



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN
CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

AUTORES:

Xavier Sebastián Herrera Tapia.

Josué Guillermo Zambrano Oña.

TUTOR:

PhD. Medardo Ángel Ulloa Enríquez.

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.

Latacunga, 11 de marzo del 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Josué Guillermo Zambrano Oña y Xavier Sebastián Herrera Tapia declaramos ser autores del proyecto de titulación “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”, siendo el Ing. PhD. Medardo Ángel Ulloa Enríquez tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Josue Guillermo Zambrano Oña
CC. 0550130884



Xavier Sebastián Herrera Tapia
CC. 0550096259

AVAL DEL TUTOR.

Latacunga, marzo 11 de 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”**, propuesto por los estudiantes Xavier Sebastián Herrera Tapia y Josué Guillermo Zambrano Oña de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



PhD. Medardo Ángel Ulloa Enríquez

C.C. 1000970325

TUTOR

AVAL DE MIEMBROS DE LECTORES.


Latacunga, Marzo 09 del 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING", propuesto por los estudiantes Xavier Sebastián Herrera Tapia y Josué Guillermo Zambrano Oña de la Carrera de Ingeniería Industrial me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad **proyecto de titulación** en virtud de lo cual los postulantes pueden presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



Lector 1 (presidente)
Nombre: Ing. José Naranjo MsC.
CC: 1804710463



Lector 2
Nombre: Dr. Jonathan Ruiz
CC: 0703323824



Lector 3
Nombre: Ing. Cristian Eugenio MsC
CC: 1723727473

CARTA DE AVAL DE LA EMPRESA.

Latacunga, 2 de marzo del 2026



AVAL DE LA EMPRESA

Ing. Cristian Ulloa.

Jefe de Producción “Construcciones Ulloa”.

Presente. -

En calidad de Gerente de la empresa “Construcciones Ulloa”, avalo que el proyecto de Investigación con el título: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”** de autoría de los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi: **Herrera Tapia Xavier Sebastián** con cedula de ciudadanía N° **0550096259**, **Zambrano Oña Josué Guillermo** con cedula de ciudadanía N° **0550130884**, de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requerimientos metodológicos y aportes que requiere la empresa para la ejecución del proyecto de investigación.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi.

Atentamente,


.....
Ing. Cristian Ulloa.



CONSTRUCCIONES ULLOA CIA. LTDA.

CI: 0502394380

Jefe de Producción Construcciones Ulloa.

Dedicatoria.

Dedico este proyecto a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental en cada etapa de mi carrera, brindándome su apoyo incondicional en todo momento. A mi familia, que me enseñó que sin importar cuán difícil sea el camino, siempre vale la pena seguir adelante con esfuerzo y dedicación. De manera especial, a mi hermana, quien ha sido una figura clave en mi crecimiento académico y personal, acompañándome y guiándome a lo largo de este proceso. Asimismo, dedico este trabajo a mis docentes, quienes contribuyeron directamente en mi formación tanto académica como personal, y a cada amigo y amiga que, de una u otra manera, dejó una huella importante en mí durante esta travesía.

Sebastián Herrera.

Dedicatoria.

El presente logro representa un paso significativo en mi vida personal y profesional, el cual dedico con profundo amor y gratitud a mis padres, quienes han sido mi guía constante, brindándome valores, apoyo incondicional y fortaleza en cada etapa de mi formación.

A ellos les debo este título de Ingeniería Industrial, ya que, sin su esfuerzo, sacrificio y confianza, nada de esto habría sido posible.

Josué Zambrano.

Agradecimiento.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por haberme concedido la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para enfrentar cada obstáculo y prueba que se presentó a lo largo de este camino. Su guía fue mi mayor sostén en los momentos más difíciles.

De igual manera, agradezco profundamente a mi familia, por estar siempre presente y pendiente de mi desarrollo académico, brindándome su apoyo moral y económico de manera incondicional. Su constante preocupación por mi bienestar y tranquilidad fue un impulso fundamental para no rendirme y seguir adelante con determinación.

A mis docentes, quiero extender mi gratitud por compartir sus conocimientos con generosidad y compromiso, y por guiarme no solo en lo académico, sino también en lo personal. Cada enseñanza recibida dejó una huella que llevaré conmigo a lo largo de mi vida profesional.

Finalmente, agradezco a mis amigos, quienes hicieron más llevadera esta etapa con su compañía, su apoyo y sus palabras de aliento en los momentos en que más los necesité. Sin duda, este logro también lleva un poco de cada uno de ellos.

Sebastián Herrera.

Agradecimiento.

Expreso mi más sincero e infinito agradecimiento a toda mi familia, quienes me acompañaron y apoyaron a lo largo de este proceso académico. De manera especial, agradezco a mis hermanas Sol y Paulina, y a mi abuelita Mercedes, por su cariño, motivación y constante respaldo.

Asimismo, agradezco a mi enamorada Jenifer y a su familia, quienes han sido un pilar fundamental durante mi formación, brindándome apoyo, comprensión y ánimo para culminar esta importante etapa de mi vida.

De igual manera, extiendo mi gratitud a los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial por compartir sus conocimientos, orientación y dedicación, así como a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente.

Josué Zambrano.

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING.”

Autores:

Herrera Tapia Xavier Sebastián.

Zambrano Oña Josué Guillermo.

Resumen.

La industria metalmecánica juega un papel fundamental en el desarrollo económico, ya que proporciona productos y estructuras metálicas a numerosos sectores productivos. Sin embargo, muchas de las organizaciones del sector padecen de orden en los procesos productivos, lo cual conduce a desperdicios, tiempos muertos y sobre todo una reducción significativa de la eficiencia operativa. En este sentido, el objetivo del siguiente proyecto de investigación es proponer una mejora de la eficiencia operacional en la empresa Construcciones Ulloa por medio de la aplicación de herramientas de la calidad y Lean Manufacturing, la investigación es descriptiva y los métodos fueron el deductivo e inductivo, para identificar desperdicios se emplearon técnicas de observación directa, análisis ABC, estudio de tiempos, auditoria 5S y checklist. Se inició con el análisis de las ventas para determinar el producto de mayor demanda y su proceso crítico, identificado como ensamblaje de tanques. Luego se diagnosticó el estado actual del proceso con la medición de indicadores de eficiencia operacional. Se evidenciaron problemas asociados a la poca practica de orden, limpieza estandarización, tiempos muertos en las estaciones de trabajo; y, se obtuvieron los siguientes resultados, que evidencian la existencia de mudas principalmente relacionados a las esperas, los inventarios y los defectos, perjudicando gravemente a la productividad de la empresa. Esta revelación permite plantear una propuesta de mejora basada en herramientas Lean Manufacturing. La ejecución de estas estrategias permitirá fortalecer la eficiencia operacional de la empresa, aumentándola de un 37.7% a 46,6% y establecer un modelo de mejora continua aplicable a otras industrias metalmecánicas.

Palabras clave: Eficiencia operacional, Estudio de tiempos, Industria metalmecánica, Lean Manufacturing, Mejora de procesos.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “ANALYSIS AND PROPOSAL FOR IMPROVING OPERATIONAL EFFICIENCY IN ULLOA CONSTRUCTIONS THROUGH THE APPLICATION OF QUALITY TOOLS AND LEAN MANUFACTURING.”

Authors:

Herrera Tapia Xavier Sebastián.

Zambrano Oña Josué Zambrano.

Abstract.

The metalworking industry plays a fundamental role in economic development, as it provides metal products and structures to numerous productive sectors. However, many organizations in the sector suffer from disorder in their production processes, which leads to waste, downtime, and, above all, a significant reduction in operational efficiency. In this regard, the objective of the following research project is to propose an improvement in operational efficiency at the company Construcciones Ulloa through the application of quality tools and Lean Manufacturing. The research is descriptive and the methods used were deductive and inductive. To identify waste, direct observation techniques, ABC analysis, time studies, 5S audits, and checklists were used. It began with an analysis of sales to determine the product in highest demand and its critical process, identified as tank assembly. The current state of the process was then diagnosed by measuring operational efficiency indicators. Problems associated with poor order, cleanliness, standardization, and downtime at workstations were identified, and the following results were obtained, which show the existence of waste mainly related to waiting, inventory, and defects, seriously damaging the company's productivity. This revelation allows us to propose an improvement based on Lean Manufacturing tools. The implementation of these strategies will strengthen the company's operational efficiency, increasing it from 37.7% to 46.6%, and establish a model of continuous improvement applicable to other metalworking industries.

Keywords: Operational efficiency, Time study, Metalworking industry, Lean Manufacturing, Process improvement.

AVAL DEL ABSTRACT.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del tema del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”**, presentado por: **Herrera Tapia Xavier Sebastián y Zambrano Oña Josué Guillermo** egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo de 2026

Atentamente,

MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



ÍNDICE.

1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.4. BENEFICIARIOS.....	4
2.4.1. Beneficiarios Directos.....	4
2.4.2. Beneficiarios Indirectos.....	4
2.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
2.6. OBJETIVOS.....	5
2.6.1. Objetivo General.....	5
2.6.2. Objetivos Específicos.....	6
2.7. SISTEMA DE TAREAS.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
3.1. ANTECEDENTES.....	8
3.2. MARCO TEÓRICO.....	11
3.2.1. Lean Manufacturing.....	11
3.2.2. Conceptos y Fundamentos.....	11
3.2.3. Principios de implementación.....	12
3.2.4. Técnicas.....	12
3.2.5. Herramientas Clave.....	13
3.2.6. 5S.....	13
3.2.7. Identificación de desperdicios (Mudas).....	15
3.3. HERRAMIENTAS DE CALIDAD.....	15
3.3.1. Conceptos y fundamentos.....	15
3.3.2. Relación con la gestión de la calidad total (TQM).....	16

3.3.3. Importancia de mejora continua de procesos.	16
3.4. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEJORA DE CALIDAD.	17
3.4.1. Diagrama de Pareto.	17
3.4.2. Aportes de Kaoru Ishikawa.	17
3.4.3. Evolución desde el control estadístico de procesos.....	18
3.4.4. Adaptación a entornos industriales y de servicios.	19
3.5. PRINCIPIOS DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD.	19
3.5.1. Enfoque en datos y hechos.	19
3.5.2. Toma de decisiones basada en evidencia.....	20
3.5.3. Variabilidad y control de los procesos productivos.	21
3.5.4. Modelos y herramientas de calidad.	21
3.5.5. Beneficios de las Herramientas de Calidad.	22
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.	23
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
4.1.1. Investigación Descriptiva.	23
4.2. ANÁLISIS MÉTODOS.....	24
4.2.1. Método Inductivo.	24
4.2.2. Método Deductivo.	24
4.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	25
4.3.1. Observación directa.	25
4.3.2. Mapa de Proceso.....	25
4.3.3. Reconocimiento de las Áreas de Trabajo.	26
4.4. ESTACIONES DE TRABAJO.....	26
4.4.1. Armado del chasis.....	26
4.4.2. Montaje del chasis.	27
4.4.3. Creación de accesorios.	27

4.4.4. Prueba Hidrostática.....	28
4.4.5. Montaje de accesorio.	29
4.5. TÉCNICAS UTILIZADAS.....	29
4.5.1. Análisis ABC.	29
4.5.2. Encuestas aplicadas al personal.....	30
4.5.3. Tabla comparativa para elección de la Herramienta Lean Manufacturing.....	31
4.5.4. Análisis de Tiempos.....	32
4.5.5. Auditorías 5S.	33
4.5.6 Checklist para identificación de mudas.....	39
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
5.1 ANÁLISIS ABC.....	43
5.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA A DIRECTIVOS.....	44
5.2.1 Importancia del producto de tanques dentro de la empresa.	45
5.2.2 Identificación del proceso con mayor duración en la producción.....	45
5.3 LEVANTAMIENTO DE PROCESOS.....	46
5.3.1 Línea de Producción de Tanques.....	46
5.4 CURSOGRAMAS ANALÍTICOS.....	52
5.4.1 Línea de Producción de Tanques.....	52
5.5 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	55
5.6 INDICADORES DE EFICIENCIA ACTUAL.....	61
5.6.1 Indicador porcentual de cada proceso.....	62
5.6.2 Indicador sobre el tiempo productivo del sistema.....	62
5.6.3 Indicador del balance del proceso.....	63
5.6.4 Índice de la eficiencia operacional.....	63
5.7 CHECKLIST PARA LA IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS (MUDAS).....	64
5.8 DIAGRAMA DE PARETO.....	65
5.9 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	67

5.10 RESULTADOS COMPARATIVA DE LAS HERRAMIENTAS LEAN.	69
5.10.1 Herramienta 5S.	70
5.10.2 Herramienta Estandarización de trabajo.	70
5.10.3 Herramienta SMED.	71
5.10.4 Herramienta TPM (Mantenimiento productivo total).	72
5.10.5 Herramienta Kanban / JIT.	73
5.10.6 Herramienta Poka – Yoke.	73
5.10.7 Herramienta VSM.	74
5.10.8 Herramienta Jidoka.	75
5.10.9 Conclusión del análisis de encuestas a operarios.	76
5.11 RESULTADOS AUDITORÍAS 5S.	77
5.12 FUNDAMENTACIÓN DE LA INTERVENCIÓN EN EL PROCESO DE CREACIÓN DE ACCESORIOS.	78
5.13 DEFINICIÓN DE ACCESORIOS EN EL PROCESO.	78
5.14 MEJORAS FÍSICAS Y ORGANIZACIONALES.	79
5.15 EVALUACION CUANTITATIVA DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL.	86
5.15.1 Nuevos tiempos del Proceso.	86
5.15.2 Determinación del tiempo total del sistema productivo.	86
5.15.3 Nueva eficiencia operacional.	87
5.16 INDICADORES DE EFICIENCIA DESPUES DE LA MEJORA LEAN MANUFACTURING.	87
5.16.1 Indicador porcentual de cada proceso.	88
5.16.2 Indicador sobre el tiempo productivo del sistema.	88
5.16.4 Comparación de resultados de la eficiencia operacional del cuello de botella.	89
5.16.5 Impacto en el sistema completo.	90
5.17 DIAGRAMA DE GANTT.	91
5.18 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.	92

5.18.1 Costos de implementación de la propuesta.....	92
5.18.2 Incremento de capacidad productiva anual.	94
5.18.3 Ingresos adicionales generados por la mejora.	96
5.18.4 Relación Beneficio – Costo de la implementación.....	96
5.18.5 Relación Costo – Beneficio de la implementación.....	97
5.18.6 Periodo de recuperación de la inversión.....	98
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	98
6.1 CONCLUSIONES.....	98
6.2 RECOMENDACIONES.	99
7. REFERENCIAS.	101

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1. Beneficiarios Directos.	4
Tabla 2.2. Beneficiarios Indirectos.	5
Tabla 2.3. Parte A. Sistema de Tareas.	6
Tabla 2.3. Parte B. Sistema de Tareas.	7
Tabla 3.1. Principios de implementación.	12
Tabla 3.2. Técnicas de Lean Manufacturing.	13
Tabla 3.3. Herramientas de Calidad.	22
Tabla 4.1. Encuestas Aplicadas al personal.	30
Tabla 4.2. Comparativa herramientas Lean.	32
Tabla 4.3. Auditoria de la primera “S” en las áreas de trabajo.	34
Tabla 4.4. Evaluación de la segunda “S” en las áreas del trabajo.	35
Tabla 4.5. Evaluación de la tercera “S” de las áreas de trabajo.	36
Tabla 4.6. Evaluación de la cuarta “S” en las áreas de trabajo.	37
Tabla 4.7. Evaluación de la quinta “S” en las áreas de trabajo.	38
Tabla 4.8. Checklist Esperas.	39
Tabla 4.9. Checklist de Transporte.	40
Tabla 4.10. Checklist de Movimientos.	40
Tabla 4.11. Checklist de Inventarios.	41
Tabla 4.12. Checklist de sobreproceso.	41
Tabla 4.13. Checklist de Sobreproducción.	42
Tabla 4.14. Checklist de Defectos.	42
Tabla 5.1. Parte A, Análisis de ventas mensuales.	43
Tabla 5.2. Análisis ABC.	43
Tabla 5.3. Resultados de encuestas a directivos.	44
Tabla 5.4. Importancia de los tanques en la empresa.	45
Tabla 5.5. Identificación del proceso que más tiempo dura.	45

Tabla 5.6. Levantamiento de Procesos. Preparación del material.	47
Tabla 5.7. Levantamiento de Procesos. Unión estructural del tanque.....	48
Tabla 5.8. Levantamiento de Procesos. Ensamblaje de Tanques.	49
Tabla 5.9. Levantamiento de Procesos. Acabado Superficial.	50
Tabla 5.10. Levantamiento de Procesos. Identificación del Producto.....	51
Tabla 5.11. Cursograma analítico. Preparación de material.....	52
Tabla 5.12. Cursograma analítico. Unión estructural del tanque.	53
Tabla 5.13. Cursograma analítico. Ensamble de Tanque.	53
Tabla 5.14. Cursograma analítico. Acabado superficial.....	54
Tabla 5.15. Cursograma analítico. Identificación del Producto.	54
Tabla 5.16. Estudio de tiempos.	55
Tabla 5.17. Cálculo de la Desviación Estándar.	58
Tabla 5.18. Tamaño de Muestra.	58
Tabla 5.19. Parte A. Valoración de Ritmo.	60
Tabla 5.19. Parte B. Datos de Suplementos.	61
Tabla 5.20. Tiempo total del Proceso.	61
Tabla 5.21. Comparación Porcentajes Checklist.	65
Tabla 5.22. Proceso ensamblaje de Tanques.	65
Tabla 5.23. Checklist Desperdicios.	66
Tabla 5.24. Diagrama de Pareto desperdicios.	67
Tabla 5.25. Resultados de la metodología 5S.....	70
Tabla 5.26. Resultados de la metodología estandarización.	71
Tabla 5.27. Resultados de la metodología SMED.....	71
Tabla 5.28. Resultado de la metodología TPM.	72
Tabla 5.29. Resultados de la metodología Kanban/JIT.	73
Tabla 5.30. Resultados de la metodología Poka-Yoke.....	74
Tabla 5.31. Resultados de la metodología VSM.	74
Tabla 5.32. Resultados de la metodología Jidoka.	75
Tabla 5.33. Resultados de las encuestas propuestas.....	76
Tabla 5.34. Resultado de las auditorías.	77
Tabla 5.35. Accesorios fabricados para el tanque.	79
Tabla 5.36. Parte A. Mejoras físicas y operacionales.....	79
Tabla 5.36. Parte B. Mejoras físicas y operacionales.....	80

Tabla 5.36. Parte C. Mejoras físicas y operacionales.....	81
Tabla 5.36. Parte D. Mejoras físicas y operacionales.....	82
Tabla 5.37. Matriz impacto – desperdicio de las mejoras propuestas.	83
Tabla 5.38. Parte A. Determinación del porcentaje de reducción por mejora.....	84
Tabla 5.38. Parte B. Determinación del porcentaje de reducción por mejora.....	85
Tabla 5.39. Estudio de promedios generales de los procesos.....	87
Tabla 5.40. Comparación de eficiencia operacional y tiempo promedio.	90
Tabla 5.41. Nuevo estudio de promedio generales de los procesos.	90
Tabla 5.42. Cronograma de Implementación.	91
Tabla 5.43. Parte A. Costos de Implementación.	92
Tabla 5.43. Parte B. Costos de implementación.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 3.1. Las 5S.....	14
Figura 4.1. Mapa de Procesos.....	26
Figura 4.2. Armado del chasis.	27
Figura 4.3. Montaje de chasis.....	27
Figura 4.4. Creación de accesorios.....	28
Figura 4.5. Prueba Hidrostática	28
Figura 4.6. Montaje de accesorios.	29
Figura 4.7. resultado en porcentaje, primera “S”.	34
Figura 4.8. Resultado en porcentaje de la segunda “S”.....	35
Figura 4.9. Resultado en porcentaje de la tercera “S”.	36
Figura 4.10. Representación porcentual de la 4ta “S”.....	37
Figura 4.11. Representación porcentual de la quinta “S”.....	38
Figura 5.1. Diagrama de flujo. Preparación de Material.	47
Figura 5.2. Diagrama de flujo. Unión estructural del tanque.	48
Figura 5.3. Diagrama de flujo. Ensamblaje del tanque.	49
Figura 5.4. Diagrama de flujo. Acabado superficial.....	50
Figura 5.5. Diagrama de flujo. Identificación del producto.	51
Figura 5.6. Factores para el cálculo de las diferentes cartas de control.	56
Figura 5.7. Tabla para el cálculo del número de observaciones.	60
Figura 5.8. Diagrama de Pareto Procesos.....	66
Figura 5.9. Diagrama de Pareto Desperdicios.	67
Figura 5.10 Diagrama de Ishikawa Procesos.	68
Figura 5.11. Diagrama de Ishikawa Desperdicios.	68
Figura 5.12. Diagrama Porcentual de los resultados.	77
Figura 5.13. Diagrama de Gantt.	92

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Tema del proyecto: Análisis y propuesta de mejora de la eficiencia operacional en Construcciones Ulloa mediante la aplicación de Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing.

Modalidad de Titulación:

Propuestas Tecnológicas	
Proyectos de Investigación	X

Carrera: Ingeniería Industrial.

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Integrantes:

Xavier Sebastián Herrera Tapia.

Josué Guillermo Zambrano Oña.

Tutor: Dr. Medardo Ángel Ulloa Enríquez.

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción.

Línea de investigación: Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgo y seguridad laboral.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Sistemas integrado de producción y operaciones industriales para el desarrollo sostenible.

2. INTRODUCCIÓN.

Las industrias metalmecánicas en Ecuador se caracterizan por ser un sector estratégico e integral al abastecer a otras entidades dentro del país, operando de manera continua en entornos exigentes, mismos que suelen basarse en sus procesos productivos en donde se usa una gran variedad de herramientas y maquinaria, siendo esencial la organización dentro del lugar de trabajo [1]. Sin embargo, estas características dentro de algunas empresas de Ecuador como Construcciones Ulloa, han sido seriamente afectadas al no existir orden lo cual ha generado que haya ineficiencias significativas dentro de las estaciones de trabajo afectando a la Eficiencia Operacional de la organización perjudicando así la competitividad de la misma ante la presencia de otras empresas.

La metalmecánica es conocida por ser uno de los motores del crecimiento económico del país, por la manufactura de productos impulsores con poco, medio o alto valor agregado, por lo que se vuelve relevante el fomento y la diversificación de las exportaciones en esta industria. Asimismo, se conoce por ser: un proceso de diseño y fabricación de estructuras metálicas, cuyos procesos y calidad son muy complejos, estos procesos implican un conjunto de diversas acciones donde se utilizan productos de la siderurgia, empleando algún tipo de transformación, ensamblaje o reparación [2].

Ante la problemática por la cual pasa la empresa, existe la necesidad urgente de implementar Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing, las cuales permitan realizar estrategias para eliminar desperdicios, minimizar los desperdicios, para obtener un resultado positivo al momento del desempeño de los procesos. El enfoque de las Herramientas mencionadas ayuda de manera significativa a fortalecer la gestión operativa, fomentando la mejora continua en la organización lo cual genera valor agregado hacia los clientes [3]. Las mismas se orientan a la eliminación de actividades que no aportan valor, fortaleciendo la organización y desarrollando un compromiso con el personal.

De esta manera, el desarrollo del siguiente trabajo tiene como objetivo principal analizar y proponer mejoras en la Eficiencia Operacional en el proceso de ensamble de tanques en Construcciones Ulloa, mediante la implementación de las Herramientas antes mencionadas. A través de diversas actividades como estudio de tiempos, identificación de despilfarros, entre

otros [4]. Al indagar se busca establecer una propuesta la cual contribuya a mejorar las estaciones de trabajo, reduciendo los tiempos de ciclo y elevando los tiempos de productividad.

Lo que se pretende con el desarrollo de la siguiente investigación no es solo beneficiar a la organización, sino más bien crear un modelo el cual sea replicable para diversas empresas metalmeccánicas dentro del país, fortaleciendo la gestión industrial, promoviendo de esta manera a la mejora continua, asimismo contribuyendo al desarrollo económico.

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

En industrias metalmeccánicas es indispensable implementar mejoras para lograr un progreso en la eficiencia operacional y organizacional. Esto es necesario para sobresalir en un mercado globalizado. Una estrategia altamente prometedora y novedosa es la aproximación eficiente a la producción, ampliamente reconocida como “Lean Manufacturing” [5].

De esta manera, las causas identificadas dentro de la industria es la falta de estandarización en la estación de trabajo, donde no existe un orden o limpieza lo cual genera la presencia de tiempos improductivos al momento de buscar herramientas o equipos afectando a la eficiencia operacional.

En el contexto del estudio, el problema dentro de “Construcciones Ulloa” ha sido afectado de manera negativa en el proceso de ensamblaje de tanques lo cual ha afectado a las características mencionadas con anterioridad, haciendo un énfasis especial en lo que conlleva a la falta de implementación de metodologías sobre la manufactura esbelta y herramientas de calidad, mismas que al no ser aplicadas causan desperdicio de recursos y desorganización que llevan a la inseguridad de los trabajadores, lo que limita la competitividad de la organización.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo mejorar la eficiencia operacional dentro del proceso de ensamblaje de tanques en Construcciones Ulloa mediante la propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing y Herramientas de Calidad?

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.

Objeto de investigación: Mejora de la Eficiencia Operacional en el proceso de ensamblaje de tanques en la empresa Construcciones Ulloa.

Campo de acción: Según la nomenclatura de la UNESCO, es la 3310: Tecnología Industrial. En el campo 3310.03: Procesos Industriales.

2.4. BENEFICIARIOS.

El desarrollo de la siguiente investigación beneficiara a Construcciones Ulloa de manera directa e indirecta al proponer la implementación de Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing, apoyando al desarrollo de la organización.

2.4.1. Beneficiarios Directos.

En la tabla 2.1 se ha tomado como beneficiarios directos a la Empresa Construcciones Ulloa y a los trabajadores, debido a que reciben de manera inmediata la propuesta de mejora que se desea implementar al optimizar los tiempos y mejorar la eficiencia operativa.

Tabla 2.1. Beneficiarios Directos.

BENEFICIARIOS DIRECTOS	
Propietarios.	2
Trabajadores del proceso de ensamble de tanques.	10
Total	12

2.4.2. Beneficiarios Indirectos.

En la tabla 2.2 se ha considerado como beneficiarios indirectos a aquellos actores externos como los clientes y proveedores, ya que reciben beneficios sin participar directamente derivados de la mejora operativa y organización de la empresa.

Tabla 2.2. Beneficiarios Indirectos.

BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Clientes.	40
Proveedores.	50
Total	90

2.5. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo del siguiente trabajo parte de la necesidad de mejorar la Eficiencia Operacional dentro de Construcciones Ulloa, se determinó que en la empresa la falta de organización y estandarización generan desperdicios y deficiencias en las diferentes áreas, como lo es el ensamblaje de tanques. Asimismo, la ausencia de orden y limpieza en el lugar que se desarrollan las actividades ha generado todos estos problemas, lo cual produce altas variabilidades en los procesos que se llevan a cabo en cada estación de trabajo.

Es así que, la siguiente investigación se basa en la necesidad que conlleva la empresa Construcciones Ulloa, de contar con un sistema de trabajo organizado y estandarizado. Por ello, la propuesta de implementación de Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing es una oportunidad clara para fortalecer dichas características dentro de la organización, debido a que las metodologías han demostrado ser efectivas en las industrias metalmeccánicas a nivel mundial. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que, al no implementar estos procedimientos, los desperdicios, tiempos muertos, seguirán afectando de manera negativa el avance y competitividad de la empresa.

De esta manera, al realizar la implementación de las siguientes Herramientas tiene como intención que la industria Construcciones Ulloa se vuelva más competitiva respecto a otras metalmeccánicas del sector, permitiendo que este modelo sea replicado en otras organizaciones, contribuyendo a la estandarización dentro de las mismas.

2.6. OBJETIVOS.

2.6.1. Objetivo General.

Proponer una mejora de la eficiencia operacional en Construcciones Ulloa mediante la aplicación de Herramientas de Calidad y Lean Manufacturing.

2.6.2. Objetivos Específicos.

- Identificar el producto de mayor demanda en la empresa Construcciones Ulloa a través de un análisis ABC, determinando su proceso crítico mediante la formulación de encuestas aplicadas al personal operativo.
- Diagnosticar el estado actual del producto mediante la medición de la eficiencia operacional en el proceso crítico seleccionado para la aplicación de una herramienta Lean Manufacturing.
- Elaborar una propuesta combinando Herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de espacios de trabajo reduciendo tiempos de ciclo y aumentando la Eficiencia Operacional.

2.7. SISTEMA DE TAREAS.

Tabla 2.3. Parte A. Sistema de Tareas.

Objetivos Específicos.	Actividades (tareas).	Resultados Esperados.	Técnicas, medios e instrumentos.
Identificar el producto de mayor demanda en el proceso de producción de la empresa Construcciones Ulloa mediante el análisis ABC.	Elaboración de un mapa de procesos de la empresa.	Mapa de procesos de la empresa.	Software.
	Recolección de datos sobre la venta de los productos en los últimos años.	Datos históricos de los productos elaborados en la empresa.	Observación directa. Revisión de la base de datos.
	Clasificación de productos mediante un análisis ABC.	Análisis ABC.	Datos históricos. Hojas de cálculo.
	Desarrollo de formularios para la identificación del proceso crítico.	Encuestas para evaluar el punto crítico del proceso.	Lista de verificación. Validación de expertos.

Tabla 2.3. Parte B. Sistema de Tareas.

Diagnosticar el estado actual de la empresa mediante la medición de la eficiencia operacional en el proceso crítico seleccionado para la aplicación de una herramienta Lean Manufacturing.	Levantamiento de procesos sobre el producto seleccionado.	Diagramas de flujo, cursogramas.	Software. Hojas de cálculo.
	Estudio de tiempos sobre el proceso.	Tabla con los tiempos promedio de cada proceso.	Estudio de tiempos. Hojas de cálculo.
	Medición de indicadores sobre la Eficiencia Operacional actuales.	Tiempos de ciclo, cálculo de los diferentes indicadores.	Fórmulas de Eficiencia. Hojas de cálculo.
	Identificación los 7 desperdicios (mudas) mediante checklist.	Encuestas de checklist para evaluar el porcentaje de cada desperdicio.	Checklist de mudas. Observación directa.
	Elaboración de diagramas de Pareto e Ishikawa a problemas identificados.	Gráfico de los diagramas de Pareto e Ishikawa en donde se identifican los problemas.	Hojas de cálculo. Estudio de tiempos. Cálculo de frecuencias. Análisis 6M.
	Aplicación de encuestas que ayuden a identificar la herramienta más viable para la propuesta de implementación.	Encuestas estructuradas para la identificación de la Herramienta Lean a proponer.	Validación de expertos. Investigación sobre metodologías Lean.
	Auditorías de la Herramienta seleccionada, las cuales se adapten a la construcción de los tanques.	Auditorías para evaluar cada característica de la Herramienta seleccionada.	Investigación sobre metodología Lean. Lista de verificación.
Integrar una propuesta de mejora combinando Herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de espacios de trabajo reduciendo tiempos de ciclo y aumentando la Eficiencia Operacional.	Propuesta de mejoras físicas y organizacionales.	Tabla de 10 mejoras físicas y organizacionales identificando: tipo de mejora, herramientas Lean.	Análisis de auditorías 5S. Tabla de resumen. Estudio de tiempos.
	Creación de una propuesta de trabajo estandarizado para el área de Creación de Accesorios.	Tabla de trabajo estandariza con 5 operaciones principales.	Observación directa. Estudio de tiempos. Herramientas Lean Manufacturing.
	Propuesta para reducir la variabilidad.	Tabla comparativa mostrando la situación actual vs la situación de la propuesta.	Análisis del estudio de tiempos. Hojas de cálculo. Fórmulas de variabilidad.
	Cronograma de implementación (Diagrama de Gantt para 12 meses).	Diagrama de Gantt con hitos principales.	Hojas de cálculo. Identificación de hitos críticos. Secuencia de actividades.
	Análisis costo beneficio.	Cálculo del costo beneficio.	Análisis financiero. Cotizaciones y estimaciones del sector.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

3.1. ANTECEDENTES.

La eficiencia operacional representa un pilar fundamental dentro de la empresa, debido a que permite tener un buen manejo de los recursos y mejorar la productividad. Es así que las herramientas Lean Manufacturing ayudan a agilizar los procesos evitando desperdicios dentro de la industria y contribuyendo en la organización de la misma [6]. Por otro lado, en este trabajo se analizará contribuciones teóricas relevantes que permitan plantear soluciones prácticas para que la empresa trabaje de forma ordenada y eficiente.

Asimismo, la eficiencia de los recursos ha sido durante mucho tiempo la forma más común de ver la eficiencia y todavía domina la forma en que se diseñan, monitorean y administran las organizaciones en todas las industrias. La eficiencia se basa en los recursos que una organización necesita para producir un producto o servicio, incluida personas, ubicaciones, equipos, herramientas y sistemas de información [7] En este sentido, la eficiencia se basa en el buen manejo de los recursos con los que ellos cuentan, es así que el desempeño de una empresa depende de cómo se ha aprovechado cada uno de los elementos como lo son: personal, infraestructura y herramientas. Por ello se busca utilizar dichos recursos de manera efectiva con el propósito de reducir desperdicios y costos, sin que estos afecten la calidad del producto.

Los términos característicos empleados para el desarrollo de indagación en inglés fueron "Lean Manufacturing", sin embargo, no se logró conseguir información por lo cual se recurrió a su traducción en español "Manufactura Esbelta" esto con el fin de acotar parte de la difusión relacionada al tema.

Por lo tanto, el mundo hoy en día hace que sea competitivo ante el reto de implementar técnicas innovadoras y nuevas que permitan competir en el mercado global. Es por lo que se ve a los sistemas de producción esbelta (Lean Manufacturing) como una alternativa consolidada en la mejora continua y su aplicación que permite el incremento de la productividad para lograr que la empresa pretenda ser competitiva ante un mundo de cambio [8]. Por otro lado, la intención de esta investigación es juntar aquellos parámetros que lleguen a la aplicación de la manufactura esbelta en las industrias y así ratificar la importancia de esta herramienta en la reducción de desperdicios, así como el desarrollo que la misma ha tenido con el transcurso del tiempo.

En este sentido, la industria metalmecánica, como uno de los sectores más vitales a nivel mundial, desempeña un papel clave al generar maquinaria, productos y suministros esenciales para una amplia gama de industrias manufactureras. Su contribución no solo se limita a la fabricación, sino que también se extiende a la creación de una considerable cantidad de empleos directos, consolidando así su impacto socioeconómico [9]. Esta área, encargada de la modificación de metales, es esencial para la elaboración de productos metálicos siendo fundamentales para organizaciones como la minería, la construcción y no solo esas, sino también zonas emergentes que demandan innovación y tecnología. Destacando así la fácil adaptación que la metalmecánica posee en mercados, renovando la eficiencia operativa y disminuyendo costos.

De esta manera, valorar la ejecución de acciones de mejora continua vinculadas con lean como, sistemas poka yoke, reducción de tiempo de ejecución, 5S, just in time, visual factory, six sigma, en las pequeñas y medianas empresas de panadería de Medellín. Para ello emplearon una metodología cuantitativa, con una muestra de 86 empresas panaderas [10]. El desarrollo de la investigación mostró que múltiples organizaciones se sitúan dentro de empresas productivas, las cuales tienen estándares altos al momento de ejecutar herramientas de manufactura esbelta, incrementando las ventas, disminuyendo los desperdicios y sintetizando costos.

El sentido de esta investigación es animar a los empresarios de la región a implantar de forma correcta y definitiva el lean. Para ello se tomó una muestra de 10 empresas, con una metodología mixta. Los autores concluyen que, con la investigación realizada, se evidencia el escaso uso y manejo de los conceptos tanto de lean manufacturing como de las herramientas de mejora continua [10]. Asimismo, la productividad y carencia de ideas sobre métodos modernos para la producción se ven reflejadas en dichas organizaciones, donde es imprescindible que las empresas ya sean pequeñas, medianas o grandes desarrollen competitividad a través de equiparar dureza individual, lo cual acarree a los consumidores a inclinarse por su producto.

Así también, reducir los residuos en el proceso productivo de fresa congelada a través de la aplicación de la variable independiente conocida como Manufactura Esbelta, se enfoca con el propósito en abordar desafíos prácticos y específicos, y se basa en la aplicación directa de descubrimientos o conocimientos a situaciones cotidianas [11]. En otras palabras, se tomó en

cuenta un aspecto cuantitativo, en donde la recopilación de datos es esencial para procesarlos a través de un estudio estadístico y mediciones, en este sentido la investigación es considerada como preexperimental debido a la carencia de control sobre las variables.

Esta área, encargada de la modificación de metales, es esencial para la elaboración de productos metálicos siendo fundamentales para organizaciones como la minería, la construcción y no solo esas, sino también zonas emergentes que demandan innovación y tecnología. Destacando así la fácil adaptación que la metalmecánica posee en mercados, renovando la eficiencia operativa y disminuyendo costos.

El presente trabajo de investigación titulado “Uso del diagrama de Pareto en la identificación de la calidad de los servicios públicos que se brindan en el Distrito de Chancay, 2019”, tiene como principal objetivo determinar si el diagrama de Pareto muy aplicado en economía para identificar áreas en las que centrarse primero en mejora del proceso, permitiendo encontrar el problema desde el más alto al más bajo, ya que sostiene que aproximadamente el 80% de los problemas se derivan del 20% de las causas [12].

El Pareto facilita la toma de decisiones estratégicas, ya que convierte cantidades exagerantes de datos en prioridades accionables. Se considera que su utilidad radica en que permite que la empresa se enfoque más en los problemas principales que generan un gran impacto si no se llegara a solucionar.

Las técnicas para el recojo de información fueron la observación directa y el análisis documental con sus respectivos instrumentos. En el análisis de la problemática se utilizaron herramientas como el Diagrama de Ishikawa la cual permitió determinar las principales causas que ocasionan una baja productividad en la fábrica [13].

También ayuda a que el equipo discuta y aporte ideas, lo que mejora el análisis. Se evidencia que su mayor valor está en que obliga a pensar de forma más amplia y no quedarse solo con la causa más obvia. Además, facilita priorizar qué aspectos investigar primero. En general, se considera que es indispensable cuando se busca una mejora real en cualquier proceso.

En este panorama dicha teoría tendrá un impacto significativamente en el desarrollo del tema, Proponer de un flujograma para las mejoras del control interno del estudio contable Malca”. Permitirá la identificación con bases teorías el cuello botellas de proceso de la información. Así mismo las limitaciones o restricciones que se puede afrontar pueden ser restricciones internas y restricciones externas del estudio [14].

El flujograma es una herramienta que facilita la comprensión de un proceso, ya que muestra de forma clara y ordenada cada una de sus etapas. Se considera que, su mayor ventaja es que permite ver el proceso completo y no solo partes aisladas. Además, fomenta una mejor organización del trabajo y una comunicación más efectiva dentro de la empresa. En conclusión, el flujograma es esencial para lograr mejoras continuas en la calidad.

Las distintas posiciones tienen como responsabilidad el mantenimiento y mejoramiento de los procesos, mientras más directivo sea el puesto realizará menos actividades de más actividades de mejoramiento de procesos, así mismo, mientras más operativa sea la posición esta realizará menos actividades de mejoramiento y más actividades de mantenimiento de procesos [15].

3.2. MARCO TEÓRICO.

3.2.1. Lean Manufacturing.

3.2.2. Conceptos y Fundamentos.

La metodología de la manufactura esbelta evolucionó en paralelo con las revoluciones industriales. Antes de la revolución industrial, la producción era elaborada de manera manual, enfocándose en actividades cualificadas realizada por obreros experimentados. Estas prácticas dependían notoriamente de las costumbres y valores desarrollados en cada país, destacándose la cultura japonesa [16].

El Lean Manufacturing tiene su origen dentro del Sistema de Producción Toyota (TPS), creado por un grupo de desarrolladores, en resolución al impedimento de recursos que presentaba Japón posterior a la guerra. El cambio de (TPS) a Lean Manufacturing acontece a través de un grupo de investigadores los cuales difundieron un libro el cual expandió el comienzo del sistema Toyota.

Lean Manufacturing es una metodología que se enfoca en la supervisión de cualquier tipo de pérdida, consumos de materiales, eficiencia o procesos. El propósito de Lean es plantear mejoras en los procesos por medio del estudio de la cadena de costos, y la utilización de herramientas de calidad e indicadores macros. El término Lean Manufacturing se conoce como producción esbelta, es decir hacer más con menos cumpliendo con todos los requisitos establecidos por el cliente [17].

Asimismo, busca progresos en el diseño operacional, lo cual ayuda de manera significativa a tener ventajas competitivas las cuales son requeridas y anheladas por lo clientes como la calidad del producto, la rapidez con la que el producto es entregado, el precio. Dándole un valor agregado al producto siendo innovador y flexible, buscando la viabilidad a través de la supervisión y eliminación de despilfarros.

3.2.3. Principios de implementación.

En la tabla 3.1 muestra la manera correcta de implementar la herramienta Lean Manufacturing [18]. Son los siguientes:

Tabla 3.1. Principios de implementación.

PRINCIPIOS DE IMPLEMENTACIÓN	CONCEPTO
Definir qué agrega valor al cliente.	Desarrollar productos que cumplan con lo esperado o aún mejor por encima del valor pagado
Definir y hacer el mapa del proceso.	Identificar cuáles son las actividades o procesos que generan valor al producto o servicio por medio de un mapeo del flujo de información.
Crear flujo continuo.	Es una forma de organizar el flujo de valor de una manera permanente y uniforme, tener una mejor organización y así eliminar problemas.
Producir lo que requiere el cliente.	Destacar la participación positiva del cliente ya que es él quien dirige las cantidades a producir.
Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.	Este es un pilar fundamental de toda organización que requiere obtener competitividad en el mercado y buscar la mejora continua.

3.2.4. Técnicas.

Es fundamental conocer que la Manufactura Esbelta se compone por varias herramientas como se observa en la tabla 3.2, las cuales son utilizadas para reducir y suprimir los desperdicios que existen dentro de las organizaciones. Para describir la Manufactura Esbelta, sus herramientas y

aplicaciones, es fundamental ir describiendo las generalidades que componen a cada una de ellas.

Tabla 3.2. Técnicas de Lean Manufacturing.

TÉCNICAS	CONCEPTOS
Las 5S.	Utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
SMED.	Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.
Estandarización.	Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
TPM.	Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas.
Jidoka.	Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar errores.
Técnicas de Calidad.	Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución de defectos.

La aplicación de estas herramientas es de gran utilidad al momento de realizar varias actividades como lo son disminuir tiempos innecesarios, prevenir errores, promover la intervención del personal sin importar la jerarquía para lograr una mejora continua, de la misma manera contribuyendo a mantener el orden lo cual es fundamental para tener un desempeño superior y proponer soluciones dentro de la industria.

3.2.5. Herramientas Clave.

Una herramienta clave hace referencia a cualquier procedimiento, técnica, práctica o aplicación las cuales se les consideran esenciales para conseguir un objetivo o solventar dudas en la organización. Las herramientas se presentan a continuación:

3.2.6. 5S.

Esta metodología se desarrolla en 5 pasos y sirve para generar una cultura organizacional de disciplina en cuanto a orden y limpieza de cualquier área dentro de la empresa. Es la base para la implementación de otras herramientas de mejora. Estos 5 pasos son: Organización, orden, limpiar, estandarizar, disciplina [19].

La metodología 5S permite llevar a cabo una serie de pasos mismos que ayudan a organizar un área de trabajo, asimismo con esto se busca transformar los hábitos cotidianos para así evitar el desorden o desperdicios de recursos, lo que se quiere con la implementación de las 5S es mantener el orden y disciplina dentro de la empresa para que de esta manera el trabajo sea más eficaz y se obtenga mayor agilidad en los procesos.

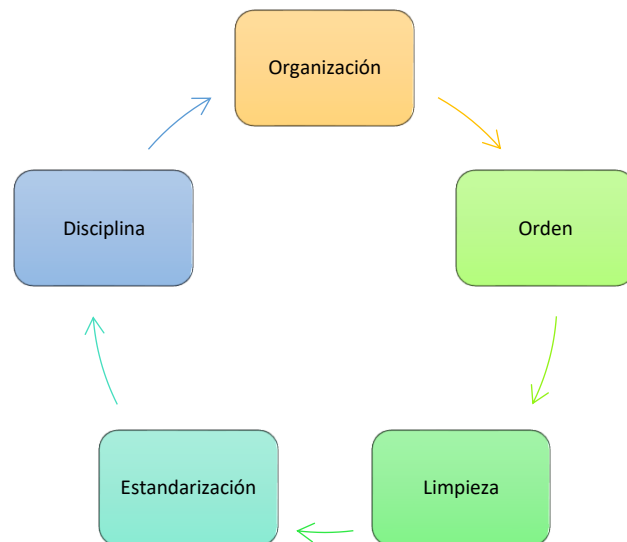


Figura 3.1. Las 5S.

- **Organización:** Promueve proporcionar los elementos necesarios en una mesa de trabajo y eliminar los elementos innecesarios que se encuentran a su alrededor.
- **Orden:** Los elementos que se encuentran en el lugar del trabajo deben estar organizados, cerca y útiles.
- **Limpieza:** En el lugar de trabajo todos los elementos deben estar limpios y en buen estado.
- **Estandarización:** Los procedimientos deben proporcionar una metodología adecuada para hacerlos lo más fáciles posibles.
- **Disciplina:** Con el fin de cumplir con el desarrollo correcto, los procedimientos deben estar estandarizados y ser continuos siempre que correspondan, el cumplimiento de los procedimientos debe llevarse a cabo con disciplina y responsabilidad.

3.2.7. Identificación de desperdicios (Mudas).

Dentro de la industria gran parte del tiempo y recursos se desperdician en actividades que no generan valor. Por ello Lean Manufacturing busca descartar dichos desperdicios, de esta manera reduciendo actividades innecesarias y mejorando la eficiencia en la organización [20]. A continuación, se presentan los 7 desperdicios que la herramienta ayudan a eliminar:

- Sobreproducción: Producir en exceso.
- Esperas: Actividades que no agregan valor.
- Transporte: Traslados innecesarios.
- Extraprocesal: Reprocesos.
- Inventario: Demasiada materia prima, producto en proceso o producto terminado.
- Movimiento: Desplazamientos innecesarios de personas, equipos o maquinaria.
- Defectos: Productos no conformes.

3.3. HERRAMIENTAS DE CALIDAD.

3.3.1. Conceptos y fundamentos.

Las herramientas básicas de calidad se denominan técnicas gráficas y estadísticas que son esenciales para el análisis de problemas, control de procesos y mejorar desempeños organizacionales. Estas herramientas permiten transformar variedad de datos en información útil para tomas de decisiones, mejorando el control de variabilidad y mejora de procesos productivos.

Ishikawa pronuncio que probablemente el 95% de todos los problemas de producción de diferentes empresas pueden resolverse aplicando sus 7 herramientas llevándolo desde los especialistas hacia todos los niveles organizacionales.

Las herramientas básicas de calidad son accesibles y de fácil aplicación, lo cual favorece a diferentes tipos de empresas, ya sea grandes, medianas o pequeñas. Además, su aplicación contribuye con la estandarización de diferentes procesos y el fortalecimiento de la mejora de calidad. Convirtiendo así una metodología sólida para inicios de mejora continua.

3.3.2. Relación con la gestión de la calidad total (TQM).

Las herramientas básicas de calidad son un pilar fundamental de la Total Quality Management (TQM). Es una filosofía de etilo de dirección orientada hacia la mejora continua de todos los procesos y sistemas que existe en la industria, contando con la participación activa de los integrantes de la organización.

La gestión de la calidad total es una filosofía de gestión empresarial centrada en mejora continua con el propósito de ejecutar estrategias y prácticas, mejorando así estándares de productos, servicios, procesos y en la propia cultura de la organización [21].

3.3.3. Importancia de mejora continua de procesos.

La mejora continua es una teoría central de la gestión de calidad moderna. La calidad se ha vuelto muy exigente para una mejora constante de productos o procesos, se enfoca en la fomentación de análisis y creatividad para adaptarse a los diferentes cambios lo cual genera nuevas oportunidades. Las herramientas básicas de calidad son instrumentos esenciales para hacer operativa esta mejora continua.

Para ocupar el máximo potencial del trabajador es necesario estudiar que cada trabajador se transforme en un “mini científico”, y las 7 herramientas constituyen la base de trabajo de un mini científico democratizando el proceso de mejora y lo hace más efectivo.

La importancia de estas herramientas radica en su capacidad para:

- Transformar datos en información accionable.
- Facilitar la toma de decisiones basada en evidencia.

- Identificar oportunidades de mejora de manera sistemática.
- Involucrar a todo el personal en el proceso de calidad.
- Reducir la variabilidad y mejora la consistencia de los procesos.

3.4. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEJORA DE CALIDAD.

3.4.1. Diagrama de Pareto.

El Diagrama de Pareto, llamado así en honor al economista Vilfredo Pareto, es una herramienta de análisis que muestra la distribución de un conjunto de datos en orden descendente. Este diagrama se basa en el principio de que un pequeño número de causas (el 20%) suele ser responsable de la mayoría de los efectos (el 80%). El objetivo principal del Diagrama de Pareto es identificar y priorizar los problemas o causas que tienen el mayor impacto en un proceso o situación específica. Esto se logra al visualizar los datos en forma de barras, con las barras más altas representando las causas más significativas. Esta resalta la utilidad del Diagrama de Pareto en la toma de decisiones estratégicas, ya que permite a los usuarios enfocar sus esfuerzos y recursos en abordar las causas más importantes para lograr mejoras significativas y eficientes [22].

Un Diagrama de Pareto es una gráfica de barras que muestra grupos de causa error organizadas con respecto a su frecuencia de organización. Se construye simplemente contando los datos de las observaciones de cosas que van mal [23].

3.4.2. Aportes de Kaoru Ishikawa.

Kaoru Ishikawa (1915-1989), fue un ingeniero químico y doctor en ingeniería, conocido en el mundo de la ingeniería como de los principales impulsores de la calidad japonesa y creador de las herramientas básicas de calidad. Reconocido igual por ser unos de los pioneros del famoso “Círculo de Calidad”, propuso una herramienta gráfica llamada diagrama causa-efecto la cual permite identificar orden y visualización de posibles causas y problemas de cualquier tipo de industria. El término “Siete Herramientas del Control de Calidad” fue inspirado en las siete armas del famoso guerrero Benkei el cual poseía siete armas para ganar todas sus batallas.

En donde Ishikawa proponía proporcionar a los trabajadores de las herramientas necesarias para ganar la batalla contra los problemas de calidad detectados.

Según Ishikawa las categorías de causas se denominan procesos. Sin embargo, el proceso no solo se refiere al proceso de fabricación, sino también a todo lo que rodea al proceso, tales como: personal, ventas, administración, política, gobierno, entre otros. Hay seis categorías de causas, las cuales son material, mano de obra, método, ambiente, máquina y medida [24].

El Diagrama de Ishikawa al ser una de las herramientas de calidad eficaces y eficientes en las acciones de disminución de un problema central, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y además a ordenar la relación entre las causas en un asunto que pueden estar enfocadas en diversos campos: en el caso de la presente investigación en la educación [25].

3.4.3. Evolución desde el control estadístico de procesos.

El enfoque japonés del control de calidad se forma en la segunda mitad del siglo XX con la publicación del libro ¿Qué es el control de la calidad total? De Kaoru Ishikawa, en la cual se recopilan las siete herramientas de control de calidad. Por su parte, el control estadístico de la calidad es la aplicación de técnicas estadísticas al control de calidad [26].

Este trabajo representa el fin de décadas de evolución en el pensamiento sobre calidad. La evolución histórica puede resumirse en tres etapas principales:

- Primera etapa (1920-1950): Enfoque de la inspección y el control estadístico de diferentes procesos, encabezado por Shewhart y los Bell laboratories.
- Segunda etapa (1950-1980): Se desarrollo un movimiento de calidad japones, con los principales pioneros que son Ishikawa, Deming y Juran, enfatizando la participación de todos los trabajadores.
- Tercera etapa (1980-actualidad): Integración de herramientas básicas de calidad en sistemas de gestión integral, como ISO 9001, Six Sigma y Lean Manufacturing.

3.4.4. Adaptación a entornos industriales y de servicios.

La herramienta logra recopilar inconvenientes como la distribución de calidad de productos, problemas sociales, entre otros. Esta versatilidad permitió que las herramientas básicas de calidad actúen mucho más allá de su contexto original en la manufactura.

En el sector de servicios, la mayoría de herramientas han demostrado ser igualmente efectivas, adaptándose a las características particulares de estos procesos:

- Mayor intangibilidad de resultados.
- Participación directa del cliente en los procesos.
- Simultaneidad de producción y consumo.
- Menor estandarización.

Los diferentes indicadores miden el producto de los procesos de atención, por ejemplo, en la calidad o compararlos con los objetivos establecidos, lo que demuestra la aplicabilidad de estas herramientas en sectores como la salud, educación y servicio financiero.

3.5. PRINCIPIOS DE LAS HERRAMIENTAS DE CALIDAD.

3.5.1. Enfoque en datos y hechos.

El principio fundamental de las herramientas básicas de calidad es la objetividad. Los métodos estadísticos son importantes para recopilar conclusiones razonables e información útil para la mejora de procesos. Este enfoque contrasta con decisiones basadas en intuición, opiniones o experiencias personales no verificadas.

Las 7 herramientas básicas de la calidad son desarrolladas con el fin de hacer más eficaz las soluciones de los problemas con la ayuda de todos los trabajadores, transformándolos en mini científicos que son cruciales al momento de tomar decisiones apoyada en datos [27]. Esta filosofía democratiza el análisis de calidad y es accesible para todo tipo de organización.

Los objetivos implican:

- Recopilación sistemática de datos.
- Uso de métodos estadísticos apropiados.
- Visualización clara de la información.
- Interpretación basada en evidencia.
- Documentación de resultados.

3.5.2. Toma de decisiones basada en evidencia.

Las decisiones basadas en los análisis y evaluación de datos e información tienen más probabilidades de generar resultados reales y útiles para la toma de decisiones. Este principio es fundamental para la gestión de calidad moderna, ya que, construye uno de los pilares de la ISO 9001.

El proceso de toma de decisiones basada en evidencias sigue estos pasos:

- Identificación del problema u oportunidad de mejora.
- Recopilación de datos relevantes.
- Análisis mediante herramientas apropiadas.
- Interpretación de resultados.
- Formulación de soluciones basada en el análisis.

- Implementación y seguimiento.

Todos los procesos que tengan que ver con la mejora de la calidad, deberán contar con el compromiso firme de la dirección y un apoyo de todos los estamentos de la empresa, además de manejar herramientas eficaces que ayuden a conseguir resultados antes de la desmoralización y las situaciones adversas puedan más.

3.5.3. Variabilidad y control de los procesos productivos.

La variabilidad es una característica inherente a todos los procesos productivos, Walter Shewhart estableció una comparación importante entre causas comunes y causas especiales de variación.

Causas comunes: Son inherentes a los procesos y permanecen constantes día a día. Se interpretan como una variación natural o esperada, las cuales son parte del sistema (materia prima, métodos, procesos) y generan en si una variabilidad predecible. Son difíciles de eliminar individualmente y requieren cambios en el sistema para su reducción.

Causas especiales: Estas no son parte del funcionamiento normal del proceso, ya que aparecen en situaciones especiales no presentes permanentes, como fallas de herramientas o errores de operarios.

Un proceso se considera estable cuando solo presenta causas comunes de variación, convirtiendo su desempeño predecible en el futuro inmediato. Lo cual genera una base confiable para la toma de decisiones y la capacidad de planificación efectiva con posibilidad de mejora sistemática.

3.5.4. Modelos y herramientas de calidad.

Las siete herramientas básicas pueden clasificarse según su función principal:

Herramientas de recopilación: Hoja de verificación.

Herramienta de análisis: Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersión.

Herramientas de identificación: Diagrama de causa-efecto, Diagrama de flujo.

Herramientas de control: Gráficos de control.

Tabla 3.3. Herramientas de Calidad.

HERRAMIENTAS DE CALIDAD	CONCEPTOS
Diagrama de flujo	Es una representación gráfica de la secuencia de pasos, operaciones y decisiones que conforman un proceso. Utiliza símbolos estandarizados conectados por flechas: <ul style="list-style-type: none">- Óvalos (Inicio/Fin)- Rectángulo (Actividades)- Diamantes (Decisiones)
Hoja de verificación	Es un formato prediseñado para la recolección estructurada de datos, insume múltiples usos como registro de defectos, frecuencias o verificación de cumplimientos de requisitos.
Diagrama de Pareto	Es un gráfico de barras ordenadas que van de mayor a menor frecuencia o costo, acompañando de una línea que muestra porcentaje acumulado. Su dicho es que el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.
Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)	Llamado de otra forma como espina de pescado, representa la relación entre un problema y todas las posibles causas que lo ocasionaron. Organiza las causas en seis categorías (6M): Mano de obra, Métodos, Materiales, Maquinaria, Medición y Medio Ambiente.

3.5.5. Beneficios de las Herramientas de Calidad.

Reducción de defectos: Mediante identificación precisa de problemas, análisis causa raíz, control preventivo y verificación de relaciones causa-efecto.

Mejora de productividad: A través de la eliminación definitiva de actividades sin valor agregado, reduce la variabilidad, priorizar prioridades, toma de decisiones rápidas reduciendo tiempo de ciclos.

Aumento de la satisfacción de cliente: Garantizando mejora en calidad, reducción de defectos entregados, checklist de cumplimientos y mejora continua visible.

Mayor control y estandarización: Facilita documentos claros, monitoreo continuo, conocimiento compartido y reducción de dependencia en individuos específicos.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El siguiente proyecto aborda la investigación descriptiva, ya que permite conocer la situación actual de la organización, revelando principales problemas que afecten a la misma. De este modo, se podrá explicar de manera clara y concisa las causas sobre la situación de la eficiencia operacional.

4.1.1. Investigación Descriptiva.

Se define a la investigación descriptiva como “el tipo de investigación que tiene como objetivo describir características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes” [28].

En donde contamos con varios enfoques los cuales ayudarán a describir de mejor manera la situación de la organización:

- **Proceso productivo presente:** En donde se ha anotado cada fase que se observó al momento de ensamblar los tanques, recopilar información, las sucesiones y los recursos que se emplearon en cada actividad.
- **Identificación del cuello de botella:** Al tener la recopilación sobre la información en el proceso, se puede determinar cuáles son las actividades que condicionan al desarrollo productivo del sistema.
- **Análisis de desperdicios:** Al tener determinado el cuello de botella, se procede a la identificación de los tiempos muertos, desplazamientos innecesarios, esperas, entre otros.

Partiendo de la siguiente información, se identificó 5 áreas clave dentro del proceso las cuales fueron evaluadas, registrando e identificando porcentajes que representan el cuello de botella dentro de la industria, para lograr llegar a estos resultados se midieron 20 ítems las cuales constaron en 4 preguntas por 5 principios.

Al tener analizado cada uno de los parámetros anteriormente nombrados se ha identificado tiempos muertos en lo que conlleva a la búsqueda de herramientas y materiales lo cual genera retrasos dentro del proceso productivo.

4.2. ANÁLISIS MÉTODOS.

La investigación abarca dos tipos de análisis en los cuales se encuentra el inductivo y deductivo, ya que los siguientes complementan la parte del trabajo justificando cada una de las acciones tomadas.

4.2.1. Método Inductivo.

El modelo inductivo que etimológicamente se deriva de la conducción es un método basado en el razonamiento, el cual “permite pasar de hechos particulares a los principios generales”. Fundamentalmente consiste en estudiar u observar hechos o experiencias particulares con el fin de llegar a conclusiones que puedan inducir, o permitir derivar de ello los fundamentos de una teoría [29].

Partiendo de las observaciones que se realizaron sobre las auditorías que se desarrollaron en cada una de las 5 áreas, al ejecutar las mismas permitió identificar falta de organización, limpieza y orden recurrentes en cada uno de estos sitios, permitiendo así edificar una conclusión general en donde existe una necesidad sobre la implementación de metodologías que ayuden a la mejora continua.

4.2.2. Método Deductivo.

Por otro lado, el método deductivo parte de lo general hacia lo particular, el siguientes es usado para examinar y comprobar las teorías existentes, lo cual genera conclusiones más seguras debido a que son más sólidas. Ambos métodos se complementan logrando de esta manera realizar una buena investigación científica.

Asimismo, para el desarrollo de la investigación se partió de principios teóricos que se establecieron sobre el Lean Manufacturing y las Herramientas de Calidad, en lo cual se hace un énfasis principal en la metodología 5S ya que es una de las carencias que presenta Construcciones Ulloa, deduciendo que al realizar la implementación se realizaran mejoras en la organización.

De este modo, se plantea un contraste entre los métodos deductivo tradicional y el inductivo. Así, realizan: el cuestionamiento de la información, la actitud crítica, el análisis, el valorar las evidencias a favor y en contra de cada posición, el razonamiento crítico, las propias opiniones, y el intento de responder preguntas como cuestiones que se potencian a través del método inductivo [30].

Es importante precisar que los métodos aplicados tienen como propósito profundizar los descubrimientos derivados de una investigación sumamente básica, debido a que establece una conexión entre la técnica empleada y el producto resultante. La implementación de este método fortaleció una localización y posterior selección de las estrategias más adecuadas, ayudando a conseguir los objetivos establecidos en la investigación.

4.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Las técnicas programadas para el uso en la implementación de herramientas de calidad, son las siguientes:

4.3.1. Observación directa.

La observación directa es de suma importancia dentro del proceso de análisis. Es importante saber diferenciar entre ver y observar, ya que ver solo implica una apreciación superficial sobre lo que está sucediendo y no permite identificar de una manera clara las mejoras que son necesarias dentro de la organización, mientras que observar conlleva a apreciar cada detalle que sucede dentro de la misma lo cual ayudó de manera esencial a analizar cada una de las operaciones y procesos que llevan a cabo la construcción de los tanques, facilitando así la identificación de áreas afectadas.

4.3.2. Mapa de Proceso.

Se ha realizado el mapa de procesos con el fin de tener de una forma más detallada de visualizar las etapas, entradas y salidas que presenta el sistema productivo de la empresa.

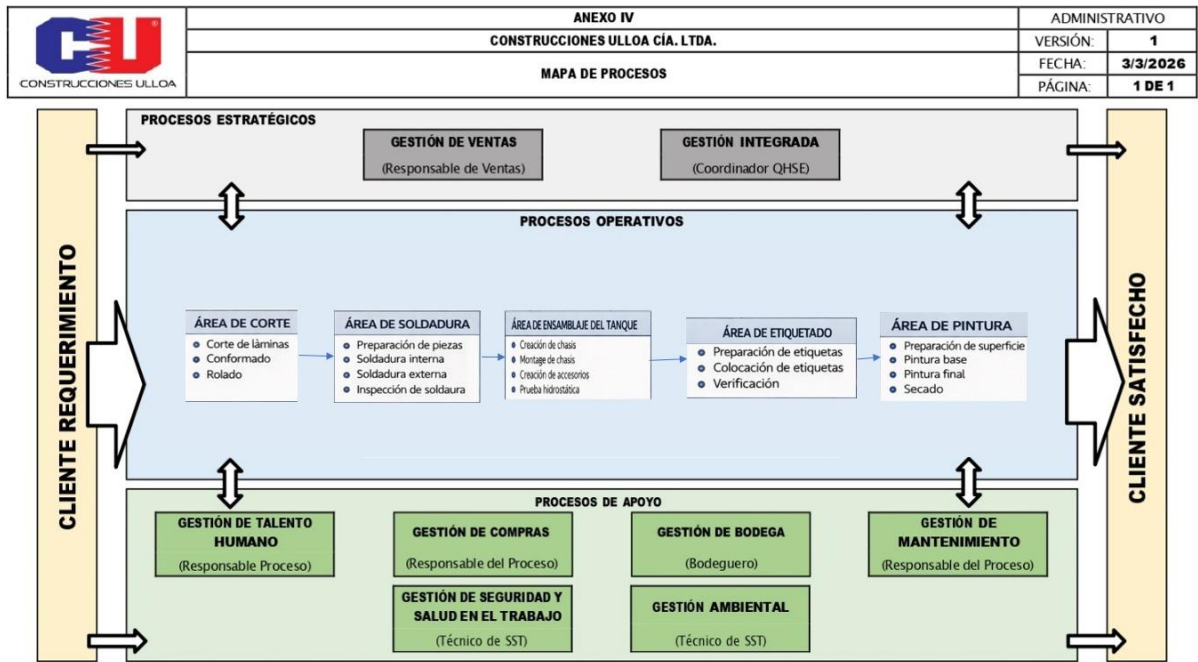


Figura 4.1. Mapa de Procesos.

4.3.3. Reconocimiento de las Áreas de Trabajo.

Como método primario, se decidió dar prioridad a la OBSERVACION. Antes de entrar al contexto de este, cabe recalcar que se eligió debido a que este método fue crucial para el proceso, y siempre está bien saber diferenciar entre ver y observar, ya que al verlo no se puede identificar una base de mejora o a la vez detectar un problema, sin embargo, al observar se puede apreciar cada detalle del proceso. En este proceso jugó un papel fundamental para observar cada operación y así llegar a comprender cada uno de los procesos de producción de los tanques, esta técnica ayudó a obtener un mapeo mental de todos los procesos y reconocer las áreas afectadas y el cuello de botella.

4.4. ESTACIONES DE TRABAJO.

4.4.1. Armado del chasis.

Como se puede observar en la figura 4.2, en esta área, los trabajadores se encargan de armar desde cero el chasis en donde ira montada el tanque, es importante ya que sin el chasis de soporte es difícil continuar con el proceso de montaje.



Figura 4.2. Armado del chasis.

4.4.2. Montaje del chasis.

En la siguiente operación se monta el tanque al chasis ya armado previamente con una grúa pórtico como se observa en la figura 4.3, quedando como soporte para que no exista ningún tipo de caída del tanque hacia los lados, ya que si algunos procesos de montaje no se realizan con una base sólida puede llegar a ocurrir accidentes graves dentro del área de trabajo. Debe existir una buena precisión para que el tanque quede estático y revisar visualmente que no exista ningún atranque en los lados del chasis.



Figura 4.3. Montaje de chasis.

4.4.3. Creación de accesorios.

El proceso de creación de accesorios es importante ya que sin estos accesorios no se puede dar un paso rápido al proceso de pintado, entonces es un proceso demoroso ya que se deben realizar guardafangos, brazos o soportes de guardafango, porta mangueras, escalera, caja de luces, bicicleteros, caja de contingencia, etc. Cabe recalcar que cada pieza se la hace desde cero,

demorando así el proceso de entrega del tanque lo cual lo podría llegar a convertir en un cuello de botella.

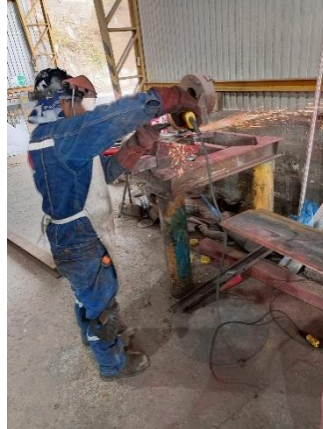


Figura 4.4. Creación de accesorios.

4.4.4. Prueba Hidrostática.

Como se puede observar en la figura 4.5, la prueba Hidrostática es un proceso fundamental antes de seguir con algún proceso, ya que es aquel que se encarga de percibir si tiene fugas hacia el exterior, el proceso se realiza con el llenado del tanque por medio de una manguera hacia la parte interior y verificar que no existan ninguna fuga, en tal caso de que existiera, el proceso debe frenar hasta que se arregle inmediatamente, y seguir realizando la prueba en las diferentes almacenadoras (por lo general las almacenadoras depende del tanque y de los litros a almacenar).



Figura 4.5. Prueba Hidrostática.

4.4.5. Montaje de accesorio.

El proceso de montaje de accesorios es una fase simple pero importante dentro del área de trabajo, se basa en la colocación de todos los accesorios ya especificados en el apartado 4.4. No existe un margen de error tan grande ya que al momento de fabricarlas éstas son medidas al punto exacto, así como se puede apreciar en la figura 4.6.



Figura 4.6. Montaje de accesorios.

4.5. TÉCNICAS UTILIZADAS.

4.5.1. Análisis ABC.

Se ha desarrollado un análisis ABC con el fin de identificar los productos con más demanda que tiene la empresa Construcciones Ulloa, mismo que va a clasificar los productos en tres categorías (A, B, C) basándose en el principio de Pareto (80/20), para lo cual se ha empleado las siguientes fórmulas.

$$VAC = Demanda\ anual * costo\ unitario = valor\ total \quad (4.1)$$

$$Porcentaje\ \% = \frac{VAC_i}{VAC_{total}} * 100. \quad (4.2)$$

En donde:

VAC = Valor de Consumo Anual.

VAC_{total} = Valor de Consumo Anual Total.

En donde se ha clasificado según los siguientes criterios:

- Clase A: de 0% a 80% acumulado.
- Clase B: de 80% a 95% acumulado.
- Clase C: de 95% a 100% acumulado.

4.5.2. Encuestas aplicadas al personal.

Se ha elaborado encuestas las cuales constan de una serie de preguntas mismas que serán de suma importancia al momento de identificar el proceso crítico del producto seleccionado en el análisis ABC, de igual manera para conocer con que herramienta Lean se familiarizan más los trabajadores que operan dentro de esta estación de trabajo, para que sea más fácil la capacitación al personal. Las siguientes encuestas tienen validación de tres expertos.

Instrucciones: Marque con una X la opción que mejor refleje su opinión o criterio respecto a los procesos de producción de la empresa.

Tabla 4.1. Encuestas Aplicadas al personal.

N°	Pregunta	Opciones de respuesta
1	¿Cuál considera el producto de mayor demanda dentro de la empresa?	<input type="checkbox"/> Tanques <input type="checkbox"/> Estructuras metálicas <input type="checkbox"/> Otros: _____
2	¿Qué nivel de importancia tiene la fabricación de tanques dentro de la producción general?	<input type="checkbox"/> Muy importante <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Poco importante
3	¿Qué proceso productivo considera que tiene mayor duración dentro del sistema de fabricación?	<input type="checkbox"/> Diseño <input type="checkbox"/> Corte <input type="checkbox"/> Soldadura <input type="checkbox"/> Ensamblaje de tanques <input type="checkbox"/> Pintura
4	¿Considera necesaria la implementación de herramientas Lean Manufacturing?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tal vez

4.5.3. Tabla comparativa para elección de la Herramienta Lean Manufacturing.

Se ha realizado una comparativa entre las diferentes herramientas Lean Manufacturing con el fin de conocer cuál es la herramienta con la que los operarios más se familiarizan y de esta manera poder proponer una implementación de la misma para mejorar la eficiencia dentro de la empresa, en donde se tomará en cuenta el criterio de cada trabajador para que la misma sea más eficiente y confiable.

Se ha realizado una ponderación del 1 al 5 para poder identificar el nivel de aprobación que tiene cada herramienta.

Instrucciones:

Marque con una **X** según su criterio en cada herramienta de mejora.

Escala de valoración:

- 1 = Muy bajo.
- 2 = Bajo.
- 3 = Medio.
- 4 = Alto.
- 5 = Muy alto.

Tabla 4.2. Comparativa herramientas Lean.

Herramienta de mejora	Nivel de conocimiento técnico de la herramienta	Viabilidad de implementación en el proceso actual	Facilidad de adaptación del personal operativo	Beneficio para mejorar la productividad
5S				
SMED				
TPM				
Jidoka				
Estandarización del trabajo				
Kanban / JIT				
Poka-Yoke				
Value Stream Mapping (VSM)				

4.5.4. Análisis de Tiempos.

Se ha realizado un estudio de tiempos con la finalidad de determinar los tiempos promedios que tiene cada una de las actividades que se identificaron, para de esta manera tener información real y poder calcular los indicadores de eficiencia de la empresa, para realizar el siguiente análisis se ha empleado las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (4.3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4.4)$$

$$LCS = \bar{X} + s \quad (4.5)$$

$$LCI = \bar{X} - s \quad (4.6)$$

Donde:

\bar{X} = Promedio.

s = Desviación Estándar.

LCS = Límite de Control Superior.

LCI = Límite de Control Inferior.

4.5.5. Auditorías 5S.

Es sumamente importante destacar actualmente la importancia que tiene cada proceso dentro de la empresa, por ello se decidió dar un enfoque basado en propuestas para mejoras que lleven a cabo una producción fluida junto con una implementación de la metodología 5S, usando una auditoria en cada estación de trabajo para verificar si cada parte cumple con los principios de cada S.

Asimismo, para poder dar una puntuación a cada una de las auditorías se usó una ponderación del 1 al 5, en donde:

- 1: Crítico.
- 3: Regular.
- 5: Muy bueno.

En la tabla 4.3, se observa la puntuación de cada área, evaluando la primera S, el cual se encarga de separar innecesarios, se observa que el área más crítica, es la de la prueba Hidrostática, se caracteriza por ayudar a verificar si el tanque tiene alguna falla o fuga exterior o interior. La figura 4.7 muestra porcentualmente los puntajes obtenidos en la evaluación.

Tabla 4.3. Auditoria de la primera "S" en las áreas de trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	AREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
1: Efectuado en escasa parte del área					
2: Efectuado en alguna parte del área					
3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar					
4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado					
5: Mejor práctica o ningún hallazgo					
SEIRI (Separar Innecesarios)					
¿Los materiales de construcción están clasificados según su frecuencia de uso?	2	1	2	1	2
¿Se han identificado y eliminado herramientas o equipos obsoletos o dañados?	1	3	3	1	3
¿Los escombros y desperdicios se retiran diariamente de las áreas de trabajo?	4	1	2	1	2
¿Hay equipos o maquinaria fuera de servicio ocupando espacio en obra?	3	3	1	1	1
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	10	8	8	4	8

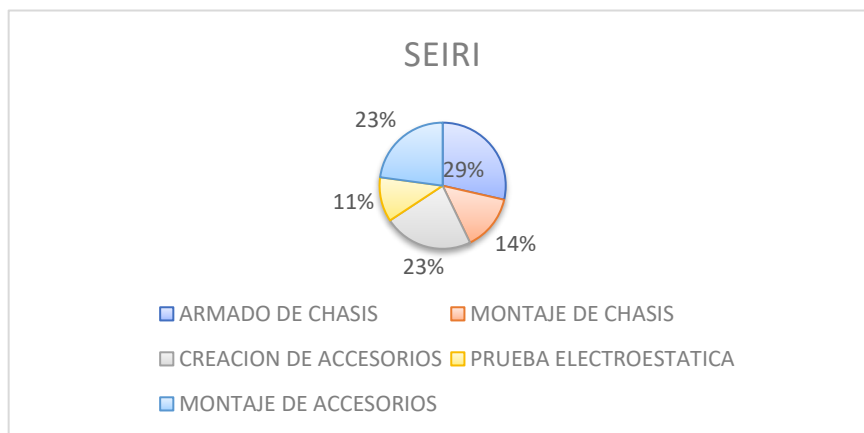


Figura 4.7. resultado en porcentaje, primera "S".

Con la evaluación realizada de la segunda "S", documentada en la tabla 4.4, se observa que existe una falta de orden clara en el área de montaje y en la prueba Hidrostática, ya que los materiales para realizar dichas actividades se encuentran ocupadas o desaparecidas y se pierde mucho tiempo productivo en encontrarlos. De igual forma los EPPs y los documentos técnicos están ubicados en diferentes áreas donde los dejan los propios trabajadores, luego sucede una etapa de olvido de los trabajadores donde no los encuentran.

Tabla 4.4. Evaluación de la segunda “S” en las áreas del trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	ÁREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable 1: Efectuado en escasa parte del área 2: Efectuado en alguna parte del área 3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar 4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado 5: Mejor práctica o ningún hallazgo	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
SEITON (Ordenar/Organizar)					
¿Cada herramienta tiene un lugar asignado y está identificado?	1	0	1	0	1
¿Los equipos de protección personal (EPP) están accesibles y organizados?	4	0	2	0	2
¿Los planos y documentos técnicos están ordenados y son fáciles de localizar?	2	1	2	1	2
¿Los puntos de conexión eléctrica y agua están identificados y organizados?	5	5	5	5	5
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	12	6	10	6	10

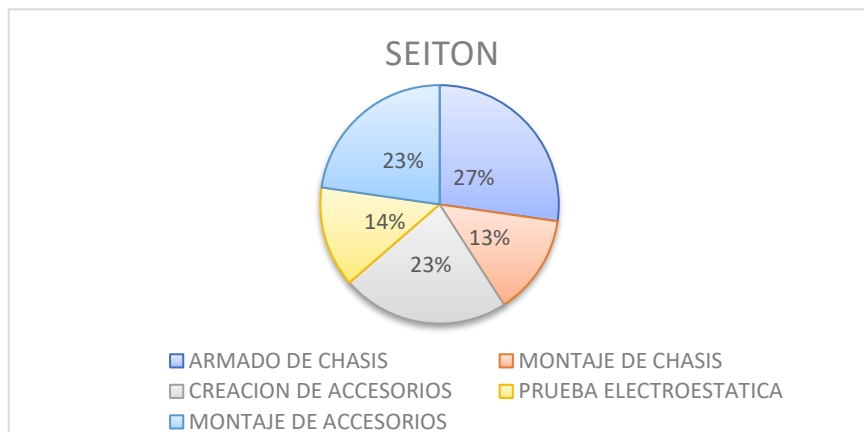


Figura 4.8. Resultado en porcentaje de la segunda “S”.

En la tabla 4.5, se observa el bajo porcentaje dentro de todas las áreas de trabajo, demostrando una baja eficiencia en temas de limpieza, ya que las herramientas de trabajo, EPPs y residuos de trabajo se encuentran ubicados de manera frecuente en el piso, o en tanques improvisados por los trabajadores, resaltando la escasez de materiales de limpieza que existen dentro de las áreas de trabajo. Se observo de igual forma que las rutinas de limpieza se realizan al final de la producción de los tanques y no diariamente. En la figura 4.9 se puede apreciar el bajo porcentaje que se presenta en cada área de trabajo sobre todo en el área de pruebas Hidrostáticas.

Tabla 4.5. Evaluación de la tercera “S” de las áreas de trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	AREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
1: Efectuado en escasa parte del área					
2: Efectuado en alguna parte del área					
3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar					
4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado					
5: Mejor práctica o ningún hallazgo					
SEISO (Limpiar/Inspeccionar)					
¿Las áreas de trabajo se limpian al finalizar cada jornada?	4	3	3	1	2
¿Los equipos y maquinaria se limpian después de cada uso?	3	3	3	3	3
¿Existe un programa de limpieza regular para instalaciones temporales (comedores, baños, oficinas)?	2	2	2	2	2
¿Los vehículos y maquinaria pesada se mantienen limpios y en condiciones operativas?	2	2	2	2	2
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	11	10	10	8	9

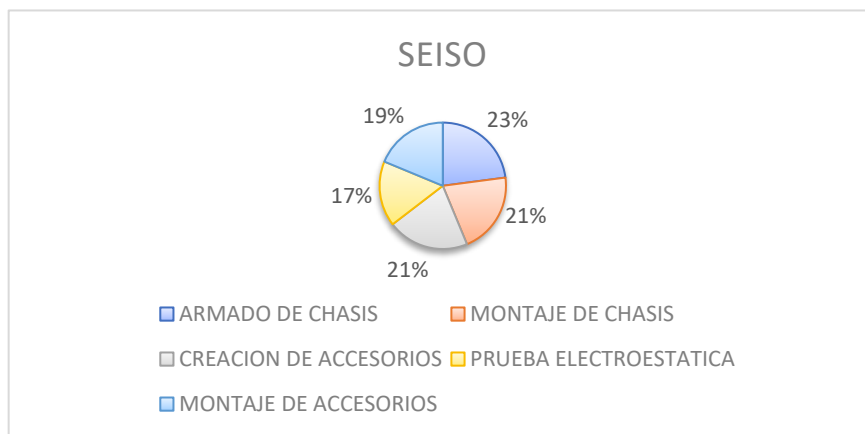


Figura 4.9. Resultado en porcentaje de la tercera “S”.

Como se puede observar en la tabla 4.6, existe un bajo puntaje al momento de mantener el orden y la limpieza dentro de las áreas de trabajo lo cual se debe mejorar con urgencia. Al analizar la figura 10, da a entender que se debe mejorar con un control diario dentro de las áreas para mantener el orden.

Tabla 4.6. Evaluación de la cuarta “S” en las áreas de trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	AREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable 1: Efectuado en escasa parte del área 2: Efectuado en alguna parte del área 3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar 4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado 5: Mejor práctica o ningún hallazgo	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
SEIKETSU (Estandarizar/Mantener)					
¿Existen procedimientos escritos para las actividades de orden y limpieza?	2	2	2	2	2
¿Se utilizan ayudas visuales (carteles, códigos de color, señalización) para mantener el orden?	2	1	2	1	1
¿Se han estandarizado los lugares de almacenamiento de materiales comunes?	4	0	3	0	2
¿Hay listas de verificación (checklists) para inspecciones diarias de orden y limpieza?	2	2	2	2	2
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	10	5	9	5	7

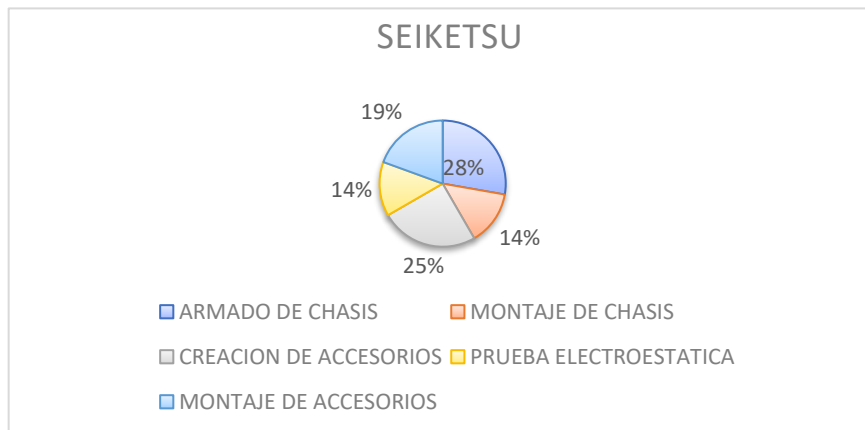


Figura 4.10. Representación porcentual de la 4ta “S”.

La tabla 4.7 demuestra que hay una notable falta de motivación en el personal para cumplir con los estándares de la quinta S. El origen de este problema radica en dos elementos esenciales: por un lado, la falta de sesiones de capacitación e inducción que describan minuciosamente y con sistematicidad los principios y procedimientos de las 5S, por otro lado, la falta de un plan de reconocimiento para apreciar y festejar las prácticas laborales positivas en términos de

limpieza y orden. En la figura 4.11 se demuestra de forma porcentual la baja eficiencia de la quinta S.

Tabla 4.7. Evaluación de la quinta “S” en las áreas de trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	AREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable 1: Efectuado en escasa parte del área 2: Efectuado en alguna parte del área 3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar 4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado 5: Mejor práctica o ningún hallazgo	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
SHITSUKE (Disciplina/Seguimiento)					
¿Los trabajadores cumplen voluntariamente con los estándares establecidos?	4	4	4	4	4
¿Existe un sistema de reconocimiento para quienes mantienen sus áreas ordenadas?	1	1	1	1	1
¿Se toman acciones correctivas cuando se detectan incumplimientos?	3	3	3	3	3
¿Hay reuniones periódicas para revisar mejoras en la implementación de las 5S?	1	1	1	1	1
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	9	9	9	9	9

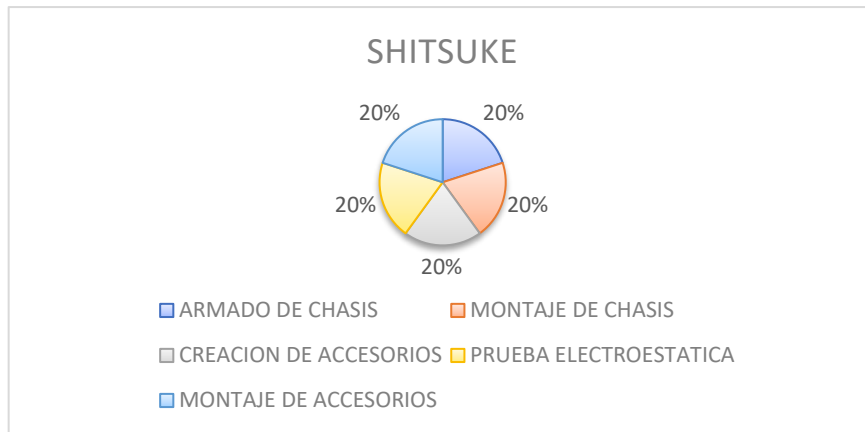


Figura 4.11. Representación porcentual de la quinta “S”.

4.5.6 Checklist para identificación de mudas.

Es importante dentro de la organización la identificación de desperdicios (mudas) que existen, por ello se ha estructurado checklist para cada uno de estos, los cuales permitirán identificar cual es el desperdicio que más afecta dentro de la empresa y de esta manera poder crear un plan el cual ayude a reducir los mismos.

Para sacar el porcentaje de cada uno de estos checklist se le ha asignado una calificación de 1 para aquellas preguntas que su respuesta sea SI y una puntuación de 0 para aquellas preguntas que su respuesta sea NO, al tener identificado los valores procedemos a aplicar la siguiente fórmula para identificar el porcentaje de cada uno de estos.

$$\frac{\text{Puntuación obtenida}}{\text{Puntuación Máxima}} \times 100 \quad (4.7)$$

En la tabla 4.8 se presenta el checklist utilizado para identificar desperdicios relacionados con tiempos de espera dentro del proceso productivo, permitiendo registrar situaciones donde los operarios o equipos permanecen inactivos por falta de materiales, herramientas o información.

Tabla 4.8. Checklist Esperas.

ESPERAS					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Existen piezas o materiales los cuales esperan para ser procesados?	X		1		20
2. ¿Los operarios deben esperar por materiales o herramientas?	X		1		20
3. ¿Las máquinas suelen pasar paradas esperando por operarios o mantenimiento?	X		1		20
4. ¿Existe acumulación de tanques debido a procesos entre operaciones?	X		1		20
5. ¿Los operarios deben esperar a tener aprobación o inspecciones?		X	0		0
TOTAL			4	5	80%

En la tabla 4.9 se muestra el checklist empleado para detectar desperdicios por transporte, los cuales se generan por traslados innecesarios de materiales, herramientas o productos entre las diferentes áreas de trabajo.

Tabla 4.9. Checklist de Transporte.

TRANSPORTE					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Las distancias que se presentan entre estaciones de trabajo son de al menos 10 metros?		X	0		0
2. ¿Los materiales son desplazados con frecuencia antes de ser procesados?		X	0		0
3. ¿El uso de montacargas o carretillas son frecuentes?	X		1		20
4. ¿Los materiales generan retrocesos en el flujo?		X	0		0
5. ¿El layout que existe en la organización de alguna manera obliga a tener movimientos excesivos?		X	0		0
TOTAL			1	5	20%

En la tabla 4.10 se presenta el checklist aplicado para identificar movimientos innecesarios de los operarios, como desplazamientos o acciones que no agregan valor al proceso productivo.

Tabla 4.10. Checklist de Movimientos.

MOVIMIENTOS					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Los operarios deben caminar con frecuencia para encontrar materiales o herramientas?	X		1		20
2. ¿Hay movimientos que son innecesarios o repetitivos dentro de las actividades?		X	0		0
3. ¿Las herramientas están lejos para el acceso de los trabajadores?		X	0		0
4. ¿Los operarios deben buscar los materiales con regularidad?		X	0		0
5. ¿Hay movimientos que generen incomodidad o sean excesivos?		X	0		0
TOTAL			1	5	20%

En la tabla 4.11 se detalla el checklist utilizado para identificar excesos de inventario dentro del proceso, considerando acumulaciones innecesarias de materia prima, productos en proceso o productos terminados.

Tabla 4.11. Checklist de Inventarios.

INVENTARIO					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Existe acumulación de materia prima por no ser procesada?	X		1		20
2. ¿Hay trabajo acumulado por proceso?	X		1		20
3. ¿Los productos que ya han sido terminados esperan en despacho por al menos 3 días?		X	0		0
4. ¿Hay materiales los cuales son fabricados sin haber necesidad?		X	0		0
5. ¿Hay espacios los cuales son ocupados por materiales que no se ocupan?	X		1		20
TOTAL			3	5	60%

En la tabla 4.12 se expone el checklist destinado a detectar desperdicios por sobreproceso, es decir, actividades o procedimientos adicionales que no generan valor al producto final.

Tabla 4.12. Checklist de sobreproceso.

SOBREPROCESO					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Se realizan operaciones las cuales no son valoradas por los clientes?	X		1		20
2. ¿Se hacen inspecciones o verificaciones duplicadas?	X		1		20
3. ¿Se usan máquinas que son más costosas de lo necesario?		X	0		0
4. ¿Hay pasos que sean repetitivos en los procesos?		X	0		0
5. ¿Se procesa con tolerancias más estrictas de lo que se requiere?		X	0		0
TOTAL			2	5	40%

En la tabla 4.13 se presenta el checklist aplicado para identificar sobreproducción, que ocurre cuando se fabrican productos o componentes en cantidades mayores a las requeridas por la demanda o el proceso.

Tabla 4.13. Checklist de Sobreproducción.

SOBREPRODUCCIÓN					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Se fabrican tanques que no cumplan con las especificaciones del cliente?		X	0		0
2. ¿Se producen lotes más grandes de lo requerido?		X	0		0
3. ¿Se fabrican accesorios mucho antes de que sean ensamblados?		X	0		0
4. ¿Se hacen trabajos por adelantado?		X	0		0
5. ¿La producción se realiza en base a la demanda?		X	0		0
TOTAL			0	5	0%

En la tabla 4.14 se muestra el checklist utilizado para registrar defectos o productos no conformes, los cuales generan retrabajos, desperdicio de materiales y afectaciones en la eficiencia del proceso.

Tabla 4.14. Checklist de Defectos.

DEFECTOS					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Las soldaduras son rechazadas con frecuencia?		X	0		0
2. ¿Se cometen errores frecuentes al momento de medir o cortar?		X	0		0
3. ¿Hay reprocesos o retoques con frecuencia?	X		1		20
4. ¿Los defectos son detectados con retraso?	X		1		20
5. ¿Falta especificaciones claras lo cual generen desperdicios?	X		1		20
TOTAL			3	5	60%

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta sección del trabajo se dará cumplimiento al primer objetivo específico el cual se muestra a continuación: (Identificar el producto de mayor demanda en la empresa Construcciones Ulloa a través de un análisis ABC, determinando su proceso crítico mediante la formulación de encuestas aplicadas al personal operativo).

5.1 ANÁLISIS ABC.

Las tablas 5.1 A muestra la sección del análisis de ventas históricas de los productos fabricados dentro de la empresa junto a su demanda y costo unitario anual, mismo que será de suma importancia para el desarrollo del análisis ABC. Se ha recopilado información de los últimos 3 años de las ventas dentro de la empresa.

Tabla 5.1. Parte A, Análisis de ventas mensuales.

VENTAS HISTÓRICAS		2025		2024		2023		TOTAL.	
Producto	P.unit	Cant	Valor.	Cant	Valor.	Cant	Valor.	Cant	Valor.
Autobomba Inc. 1300 gal	370,000	4	1,480,000	1	370,000	0	0	5	1,850,000
Tanquero Abast. 17000 gal	300,000	4	1,200,000	2	600,000	1	300,000	7	2,100,000
Tanquero 2500 gal	190,000	2	380,000	4	760,000	3	570,000	9	1,710,000
Tanque (6,000 gal)	35,000	21	735,000	23	805,000	17	595,000	61	2,135,000
Motobomba Elíptica 2000 gal	171,000	5	855,000	2	342,000	3	513,000	10	1,710,000
Tanque (2,000 gal)	24,000	8	192,000	6	144,000	5	120,000	19	456,000
Tanque (10,000 gal)	60,000	4	240,000	6	360,000	10	600,000	20	1,200,000
Otros Productos Terminados	35,421	15	531,315	11	389,631	10	354,210	36	1,275,156
Puesto Mando Móvil	60,000	6	360,000	8	480,000	3	180,000	17	1,020,000
Ventas de Trabajos	576	50	28,800	78	44,928	35	20,160	163	93,888

Al tener el análisis de ventas mensuales de cada producto que se desarrolla dentro de la empresa, se procede a realizar el análisis ABC, lo cual veremos reflejado en la tabla 5.2 la cual muestra el desarrollo del siguiente apartado, permitiendo mostrar los productos con mayor demanda dentro de la empresa y así seleccionar el producto con el cual se va a trabajar.

Tabla 5.2. Análisis ABC.

ANÁLISIS ABC - VENTAS HISTÓRICAS 2025-2024-2023				
PRODUCTO	Valor total (\$)	% del total	% acumulado	Categoría
Tanque (6,000 gal)	2,135,000	15,76%	15,76%	A
Tanquero Abast. 17000 gal	2,100,000	15,50%	31,25%	A
Autobomba Inc. 1300 gal	1,850,000	13,65%	44,91%	A
Tanquero 2500 gal	1,710,000	12,62%	57,53%	A
Motobomba Elíptica 2000 gal	1,710,000	12,62%	70,15%	A
Otros Productos Terminados	1,275,156	9,41%	79,56%	A
Tanque (10,000 gal)	1,200,000	8,86%	88,41%	B
Puesto Mando Móvil	1,020,000	7,53%	95,94%	C
Tanque (2,000 gal)	456,000	3,37%	99,31%	C
Ventas de Trabajos	93,888	0,69%	100,00%	C
TOTAL	13,550,044	100,00%		

Al determinar el análisis ABC se puede identificar que existen 5 productos en categoría A, al tener en cuenta este dato se ha inclinado por la elección del Tanque de 6,000 galones ya que este producto al ser de categoría A y ser uno de los que se han fabricado con anterioridad se obtiene la información que se necesita para realizar la propuesta dentro del proceso crítico que se vaya a identificar, al contrario de los motobomba que es un producto que se elabora hace muy poco dentro de la empresa, teniendo varias irregularidades al momento de entregarlos, sin ser identificado con claridad el proceso que más fallas presenta.

5.2 RESULTADOS DE LA ENCUESTA A DIRECTIVOS.

Con el objetivo de identificar la importancia del proceso de fabricación de tanques dentro del sistema productivo de la empresa Construcciones Ulloa, se aplicó un instrumento de investigación dirigido al personal directivo y técnico de la organización.

Como se puede observar en la tabla 5.3, la encuesta fue aplicada a cinco profesionales, seleccionados por su conocimiento del proceso productivo y su participación en la toma de decisiones dentro de la empresa.

La distribución de los participantes fue la siguiente:

Tabla 5.3. Resultados de encuestas a directivos.

Cargo	Cantidad
Gerentes	2
Ingeniero de planta	1
Ingeniero de control de calidad	1
Ingeniero de Seguridad y Salud Ocupacional	1
Total	5 participantes

Las respuestas obtenidas fueron sistematizadas mediante frecuencia absoluta y porcentuales, lo que permitió analizar la percepción de los directivos respecto a la relevancia del proceso de fabricación de tanques en la empresa.

5.2.1 Importancia del producto de tanques dentro de la empresa.

En la tabla 5.4, se determina el nivel de relevancia que tiene la fabricación de tanques dentro del sistema productivo de la empresa, se planteó una pregunta relacionada con la importancia de este producto dentro de la producción general.

Tabla 5.4. Importancia de los tanques en la empresa.

Nivel de importancia	Frecuencia	Porcentaje
Muy importante	3	60%
Importante	2	40%
Poco importante	0	0%
Total	5	100%

Los resultados obtenidos evidencian que el 100% de los encuestados considera que la fabricación de tanques representa un producto importante o muy importante dentro de la empresa.

5.2.2 Identificación del proceso con mayor duración en la producción.

En la tabla 5.5. Se determina cuál de los procesos productivos presentan mayor duración dentro del sistema de fabricación de la empresa, se consultó a los encuestados sobre el proceso que consideran más crítico en términos de tiempo.

Tabla 5.5. Identificación del proceso que más tiempo dura.

Proceso productivo	Frecuencia	Porcentaje
Diseño	0	0%
Corte	0	0%
Soldadura	1	20%
Ensamblaje de tanques	4	80%
Pintura	0	0%
Total	5	100%

Los resultados muestran que el 80% de los encuestados identifica al proceso de ensamblaje de tanques como el proceso que demanda mayor tiempo dentro del sistema productivo, mientras que el 20% considera que el proceso de soldadura presenta una duración significativa.

Este resultado se explica debido a que el proceso de ensamblaje implica la integración de múltiples componentes estructurales del tanque, además de actividades como alineación, fijación de piezas y verificación de ajustes, lo que incrementa el tiempo requerido para completar esta etapa del proceso productivo.

De esta manera, se dará continuidad para el cumplimiento del objetivo dos el cual se muestra a continuación: (Diagnosticar el estado actual del producto mediante la medición de la eficiencia operacional en el proceso crítico seleccionado para la aplicación de una herramienta Lean Manufacturing).

5.3 LEVANTAMIENTO DE PROCESOS.


En esta sección se llevará a cabo el levantamiento de procesos de la línea de producción de tanques y las actividades que se desarrollan en cada una de estas fases. Se ha hecho uso de fichas de procesos con el fin de describir las actividades necesarias de cada proceso y de esta manera tener una idea más clara del funcionamiento de la empresa en la cual se está desarrollando la siguiente investigación.

Asimismo, se ha realizado diagramas de flujo para cada uno de estos procesos ayudando así a tener una mejor visualización de las decisiones, entradas y salidas que tiene cada uno de estos procesos. Es por ello, que el levantamiento de procesos es de suma importancia para proponer mejores dentro de la empresa sustentadas en herramientas de calidad y la mejora continua.

5.3.1 Línea de Producción de Tanques.

Proceso Preparación de Material.

Tabla 5.6. Levantamiento de Procesos. Preparación del material.

	Proceso	Fabricación tanques de diésel
	Subproceso	Preparación de material
	Código	PR-04
Objetivo	Preparar las láminas metálicas mediante operaciones de corte, conformado y rolado	
Entradas	Láminas de acero	
	Planos de fabricación	
Recursos	Máquina de corte	
	Máquina de conformado	
	Roladora	
	Operarios	
Salidas	Piezas listas para soldadura	
N°	Actividad	Descripción
1	Recepción de material	Se reciben las láminas metálicas desde bodega.
2	Corte de láminas	Se cortan según las dimensiones del plano.
3	Conformado	Se da forma inicial a las láminas.
4	Rolado	Se curva el material para formar el tanque.
5	Envío a soldadura	Las piezas se trasladan al área de soldadura.

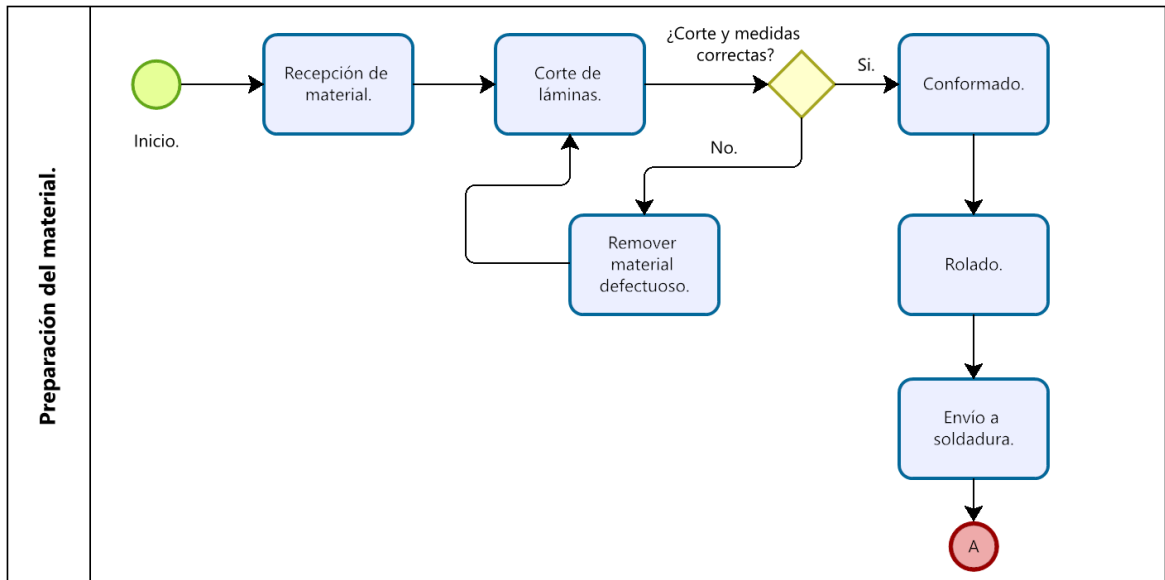


Figura 5.1. Diagrama de flujo. Preparación de Material.

Proceso de Unión estructural del tanque.

Tabla 5.7. Levantamiento de Procesos. Unión estructural del tanque.

	Proceso	Fabricación tanques de diésel
	Subproceso	Unión estructural del tanque
	Código	PR-05
Objetivo	Unir las piezas metálicas mediante procesos de soldadura para formar la estructura del tanque.	
Entradas	Piezas conformadas	
Recursos	Equipos de soldadura	
	Soldadores	
	Herramientas de inspección	
Salidas	Tanque Soldado	
N°	Actividad	Descripción
1	Preparación de piezas	Se alinean las piezas para soldadura.
2	Soldadura interna	Se realizan las uniones internas.
3	Soldadura externa	Se refuerzan las uniones externas.
4	Inspección de soldadura	Se revisa la calidad de las uniones.
5	Envío a ensamble	El tanque pasa al área de ensamble.

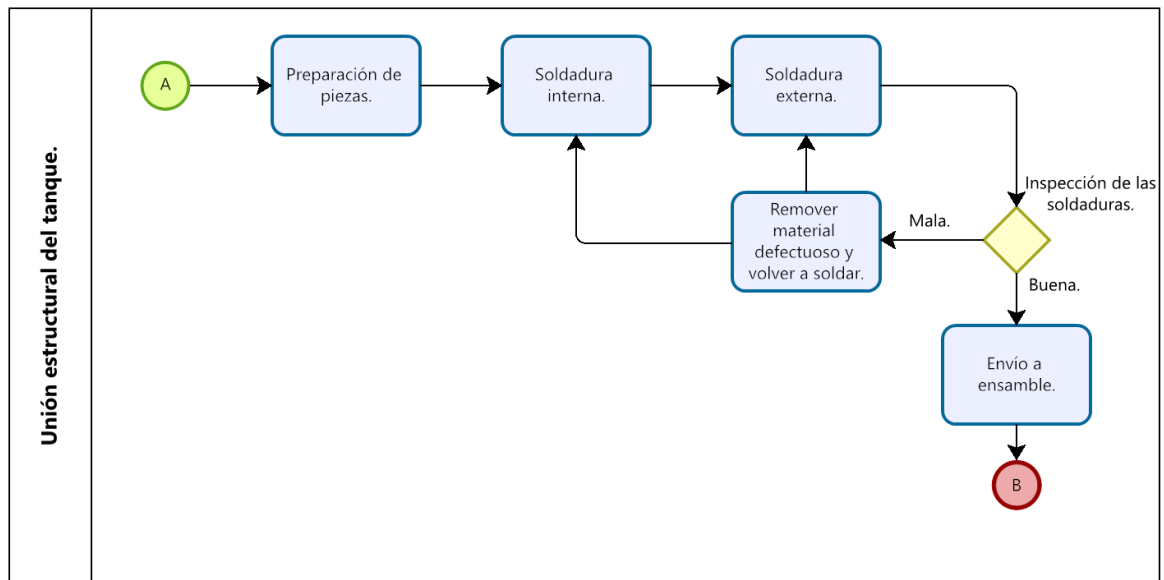



Figura 5.2. Diagrama de flujo. Unión estructural del tanque.

Proceso de Ensamble de Tanque.

Tabla 5.8. Levantamiento de Procesos. Ensamblaje de Tanques.

	Proceso	Fabricación tanques de diésel
	Subproceso	Ensamble del tanque
	Código	PR-06
Objetivo	Integrar los componentes estructurales y accesorios del tanque.	
Entradas	Tanque soldado	
	Componentes estructurales	
	Accesorios	
Recursos	Herramientas de montaje	
	Operarios	
Salidas	Tanque ensamblado	
N°	Actividad	Descripción
1	Creación de chasis	Se fabrica la estructura base del tanque.
2	Montaje de chasis	Se instala el tanque sobre el chasis.
3	Creación de accesorios	Se fabrican los accesorios del tanque.
4	Prueba hidrostática	Se verifica la hermeticidad del tanque.
5	Montaje de accesorios	Se instalan los accesorios finales.

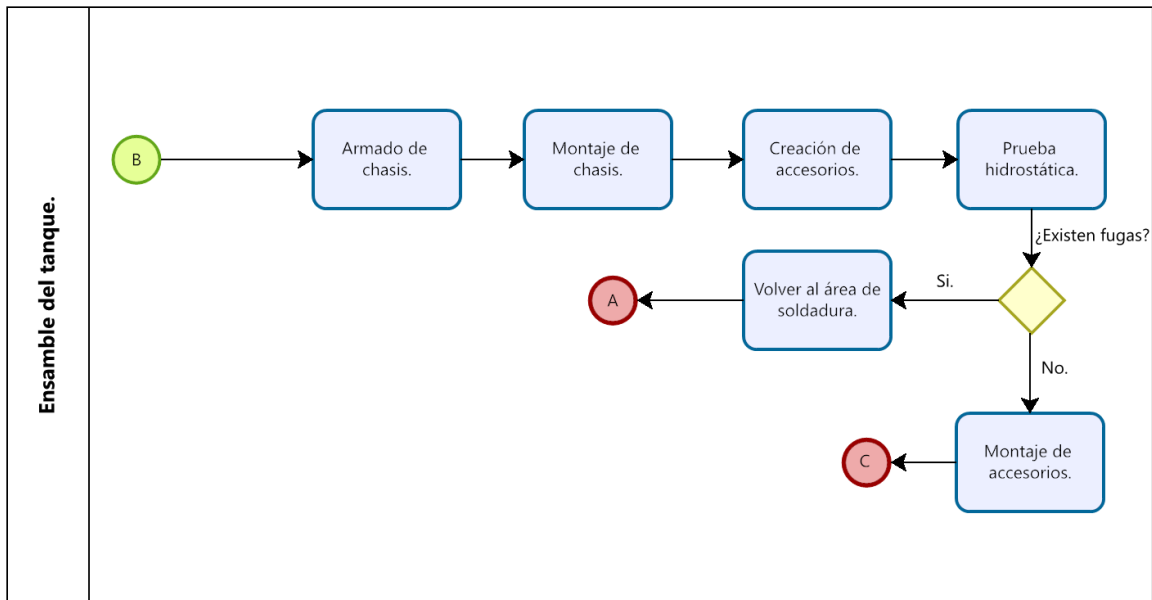



Figura 5.3. Diagrama de flujo. Ensamblaje del tanque.

Proceso de Acabado superficial.

Tabla 5.9. Levantamiento de Procesos. Acabado Superficial.

	Proceso	Fabricación tanques de diésel
	Subproceso	Acabado superficial
	Código	PR-07
Objetivo	Aplicar recubrimientos protectores al tanque para evitar corrosión y mejora su apariencia	
Entradas	Tanque ensamblado	
Recursos	Compresor	
	Pistola de pintura	
	Pintura industrial	
Salidas	Tanque pintado	
N°	Actividad	Descripción
1	Preparación de superficie	Se limpia la superficie del tanque.
2	Aplicación de pintura base	Se aplica pintura anticorrosiva.
3	Aplicación de pintura final	Se aplica pintura de acabado.
4	Secado	Se deja secar el recubrimiento.
5	Inspección del pintado	Se revisa la calidad del acabado.

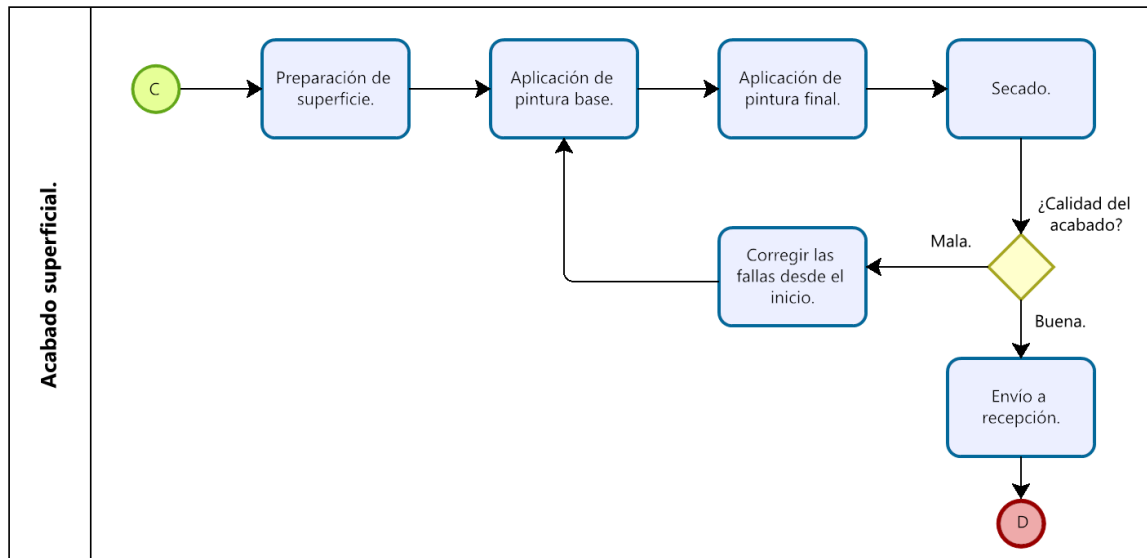



Figura 5.4. Diagrama de flujo. Acabado superficial.

Proceso de Identificación del Producto.

Tabla 5.10. Levantamiento de Procesos. Identificación del Producto.

	Proceso	Fabricación tanques de diésel
	Subproceso	Identificación del producto
	Código	PR-08
Objetivo	Colocar etiquetas e información técnica del tanque terminado	
Entradas	Tanque pintado	
Recursos	Etiquetas	
	Herramienta de fijación	
Salidas	Tanque de fijación	
N°	Actividad	Descripción
1	Recepción del tanque	Se recibe el tanque terminado.
2	Preparación de etiquetas	Se organizan las etiquetas técnicas.
3	Colocación de etiquetas	Se fijan las etiquetas en el tanque.
4	Verificación de información	Se revisa la correcta identificación.
5	Envío a entrega	Se traslada el tanque al área final.

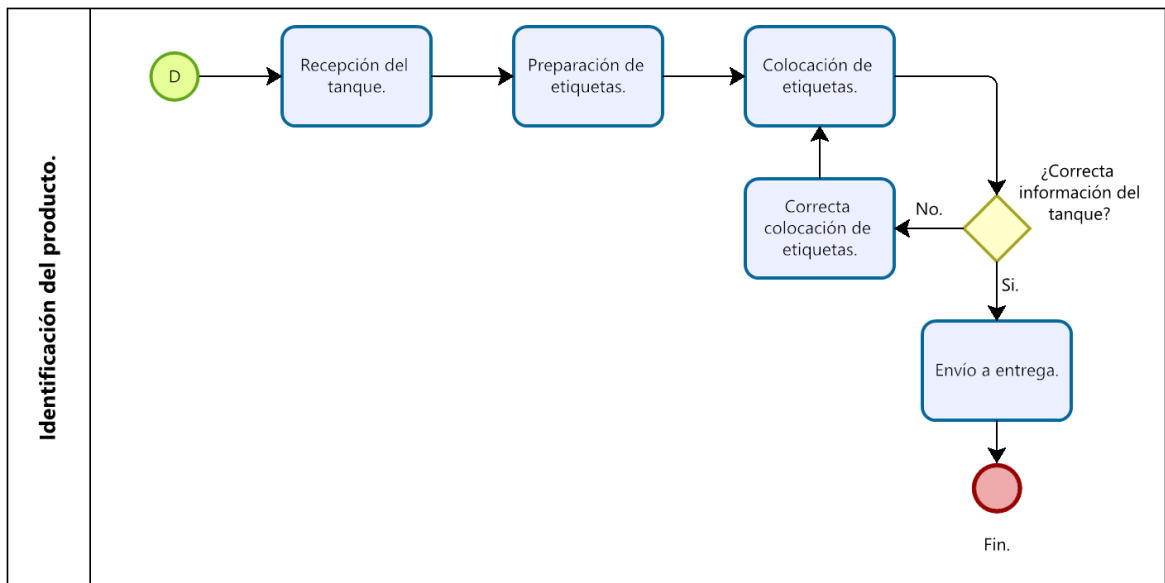


Figura 5.5. Diagrama de flujo. Identificación del producto.

5.4 CURSOGRAMAS ANALÍTICOS.










Se desarrollaron varios cursogramas analíticos con el fin de representar de una manera clara las acciones (operación, transporte, inspección, espera y almacenaje), mostrando así la trayectoria que cada una de estas fases siguen, requeridas por la acción y las distancias recorridas

Logrando de esta manera identificar varias características de cada una de estas lo cual ayudará a facilitar la comprensión de cómo se desarrollan las actividades en la empresa como se lo puede apreciar en las tablas presentadas a continuación, en donde se presentará cada proceso llevado a cabo en la producción de tanques.

5.4.1 Línea de Producción de Tanques.

Cursograma analítico Preparación de Material.

Tabla 5.11. Cursograma analítico. Preparación de material.

Cursograma Analítico										
Diagrama N°: 1	Hoja N°1 de 1	Resumen								
Línea de Producción		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
		Proceso:	Fabricación de tanques de diésel	Operación		3				
Subproceso:	Preparación de material (corte, conformado y rolado)	Transporte		2						
Método:	Actual	Espera		0						
Operario (s):	Operarios de corte y conformado	Inspección		0						
Elaborado por:	Tesista	Almacenamiento			0					
		Distancia (m):			6,00					
			Tiempo (min):			12,60				
Actividades del proceso		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
										
1	Recepción de material	1	0,1	5					*	Se reciben las láminas metálicas desde bodega.
2	Corte de láminas	1	4,80		*					Tiempo promedio registrado para corte.
3	Conformado	1	3,80		*					Tiempo promedio registrado para
4	Rolado	1	3,80		*					Tiempo promedio registrado para rolado.
5	Envío a soldadura	1	0,1	1					*	Las piezas se trasladan al área de soldadura.
		5	12,60	6						

Cursograma analítico Unión estructural del Tanque.

Tabla 5.12. Cursograma analítico. Unión estructural del tanque.

Cursograma Analítico											
Diagrama N°: 1	Hoja N°1 de 1	Resumen									
Línea de Producción		Actividad			Actual	Propuesta	Economía				
		Proceso:	Fabricación de tanques de diésel	Operación		3					
Subproceso:	Unión estructural del tanque	Transporte		1							
Método:	Actual	Espera		0							
Operario (s):	Soldadores	Inspección		1							
Elaborado por:	Tesisista	Almacenamiento		0							
		Distancia (m):				10,00					
		Tiempo (min):				39,63					
Actividades del proceso		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
1	Preparación de piezas	1	0,1		*					Se alinean las piezas para soldadura.	
2	Soldadura interna	1	13,81		*					Tiempo promedio registrado para	
3	Soldadura externa	1	15,82		*					Tiempo promedio registrado para	
4	Inspección y reparación	1	9,80		*					Tiempo promedio registrado para	
5	Envío a ensamble	1	0,1	10					*	El tanque pasa al área de ensamble.	
		5	39,63	10							

Cursograma analítico Ensamble de Tanque.

Tabla 5.13. Cursograma analítico. Ensamble de Tanque.

Cursograma Analítico											
Diagrama N°: 1	Hoja N°1 de 1	Resumen									
Línea de Producción		Actividad			Actual	Propuesta	Economía				
		Proceso:	Fabricación de tanques de diésel	Operación		4					
Subproceso:	Ensamble del tanque	Transporte		0							
Método:	Actual	Espera		0							
Operario (s):	Operarios de ensamble	Inspección		1							
Elaborado por:	Tesisista	Almacenamiento		0							
		Distancia (m):				0,00					
		Tiempo (min):				187,55					
Actividades del proceso		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
1	Armado de chasis	1	40,31		*					Tiempo promedio registrado para armado	
2	Montaje de chasis	1	16,14		*					Tiempo promedio registrado para montaje	
3	Creación de accesorios	1	99,66		*					Tiempo promedio registrado para creación	
4	Prueba hidrostática	1	11,34		*					Tiempo promedio registrado para prueba	
5	Montaje de accesorios	1	20,10		*					Tiempo promedio registrado para montaje	
		5	187,55	0							

Cursograma analítico Acabado superficial.

Tabla 5.14. Cursograma analítico. Acabado superficial.

Cursograma Analítico										
Diagrama N°: 1	Hoja N°1 de 1	Resumen								
Línea de Producción		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
		Operación	●	3						
Proceso:	Fabricación de tanques de diésel	Transporte	➔	0						
Subproceso:	Acabado superficial y pintura	Espera	◐	1						
Método:	Actual	Inspección	■	1						
Operario (s):	Operarios de pintura	Almacenamiento	▼	0						
Elaborado por:	Tesisista	Distancia (m):		0,00						
		Tiempo (min):		16,40						
Actividades del proceso		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
					●	■	◐	➔	▼	
1	Preparación de superficie	1	0,5		*					Se acondiciona la superficie del tanque
2	Aplicación de pintura base	1	4,90		*					Parte del tiempo promedio registrado de
3	Aplicación de pintura final	1	4,91		*					Parte del tiempo promedio registrado de
4	Secado	1	5,79					*		Tiempo promedio registrado de
5	Inspección del pintado	1	0,3					*		Se verifica la calidad del acabado superficial.
		5	16,4	0						

Cursograma analítico Identificación del Producto.

Tabla 5.15. Cursograma analítico. Identificación del Producto.

Cursograma Analítico										
Diagrama N°: 1	Hoja N°1 de 1	Resumen								
Línea de Producción		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
		Operación	●	2						
Proceso:	Fabricación de tanques de diésel	Transporte	➔	2						
Subproceso:	Identificación del producto	Espera	◐	0						
Método:	Actual	Inspección	■	1						
Operario (s):	Operario de etiquetado	Almacenamiento	▼	0						
Elaborado por:	Tesisista	Distancia (m):		15,00						
		Tiempo (min):		0,90						
Actividades del proceso		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
					●	■	◐	➔	▼	
1	Medición de etiquetas	1	0,5		*					Se mide la posición de las etiquetas
2	Preparación de etiquetas	1	0,05		*					Se organizan las etiquetas técnicas.
3	Colocación de etiquetas	1	0,15		*					Tiempo promedio registrado para
4	Verificación de información	1	0,1					*		Se revisa la correcta identificación.
5	Envío a entrega	1	0,1	15				*		Se traslada el tanque al área final.
		5	0,9	15						

5.5 ESTUDIO DE TIEMPOS.

En la tabla 5.16, se ha recopilado los datos sobre los tiempos que existe dentro de las estaciones de trabajo los cuales fueron clave para llevar a cabo el estudio, se ha determinado cada uno de ellos y lo que conlleva realizar cada actividad para ensamblar un tanque.

Tabla 5.16. Estudio de tiempos.

PROCESO DE ENSAMBLE DE TANQUES CONSTRUCCIONES ULLOA													
#	Descripción Actividades	Tiempo (h)								PROMEDIO	DES.M	LCS	LCI
		1	Armado de chasis	38,15	40,45	42,35	39,06	41,48	38,08				
2	Montaje de chasis	15,45	16,08	17,33	16,21	15,20	15,27	16,09	17,47	16,14	0,87	17,01	15,27
3	Creación de accesorios del tanque	85,17	95,31	110,34	100,33	115,37	85,20	95,37	110,21	99,66	11,52	111,18	88,14
4	Prueba hidrostática	9,32	11,08	14,36	12,12	13,24	10,37	9,15	11,08	11,34	1,82	13,16	9,52
5	Montaje de accesorios	23,28	24,46	25,06	24,35	23,35	14,52	12,49	13,31	20,10	5,57	25,68	14,53
										187,56			

Una vez realizado el estudio de tiempos del área de ensamble de tanques, es necesario evaluar los límites de control superior e inferior, para ellos se ocupó una trata de control XS y para este caso los límites de control se determinan de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{X} + 3 \frac{S}{c4\sqrt{n}} \quad (5.1)$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \frac{S}{c4\sqrt{n}} \quad (5.2)$$

Donde:

\bar{X} = Promedio.

S = Desviación estándar.

C4 = Constante que depende del tamaño de subgrupo.

n = número de muestras.

LCS = Límite de Control Superior.

LCI = Límite de Control Inferior.

En el caso de c_4 se calcula por medio del tamaño de subgrupo, tal cual se puede observar en la Figura 5.6.

Tamaño de muestra, n	Carta \bar{X} A_2	Carta R			Carta S c_4	Estimación de σ d_2
		d_3	D_3	D_4		
2	1.880	0.853	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3	1.023	0.888	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4	0.729	0.880	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5	0.577	0.864	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6	0.483	0.848	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7	0.419	0.833	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8	0.373	0.820	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9	0.337	0.808	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10	0.308	0.797	0.2232	1.7768	0.9727	3.078
11	0.285	0.787	0.2559	1.7441	0.9754	3.173
12	0.266	0.778	0.2836	1.7164	0.9776	3.258
13	0.249	0.770	0.3076	1.6924	0.9794	3.336
14	0.235	0.763	0.3281	1.6719	0.9810	3.407
15	0.223	0.756	0.3468	1.6532	0.9823	3.472
16	0.212	0.750	0.3630	1.6370	0.9835	3.532
17	0.203	0.744	0.3779	1.6221	0.9845	3.588
18	0.194	0.739	0.3909	1.6091	0.9854	3.640
19	0.187	0.734	0.4031	1.5969	0.9862	3.689
20	0.180	0.729	0.4145	1.5855	0.9869	3.735
21	0.173	0.724	0.4251	1.5749	0.9876	3.778
22	0.167	0.720	0.4344	1.5656	0.9882	3.819
23	0.162	0.716	0.4432	1.5568	0.9887	3.858
24	0.157	0.712	0.4516	1.5484	0.9892	3.898
25	0.153	0.708	0.4597	1.5403	0.9896	3.931

Figura 5.6. Factores para el cálculo de las diferentes cartas de control.

De acuerdo a la Figura 5.6, se puede verificar que como existe 8 grupos de datos el c_4 es igual a 0,9650, siendo este valor el seleccionado para calcular los límites de control superior e inferior.

A continuación, se va a calcular los diferentes límites de control de cada proceso:

Proceso de armado de chasis:

$$LCS = 40,31 + 3 \frac{1,75}{0,9650 * \sqrt{5}} = 42,23$$

$$LCI = 40,31 - 3 \frac{1,75}{0,9650 * \sqrt{5}} = 38,39$$

Proceso de montaje de chasis:

$$LCS = 16,14 + 3 \frac{0,87}{0,9650 * \sqrt{5}} = 17,10$$

$$LCI = 16,14 - 3 \frac{0,87}{0,9650 * \sqrt{5}} = 15,18$$

Proceso de creación de accesorios del tanque:

$$LCS = 99,66 + 3 \frac{11,52}{0,9650 * \sqrt{5}} = 112,32$$

$$LCI = 99,66 - 3 \frac{11,52}{0,9650 * \sqrt{5}} = 87$$

Proceso de prueba Hidrostática:

$$LCS = 11,34 + 3 \frac{1,82}{0,9650 * \sqrt{5}} = 13,34$$

$$LCI = 11,34 - 3 \frac{1,82}{0,9650 * \sqrt{5}} = 9,34$$

Proceso de Montaje de accesorios:

$$LCS = 20,10 + 3 \frac{5,57}{0,9650 * \sqrt{5}} = 26,23$$

$$LCI = 20,10 - 3 \frac{5,57}{0,9650 * \sqrt{5}} = 13,98$$

En la tabla 5.17, se ha calculado promedio, desviación estándar y los límites de control superior e inferior, identificando de esta manera que los tiempos que no están pintados de color rosa son los que están fuera de los límites de control.

Tabla 5.17. Cálculo de la Desviación Estándar.

PROCESO DE ENSAMBLE DE TANQUES CONSTRUCCIONES ULLOA										DS
1	Armado de chasis	39,15	40,45	41,35	39,06	41,48	39,08	40,48	41,45	1,083615
2	Montaje de chasis	15,45	16,08	16,33	16,21	15,18	15,27	16,09	16,47	0,5057385
3	Creación de accesorios del tanque	90,17	95,31	110,34	100,33	110,37	90,2	95,37	110,21	8,8982033
4	Prueba hidrostática	10,32	11,08	12,36	12,12	13,24	10,37	9,65	11,08	1,2071306
5	Montaje de accesorios	23,28	24,46	25,06	24,35	23,35	15,52	17,49	17,31	3,8798223

En la tabla 5.18, al obtener los resultados permitió identificar el tamaño de muestra que es necesario para realizar un estudio estadísticamente eficiente y sin errores.

Tabla 5.18. Tamaño de Muestra.

CALCULAR TAMAÑO DE LA MUESTRA	
X	X ²
90,17	8130,63
95,31	9084,00
110,34	12174,92
100,33	10066,11
110,37	12181,54
90,20	8136,04
95,37	9095,44
110,21	12146,24
802,30	81014,91

Para calcular el número de muestra se usa la siguiente fórmula:

$$c = \frac{r}{\bar{X}} \quad (5.3)$$

Siendo así:

r = rango promedio de las observaciones.

X= media aritmética o promedio.

C= coeficiente que mide la variabilidad relativa del proceso.

Para calcular r se hace de la siguiente manera:

$$r = x_{max} - x_{min}$$

Lo cual reemplazando da como resultado:

$$r = 110,37 - 90,17 = 20,2$$

La media se calcula de esta forma:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{802,30}{8} = 100,29$$

Una vez calculado estos dos valores se puede calcular el coeficiente de variabilidad relativa del proceso, quedando de la siguiente forma:

$$c = \frac{20,2}{100,29} = 0,2014$$

Para calcular el valor, simplemente hacemos una comparación en la figura 5.7 que se muestra a continuación.

TABLA PARA CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Figura 5.7. Tabla para el cálculo del número de observaciones.

Con un valor de 0,20, la figura 5.7, indica que se requieren mínimo 7 observaciones para un nivel de precisión del 10%. Debido a que el estudio cuenta con 8 observaciones, el tamaño de muestra es más que suficiente para el análisis del proceso.

La tabla 5.19 muestra los suplementos los cuales fueron esenciales para sacar el tiempo total el cual demora la empresa en generar un tanque.

Tabla 5.19. Parte A. Valoración de Ritmo.

LA VALORACIÓN DEL RITMO ES				
CODICIONES	CONSISTENCIA	HABILIDAD	ESFUERZO	TOTAL
C = +0,02	C = +0,01	B1 = +0,11	B1 = +10	0,24

Tabla 5.20. Parte B. Datos de Suplementos.

SUPLEMENTOS	
TRABAJADOR	= 9
TRABAJO DE PIE	= 2
LEVANTA 33,5 KG	= 22
TRABAJO DE GRAN PRECISIÓN	= 5
INTERMITENTE Y FUERTE	= 2
PROCESO ALGO COMPLEJO	= 1
Total, suplementos	0,41

La tabla 5.20, muestra el tiempo completo en el que se demora la industria en fabricar un tanque, el cual es de 202,66 horas.

Tabla 5.21. Tiempo total del Proceso.

PROCESO DE ENSAMBLE DE TANQUES CONSTRUCCIONES ULLOA										TO	Esfuerzo	TN	Suplemento	Tt
1	Armado de chasis	39,15	40,45	41,35	39,06	41,48	39,08	40,48	41,45	40,3125	1,24	49,988	0,41	70,48
2	Montaje de chasis	15,45	16,08	16,33	16,21	16,2	15,27	16,09	16,47	16,0125	1,24	19,856	0,41	28,00
3	Creación de accesorios del tanque	90,17	95,31	110,34	100,33	110,37	90,2	95,37	110,21	100,2875	1,24	124,357	0,41	175,34
4	Prueba hidrostática	10,32	11,08	12,36	12,12	12,24	10,37	9,65	11,08	11,1525	1,24	13,829	0,41	19,50
5	Montaje de accesorios	23,28	24,46	25,06	24,35	23,35	15,52	17,49	17,31	21,3525	1,24	26,477	0,41	37,33
										189,12	6,20	234,51	2,05	330,65

5.6 INDICADORES DE EFICIENCIA ACTUAL.

Para empezar con el cálculo de los indicadores primero se identificará los días laborables, convirtiendo las horas como se muestra a continuación:

$$\text{Días necesarios} = \frac{330,65 \text{ horas}}{8 \text{ horas/día}}$$

$$\text{Días necesario} = 41,33 \text{ días} \approx 42 \text{ días laborables.}$$

5.6.1 Indicador porcentual de cada proceso.

Al calcular el siguiente indicador permite identificar cual es el proceso que consume la mayor parte del tiempo y de esta manera determinar el cuello de botella, se calcula de la siguiente manera:

$$\%Participación = \frac{Tiempo\ del\ proceso}{Tiempo\ total} \times 100 \quad (5.4)$$

$$Armado\ de\ chasis: \frac{70,48}{330,65} \times 100 = 21,31\%$$

$$Montaje\ de\ accesorios: \frac{28}{330,65} \times 100 = 8,47\%$$

$$Creación\ de\ accesorios: \frac{175,34}{330,65} \times 100 = 53,03\%$$

$$Prueba\ hidrostática: \frac{19,50}{330,65} \times 100 = 5,90\%$$

$$Montaje\ de\ accesorios: \frac{37,33}{330,65} \times 100 = 11,29\%$$

El 53,03% del tiempo total se centra en la creación de accesorios, por lo cual se confirma que el cuello de botella se encuentra en esa estación de trabajo.

5.6.2 Indicador sobre el tiempo productivo del sistema.

Para el siguiente indicador se va a trabajar de la siguiente manera, primero se calcula en términos de tiempo para lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{1}{Tiempo\ total} \quad (5.5)$$

$$Productividad = \frac{1}{330,65} = 0,00302 \frac{\text{tanques}}{\text{hora}}$$

Ahora se calculará para una jornada laboral de 8 horas, lo cual se va a mostrar a continuación:

$$0,00302 \times 8 = 0,024 \text{ tanques/día}$$

Lo que quiere decir que se necesita 42 días para la elaboración de un tanque en las condiciones actuales de la empresa.

5.6.3 Indicador del balance del proceso.

Se va a medir que tan desbalanceado está el proceso haciendo una comparativa con el tiempo total y solo del cuello de botella como se muestra a continuación:

- Promedio por estación: $\frac{330,65}{5} = 66,13 \text{ horas}$.
- Comparación con el cuello de botella: $\frac{175,34}{66,13} = 2,65$.

La estación de trabajo que se dedica a la creación de accesorios debe trabajar 2,65 más veces que las demás estaciones de trabajo.

5.6.4 Índice de la eficiencia operacional.

Al momento de evaluar el desempeño real del proceso crítico, se calcula su eficiencia operacional antes de la intervención. Este cálculo se fundamenta entre la relación del tiempo promedio observado y el tiempo eficiente estimado, considerando que la variabilidad identificada representa tiempo no generador de valor.

Eficiencia antes de la mejora:

$$E = \frac{\sum Tt}{n \times TCS} \quad (5.6)$$

$$E = \frac{330,65 \text{ horas}}{5 \times 175,34 \text{ horas}}$$

$$E = \frac{330,65}{871,7} \times 100\%$$

$$E = 37,7\%$$

Este resultado muestra que el sistema contiene una baja eficiencia operacional, por el motivo de el desbalance que existe entre las estaciones de trabajo y a la presencia de desperdicios dentro del área de trabajo.

Asimismo, al haber desarrollado el estudio de tiempos el mismo permitió determinar que el 53,03% del tiempo total de fabricación está dentro de la estación sobre creación de accesorios, siendo así el cuello de botella, realizando el análisis sobre el balance de la empresa se ha obtenido que la misma debe trabajar 2,65 veces por encima de las demás estaciones.

Asimismo, se ha identificado el tiempo total el cual es de 330,65 horas para completar el proceso en el cual se ha determinado que el cuello de botella trabaja con un 37,7%.

5.7 CHECKLIST PARA LA IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS (MUDAS).

En la tabla 5.21 muestra la sección en la que se ha recopilado los datos de todos los checklists individuales con sus respectivos porcentajes, realizando una comparativa y visualizando que desperdicios (mudas) son los que más afectan dentro de la industria, para de esta manera proponer un plan de mejora, ayudando a la competitividad de la organización.

Para la valoración de cada criterio se utilizó una escala tipo Likert de 0 a 5, donde:

- 0 = Excelente.
- 1 = Muy bueno.
- 2 = Bueno.
- 3 = Regular.

- 4 = Crítico.
- 5 = Muy crítico.

Tabla 5.22. Comparación Porcentajes Checklist.

CHECKLITS DESPERDICIOS				
N°	DESPERDICIOS (MUDAS)	TOTAL (SI)	TOTAL (NO)	PORCENTAJES
1	ESPERAS	4	1	80%
2	TRANSPORTE	1	4	20%
3	MOVIMIENTOS	1	4	20%
4	INVENTARIO	3	2	60%
5	SOBREPROCESOS	2	3	40%
6	SOBREPRODUCCIÓN	0	5	0%
7	DEFECTOS	3	2	60%
TOTAL		14	21	40%

Al realizar la siguiente comparativa se ha identificado 3 desperdicios potenciales dentro de la empresa, los cuales son: Esperas con un 80%, Inventario con un 60% y Defectos con un 60%, mismos que afectan de manera directa en la baja eficiencia operacional dentro de la estación de trabajo que se dedica a la creación de accesorios. Cabe recalcar que todos los desperdicios son importantes de solucionarlos, pero en este sentido se debe priorizar los que muestran porcentajes lo cuales pasen del 50%, como los que se ha nombrado con anterioridad.

5.8 DIAGRAMA DE PARETO.

La tabla 5.22 muestra los diferentes procesos cada uno con sus respectivos tiempos, organizados de mayor a menor, de igual manera su porcentaje individual como acumulado.

Tabla 5.23. Proceso ensamblaje de Tanques.

PROCESO DE ENSAMBLAJE CONSTRUCCIONES ULLOA				
N°	ACTIVIDAD	TIEMPO (Horas)	% INDIVIDUAL	% ACUMULADO
1	CREACIÓN DE ACCESORIOS	70,48	21,32%	21,32%
2	ARMADO DE CHASIS	28,00	8,47%	29,78%
3	MONTAJE DE ACCESORIOS	175,34	53,03%	82,81%
4	MONTAJE DE CHASIS	19,50	5,90%	88,71%
5	PRUEBA HIDROSTÁTICA	37,33	11,29%	100,00%
TOTAL		330,65	100%	100%

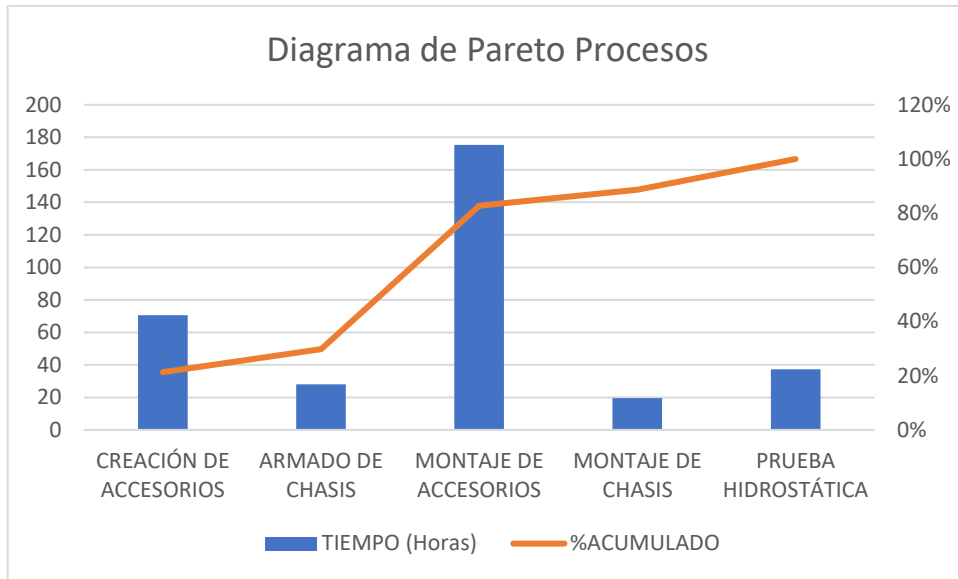


Figura 5.8. Diagrama de Pareto Procesos.

La tabla 5.23 muestra la comparativa, en este caso solo se muestra las preguntas que fueron descritas con un SI y sus respectivos porcentajes, mismos que son ordenados de mayor a menor.

Tabla 5.24. Checklist Desperdicios.

CHECKLITS DESPERDICIOS			
N°	DESPERDICIOS (MUDAS)	TOTAL (SI)	PORCENTAJES
1	ESPERAS	4	80%
2	INVENTARIO	3	60%
3	DEFECTOS	3	60%
4	SOBREPROCESO	2	40%
5	TRANSPORTE	1	20%
6	MOVIMIENTOS	1	20%
7	SOBREPRODUCCIÓN	0	0%
TOTAL		14	40%

En la tabla 5.24 muestra la frecuencia, frecuencia acumulada, porcentajes individuales y los porcentajes acumulados.

Tabla 5.25. Diagrama de Pareto desperdicios.

CHECKLITS DESPERDICIOS					
Nº	DESPERDICIOS (MUDAS)	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% INDIVIDUAL	% ACUMULADA
1	ESPERAS	4	4	28,57%	28,57%
2	INVENTARIO	3	7	21,43%	50,00%
3	DEFECTOS	3	10	21,43%	71,43%
4	SOBREPROCESO	2	12	14,29%	85,71%
5	TRANSPORTE	1	13	7,14%	92,86%
6	MOVIMIENTOS	1	14	7,14%	100,00%
7	SOBREPRODUCCIÓN	0	14	0%	100%
TOTAL			14	100%	

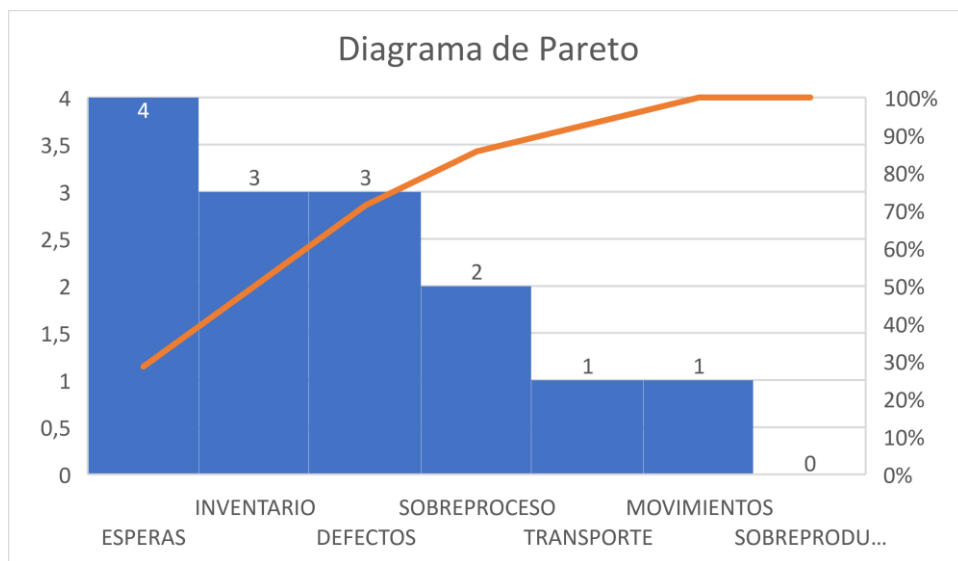


Figura 5.9. Diagrama de Pareto Desperdicios.

5.9 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.

La figura 5.10 tiene como propósito mostrar las causas raíz los cuales fueron detectados en el diagrama de Pareto, se ha realizado un diagrama de Ishikawa para el cual se ocupó la metodología de las 6 M (Mano de obra, método, maquinaria, material, medición y medio ambiente).

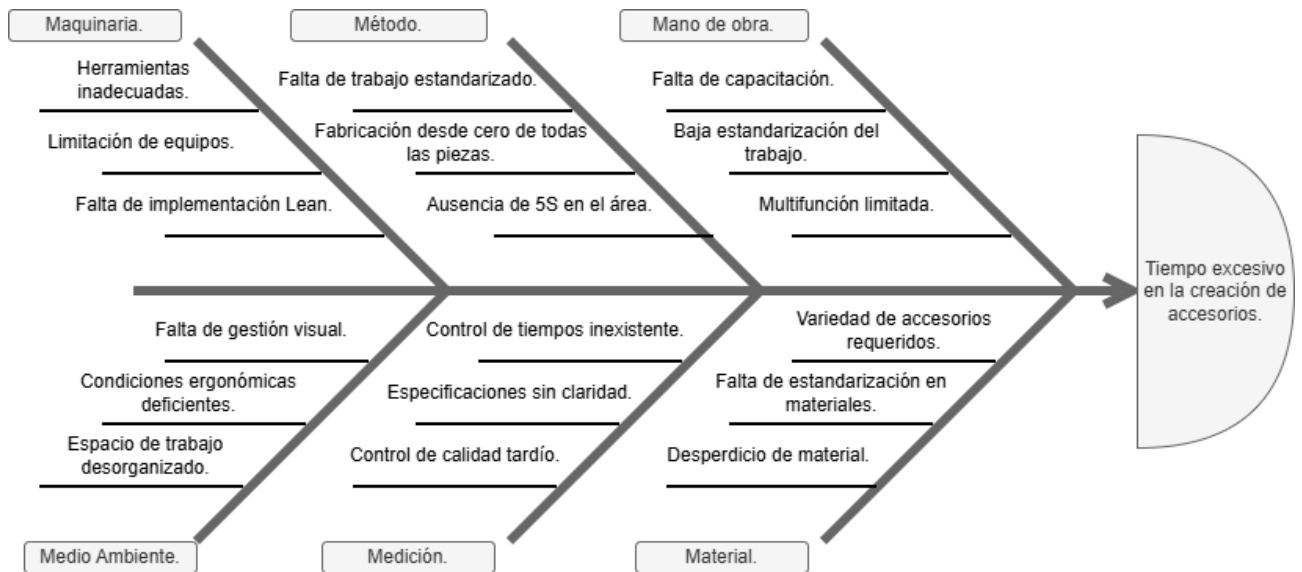


Figura 5.10 Diagrama de Ishikawa Procesos.

La figura 5.11 como propósito mostrar las causas raíz los cuales fueron detectados en el segundo diagrama de Pareto, el cual tiene que ver con los desperdicios que se encontraron dentro de la industrial, para lo cual se ha utilizado la misma metodología que en el diagrama anterior.

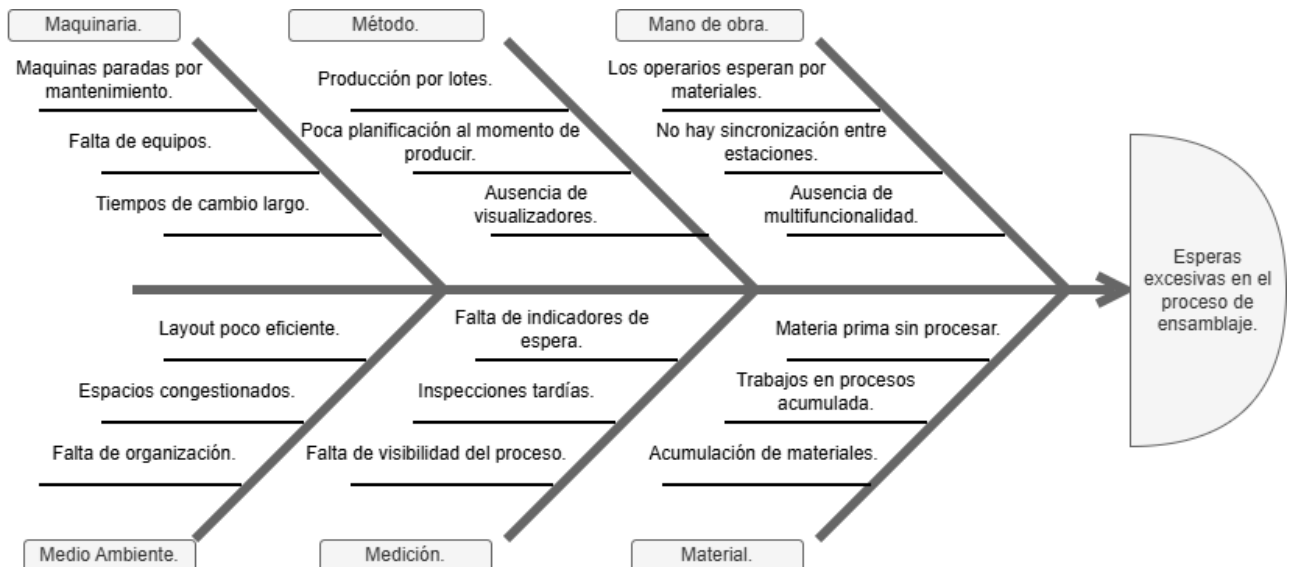


Figura 5.11. Diagrama de Ishikawa Desperdicios.

Asimismo, se dará cumplimiento al objetivo 3 el cual se muestra a continuación: (Integrar una propuesta de mejora combinando Herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de espacios de trabajo reduciendo tiempos de ciclo y aumentando la Eficiencia Operacional).

5.10 RESULTADOS COMPARATIVA DE LAS HERRAMIENTAS LEAN.

Con el objetivo de identificar las herramientas de mejora más adecuadas para optimizar el proceso de ensamblaje de tanques, se aplicó una encuesta al personal operativo de la empresa.

La encuesta fue aplicada a 10 maestros u operarios, quienes participan directamente en las actividades de producción y ensamblaje dentro de la empresa.

La evaluación consideró las herramientas Lean presentadas en el apartado 4.7.1 del marco teórico, las cuales fueron analizadas en función de los siguientes criterios:

- Conocimiento de la herramienta.
- Facilidad de implementación.
- Adaptación del personal.
- Impacto en la eficiencia operacional.
- Relación costo–beneficio.

Para la valoración de cada criterio se utilizó una escala tipo Likert de 1 a 5, donde:

- 1: Muy bajo.
- 2: Bajo.
- 3: Moderado.
- 4: Alto.

- 5: Muy alto.

5.10.1 Herramienta 5S.

En la tabla 5.25, antes de presentar los resultados, es importante señalar que esta herramienta fue evaluada considerando su facilidad de implementación, impacto en la eficiencia y relación costo-beneficio dentro del proceso de ensamblaje de tanques.

Tabla 5.26. Resultados de la metodología 5S.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	2	20%
5	8	80%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(2 \times 4 + 8 \times 5)}{10} = 4,8$$

Los resultados muestran que el 80% de los trabajadores considera que la herramienta 5S presenta un nivel muy alto de viabilidad, mientras que el 20% la considera alta. Esto evidencia que la implementación de esta herramienta sería fácil de aplicar dentro del área de trabajo, debido a que se enfoca principalmente en la organización, limpieza y estandarización del espacio de trabajo.

5.10.2 Herramienta Estandarización de trabajo.

En la tabla 5.26, se presencia que La estandarización fue evaluada considerando su capacidad para mejorar la organización del proceso de ensamblaje y reducir la variabilidad en las tareas realizadas por los operarios.

Tabla 5.27. Resultados de la metodología estandarización.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	4	40%
5	6	60%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(4 \times 4 + 6 \times 5)}{10} = 4,6$$

Los resultados muestran que el 60% de los trabajadores considera que la estandarización del trabajo presenta un nivel muy alto de impacto, mientras que el 40% la considera alta. Esto indica que la estandarización permitiría definir procedimientos claros para el proceso de ensamblaje, reduciendo errores y mejorando la eficiencia operacional.

5.10.3 Herramienta SMED.

En la Tabla 5.27 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die), los cuales fueron obtenidos a partir de la percepción del personal operativo respecto a la viabilidad de implementar esta metodología dentro del proceso de ensamblaje de tanques.

Tabla 5.28. Resultados de la metodología SMED.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	0	0%
2	1	10%
3	5	50%
4	3	30%
5	1	10%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(1 \times 2 + 5 \times 3 + 3 \times 4 + 1 \times 5)}{10} = 3,4$$

Los resultados obtenidos muestran que la herramienta SMED presenta una valoración promedio moderada por parte del personal operativo, evidenciando que su implementación podría generar beneficios en el proceso productivo, pero requeriría un mayor nivel de capacitación y análisis técnico.

5.10.4 Herramienta TPM (Mantenimiento productivo total).

En la Tabla 5.28, se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total), basada en las respuestas proporcionadas por los trabajadores del área de producción. Esta herramienta fue evaluada con el propósito de identificar su potencial contribución en la mejora de la eficiencia operacional mediante la optimización del mantenimiento de equipos y herramientas utilizados en el proceso productivo.

Tabla 5.29. Resultado de la metodología TPM.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	0	0%
2	2	20%
3	4	40%
4	3	30%
5	1	10%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(2 \times 2 + 4 \times 3 + 3 \times 4 + 1 \times 5)}{10} = 3,3$$

Los resultados obtenidos para la herramienta TPM reflejan una valoración moderada por parte del personal operativo, lo que indica que su implementación podría generar mejoras en el proceso productivo, particularmente en lo relacionado con la disponibilidad y confiabilidad de los equipos utilizados en las actividades de producción.

5.10.5 Herramienta Kanban / JIT.

En la Tabla 5.29, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la herramienta Kanban / Just in Time, los cuales reflejan la percepción del personal operativo respecto a la viabilidad de implementar esta metodología dentro del sistema de producción de la empresa. Esta herramienta fue considerada dentro del análisis debido a su potencial para mejorar la gestión de materiales y optimizar el flujo de producción.

Tabla 5.30. Resultados de la metodología Kanban/JIT.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	1	10%
2	3	30%
3	4	40%
4	2	20%
5	0	0%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(1 \times 1 + 3 \times 2 + 4 \times 3 + 2 \times 4)}{10} = 2,7$$

La herramienta Kanban / Just in Time obtuvo una valoración menor en comparación con otras herramientas analizadas, lo que sugiere que su implementación podría representar mayores desafíos dentro del sistema productivo actual de la empresa.

5.10.6 Herramienta Poka – Yoke.

En la Tabla 5.30, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la herramienta Poka-Yoke, los cuales fueron obtenidos a partir de la encuesta aplicada al personal operativo. Esta herramienta fue evaluada con el propósito de determinar su posible contribución en la reducción de errores durante la ejecución de las actividades del proceso de ensamblaje de tanques.

Tabla 5.31. Resultados de la metodología Poka-Yoke.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	1	10%
2	2	20%
3	4	40%
4	2	20%
5	1	10%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(1 + 4 + 12 + 8 + 5)}{10} = 3$$

Los resultados obtenidos muestran que la herramienta Poka-Yoke presenta una valoración moderada dentro de la evaluación realizada por los trabajadores, lo que indica que su implementación podría contribuir a mejorar la calidad del proceso productivo.

5.10.7 Herramienta VSM.

En la Tabla 5.31, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la herramienta Value Stream Mapping (VSM), los cuales corresponden a la valoración realizada por los trabajadores del área productiva. Esta herramienta fue incluida dentro del análisis debido a su utilidad para identificar oportunidades de mejora dentro del flujo del proceso productivo.

Tabla 5.32. Resultados de la metodología VSM.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	2	20%
2	3	30%
3	3	30%
4	2	20%
5	0	0%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(2 + 6 + 9 + 8)}{10} = 2,5$$

La herramienta Value Stream Mapping (VSM) obtuvo una valoración relativamente baja dentro de la evaluación realizada por el personal operativo, lo cual puede explicarse por el carácter más analítico y técnico de esta herramienta.

5.10.8 Herramienta Jidoka.

En la Tabla 5.32, se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de la herramienta Jidoka, los cuales fueron obtenidos a partir de las respuestas proporcionadas por el personal operativo encuestado. Esta herramienta fue considerada dentro del análisis con el propósito de identificar su nivel de aceptación y su posible aplicación dentro del proceso productivo de la empresa.

Tabla 5.33. Resultados de la metodología Jidoka.

Valor	Frecuencia	Porcentaje %
1	3	30%
2	3	30%
3	3	30%
4	1	10%
5	0	0%
Total	10	100%

Cálculo del promedio para la elección de la herramienta Lean adecuada:

$$\frac{(3 + 6 + 9 + 4)}{10} = 2,2$$

La herramienta Jidoka obtuvo la valoración más baja dentro de la evaluación realizada, lo cual puede atribuirse principalmente al nivel de complejidad que implica su implementación dentro de un sistema productivo.

5.10.9 Conclusión del análisis de encuestas a operarios.

En la tabla 5.33, se puede observar los resultados obtenidos de la encuesta proporcionada a los trabajadores de las diferentes áreas.

Tabla 5.34. Resultados de las encuestas propuestas.

Herramienta	Promedio obtenido
Lean	
5S	4.8
Estandarización del trabajo	4.6
SMED	3.4
TPM	3.3
Kanban / JIT	2.7
Poka-Yoke	3
Value Stream Mapping (VSM)	2.5
Jidoka	2.2

Los resultados evidencian que las herramientas 5S y estandarización del trabajo obtuvieron las puntuaciones promedio más altas, lo que indica que el personal operativo percibe que estas herramientas presentan mayor viabilidad de implementación dentro del proceso productivo.

Esta valoración se debe principalmente a que dichas herramientas:

- Requieren bajos niveles de inversión económica.
- Son fáciles de comprender por parte del personal operativo.
- Permiten mejorar la organización del área de trabajo.
- Contribuyen a la reducción de tiempos improductivos.

En contraste, herramientas como Jidoka, Value Stream Mapping y Kanban obtuvieron puntuaciones menores debido a que su implementación requiere mayor conocimiento técnico, recursos tecnológicos y cambios estructurales dentro del sistema productivo.

Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos se determina que las herramientas 5S y estandarización del trabajo presentan la mayor factibilidad de implementación, tanto desde el punto de vista operativo como económico.

5.11 RESULTADOS AUDITORÍAS 5S.

En la tabla 5.34 muestra los resultados que se ha obtenido al realizar las auditorías de cada S en cada estación de trabajo.

Tabla 5.35. Resultado de las auditorías.

	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA ELECTROESTATICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
SEIRI (Separar Innecesarios)	10	5	8	4	8
SEITON (Ordenar/Organizar)	12	6	10	6	10
SEISO (Limpiar/Inspeccionar)	11	10	10	8	9
SEIKETSU (Estandarizar/Mantener)	10	5	9	5	7
SHITSUKE (Disciplina/Seguimiento)	9	9	9	9	9
TOTAL/100	52	35	46	32	43
PORCENTAJE/100%	25%	17%	22%	15%	21%

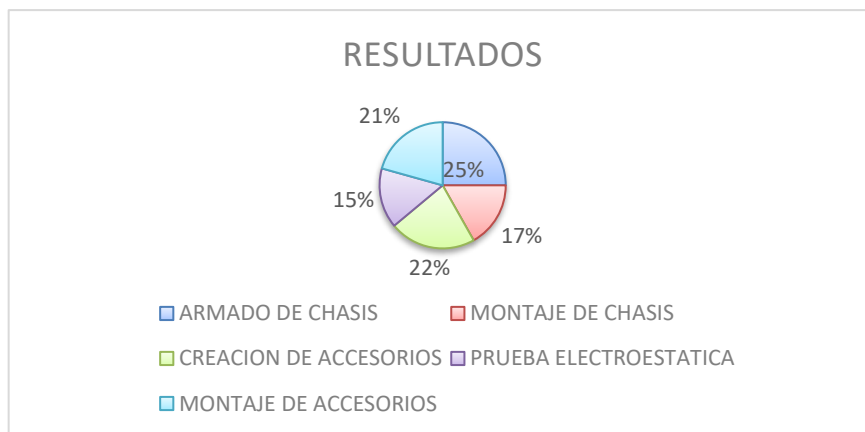


Figura 5.12. Diagrama Porcentual de los resultados.

Asimismo, se dará cumplimiento al objetivo 3 el cual se muestra a continuación: (Elaborar una propuesta combinando Herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de espacios de trabajo reduciendo tiempos de ciclo y aumentando la Eficiencia Operacional).

5.12 FUNDAMENTACIÓN DE LA INTERVENCIÓN EN EL PROCESO DE CREACIÓN DE ACCESORIOS.

En el objetivo específico 2 se desarrolló el diagnóstico del proceso productivo del ensamblaje de tanques, en donde se identificó como principales desperdicios las esperas, inventario y la presencia de defectos. Mediante el estudio de tiempos se determinó la duración de cada una de las etapas del ciclo productivo. Permitiendo establecer una línea base del desempeño operativo actual.

Del análisis comparativo de tiempos, se observó que el proceso de creación de accesorios constituye la etapa que ocupa el mayor tiempo del ciclo productivo total, representando el proceso con mayores conflictos en la duración del proceso de ensamblaje de tanques. Esta condición la posiciona como el proceso crítico o cuello de botella.

Desde el enfoque de Lean Manufacturing, la mejora del proceso que presenta mayor duración y concentración de desperdicios permite generar un impacto significativo en la optimización del sistema productivo. En este sentido, intervenir el proceso de creación de accesorios resulta estratégicamente viable, ya que la reducción de su tiempo de ciclo contribuye a disminuir el tiempo total de producción, mejorar la utilización de los recursos y aumentar eficiencia operacional.

5.13 DEFINICIÓN DE ACCESORIOS EN EL PROCESO.

El trabajo de estandarizado es una herramienta fundamental para reducir la variabilidad dentro del proceso de creación de accesorios, el cual es identificado como un cuello de botella dentro del proceso. A partir de los tiempos registrados en el estudio de tiempos y el análisis de actividades, se define una mejor secuencia de operaciones, además de un estable tiempo estándar, todo esto con el fin de establecer un método de trabajo que permita mejorar la eficiencia operacional. A continuación, se presentará una tabla con los accesorios que se fabrican dentro de este proceso:

Tabla 5.36. Accesorios fabricados para el tanque.

N°	Accesorio	Función
1	Guardafangos	Protección contra salpicaduras
2	Soportes de guardafango	Fijación estructural
3	Porta mangueras	Almacenamiento de mangueras
4	Escalera	Acceso seguro a la parte superior del tanque
5	Caja de luces	Protección del sistema eléctrico
6	Bicicleteros	Soporte adicional
7	Caja de contingencia	Almacenamiento de equipos de emergencia

5.14 MEJORAS FÍSICAS Y ORGANIZACIONALES.

La tabla 5.36 presenta las propuestas de mejoras físicas y organizacionales para la estación de trabajo, específicamente la de “Creación de accesorios” las cuales fueron definidas por medio de los resultados obtenidos en las auditorías 5S, estudio de tiempos y la identificación de desperdicios (mudas) desarrollados en el diagnóstico del proceso productivo. Las mejoras propuestas se estructuran con el propósito de arremeter contra las principales causas de ineficiencia identificadas. Asimismo, para contribuir a la estandarización del proceso, mejor del uso del espacio, reducción de desperdicio y el incremento en la eficiencia operacional, conformándose en la reducción de la variabilidad del tiempo de ciclo.

Tabla 5.37. Parte A. Mejoras físicas y operacionales.

N° de mejora.	Descripción de mejora.	Tipo	Herramienta Lean / 5S	Problema identificado	Descripción de la mejora	Reducción estimada del tiempo (%)	Beneficio esperado
Mejora 1	Implementación de estaciones de trabajo definidas y delimitadas	Física	5S - Seiton	Desorden y movimientos innecesarios	Delimitación física de áreas de trabajo para creación de accesorios mediante señalización.	4%	Reducción de movimientos y tiempos improductivos

Tabla 5.36. Parte B. Mejoras físicas y operacionales.

Mejora 2	Sistema de organización visual para herramientas y equipos	Física	5S – Seiton / Visual Factory	Pérdida de tiempo buscando herramientas	Implementación de paneles sombra (shadow boards) para herramientas, con identificación visual y ubicación fija.	5 %	Disminución de esperas, reducción de tiempos de ciclo y mejora en la disciplina operativa.
Mejora 3	Programa diario de limpieza e inspección por estación	Organización	5S – Seiso	Acumulación de residuos y herramientas fuera de lugar	Establecimiento de rutinas diarias de limpieza al finalizar cada jornada, con responsables asignados y checklist de verificación.	4 %	Mejora de la seguridad, reducción de defectos y aumento de la eficiencia del proceso.
Mejora 4	Estandarización de layout para la creación de accesorios	Física	Lean – Flujo continuo	Layout improvisado que genera retrabajos y desplazamientos	Diseño de un layout estándar que facilite la secuencia lógica de fabricación de accesorios.	5 %	Reducción de tiempos de transporte y mejora del flujo productivo.
Mejora 5	Clasificación y control de inventario mínimo de materiales	Organización	Lean – Gestión de inventarios / Seiri 5S	Acumulación innecesaria de materiales	Definición de inventarios mínimos y máximos para materiales utilizados en accesorios, con etiquetado visual.	5 %	Reducción de inventario, mejor uso del espacio y menor tiempo de espera.

Tabla 5.36. Parte C. Mejoras físicas y operacionales.

Mejora 6	Estandarización de métodos de fabricación de accesorios	Organizacional	Trabajo estandarizado	Alta variabilidad del tiempo	Definición del mejor método de trabajo mediante hojas de trabajo estandarizadas, secuencia de operaciones y tiempos objetivo.	6 %	Disminución de la variabilidad y aumento de la eficiencia operacional.
Mejora 7	Capacitación del personal en 5S y trabajo estandarizado	Organizacional	5S – Shitsuke	Falta de disciplina y seguimiento	Capacitación periódica al personal sobre principios 5S, Lean y estandarización del trabajo.	4 %	Mayor compromiso del personal y sostenibilidad de las mejoras.
Mejora 8	Implementación de indicadores visuales de desempeño	Organizacional	Lean – Gestión visual	Falta de control del desempeño	Colocación de tableros visuales con indicadores de tiempo, avance y cumplimiento del estándar.	3 %	Control en tiempo real y rápida detección de desviaciones.
Mejora 9	Sistema de reconocimiento por cumplimiento de 5S	Organizacional	5S – Shitsuke	Baja motivación del personal	Implementación de un sistema de reconocimiento mensual para las áreas que mantengan resultados en auditorías 5S.	2 %	Fortalecimiento de la cultura de mejora continua.

Tabla 5.36. Parte D. Mejoras físicas y operacionales.

Mejora 10	Estandarización visual de procedimientos y condiciones de trabajo	Organizacional	5S – Seiketsu	Falta de procedimientos visuales claros, variabilidad en la forma de trabajo y dependencia del criterio individual del operario.	Se implementarán estándares visuales en la estación de creación de accesorios.	2 %	Reducción de la variabilidad del proceso, mayor uniformidad en la ejecución de las actividades y base sólida para el trabajo estandarizado
-----------	---	----------------	---------------	--	--	-----	--

Las mejoras propuestas fueron evaluadas según su impacto en la reducción de tiempos improductivos dentro del proceso. Se estimó que la implementación conjunta de las diferentes mejoras físicas y organizacionales podría generar una reducción del 40% en el tiempo del cuello de botella del proceso y un 10 % a cada tiempo estándar del área de ensamble de tanques.

Con el objetivo de evaluar el impacto de cada mejora dentro del proceso productivo, se aplicó una matriz de impacto desperdicio basado en los principios Lean Manufacturing. Este método permite evaluar como cada mejora contribuye a la reducción de los desperdicios identificados por medio de los checklist. Con base a estos desperdicios, se evalúa el impacto potencial de cada mejora propuesta sobre su redacción. Para ello se utiliza una escala de valoración de 1 a 3 donde:

- 1 equivale a un impacto bajo.
- 2 equivale a un impacto medio.
- 3 equivale a un impacto alto.

En la tabla 5.37. se observa que cada mejora fue evaluada según su influencia en la reducción de los desperdicios identificados. Posteriormente se obtuvo un puntaje total de impacto de cada mejora. Cabe recalcar que la evaluación fue realizada por un experto en este caso el Jefe de planta de la empresa Construcciones Ulloa.

Tabla 5.38. Matriz impacto – desperdicio de las mejoras propuestas.

Mejora propuesta	Esperas	Movimientos	Transporte	Inventario	Defectos	Puntaje total
Implementación de estaciones de trabajo definidas y delimitadas	3	3	1	1	1	9
Sistema de organización visual para herramientas y equipos	2	3	2	2	1	10
Programa diario de limpieza e inspección por estación	2	2	2	1	1	8
Estandarización de layout para la creación de accesorios	3	3	2	2	2	12
Mejora de la distribución del área de trabajo	3	3	2	1	1	10
Estandarización de métodos de fabricación de accesorios	3	3	2	2	3	13
Capacitación del personal en 5S y trabajo estandarizado	2	2	1	1	2	8
Implementación de indicadores visuales de desempeño	2	1	1	1	1	6
Sistema de reconocimiento por cumplimiento de 5S	1	1	1	1	1	5
Estandarización visual de procedimientos y condiciones de trabajo	2	2	1	1	1	7

Una vez obtenidos los datos de impacto, se calcula el peso relativo de cada mejora respecto al total de puntajes obtenidos en la matriz.

Primero se obtiene la suma total de puntajes:

$$Total = 9 + 10 + 8 + 12 + 10 + 13 + 8 + 6 + 5 + 7$$

$$Total = 88$$

Posteriormente se calcula el peso relativo de cada mejora mediante la siguiente operación:

$$Peso\ de\ la\ mejora = \frac{Puntaje\ de\ la\ mejora}{Puntaje\ total}$$

Finalmente, considerando que la reducción total estimada del proceso corresponde a un 40%, el porcentaje de reducción individual se obtiene mediante:

$$\% \text{ reducción} = \left(\frac{Puntaje\ de\ la\ mejora}{Puntaje\ total} \right) \times 40\%$$

Tabla 5.39. Parte A. Determinación del porcentaje de reducción por mejora.

Mejora	Puntaje	Peso relativo	% reducción estimada
Implementación de estaciones de trabajo definidas y delimitadas	9	0.102	4%
Sistema de organización visual para herramientas y equipos	10	0.114	5%
Programa diario de limpieza e inspección por estación	8	0.091	4%

Tabla 5.38. Parte B. Determinación del porcentaje de reducción por mejora.

Estandarización de layout para la creación de accesorios	12	0.136	5%
Mejora de la distribución del área de trabajo	10	0.114	5%
Estandarización de métodos de fabricación de accesorios	13	0.148	6%
Capacitación del personal en 5S y trabajo estandarizado	8	0.091	4%
Implementación de indicadores visuales de desempeño	6	0.068	3%
Sistema de reconocimiento por cumplimiento de 5S	5	0.057	2%
Estandarización visual de procedimientos y condiciones de trabajo	7	0.079	2%

La suma de los porcentajes individuales permite estimar una reducción total aproximada del 40% en el proceso crítico, lo cual representa el impacto conjunto de la implementación de las mejoras propuestas dentro del sistema productivo.

5.15 EVALUACION CUANTITATIVA DE LA MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL.

5.15.1 Nuevos tiempos del Proceso.

El nuevo tiempo del proceso crítico se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_{nuevo} = T_{actual} \times (1 - r) \quad (5.7)$$

Donde:

T_{nuevo} = tiempo mejorado.

T_{actual} = tiempo actual.

r = porcentaje de reducción.

Para el proceso de creación de tanques quedaría calculado de la siguiente manera:

$$T_{nuevo} = 175,34 \times (1 - 0,40)$$

$$T_{nuevo} = 175,34 \text{ horas} \times 0,60$$

$$T_{nuevo} = 105,21 \text{ horas}$$

Las demás operaciones presentan una reducción aproximada del 10% debidos a las mejoras organizacionales y métodos de trabajo.

5.15.2 Determinación del tiempo total del sistema productivo.

En la tabla 5.39, se puede observar que, a partir del estudio de tiempo, se obtiene el tiempo estándar real del área de ensamble de tanques actual y con el tiempo mejorado.

Tabla 5.40. Estudio de promedios generales de los procesos.

Área de ensamblaje de tanques	Tiempo Actual	Tiempo mejorado
Armado de chasis	70,48	63,43
Montaje de chasis	28,00	25,20
Creación de accesorios del tanque	175,34	105,21
Prueba hidrostática	19,50	17,55
Montaje de accesorios	37,33	33,60
Tiempo total del sistema	330,65	244,98

La determinación del tiempo total del sistema productivo, se obtuvo mediante la sumatorio del tiempo estándar general de los tiempos obtenidos. Este procedimiento permite establecer una línea base cuantitativa del desempeño operativo de la empresa.

5.15.3 Nueva eficiencia operacional.

El nuevo tiempo de ciclo corresponde al mayor tiempo entre las operaciones mejoradas:

$$TC = 105,21$$

La Nueva eficiencia operacional se calcula mediante:

$$E = \frac{244,98 \text{ horas}}{5 \times 105,21 \text{ horas}}$$

$$E = \frac{297,59}{526} \times 100\%$$

$$E = 46,6\%$$

5.16 INDICADORES DE EFICIENCIA DESPUES DE LA MEJORA LEAN MANUFACTURING.

Para empezar con el cálculo de los indicadores primero se identificará los días laborables, convirtiendo las horas como se muestra a continuación:

$$\text{Días necesarios} = \frac{244,98 \text{ horas}}{8 \text{ horas/día}}$$

$$\text{Días necesario} = 30,62 \text{ días} \approx 31 \text{ días laborables.}$$

5.16.1 Indicador porcentual de cada proceso.

Al calcular el siguiente indicador permite identificar cual es el proceso que consume la mayor parte del tiempo y de esta manera determinar el cuello de botella, se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{Participación} = \frac{\text{Tiempo del proceso}}{\text{Tiempo total}} \times 100 \quad (5.8)$$

$$\text{Armado de chasis: } \frac{63,43}{248,98} \times 100 = 25,48\%$$

$$\text{Montaje de accesorios: } \frac{25,20}{248,98} \times 100 = 10,12\%$$

$$\text{Creación de accesorios: } \frac{105,21}{248,98} \times 100 = 42,26\%$$

$$\text{Prueba hidrostática: } \frac{17,55}{248,98} \times 100 = 7,05\%$$

$$\text{Montaje de accesorios: } \frac{33,60}{248,98} \times 100 = 13,5\%$$

El 42,26% significa una reducción de 10,77 puntos porcentuales del tiempo actual, dando a entender que las mejoras propuestas son sumamente viables.

5.16.2 Indicador sobre el tiempo productivo del sistema.

Para el siguiente indicador se va a trabajar de la siguiente manera, primero se calculará en términos de tiempo para lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{1}{Tiempo\ total} \quad (5.9)$$

$$Productividad = \frac{1}{248,98} = 0,00402 \frac{tanques}{hora}$$

Ahora se calculará para una jornada laboral de 8 horas, lo cual se va a mostrar a continuación:

$$0,00402 \times 8 = 0,032 \text{ tanques/día}$$

Lo que quiere decir que cada 8 días se realiza un 3,2% de un tanque en las condiciones mejoradas de la empresa.

5.16.3 Indicador del balance del proceso.

Se va a medir que tan desbalanceado está el proceso haciendo una comparativa con el tiempo total y solo del cuello de botella como se muestra a continuación:

$$Promedio\ por\ estación: \frac{248,98}{5} \times 100 = 49,8 \text{ horas}$$

$$Comparación\ con\ el\ cuello\ de\ botella: \frac{105,21}{49,8} \times 100 = 2,11.$$

La estación de trabajo que se dedica a la creación de accesorios debe trabajar 2,11 más veces que las demás estaciones de trabajo.

5.16.4 Comparación de resultados de la eficiencia operacional del cuello de botella.

En la tabla 5.40, se puede visualizar el impacto de la intervención de manera directa, obtenemos una comparación entre el estado inicial y el estado propuesto del proceso crítico, considerando tiempo promedio y eficiencia operacional

Tabla 5.41. Comparación de eficiencia operacional y tiempo promedio.

Indicador	Antes	Después	Variación
Tiempo promedio (h)	175,34	105,21	-70,13
Eficiencia operacional	37,7%	46,6%	+8,9 pts

Los resultados presenciados con las mejoras de Lean Manufacturing propuestas, permiten reducir una gran parte de los desperdicios presentes en el proceso productivo. La mejora productiva tanto en el método de trabajo como en el área productiva, generan una disminución importante en los tiempos de operación, incrementando la eficiencia operacional un +8,9% de puntos porcentuales.

5.16.5 Impacto en el sistema completo.

Aunque la intervención se concentra únicamente en el proceso crítico, es necesario evaluar su efecto sobre el sistema productivo en su totalidad. Por ello, se recalcula el tiempo total del sistema y la eficiencia global considerando el nuevo tiempo del proceso intervenido como se puede observar en la tabla 5.41.

Tabla 5.42. Nuevo estudio de promedio generales de los procesos.

Área de ensamblaje de tanques	Tiempo Actual	Tiempo mejorado
Armado de chasis	70,48	63,43
Montaje de chasis	28,00	25,20
Creación de accesorios del tanque	175,34	105,21
Prueba hidrostática	19,50	17,55
Montaje de accesorios	37,33	33,60
Tiempo total del sistema	330,65	244,98

Con esto se puede observar una mejora significativa del proceso completo con una reducción de 42,99 horas a comparación del anterior proceso productivo, con lo cual se puede calcular el incremento de la eficiencia global.

$$\text{Incremento de la E. G.} = \frac{\text{Tiempo total del sistema anterior}}{\text{Tiempo total del sistema mejorado}} \quad (5.10)$$

$$\text{Incremento de la eficiencia global} = \frac{330,65}{244,98} \times 100\% = 134,97\%$$

Este dato ayuda a visualizar la mejora real del sistema completo del ensamble de tanques con una mejora significativa del +34,97% dentro del área de trabajo. Demostrando así que la propuesta de mejora es viable y correcta.

5.17 DIAGRAMA DE GANTT.

En la tabla 5.42, se puede observar que el cronograma de implementación se estructuró considerando las fechas del calendario y días laborales, con una jornada de trabajo de lunes a viernes (8 horas diarias), el proyecto inicia el 01 de abril del 2026 con una duración de 260 días, finalizando el 14 de abril del 2027 permitiendo así una ejecución realista y progresiva de la propuesta de mejora planteada.

Tabla 5.43. Cronograma de Implementación.

#	ACTIVIDADES	Inicio	Fin	Duración (días)
Actividad 1	Socialización del proyecto	1-abr-26	13-abr-26	8
Actividad 2	Diagnóstico complementario del proceso	14-abr-26	5-may-26	15
Actividad 3	Implementación de la metodología 5S	6-may-26	8-jul-26	45
Actividad 4	Señalización y orden del área de trabajo	9-jul-26	20-ago-26	30
Actividad 5	Diseño del trabajo estandarizado	21-ago-26	2-oct-26	30
Actividad 6	Capacitación del personal	5-oct-26	16-nov-26	30
Actividad 7	Implementación piloto del estándar	17-nov-26	18-dic-26	23
Actividad 8	Seguimiento y control de tiempos	21-dic-26	1-feb-27	30
Actividad 9	Evaluación de indicadores	2-feb-27	5-mar-27	23
Actividad 10	Ajustes finales y estandarización	8-mar-27	23-mar-27	11
Actividad 11	Elaboración del informe de resultados	24-mar-27	8-abr-27	11
Actividad 12	Cierre y documentación del proyecto	9-abr-27	14-abr-27	4

Como se puede observar en la figura 5.13, el diagrama de Gantt sirve para una visualización ordenada y realista, considerando los días laborales y una secuencia lógica de las actividades.

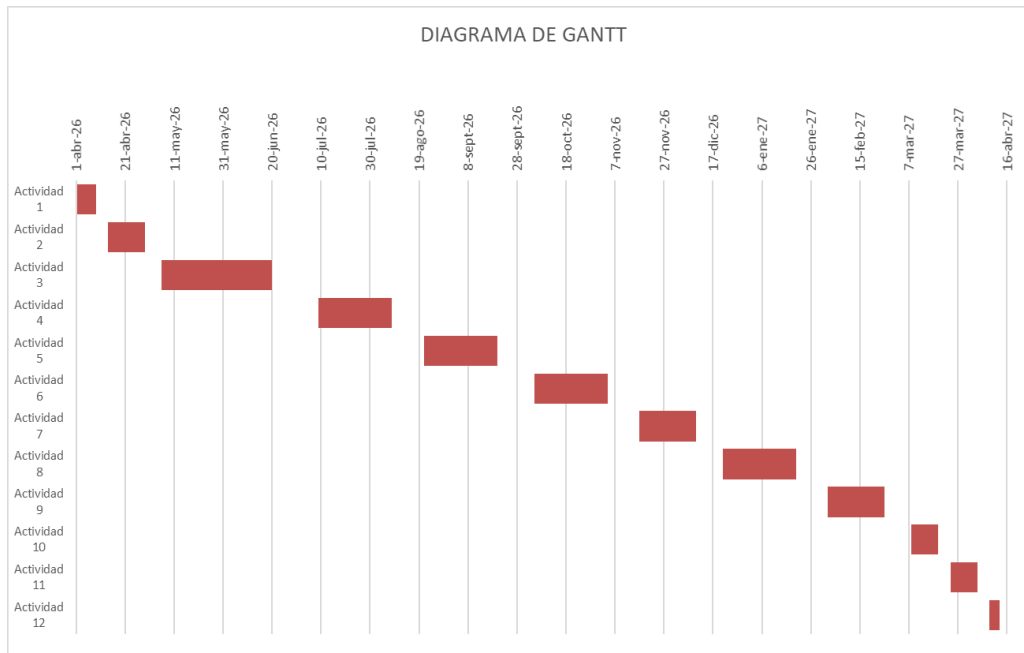


Figura 5.13. Diagrama de Gantt.

5.18 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.

5.18.1 Costos de implementación de la propuesta.

En la tabla 5.43. se puede observar que los costos de capacitación corresponden a sesiones internas para la formación correcta de acerca de la metodología 5S. El costo de señalización incluye materiales de bajo costos, los cuales ayudaran a mejorar el orden y la identificación visual del área de trabajo. La documentación contempla la elaboración e impresión de procedimientos operativos y por último el costo por tiempo del personal representa el valor de tiempo productivo involucrado a las actividades de implementación, considerando como un costo de oportunidad.

Tabla 5.44. Parte A. Costos de Implementación.

Concepto	Actividad específica	Detalle del gasto	Monto (USD)	Justificación
Capacitación (300)	Honorarios del capacitador	2 jornadas de capacitación interna (100 USD)	200	Pago por preparación y dictado de talleres 5S.

Tabla 5.43. Parte B. Costos de implementación.

	Material didáctico	Manuales, copias, presentaciones, hojas de trabajo	60	Apoyo para aprendizaje del personal.
	Logística interna	Refrigerios, útiles, impresión básica	40	Garantiza participación y asistencia.
	Subtotal		300	
Señalización (200)	Etiquetas adhesivas industriales	Paquetes para herramientas y áreas	70	Identificación permanente.
	Carteles informativos	Impresión plastificada A3 y A4	60	Normas visuales 5S.
	Pintura y cinta de demarcación	Pisos, zonas de seguridad	50	Organización espacial.
	Instalación	Mano de obra interna	20	Colocación correcta.
	Subtotal		200	
Documentación (150)	Impresión de procedimientos	10 manuales técnicos	60	Estándares operativos.
	Formularios y checklists	Auditorías y control	40	Seguimiento 5S.
	Carpetas y archivadores	Organización documental	30	Conservación.
	Diseño básico	Diagramación interna	20	Claridad visual.

Tabla 5.43. Parte C. Costos de Implementación.

	Subtotal		150	
Tiempo personal (250)	Horas dedicadas implementación	31 horas × 4 USD/hora	124	Costo de oportunidad laboral.
	Ajuste operativo	Redondeo	6	Ajuste contable.
	Subtotal		130	
		SUBTOTAL GENERAL	780	
INFLACIÓN PREVENTIVO	10%	TOTAL, GENERAL	858	

Para la implementación de las mejoras propuestas se estima un total de 40 horas de trabajo, lo que equivale a cinco días laborables. Este tiempo contempla:

Socialización de mejoras: 6 horas

Organización del área de trabajo: 10 horas

Implementación de mejoras físicas: 8 horas

Capacitación al personal: 8 horas

Pruebas y ajustes operativos: 4 horas

Seguimiento inicial: 4 horas

Dando un total de 40 horas al tiempo efectivo de trabajo del personal para aplicar las mejoras.

5.18.2 Incremento de capacidad productiva anual.

A continuación, se presenta un análisis comparativo de la producción anual actual y la producción anual con la propuesta de mejora proponiendo el uso de herramientas Lean Manufacturing. Este cálculo se basa en la relación entre las horas disponibles de operación y el tiempo por unidad.

Por lo tanto, la disponibilidad anual se calcula como:

$$\text{Horas anuales} = 8 \times 5 \times 52 = 2080 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Este valor representa la capacidad máxima de trabajo anual por operario o por línea de producción, sin considerar horas extras. Con este dato se puede calcular la producción anual que se determina mediante la relación:

$$\text{Producción anual actual} = \frac{\text{Horas disponibles}}{\text{Tiempo por unidad}} \quad (5.11)$$

$$\text{Producción anual actual} = \frac{2,080}{330,65} = 6,29 \approx 6 \frac{\text{tanques}}{\text{año}}$$

Lo cual da a entender que con el proceso actual sin la mejora se pueden realizar 6 tanques por año. Mientras que la producción anual después de la mejora se desglosa de la siguiente manera:

$$\text{Producción anual con la mejora} = \frac{2,080}{244,98} = 8,49 \approx 8 \frac{\text{tanques}}{\text{año}}$$

Con base al análisis de tiempos realizado en el proceso productivo en Construcciones Ulloa, se identificó que la propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing ayuda a reducir el tiempo total del sistema productivo y eliminar actividades que no generan ningún tipo de valor al producto. Se obtiene como resultado un incremento en la capacidad de producción de tanques en un mismo periodo.

En la situación actual, la empresa produce 6 tanques anualmente, y con la propuesta de implementación la producción aumentó a 8 tanques en el mismo periodo.

El incremento de la producción se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Incremento de producción} = \text{Producción mejorada} - \text{Producción actual}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en el estudio:

$$\text{Incremento de producción} = 8 \text{ tanques} - 6 \text{ tanques}$$

Para determinarlo porcentualmente, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Incremento de P.} = \frac{\text{Producción mejorada} - \text{Producción actual}}{\text{Producción actual}} \quad (5. 12)$$

$$\text{Incremento de producción} = \frac{8 - 6}{6} \times 100\%$$

$$\text{Incremento de producción} = 33,33\%$$

Por lo tanto, la propuesta planteada ayuda a incrementar la capacidad productiva de la empresa en un 33,33%, sin necesidad de ampliaciones en infraestructura o en los recursos humanos.

5.18.3 Ingresos adicionales generados por la mejora.

El incremento en la capacidad de producción de tanques en Construcciones Ulloa, generó aumentos directos ya que dispone una mayor cantidad de productos terminados.

El ingreso económico adicional se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I. A. = \text{Tanques adicionales} \times \text{Precio de venta por tanque} \quad (5. 13)$$

Considerando que la mejora permite producir 3 tanques adicionales y que el precio unitario por cada tanque es de 35,000\$, se obtiene:

$$\text{Ingreso adicional} = 2 \text{ tanques} \times 35.000$$

$$\text{Ingreso adicional} = 70.000\$$$

Por lo tanto, la empresa puede generar 70.000\$ adicionales anuales gracias al incremento en la producción obtenida por la propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing.

5.18.4 Relación Beneficio – Costo de la implementación.

La relación beneficio – costo permite evaluar la rentabilidad de la propuesta, comparando así los beneficios económicos con la inversión requerida, ambos calculados anteriormente.

La ecuación es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} \quad (5.14)$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$\frac{B}{C} = \frac{70.000\$}{858\$}$$

$$\frac{B}{C} = 81,58$$

Esto significa que por cada \$ invertido, la empresa tiene un beneficio de 81,58\$ lo que evidencia una alta rentabilidad del proyecto.

5.18.5 Relación Costo – Beneficio de la implementación.

De forma adicional se puede analizar la relación costo - beneficio mediante la siguiente expresión:

$$\frac{C}{B} = \frac{\text{Costos}}{\text{Beneficios}} \quad (5.15)$$

$$\frac{C}{B} = \frac{858 \$}{70.000 \$}$$

$$\frac{C}{B} = 0,0123 \times 100\% = 1,23\%$$

Esto indica que el costo de implementación representa aproximadamente un 1,23% de beneficio total generado, lo que demuestra la alta viabilidad económica propuesta.

5.18.6 Periodo de recuperación de la inversión.

Para el periodo de recuperación de inversión permite determinar un tiempo necesario para la recuperación del capital invertido en la propuesta de implementación de la mejora.

La expresión utilizada es la siguiente:

$$PRI = \frac{\text{Costo de inversión}}{\text{Beneficio Generado}} \quad (5.16)$$

$$PRI = \frac{858}{70.000}$$

$$PRI = 0,0081 \text{ años}$$

Al momento de transformar el PRI de años a días muestra el siguiente resultado:

$$0,0081 \text{ años} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 4,47 \text{ días} \approx 4,5 \text{ días}$$

Esto significa que la inversión necesaria para implementar la mejora se recupera aproximadamente en 4,5 días de producción, lo que demuestra una alta rentabilidad del proyecto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

- El análisis ABC aplicado a las ventas históricas de los últimos tres años de Construcciones Ulloa permitió identificar el producto de mayor demanda dentro de los procesos de producción siendo así el Tanque de 6.000 galones el seleccionado, representando el 15,76% del valor total de ventas y siendo clasificado en la categoría A.
- El diagnóstico del estado actual del proceso productivo, ejecutado a través del estudio de tiempos, levantamiento de procesos, cursogramas analíticos y medición de indicadores de eficiencia operacional, reveló una situación crítica en el sistema de

ensamblaje de tanques. El tiempo total de fabricación actual de una unidad asciende a 330,65 horas (equivalente a 42 días laborables), de dicho tiempo el 53,3% se aplica en el proceso de creación de accesorios, lo que indica que este subproceso corresponde al cuello de botella del proceso. El cálculo del índice de eficiencia operacional arrojó un valor del 37,7%.

- La propuesta de mejora desarrollada mediante la combinación de la metodología 5S y la estandarización del trabajo, validada a través de encuestas aplicadas a los 10 operarios del área productiva, obtuvo las valoraciones promedio más elevadas (4,8 y 4,6 respectivamente), confirmando su viabilidad operativa y nivel de aceptación por parte del personal. Se diseñaron 10 mejoras físicas y organizacionales enfocadas en la estación de creación de accesorios proceso cuello de botella, con una reducción estimada del 40% en el tiempo de dicho proceso y del 10% en las demás estaciones. Como resultado, el tiempo total del sistema se reduciría de 330,65 a 244,98 horas, disminuyendo el ciclo de producción de 42 a 31 días laborables.
- Las auditorías 5S realizadas en las cinco estaciones de trabajo del proceso de ensamblaje de tanques (armado de chasis, montaje de chasis, creación de accesorios, prueba hidrostática y montaje de accesorios) evidenciaron un nivel de cumplimiento crítico en todas las áreas evaluadas. Los puntajes obtenidos sobre 100 puntos posibles fueron: armado de chasis 25%, montaje de chasis 17%, creación de accesorios 22%, prueba hidrostática 15% y montaje de accesorios 21%. Estos resultados demuestran que las prácticas de orden, limpieza, estandarización y disciplina no están consolidadas dentro de la cultura organizacional de Construcciones Ulloa, constituyendo una de las causas raíz de los tiempos improductivos, la variabilidad operacional y la baja eficiencia evidenciada en el diagnóstico del proceso productivo.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda ejecutar la metodología 5S de forma escalonada en todas las estaciones de trabajo, priorizando las áreas con menor puntaje en las auditorías: prueba hidrostática (15%) y montaje de chasis (17%). La implementación debe iniciar con una jornada de socialización dirigida a todo el personal operativo, seguida de la designación formal de un responsable por área.

- Se recomienda diseñar un programa de capacitación estructurado en dos etapas. La primera etapa debe enfocarse en los principios fundamentales de la metodología 5S y la identificación de los siete desperdicios (mudas), con talleres prácticos realizados directamente en las áreas de trabajo. La segunda etapa debe abordar la estandarización del trabajo y la medición de indicadores de eficiencia operacional.
- Desarrollar programas de capacitación para el personal operativo en herramientas de Lean Manufacturing y mejora continua, con el fin de fortalecer la participación de los trabajadores en la identificación y eliminación de desperdicios dentro del proceso productivo.

7. REFERENCIAS.

- [1] D. Pandey, S. Pandey, P. K. Shrivastava, M. Kumar, S. Priyadarshi, y A. K. Singh, “Implementation of Lean Manufacturing System in Cement Plant by using an AI Approach”, *International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 13, núm. 02, pp. 12–21, feb. 2026, doi: 10.14445/23488360/IJME-V13I2P102.
- [2] Jorge Fabricio FREIRE MORÁN, “Freire_mj”, *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, pp. 1–240, 2019.
- [3] S. E. M. Silvestre, V. D. P. Chaicha, J. C. A. Merino, y S. Nallusamy, “Implementation of a Lean Manufacturing and SLP- based system for a footwear company”, *Production*, vol. 32, 2022, doi: 10.1590/0103-6513.20210072.
- [4] E. Rojas-Castro, Y. Sotomayor-Leyva, y G. Viacava, “Model to increase efficiency in a manufacturing SME in the cardboard sector applying SMED, TPM, 5S and JIDOKA”, en *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.754.
- [5] F. Reymundino, C. Rumipulla, J. Israel, y H. Reinoso, “Página 2 de 200 Autores”, Cuenca, 2024.
- [6] Vidal Brigitte, “VidalBrigitte2021”, *Universidad EAN*, pp. 1–100, mar. 2021.
- [7] Ahlstrom & Modig., “Aplicación de herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad.”, 2015.
- [8] MARIELA ALEJANDRA FRAGA MARTÍNEZ, “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN EL PROCESO DE LA ELABORACIÓN DEL SUPLEMENTO NUTRICIONAL VITA COLAGEN-C DE LA EMPRESA SAVALET”, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO, Riobamba, 2023.
- [9] S. K. Perez Saavedra, “Propuesta de mejora para incrementar la disponibilidad de equipos en una empresa del Sector Metalúrgico de Bolas Forjadas mediante el uso de los Pilares de Mantenimiento Autónomo y Planificado del TPM”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2024.
- [10] J. C. & A. A. J. S. Campomanes Tarazona, “Herramientas de manufactura esbelta en los procesos de las industrias manufactureras.”, Universidad César Vallejo, Lima, 2021.

- [11] A. O. & T. A. T. I. Sanchez Bonilla, “Aplicación de Manufactura Esbelta para disminuir desperdicios en Empresa de frutas congeladas, Casma, 2024”, Universidad César Vallejo , Chimbote, 2024.
- [12] A. Erick Micael Lastra Céspedes Kevin Oscar Quinteros La Cruz Asesor Mg Carlos Roberto Pesantes Rojas, “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, Huacho, 2024.
- [13] Julca Valderrama María de los Ángeles & Vallejos Ruiz Fabrizio Joel, “Julca Valderrama María & Vallejos Ruiz Fabrizio”, pp. 1–53, 2020.
- [14] R.: 01 Yo y R. Guevara, “DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CÓDIGO: UPNW-GRAF-FOR-033 VERSIÓN: 01 FECHA: 08/11/2022”, Lima, 2023.
- [15] SOFIA PAREJA DESCALZI, “UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS SOFIA PAREJA DESCALZI LIMA-PERÚ 2022 La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24-Reglamento de Propiedad Intelectual)”, Lima, 2022.
- [16] D. Rodríguez Sotelo, “Propuesta de mejora de indicadores de productividad en una empresa metal mecánica, mediante herramientas de Lean Manufacturing”, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Lima, 2022.
- [17] Ing. Ramón Francisco Álava Merchán & Ing. Adriany Cristóbal Goya Chaguay, “IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ABSORBENTES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”, Guayaquil , 2022.
- [18] Villaseñor & Galindo., “Implementación de herramientas Lean Manufacturing para optimizar los costos de producción y aumentar la productividad.”, Salesiana , Guayaquil, 2007.
- [19] A. P. Rojas Jauregui y V. Gisbert Soler, “LEAN MANUFACTURING: HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS”, *3C Empresa : Investigación y pensamiento crítico*, vol. 6, núm. 5, pp. 116–124, dic. 2017, doi: 10.17993/3cemp.2017.especial.116-124.

- [20] J. Pérez Rave *et al.*, “Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo”, *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 19, núm. 3, pp. 396–408, dic. 2011, doi: 10.4067/S0718-33052011000300009.
- [21] K. Y. Juárez-Jiménez, J. G. Licon-Olmos, y A. Serrano-Serrano, “Aplicación de herramientas de gestión de calidad en una empresa de cárnicos”, *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 11, pp. 157–166, nov. 2023, doi: 10.29057/icbi.v11iEspecial3.11513.
- [22] L.-F. Chávez, S.-E. De-La-Rosa, J.-C. Manjarres, S.-G. Valbuena, y M. Becerra-Torres, “Diagrama de Pareto. Perspectiva de la Asignatura de Control de la Calidad”, *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6, núm. 1, pp. 51–56, jun. 2024, doi: 10.17981/bilo.6.1.2024.07.
- [23] F. Roberto y C. Recalde, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE MEJORA EN LA CALIDAD DEL SERVICIO: CASO APLICADO A RESTAURANTE-CAFETERIA ‘TAYTA LOLA’ DE LA CIUDAD DE QUITO-ECUADOR PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA EMPRESARIAL”, Quito, 2015.
- [24] G. A. B. dos Santos y G. Campos, “El uso del diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado”, *La Técnica: Revista de las Agrociencias. ISSN 2477-8982*, núm. 26, p. 13, jul. 2021, doi: 10.33936/la_tecnica.v0i26.3485.
- [25] B. Delgado *et al.*, “EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS THE ISHIKAWA DIAGRAM AS A QUALITY TOOL IN EDUCATION. A REVIEW OF THE LAST 7 YEARS: LITERATURE REVIEW”, Sangolquí, feb. 2021.
- [26] Gutierrez Pulido Humberto & De la Vara Salazar Román, “CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA”, México, may 2018.
- [27] J. Morelos Gómez, D. Cardona Arbeláez, y H. Lora Guzmán, “Aproximación conceptual y teórica sobre las herramientas que permiten mejorar las prácticas y proceso de calidad en las empresas”, *Conocimiento global*, vol. 6, núm. 2, pp. 15–35, dic. 2021, doi: 10.70165/cglobal.v6i2.152.

- [28] G. P. Guevara Alban, A. E. Verdesoto Arguello, y N. E. Castro Molina, “Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)”, *RECIMUNDO*, vol. 4, núm. 3, pp. 163–173, jul. 2020, doi: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173.
- [29] B. J. Prieto Castellanos, “El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales”, *Cuadernos de Contabilidad*, vol. 18, núm. 46, oct. 2018, doi: 10.11144/javeriana.cc18-46.umdi.
- [30] R. Pozo-Puértolas, “TEORÍA SOBRE EL CAOS DEL CREATIVO MÉTODO INDUCTIVO PARA VISUALIZAR LA INFORMACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN APLICADA”, 2020, pp. 13–26. doi: 10.36367/ntqr.2.2020.13-26.

ANEXO B.
AVAL DE TRADUCCIÓN



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del tema del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING”**, presentado por: **Herrera Tapia Xavier Sebastián y Zambrano Oña Josué Guillermo** egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo de 2026

Atentamente,


MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI- 0501801252



ANEXO C.
AVAL DE LA ENTIDAD

Latacunga, 2 de marzo del 2026



AVAL DE LA EMPRESA

Ing. Cristian Ulloa,

Jefe de Producción "Construcciones Ulloa".

Presente. -

En calidad de Gerente de la empresa "Construcciones Ulloa", avalo que el proyecto de Investigación con el título: **"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN CONSTRUCCIONES ULLOA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING"** de autoría de los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi: **Herrera Tapia Xavier Sebastián** con cedula de ciudadanía N° 0550096259, **Zambrano Oña Josué Guillermo** con cedula de ciudadanía N° 0550130884, de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requerimientos metodológicos y aportes que requiere la empresa para la ejecución del proyecto de investigación.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi.

Atentamente,



CONSTRUCCIONES ULLOA CIA. LTDA.

Ing. Cristian Ulloa.

CI: 0502394380

Jefe de Producción Construcciones Ulloa.

ANEXO D.

Tabla D.1. Encuesta Aplicada A Directivos Para Identificación Del Proceso Crítico.

N°	Pregunta	Opciones de respuesta
1	¿Cuál considera el producto de mayor demanda dentro de la empresa?	<input type="checkbox"/> Tanques <input type="checkbox"/> Estructuras metálicas <input type="checkbox"/> Otros: _____
2	¿Qué nivel de importancia tiene la fabricación de tanques dentro de la producción general?	<input type="checkbox"/> Muy importante <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Poco importante
3	¿Qué proceso productivo considera que tiene mayor duración dentro del sistema de fabricación?	<input type="checkbox"/> Diseño <input type="checkbox"/> Corte <input type="checkbox"/> Soldadura <input type="checkbox"/> Ensamblaje de tanques <input type="checkbox"/> Pintura
4	¿Considera necesaria la implementación de herramientas Lean Manufacturing?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tal vez

El presente anexo contiene el instrumento de recolección de información aplicado a los directivos de la empresa Construcciones Ulloa, con el objetivo de identificar el producto de mayor demanda, determinar el nivel de importancia de la fabricación de tanques dentro del sistema productivo y reconocer el proceso con mayor duración. Los resultados obtenidos permitieron orientar el diagnóstico hacia las actividades con mayor impacto en la eficiencia operacional.

Tabla D.2. Resultados obtenidos de las encuestas a directivos.

Proceso productivo	Frecuencia	Porcentaje
Diseño	0	0%
Corte	0	0%
Soldadura	1	20%
Ensamblaje de tanques	4	80%
Pintura	0	0%
Total	5	100%

El 100% de los encuestados indica que la fabricación de tanques es importante o muy importante, reforzando su prioridad dentro de la producción general.

En relación con los procesos productivos, el 80% de los encuestados identifica al ensamblaje de tanques como la etapa con mayor duración, lo que permite establecerlo como el proceso crítico dentro del sistema de fabricación. El presente anexo muestra evidencia fotográfica de la realización de la tabla encuesta por parte del jefe de Planta, el Ing. Cristian Ulloa.



Figura D.1. Presentación de encuesta al jefe de planta de la empresa.

ANEXO E.

Instrumento aplicado.

El presente anexo contiene el instrumento aplicado a los operarios del área productiva, con el objetivo de evaluar la viabilidad de implementación de herramientas Lean Manufacturing dentro del proceso de ensamblaje de tanques. Escala de valoración.

1 = Muy bajo.

2 = Bajo.

3 = Medio.

4 = Alto.

5 = Muy alto.

Tabla E1. Encuesta aplicada a operarios para selección de herramienta Lean Manufacturing.

Herramienta de mejora	Nivel de conocimiento técnico de la herramienta	Viabilidad de implementación en el proceso actual	Facilidad de adaptación del personal operativo	Beneficio para mejorar la productividad
5S				
SMED				
TPM				
Jidoka				
Estandarización del trabajo				
Kanban / JIT				
Poka-Yoke				
Value Stream Mapping (VSM)				

Tabla E2. Resultados Obtenidos.

Herramienta	Promedio obtenido
Lean	
5S	4.8
Estandarización del trabajo	4.6
SMED	3.2
TPM	3.0
Kanban / JIT	2.8
Poka-Yoke	2.8
Value Stream Mapping (VSM)	2.4
Jidoka	1.8

Los resultados evidencian que las herramientas con mayor aceptación por parte de los operarios son la metodología 5S y la estandarización del trabajo, lo cual justifica su selección dentro de la propuesta de mejora para incrementar la eficiencia operacional.

El presente anexo muestra evidencia fotográfica de la realización de la tabla comparativa por parte del operario.



Figura E.1. Presentación de tabla comparativa al operario.

ANEXO F.

El presente anexo muestra el checklist utilizado para identificar los desperdicios (mudas) presentes en el proceso de ensamblaje de tanques en la empresa Construcciones Ulloa. Este instrumento permitió detectar ineficiencias relacionadas con tiempos improductivos, movimientos innecesarios y reprocesos, especialmente en el área de creación de accesorios.

Tabla F.1. Checklist para identificación de desperdicios (Mudas).

ESPERAS					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Existen piezas o materiales los cuales esperan para ser procesados?	X		1		20
2. ¿Los operarios deben esperar por materiales o herramientas?	X		1		20
3. ¿Las máquinas suelen pasar paradas esperando por operarios o mantenimiento?	X		1		20
4. ¿Existe acumulación de tanques debido a procesos entre operaciones?	X		1		20
5. ¿Los operarios deben esperar a tener aprobación o inspecciones?		X	0		0
TOTAL			4	5	80%

Tabla F.2. Resultado obtenido.

CHECKLITS DESPERDICIOS				
N°	DESPERDICIOS (MUDAS)	TOTAL (SI)	TOTAL (NO)	PORCENTAJES
1	ESPERAS	4	1	80%
2	TRANSPORTE	1	4	20%
3	MOVIMIENTOS	1	4	20%
4	INVENTARIO	3	2	60%
5	SOBREPROCESOS	2	3	40%
6	SOBREPRODUCCIÓN	0	5	0%
7	DEFECTOS	3	2	60%
TOTAL		14	21	40%

Los resultados evidencian que las mudas más críticas corresponden a esperas, inventarios y defectos concentrándose en el área de creación de accesorios, lo cual explica la baja eficiencia operacional del sistema productivo.

El presente anexo muestra evidencia fotográfica de la realización de la tabla de identificación por parte del operario.

ESPERAS					
Preguntas	SI	NO	PUNTAJE	PUNTAJE MÁXIMO	%
1. ¿Existen piezas o materiales los cuales esperan para ser procesados?	X		1		20
2. ¿Los operarios deben esperar por materiales o herramientas?	X		1		20
3. ¿Las máquinas suelen pasar paradas esperando por operarios o mantenimiento?	X		1		20
4. ¿Existe acumulación de tanques debido a procesos entre operaciones?	X		1		20
5. ¿Los operarios deben esperar a tener aprobación o inspecciones?		X	0		0
TOTAL			4	5	80

Figura F. 1. Constancia de resultado de la tabla comparativa.

ANEXO G.

El presente anexo muestra los resultados de la auditoría 5S aplicada en las estaciones de trabajo del proceso de ensamblaje de tanques, con el fin de evaluar el nivel de orden, limpieza, estandarización y disciplina en la empresa.

Tabla G.1. Formato de auditoría 5S aplicado en las estaciones de trabajo.

FORMULARIO DE AUDITORÍA 5S					
FECHA:					
RESPONSABLE DEL ÁREA:					
CRITERIO DE EVALUACIÓN	AREAS DE TRABAJO				
0: No ejecutado, no apreciable 1: Efectuado en escasa parte del área 2: Efectuado en alguna parte del área 3: Efectuado en la mayor parte del área, pero se necesita mejorar 4: Casi mejores prácticas, pero no adecuado 5: Mejor práctica o ningún hallazgo	ARMADO DE CHASIS	MONTAJE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORIOS	PRUEBA HIDROSTÁTICA	MONTAJE DE ACCESORIOS
SEIRI (Separar Innecesarios)					
¿Los materiales de construcción están clasificados según su frecuencia de uso?	2	1	2	1	2
¿Se han identificado y eliminado herramientas o equipos obsoletos o dañados?	1	3	3	1	3
¿Los escombros y desperdicios se retiran diariamente de las áreas de trabajo?	4	1	2	1	2
¿Hay equipos o maquinaria fuera de servicio ocupando espacio en obra?	3	3	1	1	1
PUNTAJE (MAX 20 PUNTOS)	10	8	8	4	8

Tabla G.2. Resultados obtenidos.

	ARMA DO DE CHASIS	MONTA JE DE CHASIS	CREACION DE ACCESORI OS	PRUEBA ELECTROESTAT ICA	MONTAJE DE ACCESORI OS
SEIRI (Separar Innecesarios)	10	5	8	4	8
SEITON (Ordenar/Organizar)	12	6	10	6	10
SEISO (Limpiar/Inspeccion ar)	11	10	10	8	9
SEIKETSU (Estandarizar/Mante ner)	10	5	9	5	7
SHITSUKE (Disciplina/Seguimi ento)	9	9	9	9	9
TOTAL/100	52	35	46	32	43
PORCENTAJE/100 %	25%	17%	22%	15%	21%

Los resultados reflejan un bajo nivel de implementación de la metodología 5S, lo cual incide directamente en la generación de desperdicios y en la baja eficiencia operacional del sistema productivo.

ANEXO H.

En el presente anexo se presentan los registros obtenidos durante el estudio de tiempos realizado en las estaciones de trabajo del proceso de ensamblaje de tanques.

Tabla H.1. Registro del estudio de tiempos.

PROCESO DE ENSAMBLE DE TANQUES CONSTRUCCIONES ULLOA													
#	Descripción Actividades	Tiempo (h)								PROMEDIO	DES.M	LCS	LCI
		1	Armado de chasis	38,15	40,45	42,35	39,06	41,48	38,08				
2	Montaje de chasis	15,45	16,08	17,33	16,21	15,20	15,27	16,09	17,47	16,14	0,87	17,01	15,27
3	Creación de accesorios del tanque	85,17	95,31	110,34	100,33	115,37	85,20	95,37	110,21	99,66	11,52	111,18	88,14
4	Prueba hidrostática	9,32	11,08	14,36	12,12	13,24	10,37	9,15	11,08	11,34	1,82	13,16	9,52
5	Montaje de accesorios	23,28	24,46	25,06	24,35	23,35	14,52	12,49	13,31	20,10	5,57	25,68	14,53
										187,56			

ANEXO I.

Cálculo de límites de control.

Una vez realizado el estudio de tiempos del área de ensamble de tanques, es necesario evaluar los límites de control superior e inferior, para ellos se ocupó una trata de control XS y para este caso los límites de control se determinan de la siguiente manera.

$$LCS = \bar{X} + 3 \frac{S}{c4\sqrt{n}}$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \frac{S}{c4\sqrt{n}}$$

Donde:

\bar{X} = Promedio.

S = Desviación estándar.

C4 = Constante que depende del tamaño de subgrupo.

n = número de muestras.

ANEXO J.

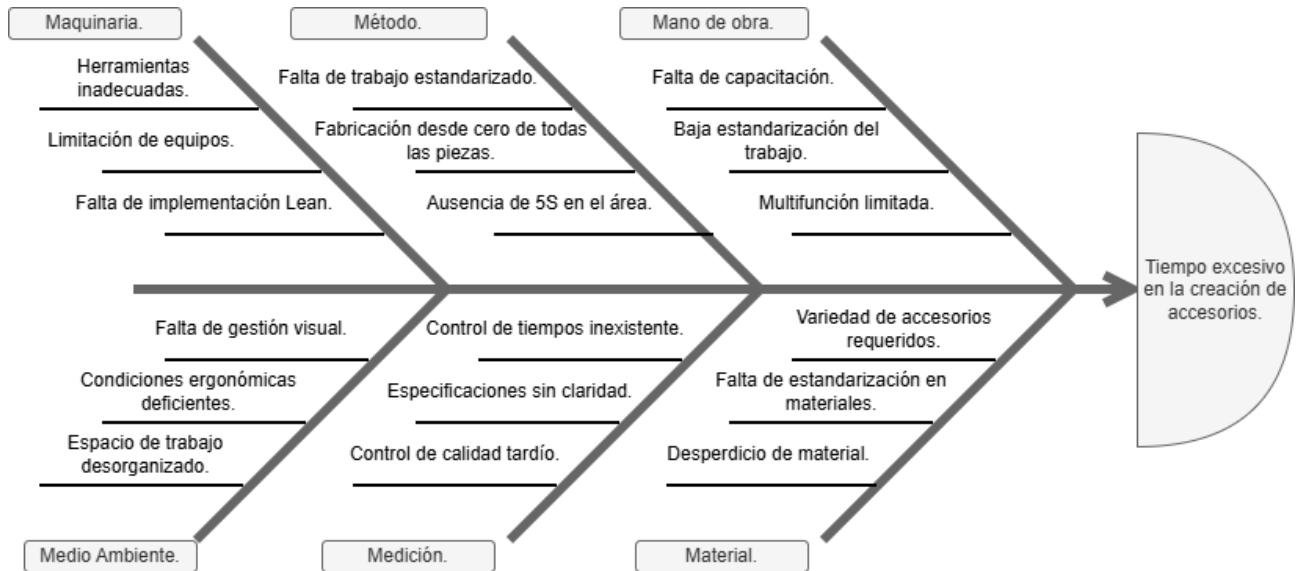


Figura J.1. Diagramas de Ishikawa.