajo sea seguro para todos.

Los pasos generales para implementar las 6S, de acuerdo con Hirano (1995) son:

1. Compromiso de liderazgo: Obtener el compromiso y el apoyo de la alta dirección para la implementación exitosa.
2. Educación y entrenamiento: Capacitar a los empleados en los principios y objetivos de las 6S.

3. Evaluación y planificación: Evaluar el lugar de trabajo, identificar áreas problemáticas y desarrollar un plan de acción.
4. Implementación de las 6S: Aplicar cada uno de los pasos en el orden apropiado.
5. Mantenimiento continuo: Mantener y mejorar constantemente los resultados obtenidos, asegurando que las prácticas se mantengan a lo largo del tiempo.

De acuerdo con Hirano (1995), algunos de los beneficios de implementar las 6S incluyen:

- Mayor eficiencia en los procesos.
- Menos desperdicio y reducción de costos.
- Mejora en la calidad de los productos y servicios.
- Mayor seguridad en el lugar de trabajo.
- Ambiente de trabajo más agradable y motivador.

2.4.6. Valor Agregado vs. No Agregado

En Lean Manufacturing es importante establecer esta distinción para identificar y eliminar actividades que no agregan valor al producto final. Esto puede incluir tareas como movimientos y almacenamiento en exceso, transporte innecesario, esperas, procesos defectuosos e inspecciones redundantes (Becher, 2020).

Entonces, esta distinción es fundamental para identificar áreas de mejora y eliminar o reducir las actividades que no añaden valor al producto o servicio final. Al hacerlo, se optimiza el proceso y se aumenta la eficiencia, lo que a su vez conduce a una mayor satisfacción del cliente y a la reducción de costos.

2.5. Principios Lean Manufacturing

Los principios del Lean Manufacturing son un conjunto de conceptos y prácticas que se derivan del Sistema de Producción Toyota (TPS) y que buscan la eliminación del desperdicio, la mejora continua y la eficiencia en los procesos de producción y operaciones. De acuerdo con Liker (2020), se presentan los cinco principios fundamentales del Lean Manufacturing:

1. Identificar el valor desde la perspectiva del cliente: Comprender lo que realmente agrega valor para el cliente y enfocarse en satisfacer sus necesidades y deseos.
2. Mapeo del flujo de valor: Analizar y mapear el flujo de valor completo de un producto o servicio, desde el inicio hasta el cliente final, para identificar áreas de desperdicio y oportunidades de mejora.
3. Crear flujo continuo: Eliminar interrupciones, cuellos de botella y demoras en el proceso, permitiendo un flujo continuo y eficiente de trabajo.
4. Establecer un sistema de producción tirado por la demanda (Pull): Producir solo lo que el cliente demanda y cuando lo demanda, reduciendo el inventario y los costos asociados con la sobreproducción.
5. Buscar la perfección a través de la mejora continua (Kaizen): Fomentar una cultura de mejora constante, donde todos los miembros del equipo buscan formas de optimizar los procesos y eliminar el desperdicio.

2.6. Lean Manufacturing en el Control de Desperdicios Operacionales

La metodología Lean es un enfoque integral que busca la mejora continua a través de la eliminación sistemática de desperdicios. Al aplicar las técnicas de Lean Manufacturing, las organizaciones pueden identificar y controlar los desperdicios operacionales de manera efectiva.

La filosofía Lean fomenta la participación de todos los empleados, lo que lleva a una cultura orientada a la eficiencia y la reducción de costos (Socconini, 2019).

A continuación, se citan los casos utilizados para controlar los desperdicios operacionales en diferentes organizaciones.

1. Importancia del uso de las herramientas Lean Manufacturing en las operaciones de la industria del plástico (Avila & Gamarra, 2020).
2. Implementación de la estrategia Manufactura Esbelta en una empresa ensambladora de controles electro- mecánicos para secadoras eléctricas. (Zuleta, 2022).
3. Mejoras de un Proceso en una línea de producción (Torres, 2019)
4. Propuesta metodológica para la mejora operacional en ductos (Conejo, 2018)
5. Modelo de producción Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de una linea de producción (Avila & Gamarra, 2020)

2.7. Términos básicos en Lean Manufacturing

2.7.1. *Control visual*

El control visual es una técnica utilizada en la gestión de procesos y la mejora continua para hacer que la información relevante sea claramente visible y comprensible de un vistazo. La idea principal es que, al utilizar elementos visuales como señales, indicadores, colores y etiquetas, se puede transmitir información de manera rápida y efectiva, lo que facilita la toma de decisiones y la detección temprana de problemas. Esta técnica es especialmente útil en entornos de producción y operación donde la información precisa y rápida es crucial (Shingo, 1986).

Los pasos generales para implementar el control visual pueden variar según la situación específica, pero aquí tienes una descripción general de los pasos comunes:

1. Identificación de la información clave: Identifica qué tipo de información es crítica para el proceso o el equipo. Esto podría incluir datos de rendimiento, estado de los equipos, instrucciones de trabajo, fechas límite, etc.
2. Diseño de indicadores visuales: Decide cómo se presentará la información de manera visual. Esto podría ser a través de colores, luces, etiquetas, gráficos, tableros u otros elementos visuales.
3. Desarrollo de estándares: Establece estándares claros para la representación visual de la información. Por ejemplo, el rojo podría indicar un problema, el verde podría indicar que todo está en orden, etc.
4. Implementación de señales visuales: Coloca las señales visuales en lugares estratégicos donde sean fácilmente visibles para las personas involucradas en el proceso. Esto podría incluir tableros de control, pantallas, etiquetas en equipos, etc.
5. Capacitación y comunicación: Asegúrate de que todos los miembros del equipo comprendan el significado de las señales visuales y cómo interpretar la información presentada.
6. Monitoreo y mantenimiento: Supervisa regularmente la efectividad de las señales visuales y realiza ajustes si es necesario. Asegúrate de que las señales estén actualizadas y sigan siendo relevantes.
7. Mejora continua: Busca constantemente formas de mejorar la efectividad de las señales visuales. Esto podría incluir la incorporación de nuevas señales, simplificación de la información o ajustes en los colores utilizados.

2.7.2. Jidoka

Es un concepto japonés utilizado en la filosofía de producción Lean, particularmente asociado con Toyota y su sistema de producción. Se refiere a la idea de "automatización con un toque humano". El término combina las palabras "ji" (que significa "hombre") y "doka" (que significa "aparato" o "máquina"), lo que enfatiza la importancia de la intervención humana en el proceso de producción automatizado.

En el contexto del sistema de producción de Toyota, el concepto de jidoka se refiere a la detección temprana de problemas o anomalías en el proceso de producción. Cuando se detecta una anomalía, la producción se detiene automáticamente para que los operadores puedan resolver el problema y corregir la causa subyacente. Esto ayuda a evitar la producción de productos defectuosos y garantiza una alta calidad en cada etapa del proceso (Liker, 2020).

2.7.3. Muda

Es un término japonés que significa "desperdicio" o "ineficiencia" en el contexto de la manufactura y la gestión de procesos. Fue popularizado por el sistema de producción Toyota, también conocido como el Sistema de Producción Toyota (TPS), que se ha convertido en la base de muchas metodologías de mejora continua y eficiencia operativa en todo el mundo (Shingo & Dillon, 1989).

Los "MUDA" son siete tipos de desperdicios identificados por el TPS, que representan áreas donde se pueden eliminar inefficiencias para mejorar la productividad y reducir costos. Los siete tipos de MUDA son:

1. Tiempo de espera: Esperas innecesarias entre pasos del proceso debido a la falta de coordinación, suministros o información.

2. Transporte innecesario: Movimiento innecesario de productos o materiales de un lugar a otro, lo que puede aumentar los costos y la posibilidad de daños.
3. Sobre procesamiento: Realizar más trabajo del necesario para completar una tarea, lo que puede agregar costos y tiempo sin agregar valor real.
4. Inventario en exceso: Mantener un exceso de existencias de materias primas, productos en proceso o productos terminados, lo que puede llevar a costos de almacenamiento y obsolescencia.
5. Movimiento innecesario: Movimientos innecesarios de personas dentro de un espacio de trabajo, lo que puede llevar a la fatiga y aumentar el riesgo de accidentes.
6. Defectos: Producción de productos defectuosos o con errores, lo que puede llevar a retrabajos, devoluciones y pérdida de reputación.
7. Procesos innecesarios o inadecuados: Realizar operaciones que no son necesarias o que no aportan valor al producto final.

El enfoque del TPS es identificar y eliminar estos desperdicios en los procesos para lograr una producción más eficiente y de mayor calidad. Las técnicas de mejora continua, como el Kaizen (mejora continua) y la metodología Lean, se basan en gran medida en la eliminación de los siete tipos de MUDA (Shingo, S; Dillon, A, 1989).

2.7.4. SMED

SMED es un acrónimo que significa "Single Minute Exchange off Die", que se traduce al español como "Cambio de Troqueles en un Solo Dígito de Minutos". Se trata de una metodología utilizada en la manufactura y producción para reducir al mínimo el tiempo necesario para cambiar de un proceso de producción a otro. El objetivo principal es lograr cambios de herramientas y

configuraciones en un tiempo extremadamente corto, idealmente en menos de 10 minutos (de ahí el término "single minute").

El SMED se desarrolló como parte de la filosofía Lean y se centra en la reducción del tiempo de inactividad entre diferentes lotes de producción, lo que contribuye a la eliminación de desperdicios y a una mayor flexibilidad en la producción (Shingo & Dillon, 1989).

Los pasos básicos de la metodología SMED son:

1. División del proceso: Identificar y separar las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento (actividades externas) de las que requieren que la máquina esté detenida (actividades internas).
2. Convertir actividades internas en externas: Revisar las actividades internas y buscar formas de realizarlas sin detener la máquina. Esto podría implicar la preparación de herramientas, piezas y equipos con anticipación.
3. Establecer estándares: Definir procedimientos y pasos estándar para las actividades externas y cómo se deben realizar. Esto garantiza que el proceso sea consistente y eficiente.
4. Reducir y simplificar: Identificar pasos innecesarios o redundantes en el proceso y eliminarlos. Simplificar los procedimientos también contribuye a una mayor eficiencia.
5. Paralelizar tareas: Si es posible, realizar ciertas tareas en paralelo para ahorrar tiempo. Por ejemplo, mientras se extrae una herramienta, se puede preparar la siguiente para su instalación.
6. Pruebas y mejoras: Implementar los cambios propuestos y realizar pruebas para medir la efectividad. Ajustar y refinar según sea necesario.

7. Documentación y entrenamiento: Documentar los nuevos procedimientos y proporcionar capacitación al personal para asegurar la correcta implementación de los cambios (Shingo & Dillon, 1989).

2.7.5. Kanban

Es un sistema visual de gestión de producción que se originó en Toyota como parte de su sistema de producción Lean. El término "Kanban" proviene del japonés y se puede traducir como "tarjeta" o "señal". Es un método que se utiliza para controlar y mejorar la eficiencia en el flujo de trabajo y la producción.

El sistema Kanban se basa en el uso de tarjetas u otros medios visuales para señalar la necesidad de producir o reabastecer un determinado producto. Se trata de una herramienta que permite controlar la producción en función de la demanda real, evitando la sobreproducción y reduciendo el tiempo de espera en los procesos (Liker, 2020).

Los pasos para implementar un sistema Kanban son:

1. Visualización del flujo de trabajo: Mapear el proceso de producción y determinar las etapas clave donde se pueden implementar tarjetas Kanban.
2. Establecer límites: Definir la cantidad máxima de productos o materiales permitidos en cada etapa del proceso.
3. Diseñar tarjetas Kanban: Crear tarjetas u otros elementos visuales que representen la necesidad de reabastecer un producto o material en una etapa específica.
4. Establecer puntos de reorden: Determinar cuándo se debe activar una tarjeta Kanban, generalmente cuando el inventario alcanza un nivel mínimo.

5. Implementación: Colocar las tarjetas Kanban en las ubicaciones y etapas correspondientes.
6. Control visual: Mantener un sistema de control visual en el que las tarjetas Kanban sean claramente visibles y comprensibles para todos los trabajadores.

Los beneficios del sistema Kanban incluyen:

- Reducción de inventario: El sistema Kanban evita la acumulación excesiva de inventario al producir solo lo que se necesita, lo que reduce costos y desperdicio.
- Mejora del flujo de trabajo: Al adaptarse a la demanda real, el proceso se vuelve más eficiente y fluido.
- Identificación temprana de problemas: Las tarjetas Kanban pueden señalar problemas o cuellos de botella en el proceso de producción.
- Mejora de la comunicación: El sistema visual de tarjetas Kanban facilita la comunicación entre las diferentes etapas del proceso.

2.7.6. Estandarización del trabajo

La estandarización del trabajo es un enfoque utilizado en la gestión de la calidad y la mejora continua de los procesos. Consiste en establecer procedimientos y métodos detallados y consistentes para realizar tareas específicas de manera eficiente y efectiva. La estandarización busca eliminar la variabilidad en la ejecución de tareas y garantizar que se sigan mejores prácticas en todas las etapas del proceso (Shingo, S; Dillon, A, 1989)

Los pasos típicos para implementar la estandarización del trabajo son los siguientes:

1. Identificación de la tarea: Selecciona la tarea o proceso que deseas estandarizar. Puede ser cualquier actividad que sea repetitiva y tenga un impacto significativo en la calidad o eficiencia.
2. Observación y análisis: Observa con detalle cómo se realiza actualmente la tarea. Recopila datos sobre los métodos utilizados, el tiempo requerido y cualquier problema o variabilidad que pueda surgir.
3. Identificación de mejores prácticas: Investiga y analiza métodos y prácticas recomendadas en la industria para realizar la tarea de manera eficiente y de alta calidad.
4. Desarrollo del estándar: Utilizando la información recopilada, desarrolla un procedimiento detallado paso a paso para llevar a cabo la tarea de manera consistente. Esto incluye instrucciones claras, secuencia de pasos y posiblemente imágenes o diagramas.
5. Pruebas y ajustes: Prueba el estándar desarrollado en la vida real. Realiza ajustes según sea necesario después de recopilar datos y observar su implementación práctica.
6. Documentación y comunicación: Documenta el estándar de trabajo de manera clara y accesible. Comunica los cambios a los empleados involucrados y brinda capacitación si es necesario.
7. Implementación y seguimiento: Implementa el estándar y asegúrate de que todos los empleados lo sigan de manera consistente. Realiza un seguimiento continuo para asegurarte de que el estándar esté siendo efectivo y hace los ajustes necesarios en caso contrario.
8. Mejora continua: A medida que surjan nuevas ideas o se identifiquen oportunidades de mejora, actualiza y ajusta el estándar para reflejar las prácticas más eficientes y efectivas.

2.7.7. *Mantenimiento Productivo total*

El Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance o TPM por sus siglas en inglés) es una metodología de gestión orientada a maximizar la eficiencia y la disponibilidad de los equipos y maquinaria en una organización. Fue desarrollada en Japón y se enfoca en la colaboración entre el personal de producción y el personal de mantenimiento para lograr una mejora continua en la eficiencia y la calidad de la producción (Nakajima, 1988)

Los pilares fundamentales del TPM son la eliminación de pérdidas, el mantenimiento autónomo, el diseño a prueba de fallas y la participación de todos los niveles de la organización. Aunque los pasos pueden variar según las fuentes y la implementación específica, aquí hay una descripción general de los pasos comunes en la implementación del TPM:

1. Comprensión y compromiso de la alta dirección: Es esencial que la alta dirección comprenda y respalde el concepto de TPM. Deben proporcionar los recursos necesarios y establecer una cultura de mejora continua.
2. Formación y sensibilización: Capacita a todos los empleados sobre los principios del TPM, sus objetivos y beneficios. Generar conciencia y compromiso es fundamental para el éxito del TPM.
3. Identificación y clasificación de equipos críticos: Identifica los equipos y maquinaria críticos para la producción y clasifícalos según su importancia e impacto en el proceso.
4. Establecimiento de equipos multifuncionales: Crea equipos multifuncionales que incluyan a miembros de producción y mantenimiento. Estos equipos trabajarán juntos para mejorar el rendimiento de los equipos.

5. Mantenimiento autónomo: Capacita a los operadores para realizar tareas de mantenimiento básico y limpieza de los equipos. El objetivo es prevenir defectos y mantener los equipos en condiciones óptimas.
6. Mantenimiento planificado: Desarrolla planes de mantenimiento preventivo y predictivo basados en datos y análisis. Estos planes ayudan a evitar fallas y tiempos de inactividad no planificados.
7. Mejora de la eficiencia global del equipo (OEE): Mide y mejora el OEE, que es una métrica que evalúa la eficiencia de los equipos. El OEE considera la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos.
8. Involucramiento de todos los niveles: Fomenta la participación de todos los niveles de la organización. Promueve la resolución de problemas, la generación de ideas y la colaboración para mejorar los procesos.
9. Cambio cultural y mejora continua: Fomenta una cultura de mejora continua donde se busque constantemente reducir las pérdidas, aumentar la eficiencia y la calidad, y mejorar la colaboración entre los equipos.

2.7.8. Takt Time

Es un concepto fundamental dentro de Lean Manufacturing, un enfoque que busca optimizar la eficiencia y eliminar desperdicios en los procesos de producción. Este término proviene del alemán "Taktzeit", que se traduce como "tiempo de pulso" o "tiempo musical", lo cual refleja la noción de un ritmo constante y armonioso en la producción.

En esencia, el "Takt time" establece el ritmo al que se debe producir un producto o completar un proceso para satisfacer la demanda del cliente de manera puntual. Este ritmo es crucial para mantener la alineación entre la oferta y la demanda, evitando acumulaciones de inventario o retrasos en la producción.

Para calcular el "Takt time", se divide el tiempo total disponible para la producción durante un período determinado entre la cantidad requerida de productos para satisfacer la demanda del cliente en ese mismo período.

Un "Takt time" adecuado permite sincronizar la producción con la demanda real, asegurando que cada producto se fabrique a una velocidad óptima para cumplir con los pedidos en el momento adecuado. Esto ayuda a evitar la sobreproducción y garantiza una fluidez en la línea de producción.

Al comprender y utilizar eficazmente el "Takt time", las organizaciones pueden lograr una distribución más uniforme de la carga de trabajo, minimizar el tiempo de espera y proporcionar un flujo constante y eficiente en la producción. Esto, a su vez, contribuye a la mejora continua y al logro de la excelencia operativa en el contexto de Lean Manufacturing (Zapata, 2015).

2.7.9. PDCA

El ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), también conocido como el ciclo de Deming, es un método de mejora continua utilizado en la gestión de calidad. Fue desarrollado por el ingeniero estadounidense W. Edwards Deming y se basa en un enfoque sistemático y repetitivo para lograr la excelencia en los procesos (Deming, 1989). El ciclo PDCA consta de cuatro etapas:

- a) Planificar (Plan). Se establecen los objetivos y se elabora un plan detallado para lograrlos. Se identifican los recursos necesarios, se definen las estrategias y se establecen metas claras.
- b) Hacer (Do). Se pone en práctica el plan previamente elaborado. Se ejecutan las actividades y se recopilan datos relevantes sobre el proceso en cuestión.
- c) Verificar (Check). Se evalúan los resultados obtenidos en la etapa anterior. Se comparan los datos recopilados con los objetivos establecidos y se analiza si se están cumpliendo o si se requiere alguna corrección.
- d) Actuar (Act). Se toman acciones correctivas o preventivas basadas en los resultados y el análisis realizado. Se implementan cambios para mejorar el proceso y se establecen nuevas metas o estrategias si es necesario.

2.8. Teorías sobre Lean Manufacturing en la empresa Sulzer Pumps Colombia

Al diseñar un plan de acción enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia, se logrará mejorar la eficiencia del proceso de operaciones y optimizar los recursos disponibles. Esto se traducirá en una disminución significativa de los costos de producción, una mayor calidad del producto y una mejora en la satisfacción del cliente. Para respaldar esta hipótesis, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Realizar un análisis de los procesos de operaciones actuales en Sulzer Pumps Colombia para identificar los principales puntos de desperdicio.

- Investigar las mejores prácticas y técnicas utilizadas en otras organizaciones de la misma industria o en industrias similares para reducir o eliminar los desperdicios operacionales. Esto puede incluir la implementación de metodologías como Lean Manufacturing.
- Diseñar un plan de mejoramiento detallado que incluya los pasos necesarios para reducir los desperdicios operacionales identificados, estableciendo objetivos medibles y plazos realistas.
- Implementar el plan de mejoramiento y realizar un seguimiento regular de las mejoras logradas, utilizando indicadores clave de desempeño (KPIs) para medir el progreso y evaluar el impacto de las acciones tomadas.
- Analizar los resultados obtenidos y compararlos con los objetivos establecidos. Si se demuestra una reducción significativa en los desperdicios operacionales, una mejora en la eficiencia y una disminución de los costos de producción, se podrá confirmar la hipótesis planteada. En caso contrario, se podrían identificar las limitaciones o barreras para realizar los ajustes necesarios y buscar nuevas soluciones.

Esta hipótesis proporciona una base sólida para investigar y desarrollar un plan de mejoramiento que se enfoque en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia. Al realizar un análisis detallado y seguir un enfoque sistemático, se espera obtener resultados beneficiosos tanto para la empresa como para sus clientes.

2.9. Lean Manufacturing en el proceso operativo

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing en el proceso operativo de una empresa puede tener efectos significativos en términos de eficiencia, calidad y rentabilidad. Al

eliminar los desperdicios y optimizar los flujos de trabajo, se logra una reducción de los tiempos de producción, menores costos de operación y una entrega más rápida de productos o servicios a los clientes.

Además, al fomentar una cultura de mejora continua, se impulsa la participación de los empleados, lo que lleva a una mayor motivación y compromiso con la excelencia operativa. La identificación temprana de problemas y su pronta resolución contribuyen a la reducción de errores y aumentan la satisfacción del cliente (Socconini, 2019).

3. Marco metodológico

A continuación, se presenta la descripción de la metodología usada en la consultoría realizada a Sulzer Pumps Colombia.

Figura 2. Descripción de la metodología a utilizar



Fuente: elaboración propia

3.1. Enfoque

La consultoría se ha desarrollado en el marco del enfoque mixto, debido a que en ella se emplean procesos cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo, emplea la recolección y el análisis de datos como procesos iterativos y reflexivos que no solo sirven para responder a las preguntas de investigación iniciales, sino también para refinarlas en función de los hallazgos emergentes y para identificar nuevas interrogantes que enriquecen y profundizan la investigación (Hernández et al., 2014).

Dentro de esta metodología, se prioriza la recopilación y el análisis de datos cualitativos, tales como entrevistas, observaciones, documentos y otros tipos de materiales que permiten capturar las vivencias, significados y perspectivas de las personas involucradas en el estudio (Tashakkori & Creswell, 2007). En esta investigación, dicho enfoque se ve soportado por los datos obtenidos mediante la aplicación de encuestas como instrumento de recolección de datos, con apoyo de fuentes literarias.

En este estudio, el enfoque cuantitativo se ve soportado por los datos obtenidos tras la aplicación de la metodología *Lean Manufacturing* de VSM (Mapeo del Flujo de Valor), para recolectar e identificar información directa y detallada de tiempos de operación del área; con el fin de conocer la situación actual del proceso operativo y así detectar deficiencias y oportunidades de mejora.

3.2. Tipo

La consultoría se desarrolla bajo el modelo exploratorio de la investigación científica porque busca adentrarse en la comprensión de fenómenos de naturaleza social, cultural o humana desde una perspectiva contextual. En resumen, los estudios exploratorios son fundamentales para

expandir el conocimiento en áreas poco estudiadas, clarificar dudas, generar nuevas preguntas de investigación y abordar temas desde perspectivas novedosas. Estos estudios son el punto de partida para investigaciones más amplias y detalladas en el futuro (Hernández et al., 2014).

3.3. Población y muestra

En esta consultoría, la población bajo estudio son los individuos que trabajan en la planta de Sulzer Pumps Colombia en Cota, Cundinamarca, de los cuales se seleccionará un subconjunto o muestra representativa para este estudio. Dicha muestra viene representada por un total de diez (10) personas, escogidas de manera arbitraria, a quienes les será aplicado el formulario de preguntas prediseñado, el cual arrojará unos resultados que posteriormente serán analizados por los investigadores (Tabla 6).

En el caso de este estudio, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. En este contexto, los participantes se eligen deliberadamente teniendo en cuenta su experiencia y conocimientos previos. (Hernández et al., 2010).

De acuerdo con lo anterior, se eligió un grupo de individuos mayores de edad con los siguientes cargos dentro de la organización:

Tabla 2. Lista de individuos que conforman la muestra

Número	Cargo	Proceso
Individuo 1	Técnico de Máquinas y Herramientas	Fabricación
Individuo 2	Técnico de Máquinas y Herramientas	Fabricación
Individuo 3	Técnico de Máquinas y Herramientas	Fabricación
Individuo 4	Técnico de Máquinas y Herramientas	Fabricación

Individuo 5	Técnico de Máquinas y Herramientas	Fabricación
Individuo 6	Técnico Mecánico de Ensamble	Montaje
Individuo 7	Técnico Mecánico de Ensamble	Montaje
Individuo 8	Técnico Mecánico de Ensamble	Montaje
Individuo 9	Técnico Mecánico de Ensamble	Montaje
Individuo 10	Técnico Mecánico de Ensamble	Montaje

Fuente. Elaboración propia.

Estas personas forman parte del proceso de fabricación y montaje de la empresa, constituyendo un grupo de 10 individuos de un total de 16 empleados en esta área, lo que representa el 60% de la fuerza laboral en este proceso específico. Como requisito para su inclusión, estas personas cuentan con una vasta experiencia en sus respectivas responsabilidades dentro de la empresa y en la industria en general, además de poseer formación técnica y tecnológica. En contraste, como criterio de exclusión, se se tuvo en cuenta aquellos empleados que trabajan en otros procesos de la organización y que no poseen el conocimiento técnico ni la experiencia necesaria de forma inherente para contribuir al alcance de investigación (Hernández et al., 2010).

3.4. Instrumentos de recolección de información

La recopilación de los datos incluyó información primaria de tipo original, seleccionados específicamente para un propósito particular, como son las encuestas realizadas a las personas que interactúan con el proceso a analizar, para identificar el estado actual de la operación. Adicionalmente, se utilizó VSM (Value Stream Mapping) como técnica de Lean Manufacturing

con la finalidad de visualizar y analizar flujos de valor en los procesos de la organización, recolectando información detallada de los procesos.

También se recopilaron datos secundarios, que son datos existentes y han sido recopilados por otros para diferentes propósitos como lo es la literatura y las técnicas de Lean Manufacturing aplicadas a la industria en diferentes procesos e industrias. (Torres, 2019). Posteriormente se establecieron las técnicas y metodologías basadas en Lean Manufacturing para realizar el correspondiente análisis de la implementación en Sulzer Pumps Colombia.

3.4.1. Encuesta

Se aplicaron encuestas como instrumento de recopilación de datos con un enfoque de muestreo teórico, utilizado en la investigación cualitativa, en donde se eligen intencionalmente individuos o casos específicos que se consideran relevantes para la investigación en función de la teoría subyacente o los objetivos del estudio, generando preguntas cerradas con opción múltiple y única respuesta (Glaser, 2017).

Esta propuesta de encuesta se diseña a partir de Ferrer (2022) en su tesis de maestría, en donde se aplicaron 10 preguntas para determinar el estado actual de del proceso de fabricación y montaje sobre conocimientos y técnicas aplicadas sobre metodologías Lean Manufacturing, las preguntas planteadas son:

Tabla 3. Encuesta

Encuesta	
1	¿Observa alguna falta de coordinación o comunicación entre equipos o departamentos que afecte negativamente la eficiencia?
2	¿Ha notado alguna vez una duplicación innecesaria de tareas o actividades en su trabajo?
3	¿Puede identificar áreas específicas en nuestros procesos donde cree que podría haber desperdicios operacionales?
4	¿Alguna vez ha tenido que realizar retrabajos debido a errores o problemas en los procesos previos?
5	¿Ha tenido que esperar largos períodos de tiempo debido a la falta de disponibilidad de herramientas, materiales, dispositivos o equipos necesarios para tu trabajo?
6	¿Usted ha encontrado problemas relacionados con la calidad de los productos o servicios debido a problemas en los procesos operativos?
7	¿Cree que podríamos reducir el tiempo que lleva completar ciertos procesos o tareas?
8	¿Usted ha tenido la oportunidad de proponer mejoras en los procesos de trabajo y han sido consideradas por la empresa?
9	¿Ha recibido capacitación o formación adecuada para realizar tus tareas de manera eficiente?
10	¿Conoce las herramientas basadas en Lean Manufacturing?

Fuente. Elaboración propia.

3.4.2. VSM (*Value Stream Mapping*)

Como se mencionó en el marco teórico, VSM es una representación esquemática de un proceso productivo, logístico o administrativo, donde se identifican las operaciones que agregan o no valor a dicho proceso. Esta herramienta es fundamental para comprender y analizar el funcionamiento de un proceso y para identificar áreas de mejora (Rother, 2003). En este caso específico, la elaboración de esta herramienta permitió la evaluación de los subprocesos en el área de manejo de materiales, utilizando como base la secuencia de operaciones. Esta evaluación es importante porque permite identificar con claridad qué actividades dentro del proceso agregan valor al producto o servicio final y cuáles no.

3.4.2.1. Desarrollo del VSM

Identificar la familia de Productos: Fabricación = Partes, Montaje = Reparaciones

3.4.2.2. Métricas de los procesos

Como se ha venido explicando, el VSM es una herramienta de mejora continua, utilizada en la gestión de procesos para analizar y diseñar flujos de valor de extremo a extremo. En este orden de ideas, se presenta el registro de métricas de los procesos en la empresa Sulzer Pumps Colombia.

3.4.2.3. Proceso de Fabricación

Implica comprender y documentar cada paso involucrado en la fabricación de un producto, desde la recepción de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente (tabla 4).

Tabla 4. Métricas proceso de fabricación

Variable	Símbolo	Medida	Entrega de información EI	Torneado TR	Fresado FR	Empaque EQ	Despacho DO
Número de turnos	NT	Und	1	1	1	1	1
Jornada laboral	JL	min/turno	8	8	8	8	8
Tiempo descanso	TO	min/turno	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Tiempo disponible	TD	hora/día	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Producción	P	und/día	2	15	8	15	15
Número de máquinas	NM	Und	1	5	2	1	1
% funcionamiento	TF	%	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Producción real	PR	und/turno	1,7	63,75	13,6	12,75	12,75
Tiempo de ciclo	TC	horas/und	4,26	0,11	0,53	0,57	0,57
% defectos	PCN	%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tiempo de cambio de producto	TCP	Min	15	30	20	20	10
N. Operarios	NO	Und	1	5	2	1	1

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

En esta tabla se obtienen datos mínimos para la elaboración de la VSM, como lo son tiempos de descanso, cantidad de turnos, tiempos de ciclo, número de operarios etc.

3.4.2.3.1. Demanda proceso de fabricación

En el contexto del Value Stream Mapping (VSM), el cálculo de la demanda es crucial para comprender la cantidad de productos que competen al proceso de fabricación para satisfacer las necesidades del cliente (ADN Lean, 2020). Para el caso de este estudio, se visualizan los datos a continuación (Tabla 5).

Tabla 5. Cálculo de demanda proceso de fabricación

Variable	Símbolo	Valor	Medida
Demanda mensual	DM	200	und/mes
Días hábiles	DH	21	días/mes
Demanda diaria	DD	9,52	und/día

Fuente: Elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.3.2. Lead time fabricación

En VSM, el cálculo del lead time en el contexto resulta esencial para comprender cuánto tiempo se necesita para completar un producto desde el momento en que se inicia su producción hasta que se entrega al cliente (ADN Lean, 2020) (Tabla 6).

Tabla 6. Cálculo de Lead time fabricación

Variable	Símbolo	Medida	A0	Entrega de información EI	Torneado TR	Fresado FR	Empaque EQ	Despacho DO
Inventario	INV	Und	200	2	15	8	15	15
Lead time	LTI	Min	21,0	0,21	1,575	0,84	1,575	1,575

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020).

Para la valoración del lead time en un proceso de fabricación utilizando VSM, es importante tener en cuenta tanto los tiempos de procesamiento como los tiempos de espera, ya que ambos contribuyen al tiempo total necesario para completar el producto.

3.4.2.3.3. Valor agregado proceso de fabricación

El valor agregado, en el proceso de fabricación, se refiere a aquellas actividades que realmente añaden valor al producto final y por las cuales el cliente está dispuesto a pagar. Al identificar y maximizar el valor agregado se puede mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio en el proceso de fabricación (ADN Lean, 2020) (Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo de valor agregado proceso de fabricación

Variable	Medida	Valor
TVA (Tiempo de valor añadido)	Min	73,78
TNVA (Tiempo no valor añadido)	Min	114,0
Tiempo total (TT)	Min	187,81
Touch time (TOU)	%	0,393

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.3.4. Tak time

Se aplicó el "Takt time", mediante el cual se establece un ritmo armonioso que permita sincronizar la producción con las necesidades reales de los clientes. Este ritmo es esencial para evitar tanto la sobreproducción como posibles retrasos en la entrega de los productos. Se trata de una herramienta clave en Lean Manufacturing que logrará una distribución equilibrada de la carga de trabajo y mantener un flujo constante en la línea de producción.

El concepto de "Takt time" fue implementado en nuestros procesos de fabricación y ensamblaje con el objetivo de entender y cuantificar el tiempo disponible que la organización dispone para cumplir con la demanda de los clientes. Esta metodología nos permite identificar áreas de mejora y, desde esta perspectiva, planificar y optimizar la eficiencia en los procesos de fabricación y ensamblaje.

El proceso para implementar el "Takt time" involucra tres pasos esenciales: primero, determinar el tiempo disponible para la producción; segundo, calcular la demanda del cliente; y tercero, aplicar la fórmula del "Takt time". Esta fórmula proporciona un valor que representa el ritmo óptimo al cual debemos fabricar o ensamblar los productos para cumplir con la demanda del cliente en el tiempo disponible.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Cantidad requerida por el cliente}}$$

Esta valiosa herramienta brindará una visión clara y cuantificable de cómo se debe estructurar el proceso de producción para satisfacer las expectativas de los clientes de manera eficiente. La implementación exitosa del "Takt time" permitirá maximizar la utilización de recursos y minimizar el desperdicio, aspectos cruciales para alcanzar una operación eficiente y ofrecer productos de calidad en el momento justo.

Tabla 8. Cálculo Tack Time proceso de fabricación

Variable	Símbolo	Medida	valor
Tack Time	TKT	min/und	78

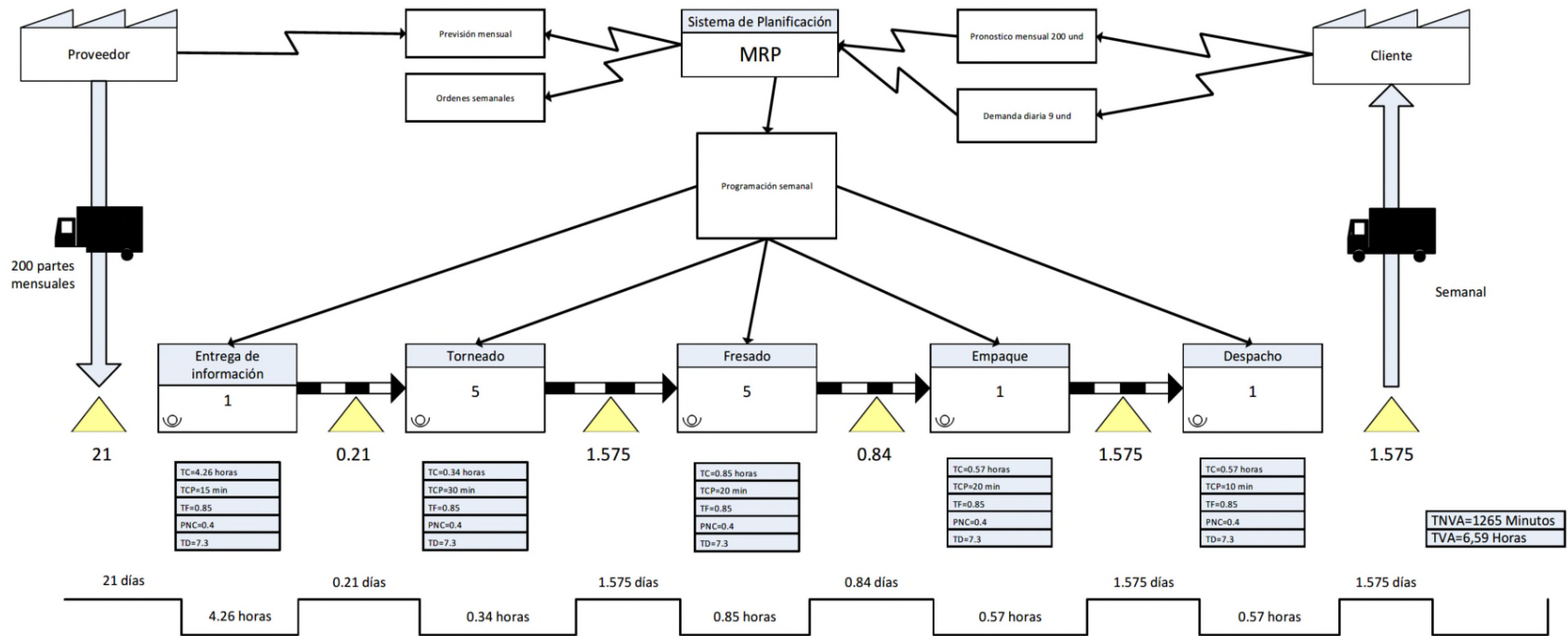
Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.3.5. Flujo de valor proceso de fabricación

Como ya se ha mencionado, el flujo de valor en un proceso de fabricación tiene que ver con el conjunto de actividades y procesos que se llevan a cabo desde la recepción de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente (Figura4). El VSM, como herramienta utilizada para visualizar y analizar este flujo de valor, tiene como objetivo principal la identificación de oportunidades de mejora y eliminar desperdicios (Rother, 2003).

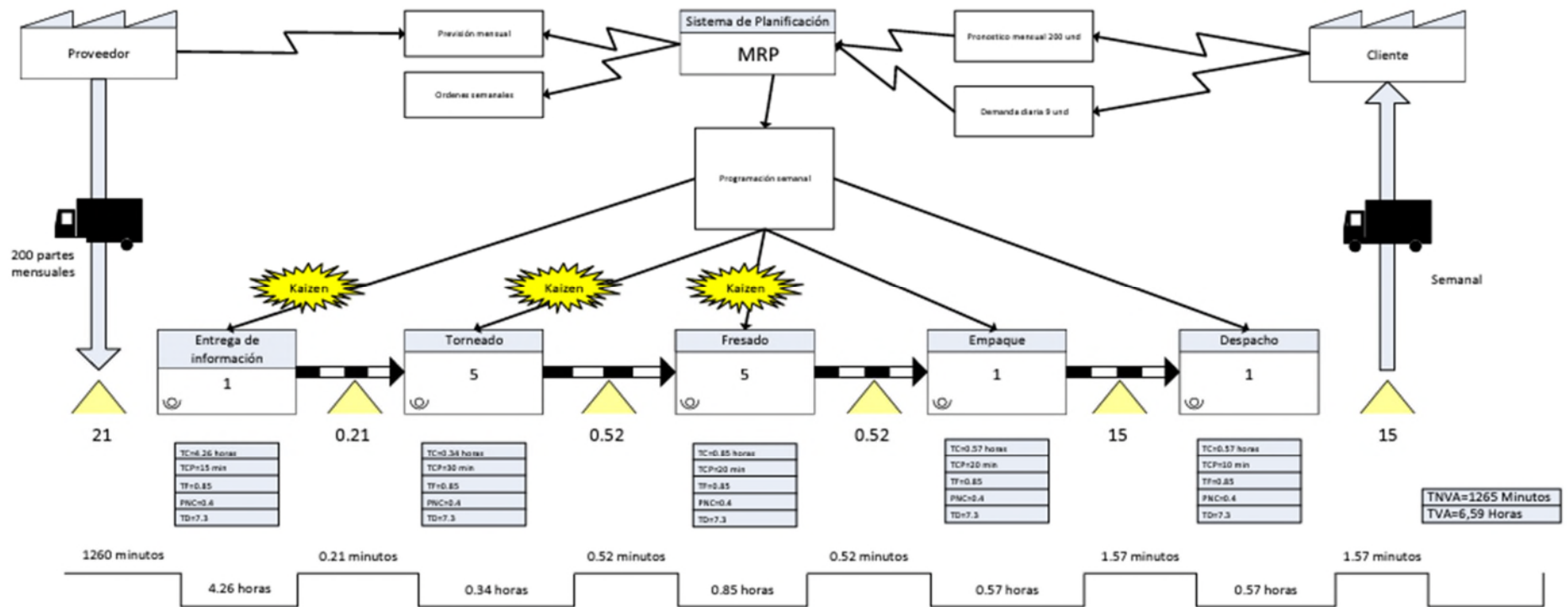
Entonces el proceso implica identificar el producto, definir su alcance, dibujar un mapa de flujo de valor, identificar las actividades que añaden valor, así como los desperdicios, También incluye la determinación de los tiempos del ciclo y lead time y finalmente dibujar el mapa de flujo de valor futuro (Figura 5).

Figura 3. VSM actual proceso de fabricación



Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

Figura 4. VSM futuro proceso de fabricación



Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.4. Proceso de montaje

Es una representación sensorial de todas las actividades y pasos involucrados en el ensamblaje de un producto, donde se considera desde la recepción de los componentes hasta la entrega del producto final al cliente (ADN Lean, 2020) (Tabla 9).

Tabla 9. Métricas proceso de montaje

Variable	Símbolo	Medida	Entrega de información EI	Torneado TR	Fresado FR	Montaje	Despacho DO
Número de turnos	NT	und	1	1	1	1	1
Jornada laboral	JL	min/turno	8	8	8	8	8
Tiempo descanso	TO	min/turno	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Tiempo disponible	TD	hora/día	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Producción	P	und/día	2	10	5	0,15	0,15
Número de personas	NM	und	1	2	2	5	1
% funcionamiento	TF	%	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Producción real	PR	und/turno	1,7	17	8,5	0,6375	0,1275
Tiempo de ciclo	TC	horas/und	4,26	0,43	0,85	11,37	56,86
% defectos	PCN	%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Tiempo de cambio de producto	TCP	min	15	30	20	30	20
N. Operarios	NO	und	1	2	2	5	1

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020).

3.4.2.4.1. Demanda proceso de montaje

El cálculo de esta métrica en VSM, es elemental considerar cómo la demanda fluye a través del sistema de producción y cómo se alinea con la capacidad de producción del proceso. Esto garantizará la satisfacción de las necesidades del cliente de manera eficiente y rentable (ADN Lean, 2020) (Tabla 10).

Tabla 10. Cálculo de demanda proceso de montaje

Variable	Símbolo	Valor	Medida
Demanda mensual	DM	5	und/mes
Días hábiles	DH	21	días/mes
Demanda diaria	DD	0,24	und/día

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.4.2. Lead time montaje

El lead time de montaje se refiere al tiempo total que toma desde que se inicia el proceso de ensamblaje de un producto hasta que se completa y está listo para ser entregado al cliente. Al calcular el lead time de montaje se debe tener en cuenta todos los pasos y actividades involucrados en el proceso, desde la recepción de los componentes hasta la entrega del producto terminado (ADN Lean 2020) (Tabla 11).

Vale mencionar que el lead time de montaje puede variar según la complejidad del producto, la disponibilidad de materiales y la eficiencia del proceso.

Tabla 11. Cálculo de Lead time montaje

Variable	Símbolo	Medida	A0	Entrega de información EI	Torneado TR	Fresado FR	Montaje	Despacho DO
Inventario	INV	Und	5	2	10	5	0,15	5
Lead time	LTi	Min	21,0	8,4	42	21	0,63	21

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

3.4.2.4.3. Valor agregado proceso de montaje

Es una herramienta de gestión visual utilizada para analizar, comprender y mejorar los flujos de trabajo en el proceso de montaje (ADN Lean, 2020). Es una herramienta poderosa para identificar y eliminar desperdicios, optimizar flujos de trabajo y mejorar la eficiencia y la calidad en el proceso de montaje. (Tabla 12)

Tabla 12. Cálculo de valor agregado proceso de montaje

Variable	Medida	Valor
TVA (Tiempo de valor añadido)	Min	73,78
TNVA (Tiempo no valor añadido)	Min	114,0
Tiempo total (TT)	Min	187,81
Touch time (TOU)	%	0,393

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020).

3.4.2.4.4. Tack time proceso de montaje

El "takt time" es una definición importante en el contexto del Valor Agregado en el Proceso de Montaje VSM, esto tiene que ver con el tiempo disponible para completar una unidad de producto para satisfacer la demanda del cliente (ADN Lean, 2020). En otras palabras, es el tiempo máximo permitido para fabricar un producto para mantener el ritmo de producción requerido y evitar acumulaciones de inventario o retrasos en la entrega.

Tabla 13. Cálculo tack time proceso de montaje

Variable	Símbolo	Medida	valor
Tack time	TKT	min/und	30,5

Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020).

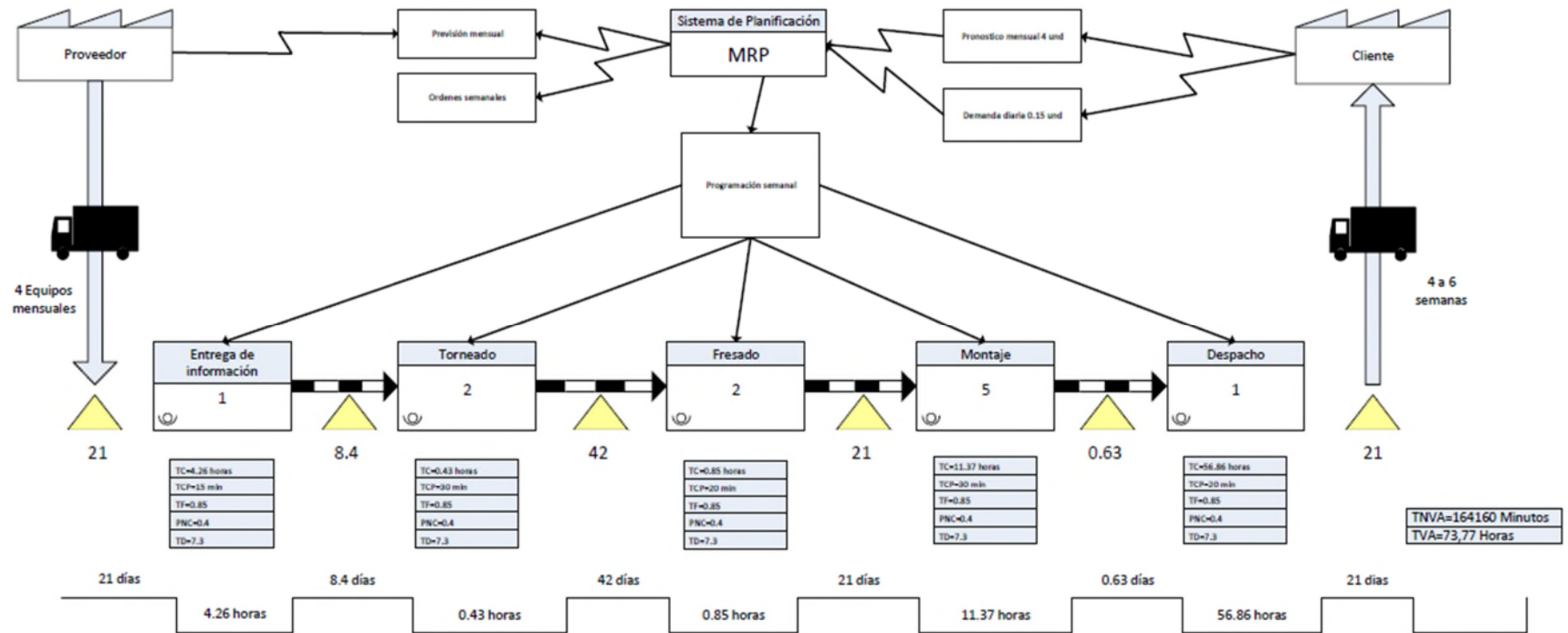
3.4.2.4.5. Flujo de Valor Actual proceso de montaje

Esto es una representación visual de cómo se realizan las operaciones, materiales y flujo de información en el proceso de montaje, en la actualidad (ADN Lean, 2020). Es decir, brinda una comprensión detallada de cómo funciona actualmente el proceso de montaje y sirve como punto de partida para identificar oportunidades de mejora y diseñar un estado futuro más eficiente y efectivo (Figura 6).

3.4.2.4.6. Flujo de valor futuro proceso de montaje

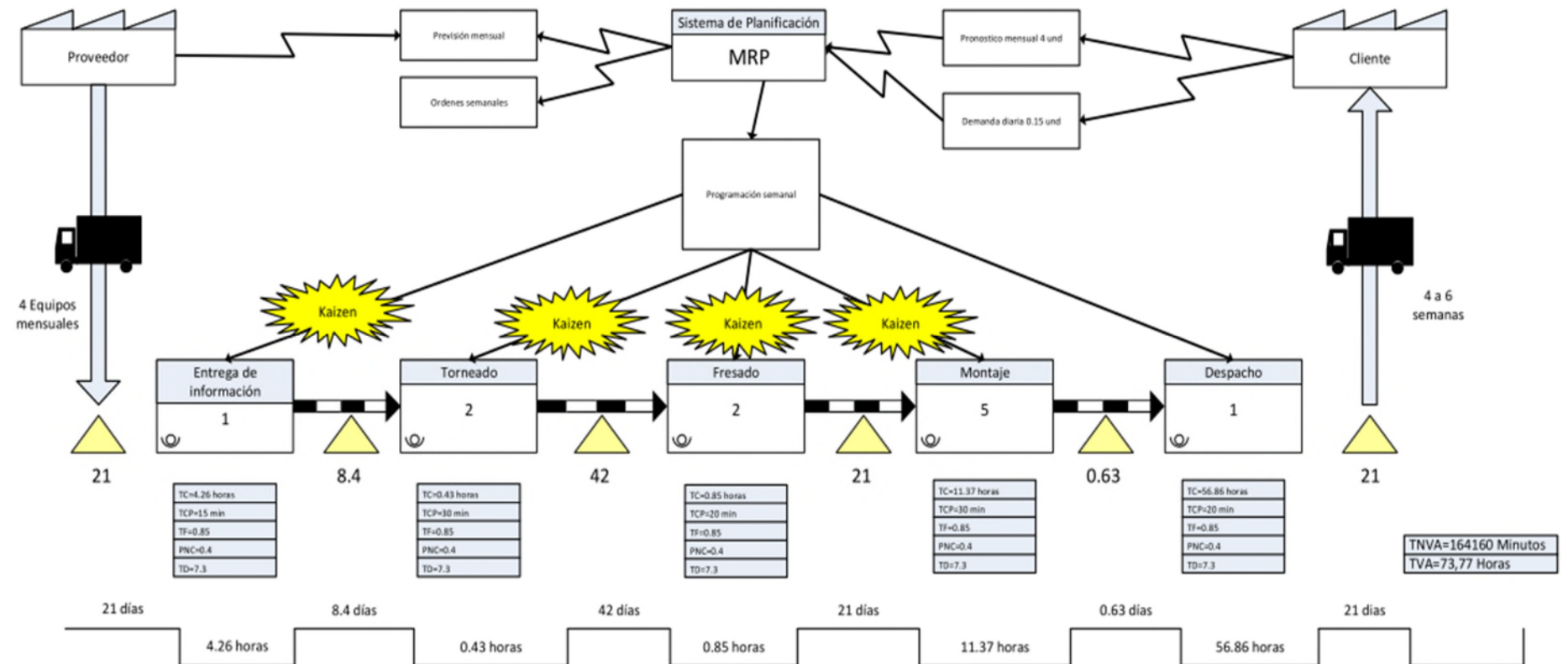
Corresponde el diseño de un nuevo estado deseado del proceso que maximice la eficiencia, minimice los desperdicios y mejore la calidad del producto (ADN Lean, 2020). (Figura 7).

Figura 5. VSM actual proceso de montaje



Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

Figura 6. VSM futuro proceso de montaje



Fuente: elaboración propia, a partir de ADN Lean (2020)

4. Resultados

Una vez aplicado el instrumento de recolección de datos, modelo de encuesta, así como las metodologías Takt Time y VSM, como técnicas basadas en Lean Manufacturing, se registran resultados que permiten entender las necesidades de mejora en los procesos de fabricación y montaje en Sulzer Pumps Colombia.

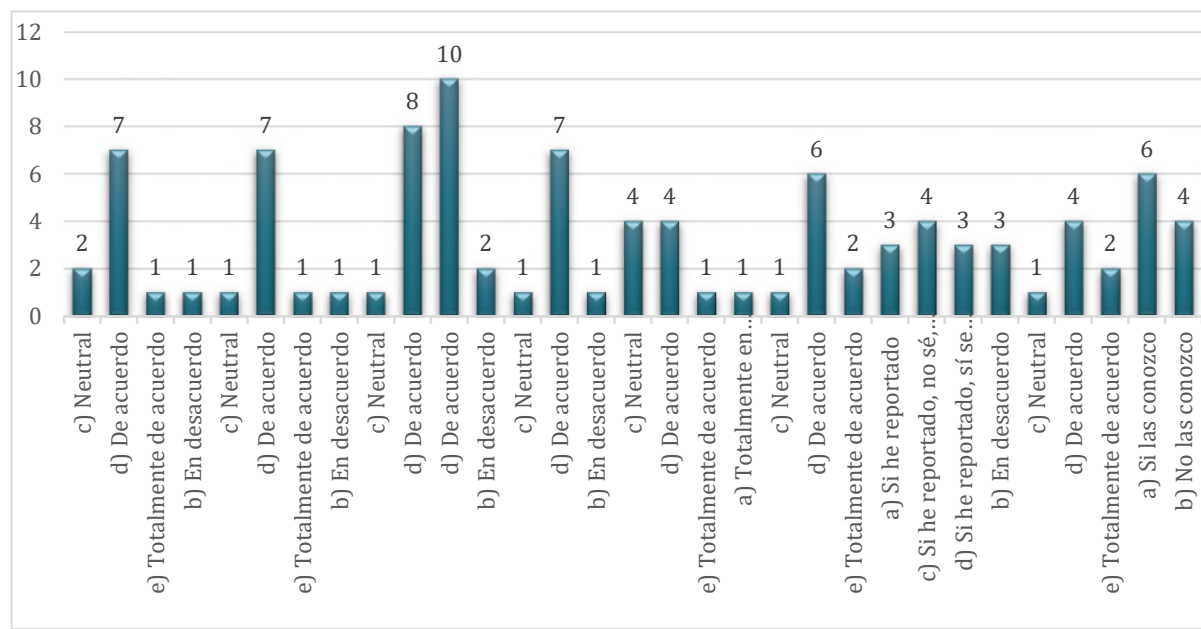
4.1. Identificación de Prácticas y Técnicas en Sulzer Pumps Colombia

Se obtuvieron los siguientes resultados de las preguntas planteadas al personal de planta: el 70% de los participantes identificó deficiencias en la coordinación y comunicación entre equipos, impactando negativamente en la eficiencia de los procesos. Asimismo, el 70% experimentó duplicación innecesaria de tareas, evidenciando la necesidad de mejorar la eficiencia y coordinación laboral. Un 80% señaló áreas con desperdicios operacionales, reflejando una alta conciencia de la necesidad de optimización (Figura 7).

El 100% admitió retrabajos debido a errores en procesos previos, subrayando la importancia de abordar la calidad y eficiencia interna. Además, el 70% reportó largos períodos de espera por falta de recursos, señalando un área crítica que requiere atención. Un 40% indicó problemas de calidad neutralmente, mientras que otro 40% estuvo de acuerdo, sugiriendo que la calidad podría mejorarse mediante la optimización de procesos.

El 60% reconoció la posibilidad de reducir tiempos en el proceso operativo. En cuanto a mejoras propuestas, el 40% no sabe si se han tenido en cuenta, el 30% ha visto mejoras consideradas, y otro 30% ha reportado mejoras implementadas, indicando la necesidad de mejorar la comunicación y seguimiento de sugerencias.

Gráfico 1. Resultados de encuesta



Fuente: Elaboración propia, resultados extraídos de la encuesta planteada.

En cuanto a capacitación, el 40% la recibió, el 30% está en desacuerdo con la gestión de capacitación, y el 20% está totalmente de acuerdo, señalando una oportunidad para adaptar los programas de capacitación. El 40% no conoce herramientas Lean Manufacturing, mientras que el 60% está familiarizado, indicando que un porcentaje necesita información o capacitación en este aspecto.

4.2. Selección de Prácticas y Técnicas de otras Organizaciones

En el presente trabajo se utilizó principalmente la técnica de Mapeo del flujo de Valor (Value Stream Mapping o VSM), para identificar las ineficiencias que surgen a lo largo de la

cadena de valor de la compañía en los procesos de montaje y fabricación, en el cual se identificaron puntos a mejorar en el proceso de Planeación, almacén, Compras, Ingeniería, Fabricación y Montaje.

La elección de prácticas y técnicas provenientes de otras organizaciones, respaldada por el Mapeo del Flujo de Valor, ha demostrado ser efectiva para identificar ineficiencias a lo largo de la cadena de valor de Sulzer Pumps Colombia. La aplicación de enfoques Lean Manufacturing, como Kaizen, SMED, 6'S, Poka Yoke, Muda, Jidoka y Kanban, ha surgido como una respuesta para abordar problemas operativos. Se destaca que estas herramientas asociadas a Lean Manufacturing son las más empleadas en diversas organizaciones, consolidándose como recursos valiosos para mejorar procesos productivos y eliminar desperdicios operacionales.

4.3. Establecimiento de Técnicas y Metodologías basadas en Lean Manufacturing.

La implementación de técnicas y metodologías basadas en Lean Manufacturing ha arrojado resultados tangibles para Sulzer Pumps Colombia. La realización de eventos Kaizen como resultado generaron una reducción del 40% en costos por evento, mientras que la aplicación de SMED ha llevado a una optimización de procesos con un ahorro calculado del 30%. La metodología 6'S ha contribuido a mejorar la organización de los procesos, anticipando ahorros y optimizaciones de alrededor del 20%. La formación en Lean Manufacturing no solo se presenta como un proceso formativo, sino como un medio para arraigar esta metodología como una nueva forma de trabajo y cultivar una cultura organizacional que busca constantemente la mejora de procesos. Además, la implementación autónoma de carga de horas mediante SAP proyecta un ahorro diario de 1.5 horas de supervisión, permitiendo una distribución más eficiente de recursos hacia actividades críticas en la compañía. En conjunto, estos resultados respaldan la efectividad

de Lean Manufacturing para lograr la excelencia operacional y alcanzar los objetivos establecidos por Sulzer Pumps Colombia.

4.4. Análisis general

Los datos obtenidos sobre el proceso de fabricación permiten visualizar que en el análisis de la etapa de "entrega de información", el tiempo de Tack Time es mayor de lo que se había calculado inicialmente, sobre lo cual se identifica una oportunidad de mejora en esta fase del proceso. Por consiguiente, dicha discrepancia indica que existe un margen para optimizar esta fase del proceso y mejorar la eficiencia general. Para abordar esta oportunidad de mejora, es importante la automatización de los procesos, estandarizar procedimientos, capacitar el personal, optimizar los canales de comunicación a nivel interno, revisar los plazos y procesos de aprobación, entre otros.

Por su parte, en las etapas de torneado, fresado, empaque y despacho, se observó que los tiempos de ciclo resultan ser más cortos que el Tack Time calculado inicialmente, lo que se pudiera significar una eficiencia inicial en estos procesos. No obstante, es importante seguir buscando oportunidades de mejora continua para optimizar aún más el proceso de fabricación en su conjunto, pudiendo garantizar que la empresa siga siendo competitiva y se adapte con eficacia a los cambios en el mercado y la oferta de demanda de los clientes.

Los datos recopilados brindan una comprensión más profunda del proceso de montaje. En particular, en la etapa de "entrega de información," se observa que el Tack Time puede aumentar cuando se requiere una producción más elevada. Esto implica que la eficiencia de esta fase podría verse comprometida en situaciones de alta demanda. Como respuesta a esta observación, se plantea la necesidad de implementar mejoras en esta etapa del proceso, lo cual será detallado en

el capítulo correspondiente de implementaciones. Para ello, se debe optimizar los procesos de entrega de información, asignar los recursos con flexibilidad, capacitar el personal, implementar sistemas avanzados de planificación y realizar un monitoreo continuo.

Respecto a los procesos de torneado, fresado, empaque y despacho, los resultados registran que los tiempos de ciclo son más cortos que el Tack Time calculado previamente, lo cual pudiese indicar una eficiencia inicial en estos procesos, por lo que se propone una serie de mejoras con el firme propósito de fomentar una cultura de mejora continua y alcanzar la excelencia operativa en todas las fases del proceso de montaje. Esto implicaría optimizar la eficiencia de la máquina, reducir tiempos de espera, mejorar la calidad y precisión, automatizar procesos, así como establecer indicadores de desempeño. Todas estas sugerencias contribuirían a mantener la empresa en constante competitividad, eficiencia y adaptabilidad a los cambios del mercado y demandas de los clientes.

5. Propuesta plan de mejoramiento

Una vez realizado el análisis de los resultados, se presentaron las recomendaciones detalladas sobre cómo introducir y aplicar herramientas derivadas de la filosofía Lean Manufacturing en los procesos de fabricación y montaje de Sulzer Pumps Colombia. Entonces, de acuerdo con el diagnóstico efectuado anteriormente, se logró evaluar minuciosamente las áreas clave que se beneficiarían de la adopción de enfoques Lean, y a partir de esa evaluación, se ha identificado las herramientas específicas de Lean Manufacturing que se consideran más adecuadas y efectivas para mejorar la eficiencia, reducir los desperdicios y optimizar la productividad en la cadena de fabricación y montaje.

Este es un paso crucial hacia la transformación de la empresa y su orientación a convertirse en una entidad más flexible, adaptativa y orientada hacia la excelencia, preparada para enfrentar los desafíos y demandas del mercado en constante evolución.

5.1. Programa de capacitación en metodologías Lean Manufacturing

Los resultados arrojados por las encuestas permitieron identificar lo crucial que es iniciar un programa integral de capacitación en metodologías Lean Manufacturing para todo el personal, siendo un pilar fundamental para el éxito en la implementación de estas eficaces prácticas en la organización.

La formación prevista tiene como objetivo principal consolidar y enriquecer los conocimientos necesarios para la correcta adopción y aplicación de las metodologías Lean Manufacturing, lo cual abarcaría diversos aspectos, incluyendo principios fundamentales, técnicas específicas, herramientas clave y buenas prácticas asociadas a Lean Manufacturing.

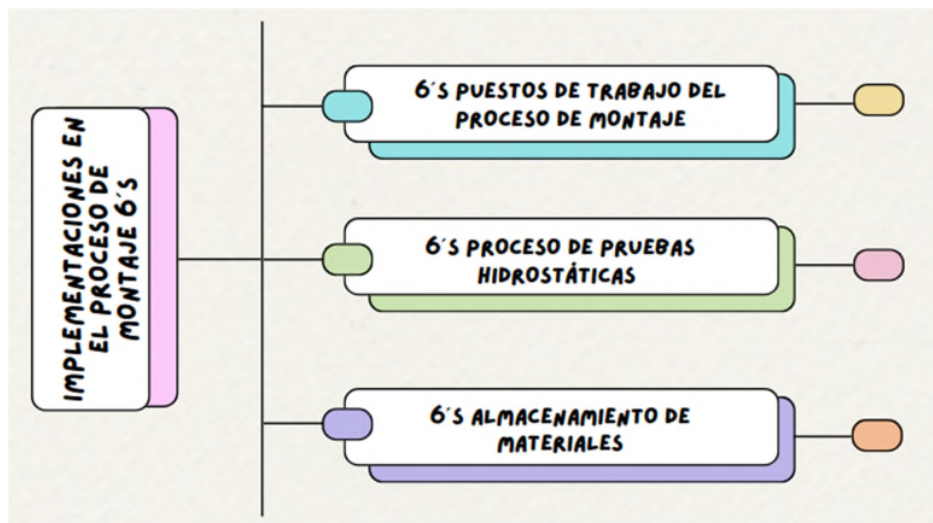
Proporcionando a los miembros del equipo operativo estas habilidades y perspectivas, se podría garantizar una mejor preparación para abordar la implementación de las

metodologías propuestas en etapas posteriores, de acuerdo con las directrices delineadas en este documento. Esta capacitación anticipada facilitará una comprensión sólida y un compromiso efectivo con las metodologías, optimizando así la capacidad para alcanzar los objetivos de mejora que nos hemos propuesto.

En última instancia, el éxito del enfoque Lean Manufacturing radica en la habilidad y el conocimiento del personal para aplicar estas metodologías de manera efectiva en su día a día. La capacitación, por lo tanto, no solo es un paso esencial, sino también un cimiento sólido sobre el cual se construirá una cultura organizacional centrada en la mejora continua y la excelencia operativa. Este programa de formación representa el primer paso hacia este objetivo ambicioso y necesario para el crecimiento y competitividad en el mercado.

5.2. Implementaciones en el proceso de montaje 6'S

Figura 7. Diagrama de flujo. Implementaciones en el proceso de montaje 6'S



Fuente: elaboración propia.

5.2.1. 6's Puestos de trabajo del proceso de montaje

Con relación al montaje, se propuso diseñar y desarrollar estaciones de ensamblaje individuales equipadas con mesas y prensas de trabajo para cada operario. Esta medida tiene como finalidad asegurar espacios de trabajo bien organizados que promuevan un flujo de trabajo ordenado. Asimismo, se establecerán áreas de atención específicas para los equipos que pasen por el proceso de montaje en planta, permitiendo así un manejo eficaz y organizado (Figura 8 y 9).

La implementación de estas estaciones de ensamblaje individuales optimizará la gestión del orden y la limpieza en cada puesto de trabajo. Además, fomentará un entorno más seguro y productivo para nuestros equipos (Figura 10). Este enfoque estratégico tiene el propósito de mejorar la eficiencia operativa y garantizar un proceso de montaje sin contratiempos, contribuyendo al logro de nuestros objetivos de calidad y productividad.

Puestos de trabajo actual y uso del espacio disponible en montaje

Figura 8. Puestos de trabajo actual



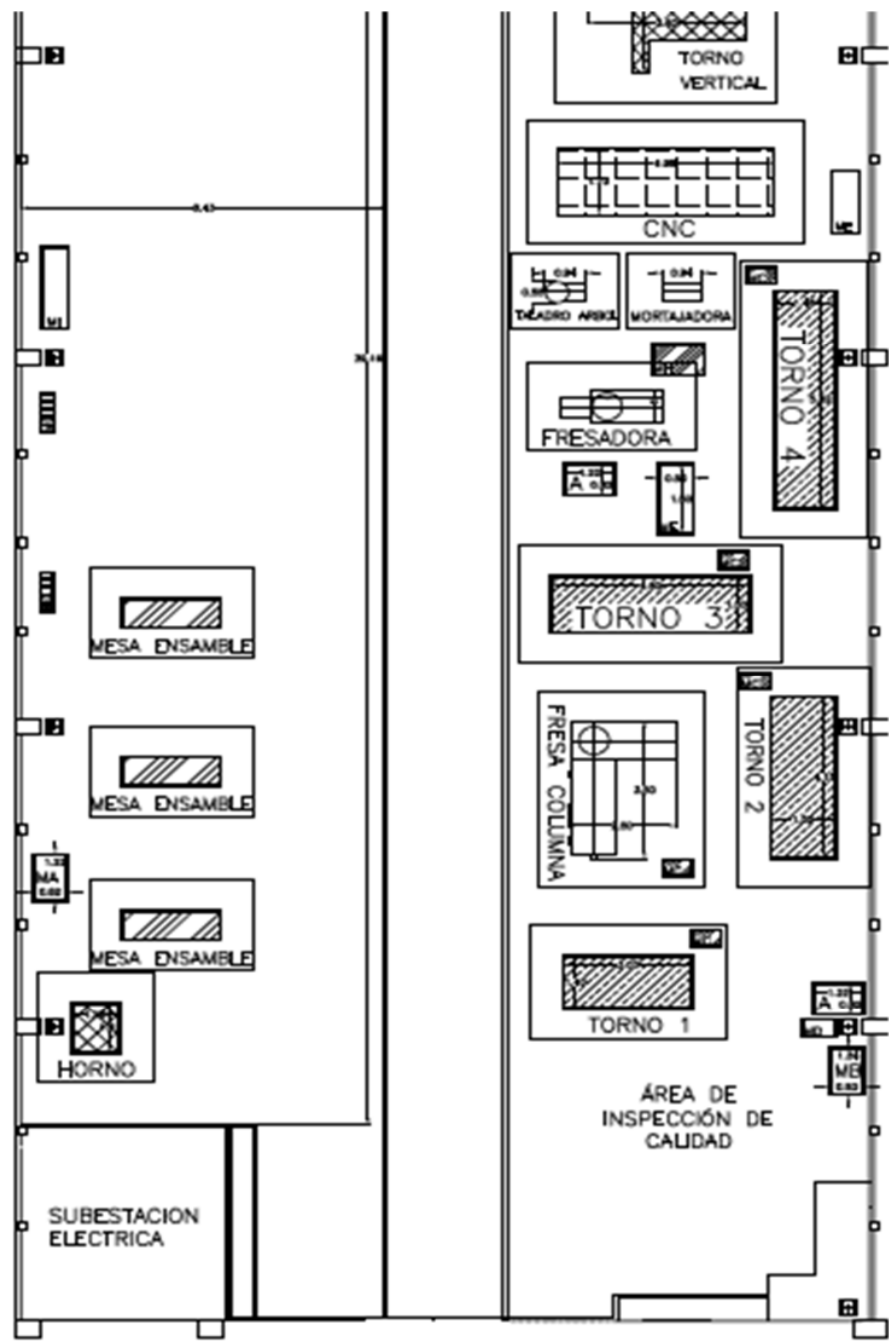
Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 9. Uso del espacio disponible en montaje



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 10. Layout proceso de montaje actual



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2022).

Figura 11. Desarrollo de proyectos con alto volumen de trabajo



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2022).

En la fotografía se identifica la necesidad que tiene la operación por implementar las mesas de trabajo propuestas en este trabajo de investigación (Figura 11). La implementación de estas estaciones de ensamble individuales optimizará la gestión del orden y la limpieza en cada puesto de trabajo (Figura 12). Además, fomentará un entorno más seguro y productivo para nuestros equipos. Este enfoque estratégico tiene el propósito de mejorar la eficiencia operativa y garantizar un proceso de montaje sin contratiempos, contribuyendo al logro de nuestros objetivos de calidad y productividad.

5.2.2. 6's Proceso de pruebas hidrostáticas

Para mejorar el proceso, se recomienda llevar a cabo la disposición estratégica de los dispositivos esenciales, como bridas y tornillería, utilizando estanterías específicas. Además, es fundamental establecer un sistema de inventario para los componentes destinados a pruebas, permitiendo así una gestión más eficiente de los recursos. Además, se resalta la importancia de realizar evaluaciones periódicas para verificar el estado de estos elementos, dado que están sometidos a exigencias particulares en su funcionamiento. Estas acciones no solo agilizan el proceso de montaje disminuyendo los tiempos de ejecución, sino que también aseguran la calidad y la confiabilidad de nuestros productos, lo que en última instancia se traduce en la satisfacción del cliente y el fortalecimiento de nuestra reputación en el mercado.

Adicionalmente, es esencial incorporar un dispositivo que controle la presurización y despresurización durante las pruebas hidrostáticas (Figura 13). Esto resulta fundamental para asegurar la seguridad de todas las personas involucradas en el proceso (Figura 14).

Figura 13. Estado actual de los dispositivos para pruebas hidrostáticas.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 14. Estado actual de los dispositivos para pruebas hidrostáticas.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Estantería propuesta.

Figura 15. Estantería propuesta.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Brasil (2023).

Figura 16. Dispositivo recomendado para el proceso de presiones en pruebas hidrostáticas.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Brasil (2023).

5.2.3. 6's Almacenamiento de materiales.

Figura 17. Almacén de materiales operaciones actualmente.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 18. Almacén de materiales operaciones actualmente.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 19. Almacén de materiales operaciones actualmente.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 20. Almacén de materiales operaciones actualmente.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

En el área de almacenamiento de materiales, se propone establecer una organización y unificación de todos los materiales existentes en planta y mediante la codificación de las estanterías (Figura 15, 16 y 17). Esta codificación permitirá llevar un control preciso y actualizado del inventario de materiales presentes en esta zona, siendo un aspecto clave para la implementación exitosa (Figura 18, 19 y 20). Para profundizar aún más en la optimización de este almacén, se sugiere implementar un sistema de control de inventario basado en Microsoft Excel, utilizando salidas de código QR. Este sistema estaría respaldado por un computador portátil y un lector de códigos de barras, facilitando a los usuarios descargar automáticamente los suministros utilizados o consumidos cuando sea necesario. Esta mejora en la gestión del inventario contribuirá significativamente a la eficiencia y agilidad en la operación del almacén, asegurando un manejo más efectivo y una toma de decisiones informada en relación con el abastecimiento y utilización de materiales. Este enfoque optimizado no solo ahorra tiempo, sino que también reduce costos y minimiza posibles errores en la gestión del inventario.

5.3. Implementaciones en el proceso de calidad 6'S

Es de suma relevancia poder reconocer los elementos que han sido aprobados en el proceso de control de calidad, ya que esto tiene un impacto significativo en la optimización del flujo de trabajo relacionado con el empaque y el despacho en nuestra organización. La identificación precisa de las partes y componentes, especialmente cuando se vinculan con órdenes de venta y producción, se convierte en un factor crucial para mejorar la eficiencia y la comprensión de los procesos implicados (Figura 21).

Figura 21. Disposición actual de materiales en calidad



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

En este sentido, una recomendación valiosa es la implementación de áreas de almacenamiento temporal, donde podamos ubicar de manera efectiva los componentes que han sido aprobados. Estos espacios de almacenamiento momentáneo agilizarán el acceso a los componentes necesarios en el momento preciso, lo que a su vez contribuirá a una mayor rapidez y precisión en el proceso de empaque y despacho. Esta estrategia no solo mejorará el rendimiento general, sino que también facilitará la respuesta a las demandas de nuestros clientes y aumentará la satisfacción en la entrega de productos (Figura 22).

Figura 22. Estantería propuesta para control de calidad



Fuente: Imagen de referencia extraída de Prodalca (2023)

5.4. Implementaciones en el proceso de fabricación 6'S

5.4.1. 6's Almacenamiento dispositivos de fabricación

Los dispositivos desempeñan un papel fundamental en el proceso de fabricación, especialmente en operaciones que implican un alto grado de complejidad. Garantizar la eficiencia en la fabricación de estos dispositivos es primordial, ya que el tiempo invertido en su creación es valioso y no debe desperdiciarse (Figura 23).

Figura 23. Estado actual de los dispositivos en el proceso de fabricación.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Identificar y catalogar estos dispositivos de manera efectiva es esencial para poder reconocerlos y utilizarlos según sea necesario o de acuerdo con ciertas referencias (Figura 24).

Figura 24. Estantería propuesta



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

5.5. Implementación Kaizen

Es de gran importancia para Sulzer Pumps Colombia llevar a cabo los eventos Kaizen en sus procesos. Establecer una estructura es vital, ya que permite considerar las sugerencias de los trabajadores. Aunque se valoran las ideas de los empleados, los resultados muestran que algunos de ellos no perciben si la organización ha tenido en cuenta sus propuestas. Es fundamental que los empleados sepan que sus ideas han sido consideradas, ya que esto los incentivará a seguir compartiendo y mejorando procesos. Las ideas aportadas por los empleados, quienes son los expertos en sus respectivos procesos, poseen un valor adicional. Nadie mejor que ellos, conocedores a fondo de los procesos, para brindar las mejores ideas sobre cómo mejorar la organización (Elaboración propia). Los pasos para implementar el evento Kaizen son los siguientes:

- Crear un formato formal.
- Dar a conocer la existencia del evento Kaizen en la empresa.
- Designar un comité evaluador para los eventos Kaizen.
- Después de evaluar la aplicabilidad, viabilidad, costos de implementación y beneficios para la organización del evento Kaizen propuesto, se otorgará un reconocimiento económico al empleado por la implementación de su idea.

En este trabajo de investigación se dan a conocer algunas ideas propuestas en Sulzer Pumps Colombia para la mejora de procesos:

5.5.1. Evento Kaizen 1.

Definición: Optimización del procedimiento de recuperación en las carcasas BB3.

Alcance: Realizar el procedimiento de recuperación en carcasas BB3 (Figura 25).

Objetivo: Mediante evaluación y diagnóstico se determina el procedimiento de recuperación para las carcasas BB3.

Descripción: En el pasado, la práctica habitual era realizar soldaduras extensivas en las carcasas durante el proceso de reparación, lo que resultaba en un uso considerable de recursos tanto de materias primas como de otros tipos. Sin embargo, después de examinar meticulosamente el estado del componente con un enfoque metrológico, se pudo identificar un nuevo enfoque de reparación. Este enfoque implica evaluar la condición física y metrológica del componente para llevar a cabo reparaciones selectivas mediante soldadura y mecanizado. Este cambio ha conducido a mejoras en el proceso y a una reducción en los costos (Figura 26).

Figura 25. Reparación total de carcasa método anterior.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 26. Reparación total de carcasa método nuevo.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Resultados del evento Kaizen 1.

Resulta emocionante ver cómo la introducción de nuevas tecnologías puede tener un impacto tan positivo en los procesos industriales. En este caso, se observa una reducción del 40% en el tiempo necesario para el mecanizado. Además, en el tiempo dedicado a la soldadura, se ha identificado un ahorro del 20%, así como una disminución de 15 kg en el consumo de materia prima necesaria en soldadura (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis evento Kaizen 1

Proceso de fabricación			
Método anterior		Método nuevo	
Proceso	Cantidad de material y/o horas	Proceso	Cantidad de material y/o horas
M/P soldadura	30 kg	Soldadura	15 kg

Tiempo soldadura	50 horas	Tiempo soldadura	30 horas
Tiempo mecanizado	140	Tiempo mecanizado	100

Fuente: Datos extraídos del proceso de reparaciones en Sulzer Pumps Colombia (2023).

Estos cambios son altamente significativos en el proceso de reparación y representan un avance hacia la excelencia operativa (Elaboración propia).

5.5.2. *Evento Kaizen 2.*

Definición: Optimización en el proceso de pruebas hidrostáticas.

Alcance: Implementar bridas en el proceso de pruebas hidrostáticas, reemplazando los dispositivos que se utilizan actualmente.

Objetivo: Optimizar el proceso de pruebas hidrostáticas, mejorando los tiempos de ejecución de la prueba y mejorando las condiciones de seguridad industrial del proceso establecido.

Descripción: En el método previamente establecido para las pruebas hidrostáticas en equipos BB3, se empleaba un eje en el interior de las carcasas. Este eje se ajustaba mediante dos tuercas desde los extremos de la bomba para asegurar el sellado de los diámetros de los sellos mecánicos durante la prueba hidrostática (Figura 27). Tras analizar este montaje, se notó que era altamente complejo y generaba complicaciones en términos de seguridad industrial. Además, el proceso de montaje era prolongado. También se observó que el torque aplicado de esta manera en la carcasa podía comprometer la integridad del equipo (Figura 28, 29 y 30). En consecuencia, se optó por utilizar bridas individuales, lo cual simplificó el

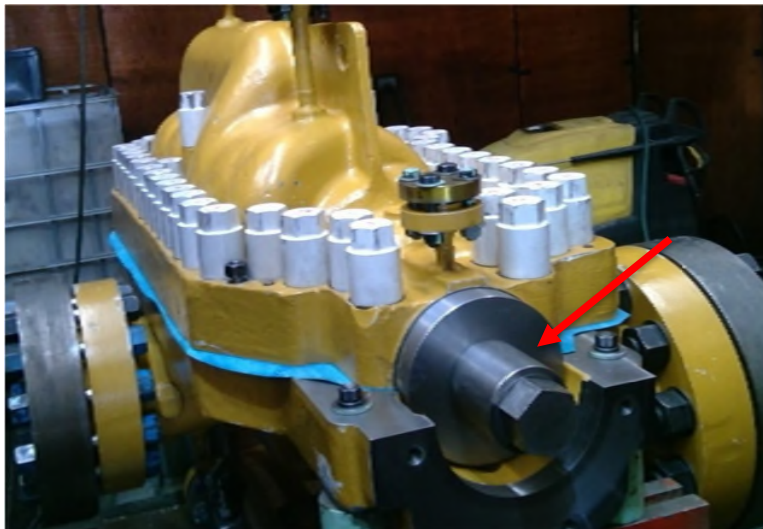
proceso y redujo el riesgo asociado a manipular el eje durante las pruebas (Elaboración propia).

Figura 27. Método de montaje anterior para pruebas hidrostáticas



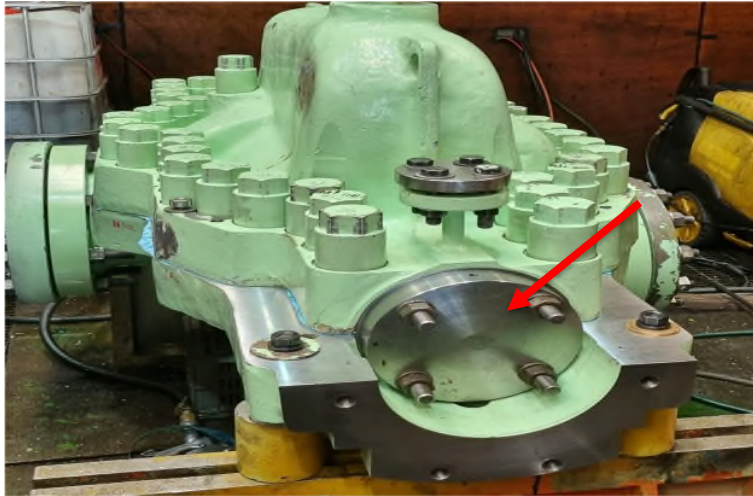
Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 28. Método de montaje anterior para pruebas hidrostáticas.



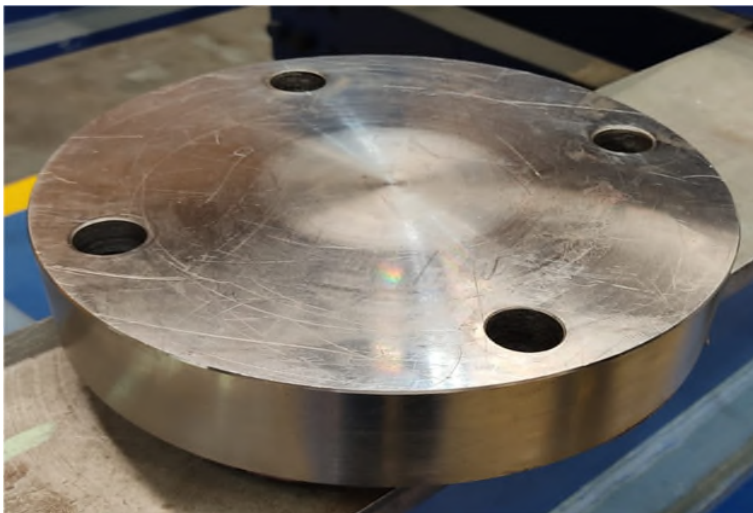
Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 29. Método de montaje nuevo para pruebas hidrostáticas.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 30. Dispositivo para montaje nuevo.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Resultados del evento Kaizen 2.

Gracias a la introducción de este dispositivo, se observa una disminución del 30% en el proceso de mecanizado necesario. Además, en el montaje, se ha logrado reducir en un 50%. En términos de costos de la materia prima, se ha alcanzado un ahorro considerable del 80%. Por esta razón, se valora de manera positiva las modificaciones implementadas durante este evento Kaizen

Tabla 15. Análisis evento Kaizen 2

Proceso de fabricación				
Método anterior				
Proceso	Materiales	Costo	Proceso	Horas hombre
Materia prima	Acero Ø 3" x L 157"	\$ 2,500,000		
Tiempo mecanizado			x	8
Tiempo montaje				6
Método nuevo				
Proceso	Materiales	Costo	Proceso	Horas hombre
Materia prima	Acero Ø 6" x L 9"	\$ 500,000		
Tiempo mecanizado			x	6
Tiempo montaje				3

Fuente: Datos extraídos del proceso de reparaciones en Sulzer Pumps Colombia (2023).

Tabla 16. Resultado de ahorro Kaizen 2

Resultados de ahorro	
Proceso	Materia prima y/o horas
Materia prima	\$ 500,000
Reducción tiempo mecanizado	30%
Reducción tiempo montaje	50%

Fuente: Datos extraídos del proceso de reparaciones en Sulzer Pumps Colombia (2023).

5.5.3. Evento Kaizen 3.

Definición: Aprovechamiento de espacio en el proceso de montaje.

Alcance: Integrar unidades de almacenamiento para maximizar la eficiencia del espacio en el proceso de montaje.

Objetivo: Optimizar la disposición de los elementos en el proceso para aumentar la disponibilidad de espacio en la planta con equipos en proceso.

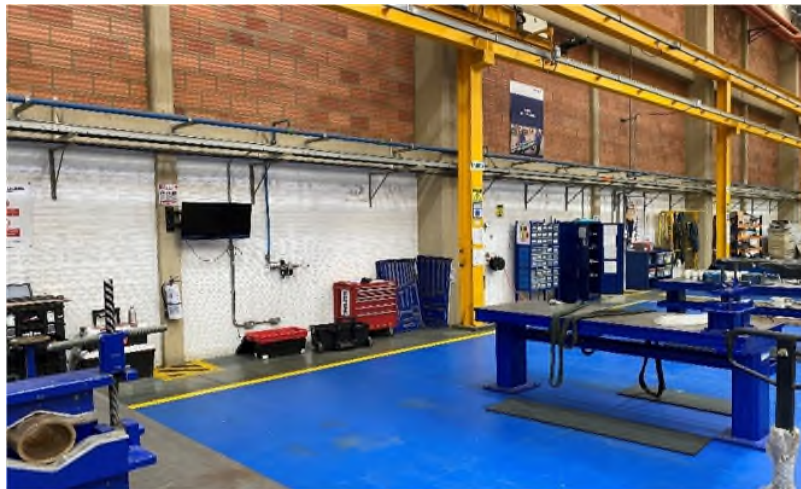
Descripción: A medida que nuestra organización crece, notamos que nuestro espacio en el suelo de la planta se vuelve cada vez más limitado (Figura 31 y 32). Debido a esto, hemos comenzado a utilizar varios espacios en la bodega para almacenar proyectos pendientes de aprobación por parte del cliente. Surge la idea de optimizar el espacio en la pared de la zona de ensamblaje, lo que resultaría en un ahorro de espacio en la bodega. Esta modificación nos permitiría implementar mesas de montaje y tendría un impacto positivo en la metodología 6´S aplicada en el proceso (Figura 33). Asimismo, aumentaría nuestra capacidad de recibir equipos sin necesidad de considerar alquilar espacio adicional para su recepción y almacenamiento.

Figura 31. Uso de espacio actual.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 32. Uso de espacio actual.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 33. Uso de espacio en Sulzer Brasil.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Resultados evento Kaizen 3.

El espacio logrado con esta implementación hace referencia en 72 metros cuadrados de bodega en Sulzer Colombia, entendiendo que el valor de la renta en el sector esta aproximadamente en \$ 28.000 COP metro cuadrado, tendríamos un ahorro de \$ 2.016.000 mensuales.

5.5.4. Evento Kaizen 4.

Definición: Optimización de la utilización del tiempo dedicado al procesamiento de las horas trabajadas.

Alcance: Aplicar transacciones SAP para generar confirmar tiempos en colaboración con el equipo de empleados en planta.

Descripción: En la actualidad, se emplea el formato OP.FT.08 para registrar y ar las horas laboradas (Figura 34). Los empleados de planta anotan manualmente sus s en este formato, y luego el supervisor debe verificar y trasladar estas horas al archivo el denominado "control de horas laboradas" (Figura 35).

[illegible]

Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Plan de mejoramiento enfocado en la reducción de desperdicios operacionales en Sulzer Pumps Colombia basado en Lean Manufacturing

105

Figura 35. Imagen registro de Excel control de horas

TALES POR MES										TOTAL HORAS		31/03/23
SALES ORDER	OP / OS	TIPO DE LABOR	HORA INICIAL	HORA FINAL	REF SA	NOMBRE EMPLEADO	FECHA	DIA SEMANA	USUARIO DE	TIPO HORA	RANGO HORA	ENTREGA
100511627	11850952	51 TORNO CNC	7:00	9:30	38000051	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO CNC	9:45	12:15	38000055	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO CNC	13:00	15:30	38000055	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	0.50
100511627	11850952	52 TORNO CNC	13:30	15:30	38000055	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO CNC	15:45	18:30	38000055	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	0.75
100511627	300003	42 PERMISO REINTEGRADO	18:30	17:30	38000055	ANDRES FELIPE ENCISO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	INCORRECTO	#REF!	1.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	7:00	9:30	38000048	MAURICIO GAUTIVA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	9:45	12:15	38000048	MAURICIO GAUTIVA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	13:00	15:30	38000048	MAURICIO GAUTIVA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	15:45	17:30	38000048	MAURICIO GAUTIVA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	7:00	9:30	38000001	ALEXANDER NEUTA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	9:45	12:15	38000001	ALEXANDER NEUTA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	0.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	12:15	12:15	38000001	ALEXANDER NEUTA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	13:00	15:30	38000001	ALEXANDER NEUTA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	15:45	17:30	38000001	ALEXANDER NEUTA-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	7:00	9:30	38000030	JORGE SUAREZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	9:45	12:15	38000030	JORGE SUAREZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	13:00	15:30	38000030	JORGE SUAREZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 TORNO PARALELO	15:45	17:30	38000030	JORGE SUAREZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75
10051197	30114706	56 PRESADORA	7:00	9:30	38000034	JOSE VANEGAS-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
10051197	30114706	56 PRESADORA	9:45	12:15	38000034	JOSE VANEGAS-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
10051197	30114706	56 PRESADORA	13:00	15:30	38000034	JOSE VANEGAS-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
10051197	30114706	56 PRESADORA	15:45	17:30	38000034	JOSE VANEGAS-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75
10051197	300003	42 PERMISO REINTEGRADO	17:30	17:30	38000028	JORGE LUIS MUÑOZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	INCORRECTO	#REF!	10.50
10051195	30114001	50 MANDRIJADORA	7:00	9:30	38000003	ANDREY MARTINEZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
10051195	30114001	50 MANDRIJADORA	9:45	12:15	38000003	ANDREY MARTINEZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 MONTAJADORA	13:00	15:30	38000003	ANDREY MARTINEZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
100511627	11850952	52 MONTAJADORA	15:45	17:30	38000003	ANDREY MARTINEZ-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75
10051195	300003	30 MANTENIMIENTO	7:00	9:30	38000040	LIDER ANGULO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	INCORRECTO	#REF!	2.50
10051195	300003	30 MANTENIMIENTO	9:45	12:15	38000040	LIDER ANGULO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	INCORRECTO	#REF!	2.50
10051195	30114561	10 SOLDADURA	13:00	15:30	38000040	LIDER ANGULO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	2.50
10051195	30114561	10 SOLDADURA	15:45	17:30	38000040	LIDER ANGULO-Mecanizado	9/1/2023	VIERNES	TALLER	PR	#REF!	1.75

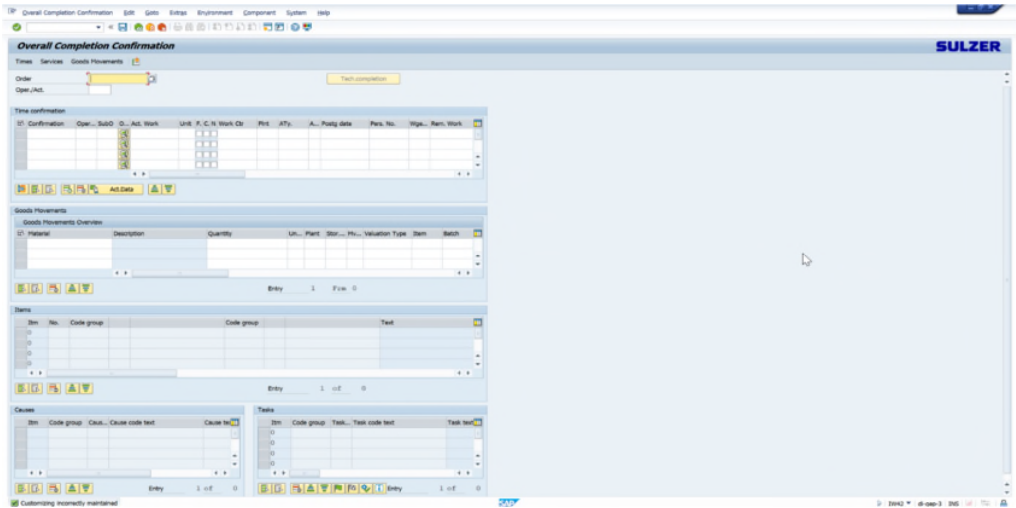
Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 36. Transacción IW33

Display Service order without revenues 4962803: Operation Overview														
Sulzer														
Order: 4962803 - 02 COMPONENTES BORSA SPICASTER PMP														
Sub-Status: REL. P-CONF. P-EXP. S-DEL. S-DEL. S-DEL.														
Header/Data Operations Components Date Partner Objects Additional Data Location Planning Control														
Date	Ship	Work or	Part	Comp.	Object	S.	Operation short text	LT	Actual work	Work	Un.	No.	Due.	Un.
01/11	AI-000001		3001	0001			SE COMPONENTES BORSA SPICASTER PMP			7,700	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			CURSO DE INGRESO A BOTACION			1,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			PLANIFICACION DEL SERVICIO			1,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			ALISTAMIENTO HERRAMIENTAS SERV CAMP			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			MOVILIZACION			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			REUBICACION DEL SERVICIO			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			REPOSICIONAMIENTO			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			UBICACION DE GASTOS			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			INFORME SERVICIO A CAMPO			0,000	0,000	0	0,0	0,0
01/11	AI-000001		3001	0001			DESCARGA DE HERRAMIENTAS			0,000	0,000	0	0,0	0,0

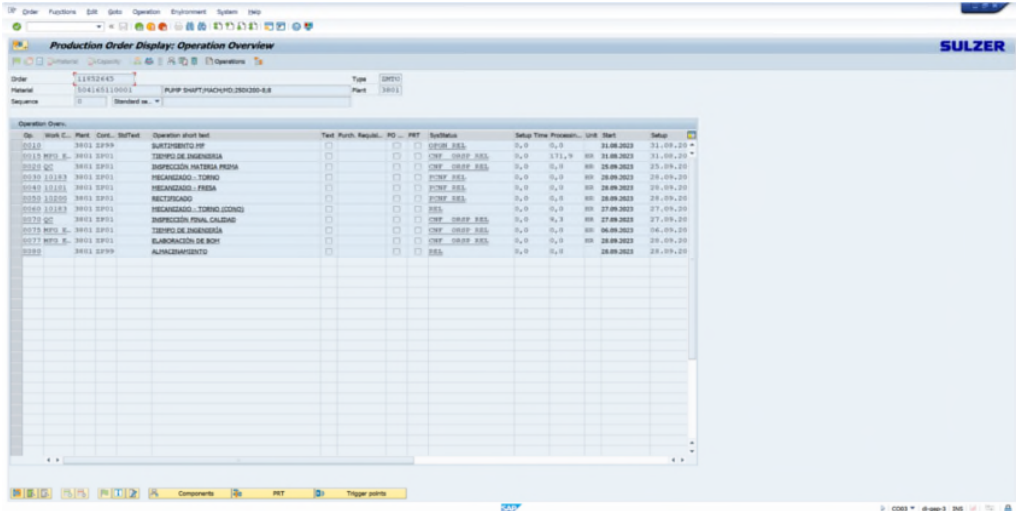
Fuente: Imagen extraída de SAP Sulzer (2023).

Figura 37. Transacción IW42



Fuente: Imagen extraída de SAP Sulzer (2023).

Figura 38. Transacción CO03



Fuente: Imagen extraída de SAP Sulzer 2023.

Figura 39. Transacción CO11N

The screenshot shows the SAP CO11N transaction interface. The title bar reads 'Enter Time Ticket for Production Order'. The interface is divided into several sections for data entry:

- Order:** Fields for Order, Operation, and Sequence.
- Confirm type:** A dropdown menu set to 'Automatic final confirmation'.
- Quantity:** Fields for 'To Be Confirmed' and 'Units'.
- Reason for use:** A dropdown menu.
- Activities:** Fields for 'To Be Confirmed' and 'Units'.
- Dates:** Fields for 'Posting date' and 'To confirm'.
- Break time:** Fields for 'Confirmation Test' and 'Employee Number'.

At the bottom, there is a summary table:

	Already confirmed	Planned conf.	Units
	8,000	8,000	

Fuente: Imagen extraída de SAP Sulzer 2023.

Resultados evento Kaizen 3.

Mediante la herramienta SAP adquirida por Sulzer Colombia en 2023, se busca emplear las funciones de las transacciones IW33 e IW42 (Figura 36 y 37) en el proceso de montaje, así como CO03 y CO11N en el proceso de fabricación (Figura 38 y 39). Estas funciones están diseñadas para eliminar la necesidad de ingresar manualmente las horas en el proceso de registro. En la actualidad, la supervisión dedica un promedio de 3.0 horas diarias en la digitación de las horas, y con esta implementación, se espera reducir este tiempo a 1.5 horas. Para llevar a cabo esta implementación, es esencial que todo el personal de planta cuente con licencias de Microsoft Office y SAP en sus dispositivos, Asimismo se requiere capacitación para el personal sobre el uso de las transacciones en SAP.

5.6. Implementación SMED

La implementación de esta filosofía se vuelve crucial para asegurar que los cambios de producto, en dichos procesos, sean más eficaces y estén alineados con los objetivos de mejora y excelencia operativa que se persiguen. Después de aplicar la metodología 6'S y seguir el enfoque estructurado de ESMED, se evidencia la importancia de adoptar esta filosofía en aras de optimizar la eficiencia en los subprocesos posteriores de fabricación y montaje. Estos subprocesos son: desmontaje y montaje de equipos, pruebas hidrostáticas y el balanceo Dinámico.

Es necesario seguir estos procedimientos para mejorar la eficiencia de los cambios en los procesos de planificación de las tareas, evaluación de las herramientas disponibles y ejecución precisa del alcance técnico.

Por otra parte, respecto al torqueo y destorqueo de equipos, en la actualidad, en el proceso de ensamblaje y desmontaje de equipos, se emplea principalmente una llave hidráulica, la cual resulta altamente útil, pero presenta ciertas limitaciones (Figura 40).

Figura 40. Llave hidráulica convencional.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia (2023).

El peso de esta herramienta varía entre 18 a 25 kg según el fabricante, y su modo de uso implica un anclaje esencial para prevenir movimientos abruptos. Asimismo, sirve como tope para iniciar la aplicación de fuerza, aspectos relevantes en su utilización.

Con el avance científico e implementación de tecnología en este tipo de herramientas, se encontró en el mercado una llave que no necesita puntos de apoyo, su peso es de 10kg, lo cual hace más fácil su manipulación, se recarga con energía permite un avance más rápido en el torqueo y destorqueo de equipos, además, su manipulación es más segura ya que no requiere puntos de apoyo grandes (Figura 41).

Figura 41. Llave eléctrica de torque



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Colombia 2023.

En resumen, la mejora de eficiencia operativa, al utilizar esta innovadora herramienta es del 20%, lo que representa un ahorro considerable en el proceso de ensamblaje y desmontaje de los equipos.

Ahora bien, en el proceso de fabricación de máquinas convencionales, es esencial prevenir la necesidad de reprocesar o fabricar dispositivos que ya estén en existencia. Además,

es fundamental contar con un catálogo de herramientas que permita la planificación y evaluación de las tareas en este proceso.

Por su parte, respecto al montaje y desmontaje de equipos, resulta fundamental introducir el uso de llaves de impacto, ya que estas herramientas pueden acelerar significativamente los procesos de montaje y desmontaje (Figura 42). Al incorporar estas llaves de impacto, se abre la oportunidad de mejorar la eficiencia en el diagnóstico de los equipos, lo que se traduce en un servicio más rápido y preciso. Además, esta medida contribuiría a enriquecer la experiencia del cliente final al asegurar entregas oportunas y, en última instancia, satisfacer sus necesidades de manera más efectiva. Esta optimización de tiempos y procesos se convierte en un factor clave para elevar la calidad del servicio y fortalecer la relación con los clientes.

Figura 42. Llave de impacto inalámbrica



Fuente: De Walt (2023)

5.6.1. Maquinas CNC

En el caso de las máquinas CNC, se reconoce como una ineficiencia programar directamente en la máquina o mientras esta está encendida pero inactiva. Por tanto, resulta

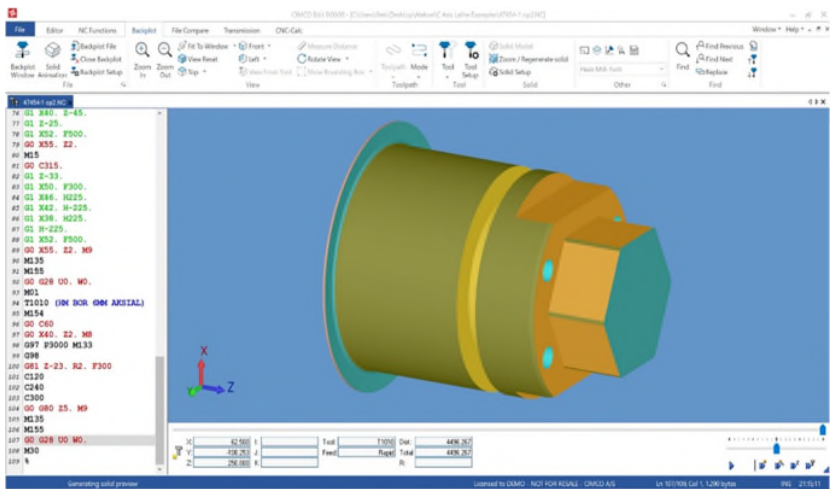
fundamental introducir un sistema informático que posibilite la programación durante los intervalos de tiempo libre mientras la máquina está en funcionamiento (Figura 43 y 44). De esta manera, cuando se efectúe un cambio de referencia u orden de producción, el programa estará listo para su ejecución.

Figura 43. Proceso actual de programación torno CNC en Sulzer Colombia



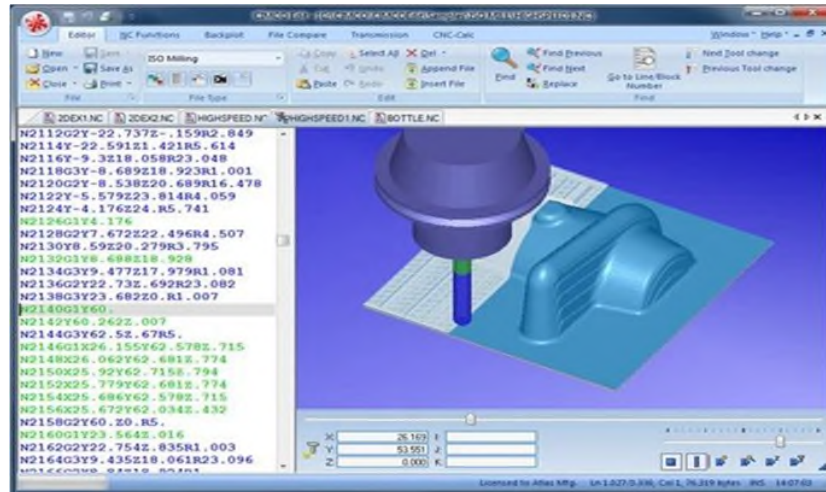
Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

Figura 44. Ejemplo de programación asistida por computador CAM para torno CNC.



Fuente: CIMCO (2022)

Figura 45. Ejemplo de programación asistida por computador CAM para centro de mecanizado CNC.



Fuente: CIMCO (2022)

Asimismo, es necesario contar con un suministro de herramientas plenamente compensadas y listas para su utilización en estas máquinas CNC. Este enfoque asegura la pronta disponibilidad del proceso y las herramientas necesarias (Figura 45).

5.7. Implementación Jidoka

Dentro de los procesos de fabricación y montaje, resulta crucial detectar fallos de forma temprana que puedan tener un impacto negativo en etapas posteriores. A través de las listas de verificación, como las de Selft Inspection actualmente implementadas en Sulzer, podemos supervisar minuciosamente todas las fases de los procesos. Es necesario enriquecer y unificar la información esencial en estos documentos existentes, con el objetivo de abordar posibles errores en el proceso y cerrar cualquier brecha que pueda surgir.

5.8. Implementación Kanban

En la rutina habitual de los procesos en Sulzer, la adopción de tarjetas Kanban sería una estrategia efectiva para supervisar la producción de manera eficiente. Todos los miembros de la organización tendrían visibilidad sobre el progreso de los productos en diferentes etapas de fabricación, comenzando desde la adquisición de la materia prima, pasando por la fabricación o montaje, continuando con el control de calidad, el empaque y, finalmente, el despacho.

Figura 46. Estado actual del proceso almacenamiento de insertos.



Fuente: Imagen extraída de Sulzer Pumps Colombia (2023).

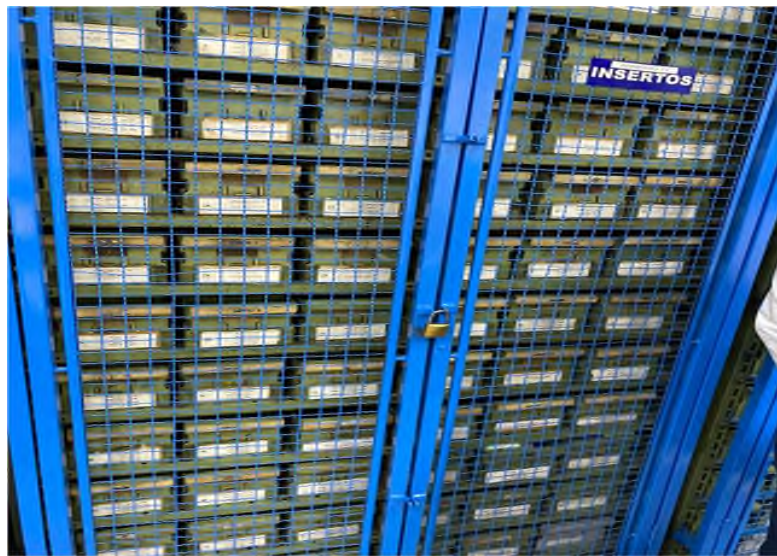
En el procedimiento de almacenamiento y supervisión de herramientas, específicamente los insertos de corte empleados en los procesos de fabricación, proporcionaría una perspectiva o datos acerca del nivel de existencias de estos elementos consumibles (Figura 46, 47 y 48). Esto habilitaría la gestión adecuada para asegurar un suministro oportuno, permitiendo actuar rápidamente en su obtención y mantener un inventario adecuado de los insertos fundamentales (Elaboración propia).

Figura 47. Ejemplo de implementación cuadro Kanban para control de insertos.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

Figura 48. Ejemplo de almacenamiento para insertos.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

5.9. Implementación Muda

En la aplicación de la metodología Muda, se abordarán los siguientes aspectos:

5.9.1. Reducción del tiempo de espera en el proceso de fabricación

Dentro del proceso de fabricación, se observaron lapsos de inactividad al generar planos localmente. Es esencial establecer un sistema de control desde la generación de los planos para que los involucrados en el proceso comprendan claramente su alcance técnico. Una forma de controlar esto podría ser mediante la implementación de revisiones antes de la distribución de los documentos a la planta, lo que permitiría detectar posibles errores de manera oportuna. Adicionalmente, se puede considerar la capacitación para aquellos encargados de crear los planos de fabricación en lo referente a normativas y representaciones gráficas, lo que contribuiría a eliminar incertidumbres en el proceso.

5.9.2. Reducción del tiempo de espera en el proceso de montaje

En el proceso de ensamblaje, se detectaron demoras o pérdidas de tiempo asociadas a la disponibilidad de componentes necesarios para llevar a cabo el ensamblaje de un equipo de manera eficaz. Detener un proceso debido a la falta de un componente tiene un impacto significativo en el flujo adecuado de la actividad de ensamblaje, resultando en retrasos en las entregas de los equipos, incumplimiento de los plazos de entrega y, sobre todo, afectando los tiempos previstos para su desarrollo.

Para mitigar estos tiempos de espera, es posible implementar estrategias como la planificación y verificación anticipada de la entrega de componentes, basándose en la lista de materiales del equipo que está siendo intervenido. Además, se puede incorporar una casilla de control de entrega de materiales en formatos de verificación, como el RSP, después de la planificación y verificación inicial. Asimismo, la identificación adecuada de la entrega de

materiales resulta esencial para que cualquier miembro del proceso operativo pueda identificar con claridad el destino de cada componente.

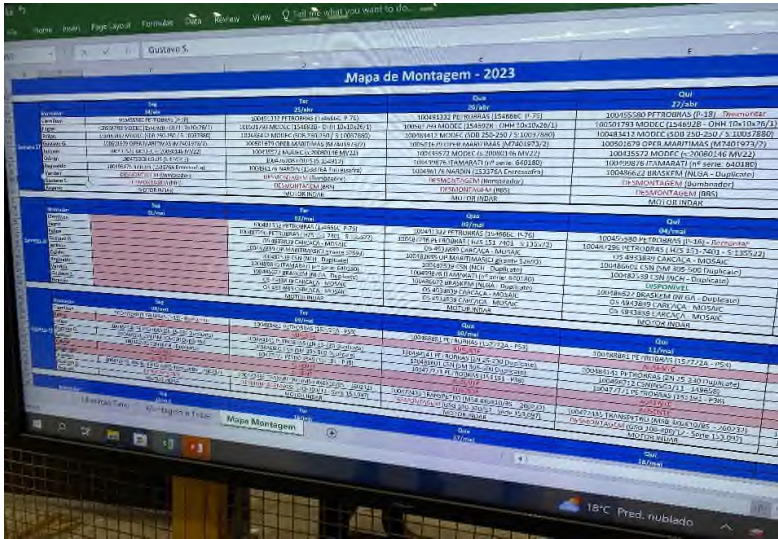
Se sugiere establecer un control adicional a través de la implementación de reuniones (stand-up) de seguimiento regulares durante el proceso de reparación de equipos. Estas reuniones involucrarían a todas las partes interesadas en el proceso. El objetivo de estas sesiones de seguimiento es fomentar la colaboración y el trabajo en equipo, promoviendo una comprensión más profunda de los diferentes procesos dentro de la organización. Esto, a su vez, busca generar sinergia entre los equipos para alcanzar de manera efectiva los objetivos y asegurar el cumplimiento de los logros (Figura 49). Estas reuniones de seguimiento no solo permitirán una mejor coordinación, sino que también servirán como una plataforma para la comunicación abierta y la resolución de problemas, lo que contribuirá a la eficiencia y eficacia en el proceso de reparación de equipos (Figura 50).

Figura 49. Reunión stand- up de seguimiento en Sulzer Brasil



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

Figura 50. Cuadro de seguimiento proceso de montaje Sulzer Brasil



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

5.9.3. Movimientos no requeridos en el proceso de fabricación y montaje

Establecer zonas específicas para materiales en fase de procesamiento, aquellos listos para ser despachados y para almacenamiento resulta esencial para reducir los traslados superfluos de un lugar a otro. Esto puede ocasionar un incremento en los costos de producción y potenciales perjuicios al producto, destacando la importancia de esta organización.

5.9.4. Sobre procesamiento en el proceso de montaje y fabricación

Llevar a cabo tareas que no estén incluidas en los costos acordados puede impactar los márgenes de las órdenes y no contribuye al valor del producto para el cliente final. Por ello, es crucial comunicar claramente en una reunión inicial KOM, el alcance técnico a todos los implicados, en donde se especifiquen tiempos de procesos y tiempos de entrega, asegurando un control efectivo de las etapas del proceso que deben ser ejecutadas. Este enfoque

garantizará el cumplimiento de los márgenes propuestos y la preservación de las ganancias de la empresa.

5.10. Implementación Poka-yoke en el proceso de fabricación

Incorporar dispositivos en el proceso de fabricación o durante etapas cruciales puede potenciar la confiabilidad y el control en ciertos aspectos fundamentales de la fabricación de componentes. Estos aspectos abarcan la precisión de mecanizados de ajustes internos, el control en la fabricación de cuñeros y la vigilancia en la producción de roscas. (Figura 51).

Figura 51. Gage de roscas



Fuente: Grainger (2023)

Además, a través de la implementación de sistemas de control a prueba de errores, es posible mejorar el proceso mediante la adquisición de herramientas de medición especializadas. Un ejemplo son los Alesómetros, utilizados para controlar diámetros internos, siendo un proceso esencial en la manufactura y reparación de componentes (Figura 52 y 53). Esta inversión en herramientas de medición contribuirá considerablemente a la mejora del proceso.

Figura 52. Alesómetro.



Fuente: Mitutoyo (2023)

Figura 53. Implementación de uso de Alesómetro en Sulzer Brasil.



Fuente: Imágenes extraídas de Sulzer Pumps Brasil (2023).

5.11. Costos de la puesta en marcha del plan de mejoramiento

Para elaborar esta estimación se consideraron varios factores importantes, como la capacitación en Lean Manufacturing, los materiales para las mesas de ensamble, la estantería, insumos para los dispositivos en general, los alesómetros requeridos, las llaves de torque y de impacto y los dispositivos de pruebas hidrostáticas, lo cual se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 17. Costos de implementación

Descripción	Cantidad	Valor
Capacitación Lean Manufacturing	1	\$ 5,000,000
Materiales para mesas de ensamble	MP	\$ 27,550,000
Estantería	6	\$ 18,000,000
Materiales para dispositivos en general	MP	\$ 8,000,000
Instrumentos de medición Alesómetro	7	\$ 42,000,000
Llave de torque	1	\$ 63,550,000
Llave de impacto	3	\$ 2.550.000
Estantería control de calidad	1	\$ 1,750,000
Dispositivo de pruebas hidrostáticas	1	\$ 25.000.000
Total		\$ 193,400,000

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

La evaluación de las prácticas y técnicas desplegadas en Sulzer Pumps Colombia ha permitido ver oportunidades para la optimización de los procesos de fabricación y montaje, siendo un análisis que ha logrado identificar áreas clave de mejora, como la comunicación de procesos, la ejecución de actividades, la planificación de la producción y la eficiencia operacional, además de subrayar la importancia estratégica de generar valor tanto para el cliente final como para las partes interesadas.

En el contexto de la comunicación de procesos, se ha observado la necesidad de mejorar la fluidez y eficacia en la transmisión de información a lo largo de las distintas etapas de producción. La ejecución de actividades ha sido objeto de atención para garantizar procesos más eficientes y menos propensos a errores, mientras que la planificación de la producción busca una optimización en la gestión de recursos y tiempos.

La relevancia de crear valor va más allá de la excelencia del producto e incluye la satisfacción del cliente y la cumplimentación de las expectativas de las partes involucradas, siendo una visión más abarcadora resalta la importancia de enfoques integrales que contemplen no solo la eficacia operativa, sino también la influencia positiva en la experiencia del cliente y las conexiones con los socios comerciales.

La implementación de herramientas eficaces representa un pilar fundamental para materializar las mejoras identificadas; al mismo tiempo, la promoción de una cultura organizacional que ponga énfasis en la eficiencia de manufactura, junto con el fomento continuo de la generación de ideas, se presenta como una estrategia global e integrada. Esta cultura no solo impulsa la innovación constante, sino que también fortalece la capacidad de adaptación de la empresa a los cambios y desafíos del entorno industrial. Por lo anterior, en

organizaciones manufactureras se utilizó la técnica de Value Stream Mapping para lograr identificar a lo largo de la cadena de valor, ineficiencias en los procesos como lo fue para el proyecto de (Ferrer, 2022).

Finalmente, se logra establecer la aplicación de herramientas Lean Manufacturing como lo son SMED, 6'S, Poka Yoke, Muda, Jidoka y Kanban utilizadas en otros proyectos de mejoramiento continuo como los utilizados por: (Conejo, 2018), (Ferrer, 2022), (Holguín Guerrero, 2019).

7. Recomendaciones

- Luego de plantear las técnicas y obtener los respectivos resultados favorables en los procesos de montaje y fabricación de Sulzer Pumps Colombia, se recomienda realizar seguimiento de estas implementaciones basadas en herramientas Lean Manufacturing.
- Sería de gran importancia desarrollar el proceso de capacitación sobre herramientas Lean Manufacturing para todos los integrantes de Sulzer Pumps Colombia.
- Como un camino hacia el avance en los procedimientos de la compañía, Sulzer Colombia debería instituir un mecanismo encargado de concebir e integrar propuestas para la mejora constante, garantizando la sostenibilidad de los procesos a largo plazo. Al enfocarse en aspectos estratégicos, la empresa estaría posicionándose a la vanguardia de su sector industrial.

Referencias

- ADN Lean Business School [ADN Lean]. (2020, septiembre 13). *VSM Paso N° 2: Calcular las métricas del proceso - VSM - Mapa de Flujo de Valor*. From [video]:
<https://www.youtube.com/watch?v=3qFUlr-NnKI&t=195s>
- Andreu, I. (2023, febrero 22). *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* From APD: <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. (6° ed.). Caracas: Episteme.
- Arrieta, J. G. (2011). Aplicación lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado. *Revista Virtual Pro*, 132(9), 1-11.
- Avila, R., & Gamarra, A. (2020). Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico.
- Badillo, K., & Cetre, K. (2018, Septiembre). Uso de la metodología “Justo a tiempo” en las empresas de servicios. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. From <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/metodologia-justoatiempo-empresas.html>
- Becher, M. (2020, julio 27). *Valor Agregado y Desperdicio: Entendiendo los conceptos de un proceso Lean*. From SoftExpert Blog: <https://blog.softexpert.com/es/entendiendo-los-procesos-lean/>
- Carrillo, M., Alvis, C., Mendoza, Y., & Cohen, H. (2018). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *Signos*, 11(1), 71-86. doi:<https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>

CIMCO. (2022). From <https://www.cimco.com/software/cimco-edit/>

Conejo, G. (2018). *Propuesta metodologica para la mejora operacional mediante el analisis de programacion de bombeo utilizando la filosofia lean.*

Correa, F. G. (2007). Manufactura esbelta (lean manufacturing). Principales herramientas. *Revista Raites*, pp. 1(2), 85-112.

de Basurto Uraga, P. D. (2003). El value stream mapping—una herramienta basica para hacer progresos hacia la producción ajustada. *El value stream mapping—una herramienta basica para hacer progresos hacia la producción ajustada.* n V Congreso de Ingeniería de Organización.

De Walt. (2023). From Llave de impacto: <https://co.dewalt.global/producto/dcf897b/llave-de-impacto-inalambrica-de-34-19mm-con-anillo-de-retencion-de-20v-max-herramienta-solamente?tid=572976>

Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis.* Ediciones Diaz de Santos.

Estévez, Á. P. (2006). Estudio de las prioridades competitivas de la estrategia de operaciones de las PYMES en Venezuela. *cuadernos unimetanos*, (9), 26-32.

Estrada Crespo, H. (2009). Implementación de la estrategia manufactura esbelta en una empresa ensambladora de controles electro-mecánicos para secadoras eléctricas . *Implementación de la estrategia manufactura esbelta en una empresa ensambladora de controles electro-mecánicos para secadoras eléctricas .*

Ferrer, R. (2022). Plan de mejora del proceso de manejo de materiales para Nestlé Purina PetCare de Colombia SA basado en Lean Manufacturing. (Master's thesis, Maestría en Administración de Empresas-MBA–Virtual).

Gamarra, A. (2020). Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico. *Modelo operacional Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia en las empresas del sector metalmecánico*.

Glaser, B. G. (2017). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge.

González, H., Marulanda, N., & Echeverry, F. (2018, Julio-Diciembre). Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso. *Revista EAN*(85), 199-218. doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2058>

Grainger. (2023). *Grainger México* . From Grainger:

https://www.grainger.com/?cm_mmc=PPC:Google-_-GlobalExport-_-CO-_-Acquisition-_-

2020010&gclid=CjwKCAjwg4SpBhAKEiwAdyLwvMU7XHabrBL7b14agikZHnsaf

Guy Benjamin, M. P. (2019). How lean is your field force-really. Global Editorial Services.

Hernández, R., Collado, C., & Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Selección de la muestra*. Hernández Sampieri R. *Metodología de la investigación*. New York: McGraw-Hill Interamericana, 299-341.

Hidalgo, M. (2022). Propuesta de productividad bajo un enfoque de sostenibilidad a partir de la economía circular. Estudio de caso: Natur Heilen SAS. (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

Hirano, H. (1995). 5 pillars of the visual workplace. *5 pillars of the visual workplace*.

Holguín Guerrero, N. A. (2019). Diseño de un plan de mejora mediante la metodología 5's para

la línea de producción de waffer en la Compañía Nestlé Sur. *Diseño de un plan de mejora mediante la metodología 5's para la línea de producción de waffer en la Compañía Nestlé Sur*. Guayaquil, Ecuador.

Julio Yenque D, M. G. (n.d.). Kaizen o la Mejora Continua. *Kaizen o la Mejora Continua*. Industrial Data.

Lean, A. (2021). Calcular las métricas del proceso - VSM - Mapa de Flujo de Valor. Perú.

Liker, J. K. (2020). *El modelo Toyota para la mejora continua: Conectando la estrategia y la excelencia operacional para conseguir un rendimiento superior*. Profit Editorial.

MakotoFlow.cl. (2024). *Enciende tu Talento*. From

https://makotoFlow.cl/enciende_talento.html

Martínez, F, Martínez, J., Nuño, P., & Cavazos, J. (2016). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(2), 46-56. From

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69549127006>

Mitutoyo. (2023). *Mitutoyo*. From Mitutoyo: https://mitutoyo.es/es_es

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press, Inc., 1988,, 129.

Ocaña, F. (2022). Plan de mejoramiento de la productividad a través de herramientas lean manufacturing para la disminución de desperdicios en el proceso de empaque y almacenamiento de la empresa Mascorona y Soleg Cia. Ltda. *[Bachelor's thesis]* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería

en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización).

Paredes-Rodriguez, A. M.-P.-M. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. *Informacion tecnológica*, 33(1), 245-258.

Prodalca. (2023). *Soluciones integrales*. From (<https://prodalca.com.co/producto/estanteria-de-canastillas-tl701/>)

Rother, M. &. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean enterprise institute.

Sánchez, D. (2020). Eliminación de desperdicios durante el proceso de producción de válvulas misceláneas de control. *Eliminación de desperdicios durante el proceso de producción de válvulas misceláneas de control*. Monterrey.

Santodomingo Ochoa, A. &. (2018). Plan de mejora para el departamento de servicio técnico en la empresa Imocom SAS basado en Lean Manufacturing. *[Master's thesis] Universidad del Norte*.

Sarria, M., Fonseca, G., & Bocanegra, C. (2017, Julio-Diciembre). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista EAN*, 83, 51-71.
doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>

Shingo, S. (1986). *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system*. CRC Press.

Shingo, S; Dillon, A. (1989). *A study of the Toyota production system*. From an Industrial Engineering Viewpoint. CRC Press.

Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books.

Suárez, M. (2008, Jul-Dic). Encontrando al "Kaizen". Un análisis teórico de la "mejora

continua". *Pecunia: revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*(7),

285-311. doi:<https://doi.org/10.18002/pec.v0i7.696>

Sulzer. (2023). *Sulzer Ltd*. From Sulzer Ltd: <https://www.sulzer.com/>

Tamayo, & Tamayo. (2012). *El Proceso de la Investigación Científica* (4ta ed.). México:

Limusa Noriega Editores.

Tashakkori, A., & Creswell, J. (2007). La nueva era de los métodos mixtos. *Revista de*

investigación de Métodos Mixtos, 1(1). doi:<https://doi.org/10.1177/2345678906293042>

Torres, A. (2019). Mejoras de Proceso en una Línea de Producción. *Manufacturing Engineering Program*.

Zapata, M. Á. (2015). Takt Time, el corazón de la producción. *Revista Vía Innova*, 60-62.

Zuleta, A. E. (2022, enero 25). ¿Cómo la cultura de la empresa determina la motivación de los empleados? *¿Cómo la cultura de la empresa determina la motivación de los empleados?* LinkedIn.