



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA
PLANTA PURIFICADORA Y EMBOTELLADORA DE AGUA
AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

TOMALÁ ORRALA BRYAN ANDRÉS

TUTORA:

Ing. ISABEL DEL ROCÍO BALÓN RAMOS, MSc.

La Libertad, Ecuador

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

**“APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA
PLANTA PURIFICADORA Y EMBOTELLADORA DE AGUA
AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

TOMALÁ ORRALA BRYAN ANDRÉS

TUTORA:

Ing. ISABEL DEL ROCÍO BALÓN RAMOS, MSc.


La Libertad, Ecuador

2023

CERTIFICACIÓN

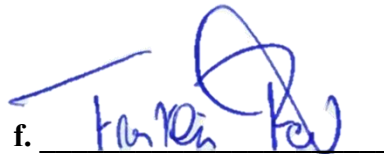
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Tomalá Orrala Bryan Andrés**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTORA

f. 

Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.

La Libertad, a los 14 días del mes de diciembre del año 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing.

Isabel del Rocío Balón Ramos, MSc.

TUTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Curricular “APLIACACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA PURIFICADORA Y EMBOTELLADORA DE AGUA AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”, elaborado por el Sr. TOMALÁ ORRALA BRYAN ANDRÉS, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTORA

f. 

Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, MSc.

La Libertad, a los 14 días del mes de diciembre del año 2023

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Tomalá Orrala Bryan Andrés**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Aplicación Lean Manufacturing para la optimización del sistema de producción en la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A, Santa Elena**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 14 días del mes de diciembre del año 2023

AUTOR



f. _____

Tomalá Orrala Bryan Andrés

AUTORIZACIÓN

Yo, **Tomalá Orrala Bryan Andrés**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Aplicación Lean Manufacturing para la optimización del sistema de producción en la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A, Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 14 días del mes de diciembre del año 2023

AUTOR

f.



Tomalá Orrala Bryan Andrés

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular para titulación del tema “APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA PURIFICADORA Y EMBOTELLADORA DE AGUA AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”, elaborado por el estudiante TOMALÁ ORRALA BRYAN ANDRÉS, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema Antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Tesis Tomalá Orrala Bryan

< 1%
Textos sospechosos

 **< 1%** Similitudes
0% similitudes entre comillas

 **< 1%** Idioma no reconocido

 **0%** Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis Tomalá Orrala Bryan.docx ID del documento: eeaba386838dfe1f6548a461e1d4d842ba2092f3 Tamaño del documento original: 1,16 MB	Depositante: ISABEL DEL ROCIO BALON RAMOS Fecha de depósito: 10/12/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 10/12/2023	Número de palabras: 29.320 Número de caracteres: 190.542
--	--	---

Atentamente,

TUTORA



Ing. Isabel del Rocío Balón Ramos, MSc.

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

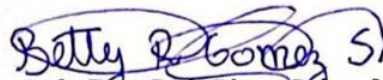
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **"APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA AQUAFIT S.A, SANTA ELENA"**, del estudiante: **TOMALÁ ORRALA BRYAN ANDRÉS**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 11 de Diciembre del 2023



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la culminación de este proyecto, marcando el fin de mi etapa universitaria. Sus apoyos incondicionales han sido fundamentales para alcanzar este logro tan significativo.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar los desafíos a lo largo de este viaje académico. Su guía ha sido mi faro en momentos de incertidumbre, y reconozco la bendición de haber contado con su apoyo inquebrantable.

Agradezco también a mi familia por su constante respaldo y amor incondicional. Sus sacrificios y aliento han sido mi mayor motivación. Cada uno de ustedes ha desempeñado un papel crucial en mi éxito, y estoy eternamente agradecido por ello.

A mis amigos, a quienes considero como una extensión de mi familia, les agradezco por sus risas, palabras de aliento y compañía durante los momentos difíciles. Su amistad ha enriquecido mi vida de maneras inimaginables.

Agradezco a los distinguidos profesores de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, quienes han compartido sus conocimientos y experiencias, guiándome a lo largo de mi carrera académica. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido una fuente constante de inspiración.

Finalmente, agradezco a mi pareja por ser mi roca y mi motivación constante. Tu apoyo inquebrantable y comprensión han sido el pilar sobre el cual construyó este proyecto. Gracias por estar a mi lado en cada paso del camino.

Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes que han formado parte de mi viaje. Aprecio sinceramente su contribución y espero continuar compartiendo éxitos en el futuro.

Bryan Tomalá Orrala

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis queridos padres, la fuente de mi inspiración y el faro de mi camino. Su apoyo inquebrantable y amor infinito han sido mi mayor impulso. Gracias por creer en mí incluso cuando dudé de mí mismo. Este logro es tan suyo como mío.

A mis Amigos, quienes han sido los compañeros incondicionales en este viaje académico y personal. Cada risa compartida, cada consejo y cada momento difícil fortalecieron mi determinación.

A mi pareja, mi compañera en todas las estaciones de la vida, que gracias a su paciencia, comprensión y aliento han sido mi refugio en los momentos de desafío. Gracias por ser mi inspiración constante y por celebrar cada pequeño triunfo conmigo. Este logro no sería posible sin el apoyo inquebrantable de cada uno de ustedes.

Bryan Tomalá Orrala

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Franklin Reyes Soriano, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Isabel Balón Ramos, MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muxulema Allaica, MEng.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA.....	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1. Antecedentes investigativos	5
1.2. Estado del arte	7

1.3. Variable Independiente: Lean Manufacturing.....	22
1.4. Variable Dependiente: Optimización Sistema de producción.....	25
CAPÍTULO II.....	26
MARCO METODOLÓGICO.....	26
2.1. Enfoque de investigación.	26
2.2. Diseño de investigación	29
2.3. Procedimiento metodológico.....	30
2.4. Población y muestra (Estudio de Caso).....	33
2.4.1. Población.....	33
2.4.2. Muestra	33
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	34
2.5.1. <i>Métodos de recolección de los datos</i>	34
2.5.2. <i>Técnicas de recolección de los datos</i>	35
2.5.3. <i>Instrumentos de recolección de los datos</i>	36
2.6. Variables de estudio	37
2.7. Procedimiento para la recolección de los datos	38
2.8. Plan de análisis e interpretación de resultados.....	39
CAPÍTULO III.....	41
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1. Descripción de la empresa	41
3.1.1. Generalidades	41
3.1.2. Misión.....	41
3.1.3. Visión.....	41

3.1.4.	Valores.....	42
3.1.5.	Organigrama de la empresa.....	42
3.1.6.	Proceso productivo.....	42
3.1.7.	Diagrama de operaciones del proceso	45
3.2.	Procedimiento para la recolección de datos	46
3.2.1.	Validación de los datos recolectados	46
3.2.2.	Diagrama de flujo de procesos	48
3.2.3.	VSM Inicial.....	52
3.2.4.	Análisis de la situación actual	55
3.3.	Elaboración de la Propuesta.....	57
3.3.1.	Propuesta 5s.....	57
3.3.2.	Propuesta TPM.....	71
3.3.3.	Estudio de tiempos	79
3.4.	Marco de resultados	90
3.4.1.	Análisis de resultados.....	90
3.4.2.	Contrastación de la hipótesis.....	95
3.5.	Presupuesto	101
3.6.	Marco de discusión	103
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES.....	106
	REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)	107
	ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de investigación.....	9
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.....	10
Tabla 3. Cadena de búsqueda.....	10
Tabla 4. Criterios de evaluación de Calidad	11
Tabla 5. Matriz referencial de artículos	12
Tabla 6. Metodología utilizada en las investigaciones.....	18
Tabla 7. Actividades del proceso de embotellado.....	33
Tabla 8. Plan de análisis e interpretación de resultados.....	40
Tabla 9. Tabla de datos generales de la empresa	41
Tabla 10. Ficha de observación de tiempos de actividades de embotellado	46
Tabla 11. Diagrama de flujo del proceso de Preparación de materiales	49
Tabla 12. Diagrama de flujo del proceso de Lavado.....	50
Tabla 13. Diagrama de flujo del proceso de Llenado	51
Tabla 14. Diagrama de flujo del proceso de Sellado.....	51
Tabla 15. Diagrama de flujo del proceso de Almacenamiento del producto terminado	52
Tabla 16. Demanda mensual de la producción de botellones de 20 L	53
Tabla 17. Resumen de tiempos que agregan y no agregan valor en las actividades. 55	
Tabla 18. Ocurrencia de problemas encontrados en el área de embotellado	55
Tabla 19. Herramientas a Implementar por Problema	57
Tabla 20. Check List de auditoria inicial	58
Tabla 21. Resumen e Indicadores de evaluación inicial 5s.....	59

Tabla 22. Modelo de Tarjeta Roja.....	61
Tabla 23. Tabla de Control de Tarjetas rojas	62
Tabla 24. Criterios para ordenar objetos del área de embotellado	64
Tabla 25. Destino de objetos que sí son necesarios según su uso.....	64
Tabla 26. Check List de auditoria final.....	68
Tabla 27. Resumen e Indicadores de evaluación final 5s	69
Tabla 28. Calendario de auditorías 5s	70
Tabla 29. Métrica de calificación para valores de OEE.....	72
Tabla 30. Matriz AMEF del área de embotellado de la planta.	73
Tabla 31. Plan de Mantenimiento de Maquinarias.....	74
Tabla 32. Cronograma de mantenimientos propuesto.....	77
Tabla 33. Tiempos de ciclo recomendados por criterios General Electric.....	79
Tabla 34. Cálculo de Factor de Valoración en Porcentaje	80
Tabla 35. Suma de los Suplementos Constantes y Variables.....	81
Tabla 36. Cálculo del tiempo estándar	83
Tabla 37. Ciclos Observados para situación propuesta.....	85
Tabla 38. Cálculo del tiempo estándar de la situación propuesta	87
Tabla 39. Resumen de tiempos que agregan y no agregan valor en las actividades.	90
Tabla 40. Resultados de aplicación del VSM inicial y propuesto.....	90
Tabla 41. Resultados del nivel de las 5S inicial y propuesto.	91
Tabla 42. Resultados detallados de la implementación 5S.	91
Tabla 43. Resultados del nivel de la OEE inicial y propuesto.	93
Tabla 44. Resultados detallados del nivel de OEE y diferencia.....	93

Tabla 45. Tiempo estándar inicial y final.....	94
Tabla 46. Comparación de tiempos promedio por observación.....	100
Tabla 47. Presupuesto del proyecto.....	101
Tabla 48. Cálculo del flujo de fondo.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso del Mapeo Sistemático.....	8
Figura 2. Ejecución de la búsqueda	12
Figura 3. Tendencia de los artículos publicados.....	15
Figura 4. Evaluación de Calidad de los Artículos.....	16
Figura 5. Propuesta de Aplicación	17
Figura 6. Análisis de métodos utilizados en investigaciones.....	19
Figura 7. Análisis de técnicas utilizadas en investigaciones.....	20
Figura 8. Análisis de instrumentos utilizados en investigaciones.....	21
Figura 9. Fases de la investigación cuantitativa.....	26
Figura 10. Diseño de la investigación cuantitativa	30
Figura 11. Esquema del procedimiento metodológico.....	31
Figura 12. Línea metodológica	34
Figura 13. Organigrama de la empresa.	42
Figura 14. Diagrama de operaciones de la planta	45
Figura 15. Resumen de Prueba de Normalidad en la Act-2 del área de preparación	48
Figura 16. VSM inicial de la planta AQUAFIT S.A.	54
Figura 17. Diagrama de Pareto de los problemas encontrados en la planta.....	56
Figura 18. Representación visual de la evaluación inicial de las 5S.....	60
Figura 19. Control de Tarjetas Rojas	63
Figura 20. Representación visual de la evaluación final de las 5S	70
Figura 21. VSM propuesto de la planta AQUAFIT S.A.....	89
Figura 22. Representación visual para comparación del nivel de 5s	92

Figura 23. Gráfica de probabilidad del nivel inicial de 5S	96
Figura 24. Estadísticos descriptivos del VSM inicial y propuesto	97
Figura 25. Prueba T-Student de dos muestras VSM.....	97
Figura 26. Estadísticos descriptivos para el nivel de 5S inicial y propuesto	98
Figura 27. Prueba T-Student de dos muestras Nivel 5S	98
Figura 28. Estadísticos descriptivos para el nivel OEE inicial y propuesto	99
Figura 29. Prueba T-Student de dos muestras Nivel OEE.....	100
Figura 30. Estadísticos descriptivos para tiempo estándar inicial y propuesto.....	100
Figura 31. Prueba T-Student de dos muestras Nivel OEE.....	101

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ingreso de Documentos formato RIS en Rayyan.	114
Anexo 2. Eliminación de artículos duplicados.	114
Anexo 3. Selección de información por criterio de elegibilidad.	115
Anexo 4. Evaluación de artículos por criterios de Calidad.....	115
Anexo 5. Propuestas de aplicación en el estado del arte.....	116
Anexo 6. Tabla de frecuencia de los métodos utilizados.....	116
Anexo 7. Tabla de frecuencia de las técnicas utilizadas.....	116
Anexo 8. Tabla de frecuencia de los instrumentos utilizados.....	117
Anexo 9. Modelo de Diagrama de flujo de procesos.....	117
Anexo 10. Modelo de la herramienta VSM.	118
Anexo 11. Resumen de Pruebas de Normalidad de las Actividades	118
Anexo 12. Tabla de Criterios de General Electric	121
Anexo 13. Tabla de Calificación Westinghouse.....	122
Anexo 14. Criterios para el Calculo de Suplementos propuesto por la OIT.....	122
Anexo 15. Cálculo de Suplementos Constantes	123
Anexo 16. Cálculo de Suplementos Variables.....	124
Anexo 17. Análisis de normalidad pre y post mediciones.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

LM: Lean Manufacturing, en español Manufactura Esbelta.

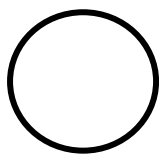
OEE: Overall Eficacia del equipo, en español Eficiencia General de los Equipos.

TPM: Total Productive Maintenance, en español Mantenimiento Total Productivo.

VSM: Value Stream Mapping, en español Mapa de Flujo de Valor.

PYMES: Pequeñas y Medianas Empresas.

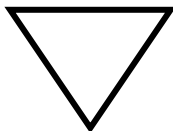
RPN: Número de Prioridad de Riesgo.



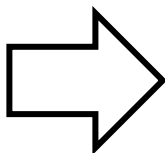
Operación



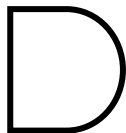
Inspección



Almacenamiento



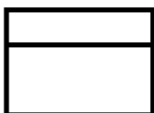
Transporte



Espera / Demora



Cliente / Proveedor



Flujo de proceso específico

“APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”

Autor: Tomalá Orrala Bryan Andrés

Tutor: Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc.

RESUMEN

En el actual panorama empresarial dinámico, las industrias enfrentan constantes desafíos que requieren una adaptación ágil y eficiente. Para sobresalir en este entorno, las organizaciones buscan optimizar sus recursos, minimizar desperdicios y eliminar actividades no valiosas. Esta investigación se suma a este escenario, determinando la aplicación de metodologías Lean Manufacturing, como el mapeo de flujo de valor, las 5S y el TPM, en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. El mapeo sistemático de la literatura proporcionó una sólida base teórica al identificar variables clave y enriquecer la perspectiva conceptual. La implementación de las herramientas Lean generó mejoras sustanciales y medibles en la eficiencia operativa. El cambio del OEE de "Regular" a "Bueno" refleja la efectividad de las intervenciones, respaldado por una transformación de los niveles de 5S de "Malo" a "Bueno". Además, se registró una notable reducción del tiempo estándar de producción de 17,90 a 15,40 minutos por lote de 6 botellones, indicando una mejora significativa en la eficiencia operativa. Estos resultados cuantitativos y cualitativos respaldan de manera sólida la propuesta de mejora, posicionando la planta embotelladora como un competidor más eficiente y estable en el mercado.

Palabras Claves: *Lean Manufacturing, Eficiencia Operativa, Mapeo de Flujo de Valor, 5S, TPM, Mejora.*

“LEAN MANUFACTURING APPLICATION FOR THE OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION SYSTEM IN THE WATER BOTTLING PLANT AQUAFIT S.A, SANTA ELENA”

Author: Tomalá Orrala Bryan Andrés

Tutor: Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío, MSc.

ABSTRACT

In today's dynamic business landscape, industries face constant challenges that require agile and efficient adaptation. To excel in this environment, organizations seek to optimize their resources, minimize waste, and eliminate non-valuable activities. This research adds to this scenario, determining the application of Lean Manufacturing methodologies, such as value stream mapping, 5S and TPM, in the water bottling plant AQUAFIT S.A. The systematic mapping of the literature provided a solid theoretical basis by identifying key variables and enriching the conceptual perspective. The implementation of Lean tools generated substantial and measurable improvements in operational efficiency. The change in OEE from "Fair" to "Good" reflects the effectiveness of the interventions, supported by a transformation of 5S levels from "Bad" to "Good". In addition, there was a notable reduction in standard production time from 17.90 to 15.40 minutes per batch of 6 bottles, indicating a significant improvement in operational efficiency. These quantitative and qualitative results strongly support the improvement proposal, positioning the bottling plant as a more efficient and stable competitor in the market.

Keywords: *Lean Manufacturing, Operational Efficiency, Value Stream Mapping, 5S, TPM, Improvement.*

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las industrias están a la vanguardia del cambiante entorno empresarial y deben estar preparadas para adaptarse rápidamente a los nuevos desafíos que enfrenten. Estas organizaciones se esfuerzan por aprovechar al máximo sus recursos, reduciendo al mínimo los desperdicios y eliminando actividades que no aportan valor (Deshmukh et al., 2022). En correspondencia con lo anterior, la metodología Lean Manufacturing se presenta como una estrategia clave para contrarrestar las ineficiencias en la gestión de los recursos, puesto que la aplicación de las técnicas y herramientas propuestas por Lean no solo incrementa la rentabilidad de los activos, sino que también reduce los tiempos de entrega, eleva la disponibilidad de las máquinas, disminuye los inventarios, y proporciona diversos beneficios adicionales (González-Gaitán et al., 2018).

El enfoque de Lean Manufacturing se posiciona como un sistema de gestión destacado, orientado hacia la excelencia y la mejora constante. Su principal objetivo es la erradicación de elementos que no aportan valor al producto, y se compone de diversas herramientas. Además, LM incluye un conjunto de métodos para analizar y mejorar continuamente el funcionamiento de los sistemas de fabricación (Gavriliuță et al., 2021). Por ende, las herramientas LM han jugado un papel importante en varias industrias manufactureras para mejorar su ventaja competitiva en el mercado global (Gebeyehu et al., 2022).

Aunque se ha comprobado su efectividad para optimizar las operaciones, el porcentaje promedio de utilización de la metodología de Lean Manufacturing a nivel global es del 54% (Alcántara, 2022). Se espera que las demás empresas puedan adaptarse al mismo proceso, tomando en cuenta que las mejores opciones son las pequeñas y medianas empresas, debido a que tienen un fácil agrado de adaptación en las nuevas tecnologías, y tienen un aporte importante en los procesos productivos, representando al 90% de las empresas a nivel global (Miguel-Rodríguez & Romero-León, 2023).

Por otro lado, en América Latina tan solo el 33% de las empresas han adaptado esta metodología para mejorar su competitividad, a diferencia de los demás continentes que superan el 50% (Alcántara, 2022), sin embargo, las empresas americanas tienen un aporte del 7% en la economía mundial y la producción industrial del total de las

empresas (Becker et al., 2020). La participación de las microempresas en América Latina es del 27% con respecto al porcentaje global. El número de microempresas en términos porcentuales de América Latina es del 88.4% (Miguel-Rodríguez & Romero-León, 2023), siendo estas la base para aumentar esos porcentajes gracias a su fácil adaptabilidad a la tecnología.

En Ecuador, de acuerdo con un estudio realizado por Ortega-Freire & Vaca, (2018) en una muestra de 84 empresas del total en el país, se estima que el 78,5% de ellas utilizan la metodología del Lean Manufacturing, siendo más utilizado en actividades como la distribución de áreas, reducción de desperdicios y Just In Time. De todas las industrias del país, las PYMES representan el 90% de las unidades operativas, desempeñando un papel fundamental en la generación de empleos (Avalos, 2020). Las pequeñas y medianas empresas representan el 98.93% en territorio ecuatoriano según la clasificación por tamaño tomado de (DSGConsulting, 2019). Las PYMES ecuatorianas tienden a mantener sus operaciones de la misma manera que lo han hecho desde siempre, sin mostrar un aumento significativo en la productividad, con un bajo desarrollo tecnológico y carecen de un crecimiento estructural significativo. Como resultado, no se observan mejoras en su alcance de mercado, ya que la mayoría de ellas se centran en el ámbito local o nacional, mientras que solo entre el 6% al 7% se aventuran en la exportación (Rodríguez-Mendoza & Aviles-Sotomayor, 2020).

En cambio, en la provincia de Santa Elena, las PYMES carecen de sistemas formalizados para sus operaciones, lo que resulta en la toma de decisiones basada en experiencia práctica y conocimientos básicos. (Pilay-Villacís et al., 2019). La mayoría de las compañías no están familiarizadas con las numerosas ventajas que un enfoque de Lean Manufacturing podría brindarles. Por ello, se ha vuelto crucial modificar la tradicional mentalidad de las empresas y agilizar los procedimientos de fabricación, eliminando el desperdicio mediante la implementación del LM. Aunque algunas empresas manufactureras han avanzado considerablemente al adoptar este enfoque, su uso aún no es común (Curillo Perugachi et al., 2018), como por ejemplo las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la purificación y embotellado de agua.

En este sentido, se presenta como punto de exploración a la empresa AQUAFIT SA, siendo esta una planta purificadora y embotelladora de agua que ha estado operando durante varios años en un mercado altamente competitivo. La compañía ha

experimentado un crecimiento constante en los últimos años debido a la creciente demanda de agua purificada y ha implementado diversas estrategias para mejorar la calidad de sus productos y aumentar la eficiencia de su sistema de producción sin mucho éxito. El enfoque de investigación se centró específicamente en la línea de producción de botellones de 20L, abarcando áreas clave como la cadena de producción, tiempos de ciclo y la eficiencia operativa. La metodología incluyó la aplicación de Lean Manufacturing, con énfasis en las metodologías 5S y TPM. La población de estudio comprenderá todos los procesos dentro de la planta, mientras que la muestra se limitará al proceso de embotellado de agua.

Bajo este contexto, surge la necesidad de mejorar la eficiencia y calidad del proceso de producción en la empresa para satisfacer las demandas del mercado y garantizar la satisfacción del cliente. Para abordar este problema, se pueden identificar áreas clave que requieren mejoras como: las ineficiencias en el proceso de producción y los desplazamientos innecesarios. Por otro lado, tanto el manejo de costos como el cambio de la distribución de planta también forman parte de las limitaciones del estudio.

Dado el desafío actual y las ventajas que conlleva la implementación de la metodología Lean Manufacturing en las empresas de producción, la presente investigación tiene por objetivo principal: “Proponer Lean Manufacturing para la optimización del sistema de producción en la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A, Santa Elena”.

Para cumplir con este objetivo se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un estado del arte mediante un mapeo sistemático de la literatura desarrollando la base teórica con respecto a la variables consideradas en la investigación.
2. Establecer las herramientas metodológicas a través del análisis del estado del arte definiendo estructuras y procedimientos necesarios para la recolección de datos.
3. Evidenciar de manera clara los resultados obtenidos mediante la presentación de tablas comparativas, proporcionando una interpretación efectiva de las mejoras alcanzadas por la propuesta.

Siguiendo el marco de investigación, se identifican 3 capítulos los cuales consisten en:

Capítulo I, se centra en la recopilación de datos provenientes de artículos científicos y casos de estudio mediante un mapeo sistemático de literatura. Este análisis se lleva a cabo con el fin de respaldar la revisión del estado actual del conocimiento, centrándose en las variables de investigación.

Capítulo II, organizado a través del marco metodológico, se presenta una exposición detallada de los enfoques, técnicas e instrumentos empleados en el estudio. Además, se abordan aspectos como la población de investigación, el diseño del estudio, las estrategias de recolección de datos y la definición operativa de las variables.

Capítulo III, se presentan detalladamente los resultados derivados del logro de los objetivos previamente establecidos. Asimismo, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de toda la investigación con el propósito de articular una propuesta de mejora.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

En un entorno altamente competitivo y en constante evolución, la optimización del sistema de producción se ha vuelto esencial para el éxito empresarial. En este sentido, el enfoque Lean Manufacturing ha demostrado ser una metodología eficaz para mejorar la eficiencia y reducir los desperdicios en los procesos de producción. Diversas investigaciones han destacado los beneficios derivados de la implementación de Lean Manufacturing en la optimización de los sistemas de producción, tales como:

Wang et al., (2022) a través del enfoque Lean Six Sigma con Value Stream Mapping en Industria 4.0 justificó la aplicación de herramientas y técnicas de Lean Six Sigma con el objetivo de identificar las causas fundamentales del desperdicio en el proceso de embotellado de agua y desarrollar soluciones efectivas para eliminar estas fuentes de ineficiencia, lo que conllevaría a la producción de productos de calidad estándar con una cantidad mínima o incluso nula de residuos. Para este propósito, se empleó la herramienta de Mapa del Flujo de Valor para analizar exhaustivamente las fuentes de desperdicio en las operaciones actuales de la planta y para diseñar procesos de producción más eficientes de cara al futuro. Asimismo, se implementó la metodología Lean Six Sigma Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar (DMAIC) para llevar a cabo un análisis estadístico de las causas subyacentes del desperdicio en la planta. Este análisis reveló que las principales fuentes de desperdicio, responsables de aproximadamente el 80% de los residuos en la planta, se relacionaban con la variación en el volumen de agua, errores de ubicación en la enfiardadora y procesos de inspección manual. Como resultado de la aplicación de las soluciones propuestas, se anticipa una significativa reducción del tiempo de entrega y del ciclo de fabricación en torno al 42.1% y 22.2%, respectivamente. Además, se prevé la disminución de la requerida presencia de dos inspectores de calidad durante el procedimiento de embotellado, lo que resultará en una disminución de los costos laborales vinculados a dicho proceso.

Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, (2021) indicó que, en el campo de la producción de adhesivos a base de agua, la implementación de la metodología 5S condujo a la reducción del tiempo empleado en la búsqueda de materiales y

herramientas, al mejoramiento de la seguridad en el entorno laboral y a la disminución de los tiempos de inactividad. En paralelo, el enfoque Kaizen contribuyó a la identificación y eliminación de obstáculos en el proceso de producción, a la optimización de la gestión de recursos y a la promoción de una cultura de mejora continua entre el personal. En resumen, la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing, como 5S y Kaizen, puede ofrecer notables beneficios para aumentar la productividad en el ámbito de la producción de adhesivos a base de agua en una empresa manufacturera.

Ogohi Daniel, (2019) realizó la implementación de un proyecto Six Sigma en el ámbito de la manufactura, específicamente en una compañía multinacional de envasado de agua. La eficiencia de la línea de producción encargada de llenar botellas de 0,5 litros se encontraba en un nivel del 78%. Debido a restricciones de capacidad en esta línea, era crucial incrementar la eficiencia hasta alcanzar el 84%. Con el fin de cumplir con los principios de Lean Manufacturing y el TPM (Total Performance Management), la empresa de envasado de agua optó por implementar la metodología Six Sigma. En este proceso, se describen las herramientas y elementos críticos necesarios para lograr una implementación exitosa de Six Sigma. Se proporcionó capacitación en calidad de cinturón verde tanto a los miembros del equipo de producción como al líder del proyecto, utilizando recursos externos, específicamente cinturones negros. El proyecto incorporó técnicas de Control Estadístico de Procesos (SPC) en la planta a través de una iniciativa Six Sigma de arranque, lo que resultó en una mejora de la eficiencia de la línea de producción de botellas de 0,5 litros del 78% al 84% en un período de tres meses. Este logro fue ampliamente reconocido por la alta dirección de la empresa. Adicionalmente, el nivel Sigma se incrementó de 1,64 a 2,19, y se alcanzó un rendimiento del 77,78% con un nivel Sigma de 2,26, en comparación con una línea base de 1,60 en términos de pérdidas.

Urmila Singh et al., (2019) demostró el potencial de la aplicación de la filosofía LEAN para elevar la productividad de las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Para este estudio, se seleccionó una planta embotelladora en Trinidad y Tobago como caso de estudio. Esta planta se dedica a la producción de más de 100 productos diversos en una variedad de envases que incluyen desde agua embotellada hasta bebidas carbonatadas. Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron registros de la empresa, observaciones, cuestionarios de análisis de tiempo y entrevistas con el propósito de recopilar datos y

detectar problemas específicos. Al evaluar las prácticas existentes en las Líneas de producción 1 y 3, se identificaron problemas relacionados con la baja productividad. Por consiguiente, se optó por utilizar técnicas clave de la filosofía Lean para mejorar el desempeño de estas líneas. Se aplicaron tanto el Análisis de Causa Raíz como los procedimientos de Ishikawa para identificar y corregir problemas en la Línea 1. En la Línea 3, se implementaron estudios de tiempo y la metodología de Intercambio de Datos en un Solo Minuto (SMED) con el objetivo de reducir los largos tiempos de configuración y aumentar la disponibilidad de la línea. Se llevaron a cabo análisis de flujos de trabajo para mejorar el rendimiento de los procesos. Los resultados revelaron que la mejora en la Línea 1 permitió liberar 45 horas al mes para la producción en la Línea 3. Además, la Línea 3 logró ahorros de 10 minutos por revisión de fabricación y 29 minutos por cada cambio de paquete, lo que resultó en un ahorro promedio de 4.5 horas al mes. Estos resultados demuestran la eficacia de las técnicas Lean para aumentar la productividad en esta planta de envasado en particular. Así, se puede concluir que las técnicas Lean son adecuadas para mejorar la productividad, independientemente del tamaño de la empresa.

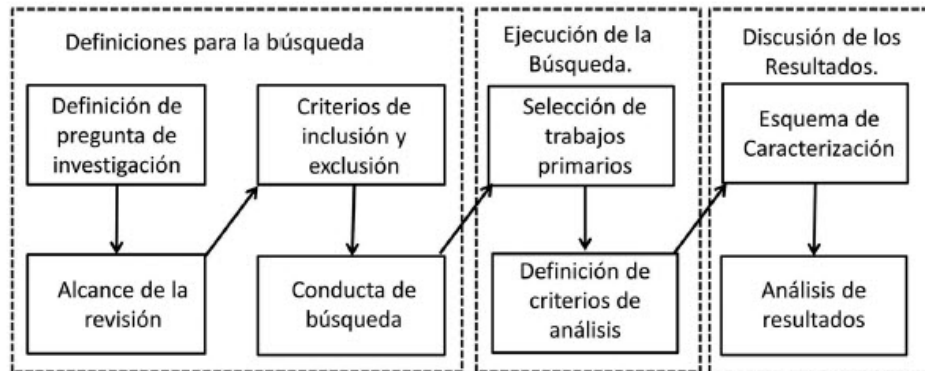
1.2. Estado del arte

El estado del arte se presenta como un elemento esencial y lógico que se emplea como enfoque metodológico para examinar de manera crítica la vertiente política y pedagógica de la investigación en evaluación del aprendizaje. En otras palabras, se busca comprender cómo se desarrolla el proceso metodológico y técnico de la investigación a partir de un análisis relativo al conocimiento (Guevara-Patiño, 2016). El estado del arte se puede emplear como una herramienta para identificar y comprender la realidad, como una propuesta metodológica y como un fundamento para la toma de decisiones en el ámbito de la investigación.

El Mapeo Sistemático de la Literatura se presenta como un enfoque de investigación que facilita el mapeo detallado de la evidencia dentro de un campo específico. Esta metodología resulta útil para identificar tanto conjuntos significativos de evidencia como áreas donde existe una falta de información. Suele ser una práctica habitual utilizar el proceso de mapeo como una etapa introductoria, de carácter descriptivo, antes de llevar a cabo una revisión sistemática de naturaleza analítica. Además, el MSL permite recopilar información relevante sobre: definiciones, validaciones, procesos,

propuestas, estudios aplicados y métodos de investigación descritos en la literatura. Esto contribuye a proporcionar un mayor contexto y organización al objeto de estudio. A continuación, en la *Figura 1*, se observa el proceso del mapeo sistemático segmentado en 3 fases, adaptado por Petersen et al., (2015).

Figura 1. *Proceso del Mapeo Sistemático*



Nota: *Elaborado por Petersen et al., (2015).*

Con el objetivo de la investigación, se llevó a cabo un mapeo sistemático de diversos documentos científicos relacionados con la Aplicación Lean Manufacturing para la optimización del sistema de producción, ya que el procedimiento para la adquisición de artículos en el mapeo sistemático se distingue de la revisión sistemática de la literatura, se elaboró un protocolo modificado por parte de los autores Petersen et al., (2015) el cual fue utilizado para identificar la información de mayor relevancia para la investigación:

1. Definición de preguntas de investigación.
2. Criterios de inclusión y exclusión.
3. Cadenas de búsqueda booleanas.
4. Criterios para la evaluación de la Calidad.
5. Ejecución de la búsqueda.
6. Extracción de los datos más relevantes.

1. Definición de preguntas de investigación

De acuerdo con lo indicado por las contribuciones de Narváez-Narváez et al., (2023), se definieron cuatro preguntas de investigación, no obstante, se tomaron en cuenta únicamente el aspecto conceptual para establecer los objetivos de la revisión y el aspecto operativo para determinar las preguntas que contribuirán a alcanzar los siguientes objetivos:

- OB1: Clasificar las pruebas para evaluar el nivel de atención y enfoque por parte de la comunidad científica e investigadora en los años recientes sobre las variables de estudio.
- OB2: Evaluar la calidad de cada artículo seleccionado en base a los estándares establecidos en la tabla de Criterios para la valoración de artículos primarios.
- OB3: Recopilar datos acerca de las definiciones conceptuales, propuestas, validaciones, procesos y enfoques de investigación con el fin de evaluar el nivel de progreso alcanzado por las investigaciones.

En la *Tabla 1* se presentan las preguntas de investigación asociados con sus objetivos.

Tabla 1. Preguntas de investigación

RQ	Pregunta de investigación	OB
RQ1	¿Cuál es la distribución temporal de los artículos seleccionados sobre Lean Manufacturing y optimización del sistema de producción?	OB1
	Presentar la tendencia de artículos publicados entre los años 2019 – 2023.	
RQ2	¿Cuál es la calidad de los artículos seleccionados?	OB2
	Evaluar la calidad de los artículos de acuerdo con la tabla de criterios.	
RQ3	¿Qué soluciones se han propuesto?	OB3
	Identificar qué metodologías fueron propuestas en las investigaciones.	
RQ4	¿Qué metodología para la recolección de datos utilizaron?	
	Identificar qué métodos, técnicas y herramientas de evaluación utilizaron en los artículos seleccionados.	

Nota: Elaborado por autor adaptado de Narváez-Narváez et al., (2023).

2. Criterios de inclusión y exclusión

Se determinaron criterios de inclusión y exclusión para llevar a cabo la selección de la muestra original, se optó por un enfoque pragmático, con el objetivo de encontrar un equilibrio adecuado entre la cantidad y la calidad de los elementos elegidos. De acuerdo con la *Tabla 2*, se consideró incluir que el tipo de documentos sea de artículos científicos, publicados a partir de enero 2019 en adelante. También se consideró incluir los artículos definidos en áreas de ingeniería y manufactura ya sean en español, inglés, etc. Por otro lado, se excluyeron artículos sin acceso gratuito a todo público. Siguiendo las perspectivas de García-Peñalvo, (2017); Melero & Hernández-San-Miguel, (2014), la ciencia abierta promueve la difusión de datos de investigación entre los científicos y asegura la capacidad de reproducir los estudios. También se excluyeron los artículos que no tengan relación con las variables de búsqueda, los duplicados y aquellos artículos que eran incoherentes entre sus objetivos y resultados.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Los documentos solo deben ser artículos científicos.	Artículos que no tengan acceso gratuito a todo público.
Artículos publicados a partir de enero 2019 en adelante.	Artículos que no tengan relación con las variables de búsqueda.
Artículos definidos en áreas de ingeniería y manufactura.	Artículos duplicados.
Artículos publicados en varios idiomas.	Incoherencia entre: resumen objetivos y resultados.

Nota: *Elaborado por autor*

3. Cadenas de búsqueda booleanas

El enfoque de búsqueda específico se restringió a la selección de artículos de revistas catalogadas en las bases de datos como: Dimensions, Scielo y Sciencedirect, que fueron seleccionadas debido a su extenso repertorio y su reconocida reputación en la comunidad científica. La estrategia de selección de artículos se basó en el establecimiento de ecuaciones booleanas como se muestra en la *Tabla 3*, a continuación:

Tabla 3. Cadena de búsqueda

Motor de búsqueda	Ecuación booleanas
Dimensions	Title-Abs-Key: “Aplicación OR Application” AND “Manufactura Esbelta OR Lean manufacturing” AND “Sistema de Producción” Limitado a: “Publication Type: Article” AND “Open Access: All OA” AND “Publication Year: 2019 OR 2020 OR 2021 OR 2022 OR 2023” AND “Fields of Research (ANZSRC 2020): 40 Engineering” AND “Source Title: Ingeniería Industrial OR Industrial Data”
ScienceDirect	Find articles with these terms: “Lean Manufacturing AND application” Limitado a: “Years: 2019-2023” AND “Subject areas: Engineering” AND “Access type: Open Access & Open archive”
Scielo	Title: “Aplicación Lean Manufacturing” Limitado a: “Año de Publicación: 2019-2023” AND “SciELO Áreas Temáticas: “Ingenierías” AND “WoS Áreas Temáticas: Engineering” AND “Citables y no citables: Citables” AND “Tipo de literatura: Artículo”

Nota: *Elaborado por autor*

4. Criterios para la Evaluación de la Calidad

Con el objetivo de evaluar la calidad de los artículos elegidos y establecer su relevancia en relación con las variables de estudio, se ha desarrollado un método de evaluación que se basa en siete criterios. Este método asigna puntuaciones de tres valores diferentes: no cumple (-1), cumple parcialmente (0) y cumple (+1). Cada artículo tiene

la posibilidad de recibir una calificación que oscila entre -7 y +7. Sin embargo, es importante destacar que el propósito de esta evaluación de calidad es identificar los estudios más relevantes para la investigación, por lo que una puntuación baja no conlleva automáticamente su exclusión. Los criterios utilizados para evaluar la calidad de los estudios se encuentran detallados en la *Tabla 4*.

Tabla 4. *Criterios de evaluación de Calidad*

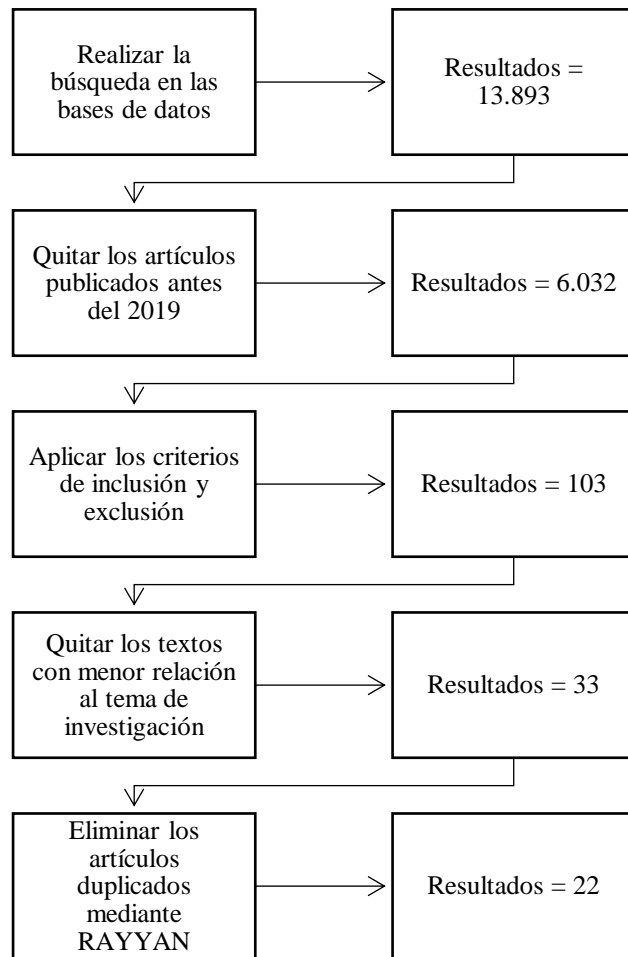
N°	Criterio de Calidad	Puntuación		
		+1	0	-1
1	En el artículo se ofrece una descripción clara del problema de investigación abordado.	Sí	Parcialmente	No
2	El artículo sigue un proceso de investigación estructurado y fundamentado.	Sí	Parcialmente	No
3	El artículo proporciona una definición clara sobre Lean Manufacturing.	Sí	Parcialmente	No
4	El artículo propone los métodos y herramientas para llevar a cabo la propuesta	Sí	Parcialmente	No
5	El artículo expone una forma de evaluar los resultados	Sí	Parcialmente	No
6	El artículo expone de manera clara y detallada los resultados obtenidos tras validar su propuesta.	Sí	Parcialmente	No
7	El artículo describe claramente la discusión de las limitaciones del proceso de investigación realizado y del análisis de los resultados obtenidos.	Sí	Parcialmente	No

Nota: *Elaborado por autor adaptado de Narváez-Narváez et al., (2023).*

5. Ejecución de la búsqueda

En esta etapa se llevó a cabo la realización de la búsqueda de artículos como se observa en la *Figura 2*. Luego de realizar la búsqueda inicial sobre Lean Manufacturing en las distintas bases de datos, se encontraron un total de 13.893 publicaciones referentes utilizando las respectivas ecuaciones booleanas, sin embargo, al aplicar los distintos criterios de inclusión y exclusión, se registró un total de 103 artículos. Después de descartar las publicaciones por medio de los criterios de inclusión y exclusión, se procedió a revisar detalladamente cada artículo de forma que se pueda verificar que existe una gran relación con las variables de estudio, por tanto, se quitaron 70 artículos adicionales dando como resultado 33 artículos restantes. Por último, mediante la aplicación web Rayyan se detectó de manera rápida el total de 11 artículos duplicados los cuales fueron excluidos de manera inmediata, dando como resultado 22 artículos referenciales (*Revisar también Anexos del 1-3 para visualizar el proceso*).

Figura 2. Ejecución de la búsqueda



Nota: Elaborado por autor

6. Extracción de los datos más relevantes.

Después de haber eliminado los artículos duplicados utilizando la herramienta Rayyan, se llevó a cabo un proceso adicional de exclusión de aquellos artículos que no guardaban relación con las variables de búsqueda. Como resultado de esta selección, se obtuvieron los datos más relevantes, los cuales fueron posteriormente recopilados en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Matriz referencial de artículos

Nº	Autor	Propuesta	Resultado
A1	(Huerta-Estévez, 2021)	Aplicación de Herramientas de manufactura esbelta como el sistema Kanban y mapas de valor.	Se logró reducir hasta un 50% la distancia recorrida desde el almacén hasta la línea de producción.
A2	(Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021)	Aplicación del Lean Manufacturing 5 S y Kaizen, evaluación de resultados de la aplicación de las herramientas para mejorar la productividad.	La implementación de las 5S resultó en una disminución de los tiempos innecesarios asociados a la búsqueda de materiales. Por otro lado, la aplicación de Kaizen contribuyó a la disminución de los tiempos de fabricación en un lapso de hasta 2 horas y 23 minutos.

A3	(Escalante-Torres, 2021)	Desarrollar un modelo de balance de línea y 5S para una empresa de procesamiento de vidrio templado para mejorar la productividad.	Tras analizar la estructura de costos final, se determinó un precio de venta unitario de \$69.11, inferior al precio inicial de \$77.34.
A4	(Canahua-Apaza, 2021)	Viabilidad de incorporar la metodología TPM – Lean Manufacturing en las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la fabricación de piezas metalmecánicas.	Los mantenimientos preventivos y autónomos mejoraron significativamente, elevando el factor calidad del 49.44% al 94.64%, el factor rendimiento del 76.68% al 93.34%, y aumentando el factor disponibilidad del 86.70% al 96.88%.
A5	(Escudero-Santiago, 2020)	Implementación de lean Manufacturing a través de las herramientas: gráfica de equilibrio, las 5S, manufactura celular y VSM.	Hubo una reducción del 99% en el lead time del proceso y un aumento de la productividad en un 20% en comparación con la situación inicial.
A6	(Granados-Gil et al., 2021)	Supervisión en la liberación del producto y su traslado a las etapas subsiguientes. Adquisición de equipamiento y extensión de las horas de operación. Instauración de la filosofía del TPM.	Al reconocer que el tiempo óptimo para procesar una pieza debería ser de 0.97 minutos, se observó un notable impacto en el proceso a causa de tiempos prolongados sin producción y de espera, lo que se tradujo en ciclos extensos.
A7	(Aldea-Molina, 2021)	Creación de un plan de autogestión de la producción en cada proceso con el fin de reducir los índices de scrap generado.	La mejora continua en la reducción de scrap optimizó los tiempos al eliminar reprocesos innecesarios de producción defectuosa, llevando consigo una disminución de costos.
A8	(Lay-De-León et al., 2022)	Desarrollo de métricas de rendimiento basadas en los principios del Lean Manufacturing, con el objetivo de disminuir o eliminar los desperdicios en el proceso de producción.	La reestructuración del espacio de trabajo y la supresión de acciones y materiales innecesarios jugaron un papel crucial en la optimización de la operación, logrando una reducción de costos cercana al 60%. Además, los gastos asociados a reprocesos disminuyeron en un impresionante 98.6% después de la ejecución del programa.
A9	(Ortiz-Porras et al., 2022)	Aplicación de las 5S, VSM, manuales de instrucciones para el aprendizaje, un análisis de tiempos y un programa de TPM.	La eficiencia en la sección de confecciones de la compañía experimentó un aumento, pasando de 0.10 unidades por hora-hombre a 0.12 unidades por hora-hombre, lo que equivale a un incremento del 20% con respecto al nivel inicial. Además, la producción de camisas en el mismo lapso de tiempo aumentó de 6 a 7 unidades.
A10	(Toscano-Rentería et al., 2019)	Optimizar la logística de envíos mediante la automatización con el objetivo de aumentar la productividad, mediante la concepción y aplicación de la metodología Kaizen.	Las órdenes que no se envían a tiempo se clasifican como código A (órdenes urgentes), impactando negativamente en la productividad con una calificación del cliente del 60%. La implementación de Kaizen logró elevar esta calificación en un 35% anual, con niveles de satisfacción y calificación del cliente alcanzando el 95%.
A11	(Carrillo-Landazábal et al., 2019)	Aplicación de las herramientas de mejora de la calidad Lean Manufacturing 5's y TPM	La aplicación de las 5S en el área de lavado resultó en la eliminación de 37.1 kg de material y en la liberación de un

			22% del espacio total en el área intervenida con esta metodología.
A12	(Peña et al., 2020)	Implementación de la herramienta 5s y una tabla de control que contiene órdenes de producción y KPI.	La implementación de herramientas Lean organizó la materia prima en el supermercado, reduciendo el tiempo de búsqueda en un 14.9% y estableciendo procedimientos para evitar la falta de stock.
A13	(Pinto et al., 2020)	Implementación de las herramientas Lean: TPM y 5s.	Los periodos de inactividad, que solían exceder las 100 horas al mes, han disminuido significativamente. Se logró una reducción del 23.4% en los tiempos de inactividad, y las intervenciones se redujeron en un 38.1%.
A14	(Lazai-Junior et al., 2020)	Mejorar el compromiso de los sistemas y herramientas de Lean Manufacturing a través de la utilización de la Industria 4.0.	La implementación de los principios Lean en un centro de fabricación de motores, teniendo en cuenta lo que motiva a los empleados.
A15	(Alves et al., 2020)	Implementación de la herramienta Kanban para mejorar los procesos de envasado y etiquetado.	Al implementar los principios Lean en un centro de fabricación de motores, se experimentó una disminución del 42.9% en los tiempos, se limitaron las actividades no productivas y se eliminaron tareas con posibles riesgos ergonómicos.
A16	(Chávez-Pineda, 2021)	La implementación de Lean Manufacturing 5s en un proceso de fabricación de cables tipo R.	Después de las acciones de mejora, se observó una reducción del 14.9% en la duración del ciclo productivo.
A17	(Urmila Singh et al., 2019)	Aplicación de la mejora SMED en los procesos de verificación.	La optimización en la Línea 1 permitió liberar 45 horas al mes para la producción en la Línea 3. Esta última logró reducciones de 10 minutos en la revisión de costura y 29 minutos propuestos para cada cambio de paquete, generando un ahorro promedio de 4.5 horas al mes.
A18	(Fuentes et al., 2022)	Implementación de la metodología 5's como estrategia que ayude a mitigar la producción retrasada por temas de preimpresión. Elaboración de una matriz QFD.	Esto resulta en una reducción promedio del 75% en los tiempos de desplazamiento, con una disminución de 18 minutos en el tiempo de preparación de la máquina, y una mejora en el tiempo de ciclo según el VSM.
A19	(Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga, 2021)	Incrementar la eficiencia operacional mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing: 5S, SMED, TPM.	Los resultados indican un mejoramiento del 80% en la eficiencia operativa y una reducción significativa en la tasa de productos no conformes, alcanzando un índice del 0.03%.
A20	(Gómez-Coello & Espín-Guerrero, 2022)	Aplicación de la metodología 5S y la aplicación de técnicas para medir, analizar y mejorar la productividad, así como para optimizar los procesos en la empresa "Promacero".	Se logró una reducción de 26.2, 63.1 y 55.5 segundos en los tiempos, junto con aumentos en la productividad del 33.26%, 88.03%, y 52.6%, respectivamente. Además, se optimizó el uso del área total, alcanzando un 88%.
A21	(González-Gaitán et al., 2018)	Evaluación exhaustiva centrada en la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing desde la perspectiva de la estrategia de	La implementación de una estrategia operativa centrada en calidad y eficiencia, respaldada por la filosofía Lean, maximiza los beneficios en todos los procesos y optimiza el uso

		operaciones, con el objetivo de realizar un diagnóstico detallado.	de recursos, contribuyendo al cumplimiento de la misión empresarial.
A22	(Seneviratne et al., 2021)	Investigar el grado de implementación de prácticas lean en PYMES manufactureras y evaluar los beneficios resultantes.	El análisis revela que las prácticas Lean más frecuentemente empleadas son los sistemas Just-In-Time, 3P y Kanban/Kaizen/Pull.

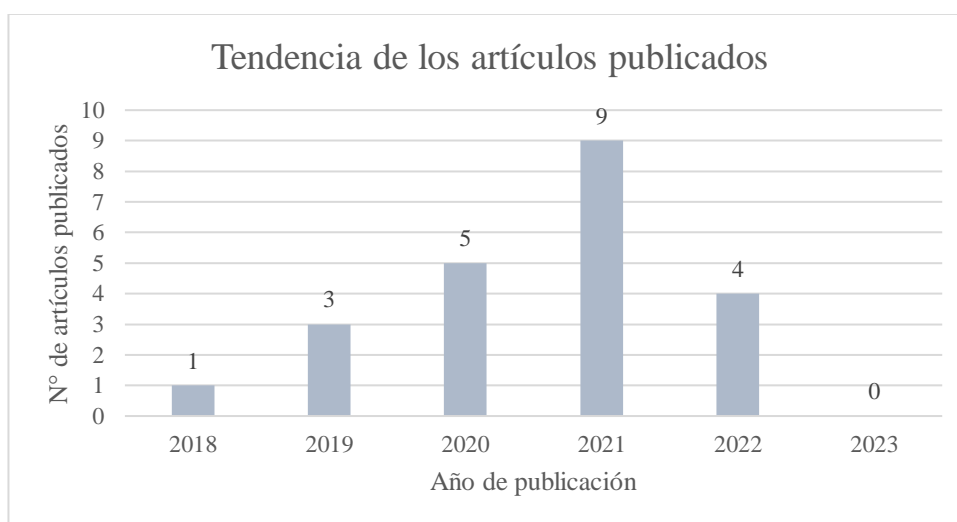
Nota: *Elaborado por autor*

A continuación, se ofrece un análisis de las respuestas relacionadas con cada una de las preguntas de investigación.

RQ1: ¿Cuál es la distribución temporal de los artículos seleccionados?

De acuerdo con los resultados presentados en la *Figura 3*, se puede observar que la elaboración científica con respecto a las variables de estudio fue mayor en el año 2021 con un 41% siendo estos (A1, A2, A3, A4, A6, A7, A16, A19, A22), mientras que en el año 2020 se publicaron 5 artículos (A5, A12, A13, A14, A15) lo que abarcaría el 23% del total de artículos seleccionados, en el año 2022 se publicaron (A8, A9, A18, A20) lo que representaría un 18% del total de artículos extraídos, en el año 2019 corresponde a un 14% del total de artículos seleccionados siendo éstos (A10, A11, A17), , por otro lado, en el año 2018 se publicó (A21) el cual representa un 5%, por último, en el año 2023 no se han registrado artículos con respecto a nuestras variables de estudio.

Figura 3. *Tendencia de los artículos publicados*



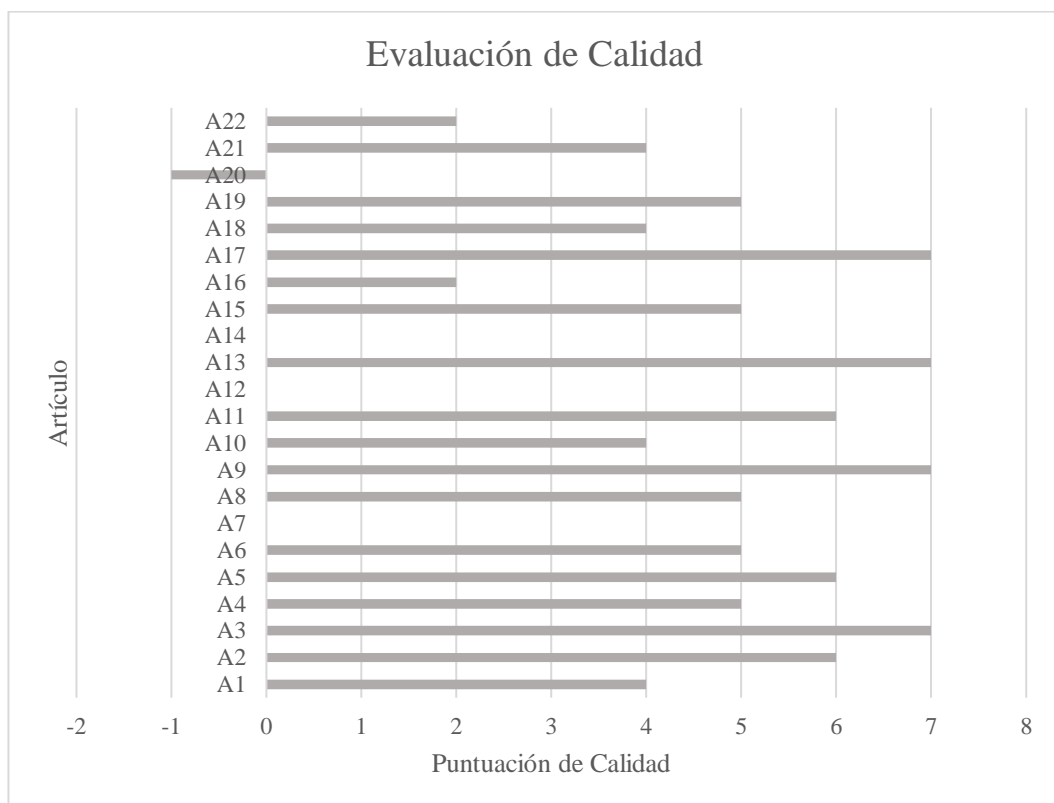
Nota: *Elaborado por autor*

RQ2: ¿Cuál es la calidad de los artículos seleccionados?

En la *Figura 4*, ilustra la puntuación obtenida al sumar los valores individuales de los estudios empleados para evaluar los criterios de calidad. Los artículos con mayor

puntaje de Calidad fueron (A3, A9, A13, A17) con una puntuación máxima de 7, luego tenemos (A2, A5, A11) que obtuvieron un puntaje de 6, también tenemos que (A4, A6, A8, A15, A19) alcanzaron un puntaje de 5, mientras que (A1, A10, A18, A21) tuvieron un puntaje de 4, por otro lado, tenemos (A16, A22) que alcanzaron una puntuación de 2, las siguientes investigaciones (A7, A12, A14) consiguieron un puntaje de 0, por último, pero no menos importante (A20) obtuvo un puntaje de -1. Cabe recalcar que, el propósito de esta evaluación de calidad es identificar los estudios más relevantes para la investigación, por lo que una puntuación baja no conlleva automáticamente su exclusión. *(Revisar el Anexo 4 para visualizar la calificación de los artículos)*

Figura 4. Evaluación de Calidad de los Artículos



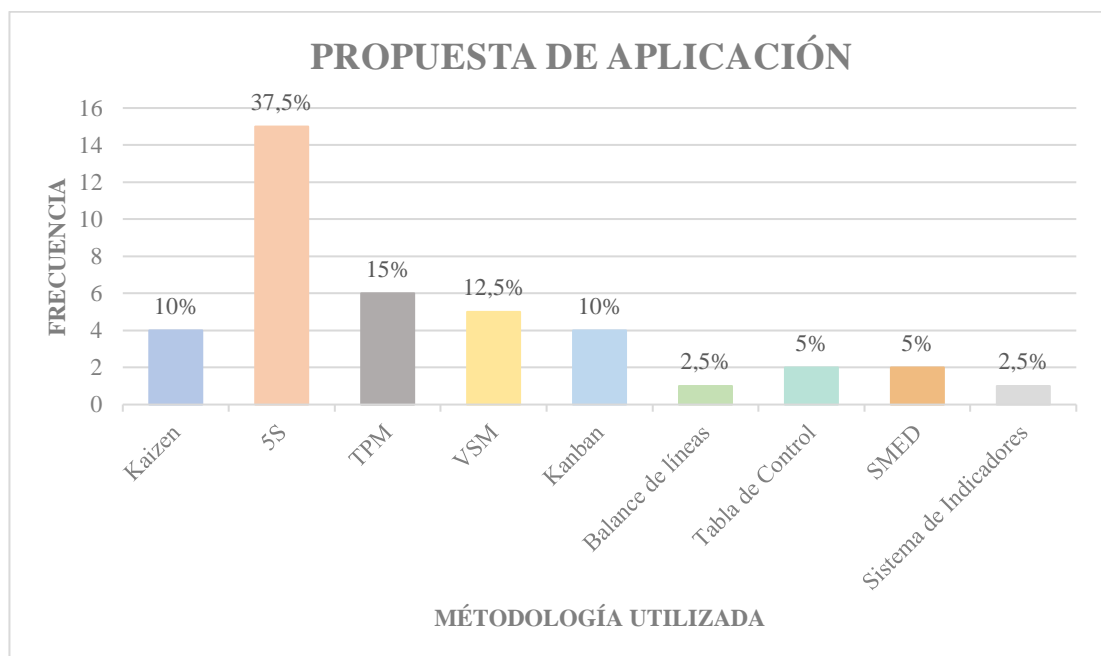
Nota: Elaborado por autor

RQ3: ¿Qué soluciones se han propuesto?

Los autores de los artículos: (A2, A10, A21, A22) implementaron la herramienta Kaizen, para (A2, A3, A5, A8, A9, A11, A12, A13, A14, A16, A18, A19, A20, A21, A22) aplicaron la herramienta 5s, en (A4, A6, A11, A13, A19, A22) se utilizó la herramienta TPM, para (A2, A5, A7, A9, A22) implementaron la herramienta VSM, en (A1, A15, A21, A22) se aplicó la herramienta Kanban, en (A7, A12) se utilizó la herramienta tabla de control como propuesta, en (A17, A19) se implementó la

herramienta SMED, en (A3) se utilizó la herramienta balance de línea, por último, pero no menos importante, en (A18) se aplicó la herramienta sistema de indicadores. De acuerdo con los resultados presentados en la *Figura 5*, los procedimientos metodológicos aplicados en el ámbito de la mejora continua, se destacó que la Aplicación de las 5S fue la más recurrente, representando el 37,5% de las iniciativas. Esto sugirió un enfoque significativo en la organización y optimización del entorno de trabajo. La Aplicación de TPM se posicionó en segundo lugar con un 15%, mientras que la Aplicación de VSM representaría un 12,5% del total de propuestas aplicadas, indicando un interés ligeramente equitativo en el mantenimiento eficiente y la visualización de procesos. La Aplicación de Kaizen y Kanban tuvieron porcentajes idénticos del 10%, reflejando una atención balanceada a la mejora continua incremental y la gestión visual de tareas. La Aplicación de Tabla de Control, SMED, Balance de Líneas y el sistema de indicadores representaron un porcentaje bajo con relación a las propuestas utilizadas en las investigaciones. Cabe recalcar que las herramientas que se aplicaron dependieron del problema que se quería solucionar. *(Revisar el Anexo 5 para visualizar la tabla de datos)*

Figura 5. Propuesta de Aplicación



Nota: *Elaborado por autor*

RQ4: ¿Qué metodología para la recolección de datos utilizaron?

Con el objetivo de identificar la metodología predominante empleada por los diversos autores de las investigaciones de la matriz referencial, se recopilaron los datos

correspondientes en la *Tabla 6*. Esta extracción permitió organizar la información de manera sistemática, facilitando así la presentación de patrones y tendencias claras.

Tabla 6. *Metodología utilizada en las investigaciones*

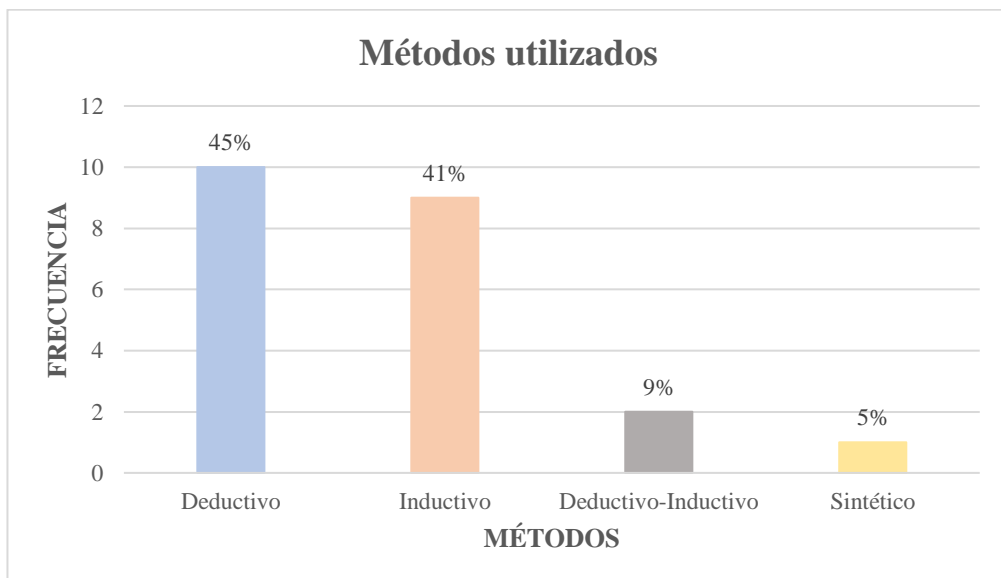
Art.	La técnica analítica, enfoque y diseño	Método	Técnica	Instrumento
A1	Aplicada, con enfoque cuantitativo, no experimental	Inductivo	Observación directa	VSM, diagrama de espagueti
A2	Descriptivo-correlacional, con enfoque cuantitativo, no experimental	Deductivo	Observación directa	Check list
A3	Aplicada, con enfoque cuantitativo, experimental	Deductivo	Análisis de datos	Diagrama de Pareto
A4	Descriptiva, con enfoque cuantitativo, preexperimental	Deductivo	Análisis de datos	Diagrama de flujo de procesos, Diagrama de Ishikawa
A5	Aplicada, con enfoque cuantitativo, no experimental	Inductivo	Observación directa, estudio de tiempos	VSM, Diagrama de flujo de procesos, ficha de observación
A6	Descriptivo, con enfoque mixto, preexperimental	Deductivo	Observación, entrevista	Diagrama de flujo de procesos, cuestionario
A7	Series temporales, con enfoque cuantitativo, cuasiexperimental	Deductivo	Análisis de datos	Diagrama de Pareto
A8	Enfoque mixto, no experimental	Inductivo	Observación directa	Diagrama de Ishikawa, VSM
A9	Descriptiva-inferencial, con enfoque cuantitativo, experimental	Deductivo-Inductivo	Observación directa, estudio de tiempos	VSM, ficha de observación
A10	Holístico, con enfoque sintético, no experimental	Sintético	Análisis de datos	Diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa
A11	Descriptivo, con enfoque mixto, no experimental	Inductivo	Entrevista, encuesta, observación directa	Check list, ficha de observación
A12	Investigación para la acción, con enfoque mixto, experimental	Deductivo-Inductivo	Observación directa	Check list
A13	Enfoque cuantitativo, cuasiexperimental	Inductivo	Análisis de datos	Diagrama de flujo de procesos
A14	Enfoque cuantitativo, no experimental	Inductivo	Observación directa	VSM
A15	Descriptivo-correlacional, con enfoque cuantitativo, no experimental	Deductivo	Entrevista y Observación directa	Cuestionario, VSM
A16	Aplicada-empírica, con enfoque cuantitativo, no experimental	Deductivo	Encuesta	Cuestionario
A17	Descriptivo-correlacional, con enfoque cuantitativo, no experimental	Deductivo	Observación directa, extracción de datos, estudio de tiempos, encuesta	Ficha de observación, Diagrama de flujo de procesos, cuestionario
A18	Enfoque mixto, no experimental	Inductivo	Observación directa, Análisis de datos	Layout, VSM, 8 desperdicios
A19	Enfoque cuantitativo, no experimental	Deductivo	Estudio de tiempos, Análisis de datos	VSM, Ficha de observación
A20	Descriptiva, con enfoque cuantitativo, no experimental	Inductivo	Análisis de datos, Observación directa	Ficha de observación,

				Diagrama de flujo de procesos, Diagrama de Pareto
A21	Enfoque mixto, no experimental	Deductivo	Encuesta	Cuestionario
A22	Enfoque mixto, no experimental	Inductivo	Encuesta	Cuestionario

Nota: *Elaborado por autor*

La mayoría de las publicaciones extraídas adoptaron un enfoque cuantitativo, indicando un énfasis en la medición objetiva y cuantificación de los resultados. En el análisis del estado del arte, se observó una clara prevalencia del Método Deductivo, que representó el 45% del enfoque metodológico utilizado en los artículos científicos, lo que sugirió una fuerte orientación hacia la lógica y la inferencia en la investigación. El Método Inductivo ocupó un sólido segundo lugar, abarcando el 41%, indicando una apreciación significativa por la observación y la generalización a partir de casos específicos. El Método Deductivo-Inductivo, con un 9%, reveló una proporción considerable de estudios que combinaron ambas estrategias, buscando aprovechar lo mejor de ambos enfoques. Por último, el Método Sintético, aunque representó un 5%, aún despertó interés, indicando una tendencia hacia la comprensión de fenómenos desde una perspectiva holística, como se observa en la *Figura 6*. (Ver Anexo 6 para visualizar tabla de frecuencias)

Figura 6. *Análisis de métodos utilizados en investigaciones*

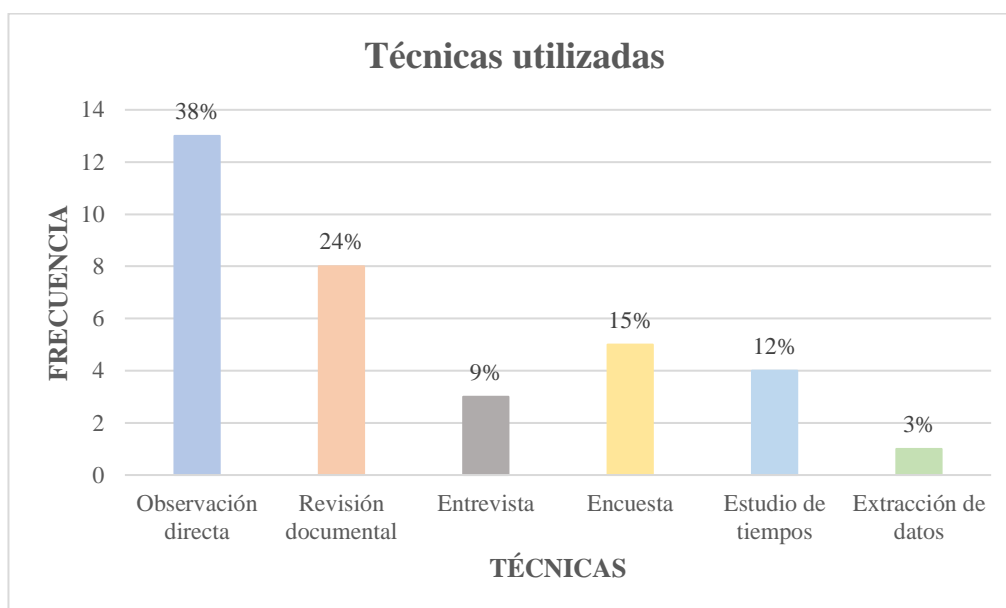


Nota: *Elaborado por autor*

En el análisis exhaustivo de las metodologías utilizadas en los estudios revisados, se destacó que la observación directa fue la técnica predominante, representando el 38% de los métodos empleados. Este enfoque resaltó la importancia otorgada a la

recopilación de datos de primera mano y la inmersión en el contexto de estudio. El análisis de datos también desempeñó un papel significativo, abarcando el 24%, indicando un fuerte respaldo en la exploración de fuentes históricas y la base teórica previa. Las encuestas y el estudio de tiempos ocuparon porcentajes similares, representando el 15% y 12% respectivamente, reflejando una atención equitativa tanto a las a la recopilación cuantitativa de datos mediante encuestas como la comprensión detallada de los procesos y la eficiencia temporal. La entrevista, con un 9%, reveló una preocupación por las perspectivas cualitativas. Por último, la extracción de datos representó un 3%, indicando un interés más limitado en este enfoque específico, como se puede observar en la *Figura 7*. (Ver Anexo 7 para visualizar tabla de frecuencias)

Figura 7. *Análisis de técnicas utilizadas en investigaciones*

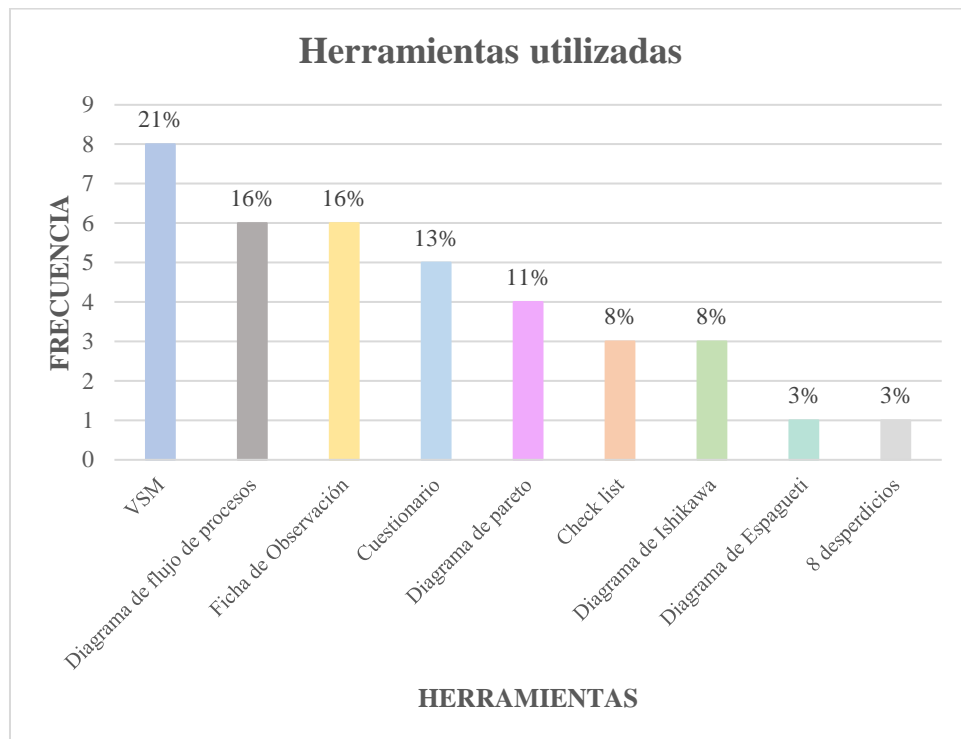


Nota: *Elaborado por autor*

Al examinar los porcentajes asociados con las metodologías utilizadas en la investigación, se destacó que el VSM ocupó la mayor proporción, representando un significativo 21% del enfoque metodológico adoptado. Este resultado sugirió una preferencia marcada por la visualización y mejora de los procesos en el análisis. Le siguió de cerca el Diagrama de flujo de Procesos y la Ficha de Observación con un 16%, indicando una atención considerable a la comprensión detallada de las operaciones y a su importancia equitativa en la recopilación y priorización de datos. Tanto el Cuestionario como el Diagrama de Pareto compartieron porcentajes similares de 13% y 11% respectivamente, subrayando la priorización de datos. En contraste, herramientas como el Diagrama de Ishikawa y el Check list compartieron una

proporción del 8%, sugiriendo una utilización equilibrada de métodos cualitativos y de análisis de causas. Las metodologías restantes, como el Diagrama de Espaguetti, el Layout y los 8 Desperdicios, contribuyeron con un 3% cada una, indicando un interés más selectivo o específico en estas herramientas dentro del marco de la investigación, como observa en la *Figura 8. (Ver Anexo 8 para visualizar tabla de frecuencias)*

Figura 8. *Análisis de instrumentos utilizados en investigaciones*



Nota: *Elaborado por autor*

El análisis del estado del arte reveló que las metodologías más recurrentes en investigaciones afines a la matriz referencial fueron 5S, TPM y VSM. El enfoque deductivo e inductivo surgió como una práctica común en la formulación y ejecución de investigaciones dentro de este dominio. Respecto a las técnicas de recolección de datos, se comprobó una preferencia por la observación directa y el análisis de datos internos, destacando la importancia de la inmersión directa en el entorno de estudio. En cuanto a los instrumentos utilizados, la ficha de observación, el diagrama de flujo de procesos y el VSM fueron los más empleados. Con base en estos patrones se respalda la elección de replicar esta metodología en la investigación, asegurando su eficacia en abordar de manera integral las variables de estudio pertinentes.

1.3. Variable Independiente: Lean Manufacturing

Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, (2021) mencionan que, la filosofía de Lean Manufacturing se comprende como el esfuerzo por mejorar el proceso de producción mediante la reducción o eliminación de los residuos o ineficiencias. Además, Lazai-Junior et al., (2020) argumentan que, Lean Manufacturing (LM), también conocido como fabricación esbelta, se basa en la eliminación de desperdicios, resaltando su habilidad para potenciar la eficiencia de los recursos. Por esta razón, numerosas empresas actualizan sus enfoques de gestión tradicionales y optan por métodos que resultan en la disminución de costos, el mejoramiento de la calidad y el incremento de la productividad. Canahua-Apaza, (2021) corrobora que, las empresas manufactureras están adoptando la metodología Lean Manufacturing, sin importar su tamaño, con el propósito de aumentar su competitividad y sostenibilidad, y lograr una sólida presencia en el mercado contemporáneo.

Escalante-Torres, (2021) indicó que, uno de los principales propósitos del LM consiste en la erradicación o reducción de los residuos o actividades que provienen de diferentes procesos y que no aportan valor alguno como: sobreproducción, esperas, transporte innecesario de herramientas y materiales, reprocesos, exceso de inventario, productos defectuosos, movimientos innecesarios del trabajador, entre otros. Por otro lado, Peña et al., (2020) respaldan esta idea al afirmar que una cultura basada en el enfoque Lean implica la adopción de un conjunto de estrategias y estándares dirigidos a mejorar el valor en el sistema de producción. Estas estrategias se centran en ciclos que son relevantes y significativos, al mismo tiempo que se descartan aquellas que no contribuyen al aumento del valor del producto final.

La aplicación de Lean Manufacturing implica seguir un proceso de seis fases: la formación de un equipo dedicado a Lean, la capacitación, el diagnóstico que implica identificar los desperdicios, la aplicación de la metodología Lean, el análisis de resultados y la creación de planes de acción enfocados en la reducción de tiempos de procesos, con el objetivo de disminuir costos relacionados con problemas de calidad, defectos y mejorar la rentabilidad de la organización, entre otros beneficios (Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021).

El Lean Manufacturing se respalda en herramientas específicas como las 5S, el TPM y VSM. La expresión “5S” proviene de las cinco palabras japonesas: seiri

(clasificación), seiton (organización), seiso (limpieza), seiketsu (normalización) y shitsuke (disciplina), las cuales resumen los cinco pasos necesarios para implementar esta metodología (Ortiz-Porras et al., 2022).

5S

Las 5S representan una metodología de mejora que tuvo su origen en Japón. Se basa en la clasificación, orden y limpieza del espacio, así como en la estandarización de procesos y la disciplina del personal. El objetivo es convertir estos principios en hábitos arraigados en las áreas de trabajo, fomentando así una cultura de mejora continua en el entorno laboral. Este enfoque puede implementarse en diversos contextos y abarcar todas las áreas de una empresa (Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021).

- a) **Seiri – Clasificar:** Identificando y distinguiendo lo que verdaderamente es necesario o indispensable para el área laboral. Los elementos esenciales se almacenan, se clasifican y se eliminan aquellos que no son necesarios. Esto conduce a la reducción de elementos en el lugar de trabajo, conservando solo aquellos indispensables para llevar a cabo los procesos y tareas con la máxima eficacia y eficiencia.
- b) **Seiton – Ordenar:** Ubicar los elementos esenciales en lugares de fácil alcance y organizar los objetos útiles siguiendo criterios de Seguridad, Calidad y Eficiencia.
- c) **Seiso – Limpiar:** Se busca promover una actitud de limpieza en el entorno laboral y asegurar la clasificación y orden de los elementos. Esto debe respaldarse con un programa de capacitación sólido y la provisión de los recursos necesarios para su implementación, junto con el tiempo necesario para su ejecución.
- d) **Seiketsu – Estandarizar:** Conservar la organización, limpieza y sanitización del espacio laboral. Esto se consigue mediante la limpieza regular, el mantenimiento de la disposición ordenada de los elementos, y la implementación de procedimientos y planes destinados a preservar la organización y la limpieza.
- e) **Shitsuke – Disciplina:** Desarrollar la costumbre de implementar las 5S en el espacio laboral, asegurarse de respetar y hacer cumplir las normativas

correspondientes, utilizar constantemente equipos de protección y mantener la limpieza, con el propósito de que estos hábitos se incorporen a la rutina diaria.

TPM

Esta estrategia metodológica se enfoca en establecer un sistema operativo que mejore la eficiencia de todos los equipos involucrados en el proceso productivo de la empresa, asegurando su correcto funcionamiento. El objetivo es prevenir el desperdicio debido a pérdidas de tiempo causadas por fallos en los equipos, los cuales podrían resultar en incumplimientos con los clientes y mayores costos para la empresa (Carrillo-Landazábal et al., 2019).

Los fundamentos del Mantenimiento Productivo Total abarcan los siguientes aspectos: Eliminación de los principales problemas; mantenimiento autónomo; mantenimiento planificado; y Formación y capacitación (Pinto et al., 2020).

- a) **Eliminación de los principales problemas:** implica fomentar el análisis e identificación de los problemas principales y sus causas, con el objetivo de eliminarlos o reducir su impacto;
- b) **Mantenimiento autónomo:** Delega la responsabilidad del mantenimiento rutinario a los trabajadores;
- c) **Mantenimiento planificado:** comprende la planificación y ejecución sistemática de actividades de mantenimiento realizadas por técnicos especializados o por los propios trabajadores, con el fin de mantener el equipo en condiciones óptimas de operación y prevenir paradas imprevistas;
- d) **Formación y entrenamiento:** consiste en proporcionar conocimientos teóricos y prácticos sobre las máquinas a los trabajadores y supervisores para evitar pérdidas. Los beneficios de la formación pueden no manifestarse de inmediato.

VSM

Value Stream Mapping se emplea como una herramienta para mapear las actividades que aportan valor y las que no a lo largo de la ruta de producción de un producto, desde el proveedor hasta el cliente final. Su propósito es detectar las actividades que no generan valor en la producción y mostrar tanto los flujos de material como de información (Urmila Singh et al., 2019).

1.4. Variable Dependiente: Optimización Sistema de producción

Los sistemas de fabricación deben ser flexibles para proporcionar una respuesta eficaz tanto en la producción de nuevos productos como en la satisfacción de los requisitos del cliente (Huerta-Estévez, 2021). Uno de los elementos esenciales en la planificación y el proceso de mejora continua es el diagnóstico o análisis situacional. Esto posibilita comprender el estado operativo de una empresa en un momento específico, permitiendo así establecer metas y un plan de acción para diseñar e implementar estrategias dirigidas a mejorar la productividad y alcanzar la competitividad (Lay-De-León et al., 2022).

La productividad se refiere al grado de eficiencia con el que se emplean los recursos disponibles para alcanzar metas establecidas. También implica que la evaluación de la productividad en una empresa se lleva a cabo para identificar los desafíos que la están afectando y desarrollar estrategias para abordarlos y resolverlos (Escalante-Torres, 2021). Este aspecto puede ser evaluado mediante un indicador de rendimiento, tal como se aprecia a continuación:

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Salidas}}{\textit{Entradas}}$$

Aldea-Molina, (2021) indica que la eficiencia se refiere a la utilización eficaz de los recursos sin generar desperdicio, lo que significa que la eficiencia de una entidad, producto o individuo se mide por su habilidad para lograr resultados óptimos al minimizar el uso innecesario de recursos económicos.

La conexión entre la producción y los recursos utilizados es de gran relevancia para la eficiencia en un proceso de manufactura y, en consecuencia, para el desempeño integral del sistema de fabricación. Una vía significativa para elevar la eficiencia en los procesos de fabricación consiste en la aplicación de enfoques de diseño y optimización, como el enfoque Lean Manufacturing (Drews et al., 2020).

CAPÍTULO II

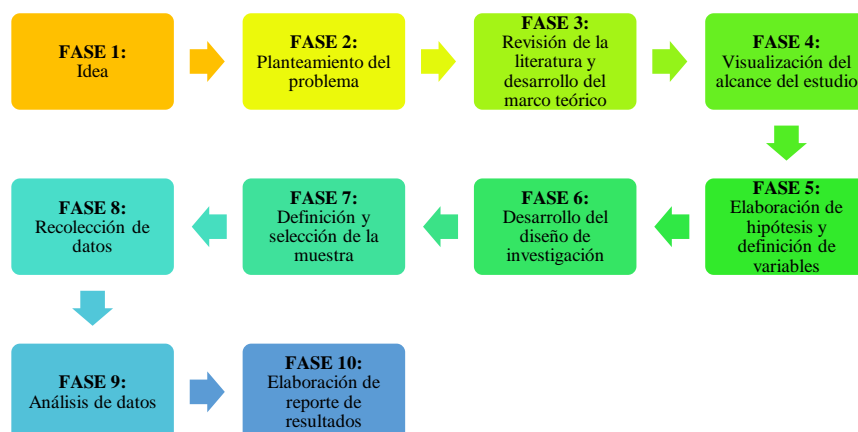
MARCO METODOLÓGICO

En la investigación, es crucial tener en cuenta métodos, técnicas e instrumentos como elementos esenciales que respaldan la base empírica del estudio. El método señala la dirección a seguir, las técnicas comprenden el conjunto de herramientas para su implementación, y los instrumentos son los recursos que facilitan la investigación. La aplicación de las técnicas de recolección de datos implica inspeccionar y transformar datos para resaltar información valiosa, lo cual contribuye a conclusiones y respalda la toma de decisiones (Hernández-Mendoza & Duana-Avila, 2020). Por lo tanto, a través de este concepto y la información obtenida en el análisis del estado del arte realizado previamente, se determinó la siguiente metodología:

2.1. Enfoque de investigación.

La investigación se clasificó como un estudio cuantitativo, siendo una de las tres categorías disponibles. Esta elección se basó en la necesidad de cuantificar y analizar los datos utilizando métodos estadísticos. En este contexto, los autores Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) explican que una investigación con orientación cuantitativa involucra una serie de pasos secuenciales que son verificables, y cada etapa debe llevarse a cabo de manera rigurosa, sin omitir ningún paso. El enfoque cuantitativo se desglosa en un total de 10 etapas, las cuales están organizadas en esta investigación como se observa en la *Figura 9*, tomada del libro de Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018).

Figura 9. Fases de la investigación cuantitativa



Nota: Elaborado por autor adaptado del libro escrito por Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018).

Fase 1: En esta etapa inicial, se desarrolló la idea de proponer la implementación de la metodología Lean Manufacturing con el propósito de optimizar el sistema de producción en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. La atención se centró en desarrollar una comprensión clara de los principios Lean y explorar cómo estos podían ser adaptados de manera efectiva en el entorno específico de producción.

Fase 2: Se llevó a cabo integralmente el planteamiento del problema que motivó la propuesta de Lean Manufacturing en el sistema de producción. El objetivo fue delinear claramente los obstáculos y las oportunidades de mejora que se presentaban en AQUAFIT S.A, proporcionando una base sólida para el desarrollo de soluciones efectivas en las fases posteriores.

Fase 3: En esa etapa, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura a través de un enfoque de mapeo sistemático. Se exploraron y analizaron de manera metódica las investigaciones y trabajos relevantes que abordaron la aplicación de Lean Manufacturing en entornos de producción. El mapeo sistemático proporcionó una visión estructurada de las tendencias, brechas y enfoques clave en la literatura existente, sirviendo como base para la elaboración de un marco teórico sólido.

Fase 4: Se efectuó una visualización detallada del alcance del estudio, delineando claramente los límites y dimensiones que abarcó la investigación. Se identificaron y definieron de manera precisa los elementos clave, como los procesos específicos de producción, áreas de aplicación de Lean Manufacturing y los indicadores de rendimiento que fueron objeto de análisis.

Fase 5: En esta fase, se dieron forma a las bases conceptuales de la investigación mediante la elaboración de la hipótesis *“La implementación de Lean Manufacturing en el sistema de producción resultará en una disminución significativa de los desperdicios, mejorando así la eficiencia operativa”* y la definición clara de las variables de estudio *“Lean Manufacturing”* y *“Optimización del sistema de producción”*. La hipótesis se construyó como afirmación tentativa que busca explicar la relación entre las variables identificadas durante la revisión de la literatura y el análisis del alcance del estudio.

Fase 6: Se formuló el diseño de investigación tomando como base las metodologías identificadas en investigaciones anteriores durante el mapeo sistemático. Se estableció

una estructura metodológica robusta que se alineó con las mejores prácticas y enfoques exitosos identificados en la revisión de la literatura. El diseño de investigación abordó aspectos fundamentales, tales como: el enfoque y diseño de investigación, la selección de la muestra, el procedimiento, métodos, técnicas y herramientas para la recopilación de datos.

Fase 7: La selección de la muestra se llevó a cabo con criterios específicos, considerando la representatividad de cada área y la diversidad de procesos dentro de la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. Se incluyeron tanto áreas destacadas por su eficiencia como aquellas que presentaban desafíos específicos.

Fase 8: Se llevó a cabo un riguroso proceso de recolección de datos diseñado para obtener información detallada sobre el rendimiento pasado del sistema de producción en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. Se utilizaron métodos específicos, como observaciones directas y el análisis de datos internos. Los datos recopilados abarcaron tiempos de producción, eficiencia de maquinaria, calidad del producto, y cualquier otro indicador relevante para la implementación de Lean Manufacturing.

Fase 9: Se realizó un análisis detallado y confiable de datos mediante el uso del software Minitab19. Este software especializado no solo facilitó la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas, sino que también contribuyó a asegurar la confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos. Se utilizaron las funciones estadísticas de Minitab19 para realizar pruebas de significancia, generar gráficos claros y analizar tendencias. Además, se aplicaron herramientas específicas de Lean Manufacturing dentro del software para visualizar el flujo de valor, identificar áreas de desperdicio y evaluar la eficiencia del proceso.

Fase 10: Se elaboró un detallado informe que documentó de manera clara y comprensiva los resultados obtenidos durante el análisis de datos en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. El informe incluyó una presentación estructurada de los hallazgos clave, utilizando gráficos, tablas y visualizaciones. Además, se destacaron las mejoras identificadas, las correlaciones significativas y cualquier cambio sustancial en los indicadores de desempeño.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación se clasificó como no experimental y, en términos de su período y secuencia, se consideró transeccional. Esto se debió a que se centró en la observación de actividades específicas que tuvieron lugar en un período definido en un entorno concreto (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018). El objetivo principal era analizar y recopilar datos mediante las herramientas: diagrama de flujo de procesos y VSM para evaluar los procesos actuales con el fin de examinar los efectos de estas actividades en un área determinada. Cabe destacar que no se tuvo la intención deliberada de modificar la naturaleza de las variables bajo estudio durante la recopilación de datos. Este enfoque permitirá una observación detallada de los procesos actuales de producción, facilitando el análisis del flujo de valor y la identificación de áreas de mejora continua en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A.

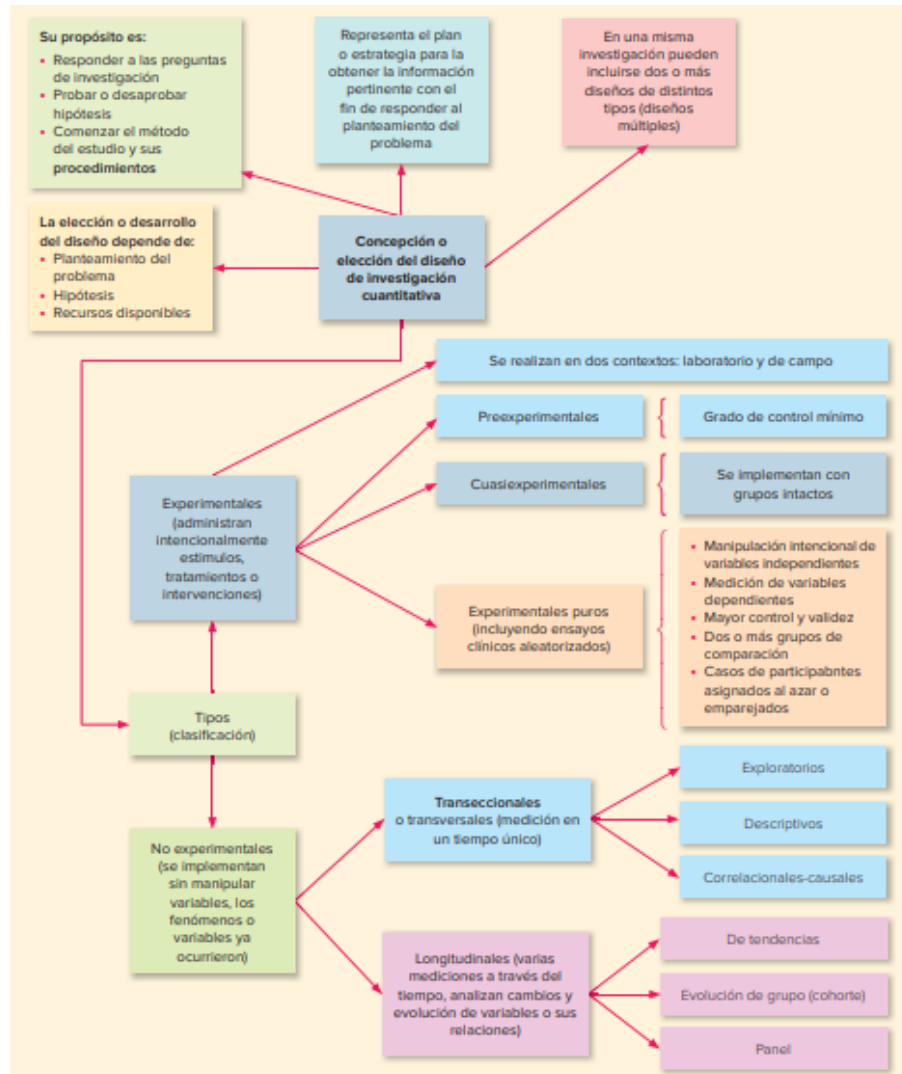
Como establecieron Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) la investigación no experimental se caracteriza por no implicar la manipulación deliberada de las variables. En su lugar, se centra en la observación y análisis de los fenómenos tal como se desarrollan en su entorno natural. Estos estudios se basan en la observación de situaciones que ya existen, sin que el investigador genere ninguna situación específica de manera intencionada.

En el contexto de una investigación no experimental-transeccional, este estudio se clasificó como descriptivo. Esto se debió a que implicó un análisis detallado de las características más significativas relacionadas con el tema de estudio, poniendo un énfasis especial en las variables clave, como LM y la optimización de los sistemas de producción, así como en los procesos inherentes a la empresa. El objetivo principal era identificar los elementos esenciales que contribuirían a alcanzar los objetivos de la investigación.

Este estudio también fue categorizado como investigación correlacional porque buscaba demostrar de manera cuantitativa el nivel de relación entre la variable independiente y la variable dependiente. En otras palabras, implicaba medir cómo la adopción de principios Lean se correlacionaba con la eficiencia operativa, la reducción de desperdicios y la calidad del producto, sin establecer necesariamente una relación

causal directa. Este enfoque permitió evaluar de manera precisa la efectividad cuantitativa de Lean Manufacturing en la optimización de procesos de producción. En la *Figura 10* se presenta la estratificación del diseño de una investigación cuantitativa, tal como se describen en el libro de Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018).

Figura 10. *Diseño de la investigación cuantitativa*

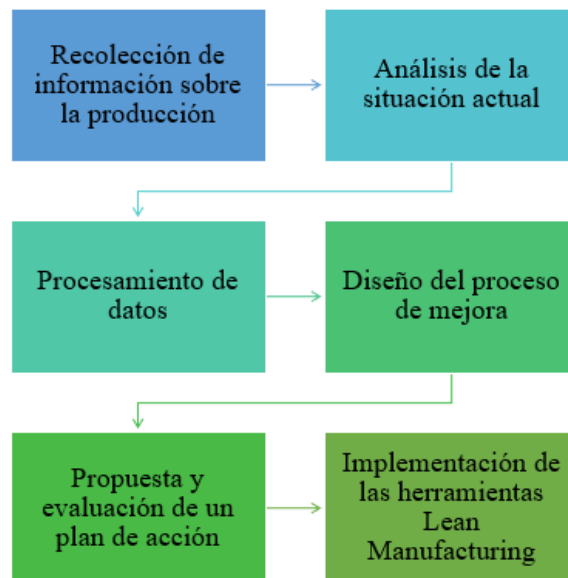


Nota: *Elaborado por* Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018)

2.3. Procedimiento metodológico

Siguiendo con el proceso metodológico basado en las investigaciones realizadas por Canahua-Apaza, (2021) y Ortiz-Porras et al., (2022), cuyos trabajos fueron tomados como referencia del estado del arte (Capítulo I), ya que proporcionaron un conjunto completo de pasos metodológicos que facilitaron la comprensión del sistema en un contexto práctico, como se detalla con claridad en la *Figura 11*.

Figura 11. Esquema del procedimiento metodológico



Nota: Elaborado por autor adaptado de la investigación de Canahua-Apaza, (2021).

Estos pasos son parte del proceso metodológico de la aplicación de Lean Manufacturing para la optimización del sistema de producción:

Recolección de información sobre la producción

En este paso, se recopiló diversos datos relacionados con la producción actual. Esto incluyó datos sobre tiempos de ciclo, producción diaria, calidad del producto, entre otros. Se realizó un estudio de tiempos, de forma que se pueda evaluar la transparencia de los datos proporcionados por la empresa y a su vez brindar confiabilidad de los datos recolectados mediante la observación. La recopilación de información proporcionó una visión completa de la situación actual de la planta AQUAFIT S.A.

Análisis de la situación actual:

Una vez que se recopiló la información, se procedió a analizarla en detalle mediante el diagrama de flujo de procesos y la herramienta VSM. Posteriormente, se identificaron las ineficiencias, los cuellos de botella y las áreas donde se podían realizar mejoras dentro de la planta AQUAFIT S.A. Este análisis específico pudo haber revelado problemas como procesos ineficientes, cuellos de botella, reprocesos, tiempos de espera prolongados, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos en la calidad del producto.

Procesamiento de datos:

Los datos recopilados fueron procesados y utilizados para calcular datos relevantes para la producción actual, tales como: el tiempo de ciclo, la eficiencia operativa, la variabilidad en el proceso y la calidad del producto. Además, se utilizaron herramientas estadísticas como, diagrama de flujo de procesos y el VSM. El procesamiento de datos de esta manera proporcionó una base cuantitativa sólida para comprender la situación actual y tomar decisiones informadas sobre las mejoras a implementar dentro de la planta AQUAFIT S.A.

Diseño del proceso de mejora:

Tras procesar los datos recopilados y analizar detalladamente la situación actual, se procedió al diseño de mejora. Este nuevo enfoque de producción optimizado se elaboró cuidadosamente, aprovechando los principios de Lean Manufacturing. La meta era eliminar desperdicios, potenciar la eficiencia y elevar la calidad del proceso. Este diseño se convirtió en un mapa estratégico que orientó la implementación de cambios específicos, enfocados en lograr una operación más fluida, reducir tiempos innecesarios y asegurar estándares superiores de producción en la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A.

Propuesta y evaluación de un plan de acción:

Se creó un plan de acción detallado que incluyó las etapas y las actividades necesarias para implementar las mejoras. Este plan se evaluó cuidadosamente para asegurarse de que fuera viable y eficaz en la consecución de los objetivos de optimización.

Implementación de las herramientas Lean Manufacturing:

Una vez elaborado el plan de acción, el siguiente paso fue la implementación y ejecución del plan, es decir, llevar a cabo las etapas y actividades delineadas en el plan de manera sistemática y ordenada. Fue de suma importancia contar con un equipo bien coordinado y asignar responsabilidades claras para cada tarea.

2.4. Población y muestra (Estudio de Caso)

2.4.1. Población

Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) caracterizan la población como un conjunto o agrupación de casos que se adhieren a especificaciones concretas. En este caso, la población del presente estudio está conformada por los procesos del área de producción de la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A, siendo este nuestro objeto de estudio.

2.4.2. Muestra

La muestra es un subconjunto de la población que se examina para recopilar datos. Este debe ser precisamente definido y delimitado de antemano, además de ser representativo de toda la población. (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018)

Del Cid et al., (2011) indicó que el muestreo no probabilístico se caracteriza por ser muestreo dirigido o no aleatorio, es decir, un estudio de caso. Este tipo de muestreo se emplea cuando la investigación busca examinar a fondo un tema específico en el contexto de una sola empresa. Bajo este contexto, el trabajo de investigación optó por un enfoque de muestreo no probabilístico. En la fase de recolección de datos, se eligió de manera exclusiva las actividades del proceso de embotellado de la línea de botellones de 20 L en la planta “AQUAFIT S.A”. Los detalles sobre las actividades del proceso de embotellado se presentan en la *Tabla 7*.

Tabla 7. *Actividades del proceso de embotellado*

Actividades	Tiempo promedio en (s)
Almacenamiento temporal	0
Bajar botellones vacíos del camión	13,06
Inspección de botellones recibidos	35,2
Prelavado y cepillado exterior	46,3
Etiquetado	8,3
Trasporte a lavado	7,9
Recepción de botellones	19,4
Colocación de botellones en banda T	13,9
Transporte de bidones a lavadora	63,6
Colocación banda t – lavadora	17,7

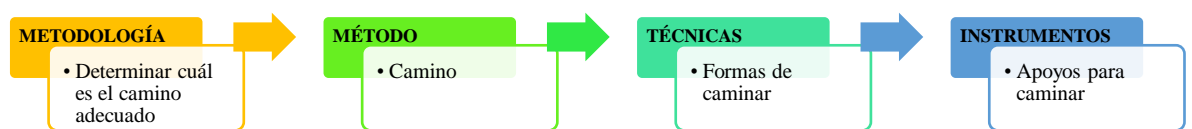
Lavado de botellas	431,9
Colocación máquina lavado – banda t	17,7
Transporte a inspección	11,5
Inspección de lavado	23,9
Transporte a máquina llenado	21,1
Llenado de botellas	27,7
Transporte a tapado	8,9
Tapado de botellas	12,7
Inspección de llenado y tapado de botellones	9,5
Transporte a sellado	12,1
Colocación de sello a botellones	16,9
Calefacción Termo encogible	17,7
Transporte a colocación pallet	24,5
Colocación de botellones en pallet	19,6
Transporte a bodega de producto terminado	85,3
Almacenamiento de producto terminado	0
Tiempo total en s	966,36
Tiempo total en min	16,11

Nota: Elaborado por autor con datos proporcionados por AQUAFIT S.A.

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.

El método, la técnica y el instrumento para recopilar datos fueron seleccionados en consonancia con el tipo de investigación y el análisis del estado del arte, con el propósito de obtener información de fuentes primarias y secundarias de la empresa AQUAFIT S.A. Baena-Paz, (2017) establece una secuencia metodológica efectiva que consta de cuatro elementos clave, los cuales guían a decisiones precisas con el objetivo de llevar a cabo una investigación adecuada, como se ilustra en la *Figura 12*.

Figura 12. Línea metodológica



Nota: Elaborado por autor adaptado del libro de Baena-Paz, (2017).

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Según Del Cid et al., (2011), los métodos se definen como procedimientos lógicos o rutas a seguir mediante el razonamiento para examinar la información. Estos métodos pueden adoptar diferentes direcciones, ya sea desde lo general hacia lo particular o en

sentido contrario. También es posible recopilar información de manera secuencial, analizando cada componente relevante de un objeto de estudio, o abordarlo de manera global mediante un resumen.

El enfoque inductivo-deductivo es un proceso iterativo en el cual la inducción establece una fundación empírica inicial para la formulación de teorías o generalizaciones, y luego la deducción se emplea para verificar y validar estas teorías o generalizaciones en contextos específicos. Este método se compone esencialmente de dos fases:

Inductivo. Se utilizó para identificar específicamente los factores críticos, tales como la gestión de recursos humanos, la eficacia de los procesos de producción, entre otros, que tenían un impacto significativo en la eficiencia de la producción de la empresa AQUAFIT S.A. Este método implicó la observación detallada de patrones y tendencias dentro de la empresa, con el objetivo de derivar conclusiones y generalizaciones que pudieran informar estrategias de mejora y optimización en la eficiencia operativa.

Deductivo. Mediante esta metodología, fue posible identificar el conjunto de componentes fundamentales como los procesos de producción eficientes, la minimización de desperdicios y la mejora continua para desarrollar un plan de acción dentro del contexto de Lean Manufacturing en la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A, con el propósito de lograr las metas establecidas en el ámbito de investigación.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

Las técnicas para recopilar datos incluyeron: la observación directa y análisis de datos internos, las cuales se clasifican como técnicas de investigación de campo y técnicas de investigación documental respectivamente, las cuales son aplicables en investigaciones cuantitativas, según lo indica Del-Cid et al., (2011). Estas técnicas implicaron la obtención de información directa e indirecta de fuentes primarias y secundarias. En otras palabras, la investigación se llevó a cabo en el lugar de estudio AQUAFIT S.A, centrándose en los procesos de producción como objeto de estudio.

Observación directa. Consistió en visualizar de forma sistemática los fenómenos, situaciones o hechos que ocurrían en la línea de producción de la planta embotelladora

de agua AQUAFIT S.A, con el fin de obtener la máxima información posible en el lugar de estudio. Fue fundamental que el observador pasara inadvertido en la medida posible para impedir que los sujetos de investigación alteraran su comportamiento habitual. El propósito de la observación fue captar de manera detallada los aspectos más relevantes del fenómeno investigado y recopilar datos para un análisis posterior (Del-Cid et al., 2011). Esto implicó la atención detallada a variables específicas, como tiempos de ciclo de producción, movimientos de materiales, interacciones entre el personal y la eficiencia de los procesos. Además, se registraron detalles sobre la disposición del espacio de trabajo, la distribución del inventario y la frecuencia de eventos particulares.

Análisis de datos internos. Consistió en analizar la información registrada en materiales de apoyo, que fueron proporcionados directamente por la empresa AQUAFIT S.A, como reportes de producción diaria, tiempos de producción, control de calidad del proceso de purificación, evaluación de producto terminado, entre otros. Para llevar a cabo el análisis de los datos proporcionados por AQUAFIT S.A, se inició con una revisión preliminar para comprender el contenido. Se emplearon herramientas estadísticas y visualizaciones para resumir y representar los datos, utilizando software como Excel o Minitab¹⁹. La comparación y relación de conjuntos de datos, junto con la validación de la consistencia, fueron pasos cruciales para obtener resultados fiables y significativos que respaldaron la investigación.

2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

Los instrumentos utilizados para obtener datos fueron herramientas o medios empleados con el propósito de adquirir información relevante y necesaria durante el desarrollo de la investigación (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018). Para llevar a cabo la aplicación de las técnicas de recopilación de datos en la empresa, se emplearon los siguientes instrumentos:

Ficha de observación: Esta ficha permitió registrar de manera sistemática los tiempos de duración de las actividades. La ficha de observación facilitó una comprensión profunda de los tiempos de ciclos y posibles variaciones. Además, se pudo incorporar observaciones adicionales para registrar interrupciones, fluctuaciones inesperadas u otros factores relevantes que influyeran en la temporalidad de las actividades. En consecuencia, este instrumento se reveló como una herramienta valiosa para el análisis

de tiempos de ciclos, proporcionando datos concretos que contribuyeron a la identificación de áreas específicas para mejorar la eficiencia operativa en la planta embotelladora de agua.

Diagrama de flujo de procesos. El análisis de datos históricos sobre los procesos y flujos de producción desempeñó un papel esencial en la recopilación de información detallada sobre los procesos operativos. A través del diagrama de flujo de procesos, se pudo visualizar y comprender la evolución de eventos a lo largo del tiempo, además, se logró identificar áreas específicas para mejorar, tales como la eficiencia en la línea de producción. Se examinaron documentos clave, como manuales de procedimientos de embotellado, registros de producción, entre otros. En el *Anexo 10* se presenta el modelo de la herramienta Diagrama de flujo de procesos.

VSM. El Value Stream Mapping es una herramienta que se utilizó para mapear las actividades que aportan valor y las que no a lo largo del proceso de producción, desde el proveedor hasta el cliente final. Su finalidad es descubrir las actividades de producción que no generan valor y representar visualmente los flujos tanto de materiales como de información. (Urmila Singh et al., 2019). Al desarrollar un mapa del flujo de valor, se recopilaron datos cuantitativos sobre diversos aspectos de los procesos actuales, lo que permitió la identificación de áreas de mejora y la realización de comparaciones entre la situación previa y posterior a la implementación de las herramientas Lean Manufacturing. En el *Anexo 11* se presenta un modelo de la herramienta VSM elaborado por los autores Sullivan et al., (2022).

2.6. Variables de estudio

En el contexto de la investigación cuantitativa, es importante analizar una o más variables para facilitar la medición de datos representativos. Estas variables desempeñan un papel fundamental al posibilitar la identificación de relaciones entre ellas y la descripción del comportamiento a lo largo de la investigación, con el fin de realizar un análisis sistemático y estandarizado de los datos. La perspectiva presentada se deriva de la obra de Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018), resaltando la importancia de las variables en la investigación cuantitativa. En el marco de la investigación cuantitativa, se resaltó la importancia de las variables independiente y dependiente. En este estudio, dichas variables se establecieron de la siguiente manera:

- Variable Independiente (VI): Lean Manufacturing.
- Variable Dependiente (VD): Optimización del sistema de producción.

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

La recopilación de datos se llevó a cabo siguiendo el siguiente procedimiento:

- Inicialmente, se registraron los tiempos estándar empleados en todas las actividades del área de embotellado de agua purificada mediante una ficha de observación proporcionada por la empresa. Aunque la empresa pudo ofrecer datos valiosos, fue fundamental verificar su precisión y confiabilidad mediante una prueba de normalidad a través del software Minitab19.
- Después de evaluar la consistencia de los datos proporcionados por la empresa, estos fueron analizados de manera conjunta con diagramas de flujo de procesos y un mapa de flujo de valor. Como resultado de este proceso, se obtuvo un claro panorama de la situación inicial de la planta AQUAFIT S.A, identificando áreas problemáticas clave que requieren mejoras en la planta.
- Posteriormente, se dio lugar a la propuesta de mejora continua, el cual incluyó la implementación de la metodología 5S para optimizar el entorno de producción en la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A. Para poder visualizar los cambios, primero se tuvo que realizar una auditoria inicial para conocer nuestro punto de partida.
- También, se evaluó el problema en las máquinas mediante el uso de la matriz AMEF. En respuesta a las evaluaciones de la matriz, se desarrolló un plan integral de mantenimiento total productivo. Este plan abordaba las áreas de riesgo identificadas e incorporaba prácticas de mantenimiento proactivo para mejorar la confiabilidad y prolongar la vida útil de las máquinas. Se establecieron procedimientos claros para la ejecución de mantenimientos preventivos y predictivos, así como para la gestión de eventos no planificados.
- Luego, se llevó a cabo un estudio de tiempos para examinar los estándares de producción en la planta AQUAFIT S.A utilizando la ficha de registros y observaciones para entender los tiempos estándar de embotellado de agua. Después, se realizó la prueba de normalidad para validar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados. Seguidamente, se realizó un análisis

detallado de la situación inicial y futuro con respecto al tiempo estándar de producción.

- En una etapa posterior, se realizó un análisis de resultados mediante una comparación para evaluar las mejoras en términos de indicadores, basándose en los resultados obtenidos.
- Por último, se utilizó la estadística descriptiva e inferencial a través del software Minitab19 para comprobar la validez de las hipótesis. Por último, se interpretó la información estadística de las mejoras implementadas.

La metodología analítica empleada para validar la hipótesis y derivar las conclusiones involucró el uso de técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, a través del uso del software Minitab19 para verificar la validez de las hipótesis. Luego, se procedió a la interpretación de la información obtenida. Este procedimiento para la recolección de datos fue tomado y ajustado de la investigación de Ortiz-Porras et al., (2022).

2.8. Plan de análisis e interpretación de resultados.

La *Tabla 8* muestra el logro de los tres objetivos de la investigación, junto con las medidas y recursos empleados por el investigador para conducir el proceso y alcanzar los resultados. Con el propósito de alcanzar el primer objetivo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de artículos científicos vinculados al tema, utilizando un mapeo sistemático de la literatura. Mediante el cual, se construyó una matriz de referencia que sirvió como base para extraer información clave, incluyendo metodologías y herramientas empleadas en los estudios revisados. Posterior a ello, para llevar a cabo el segundo objetivo, se definió el enfoque, alcance y diseño de la investigación, basándose en los conceptos extraídos de los libros de metodología de la investigación. Además, se determinaron el método, la técnica y los instrumentos de recolección de datos conforme a la información obtenida en la revisión bibliográfica y documentada en la matriz referencial de artículos. Finalmente, para el tercer objetivo, se implementó el proceso metodológico destinado a recopilar datos en la empresa mediante los instrumentos seleccionados previamente. Luego, se procedió a cuantificar los datos para realizar el análisis de los resultados y formular la propuesta de mejora en la empresa.

Tabla 8. Plan de análisis e interpretación de resultados

N°	Objetivos	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Desarrollar un mapeo sistemático de la literatura mediante la herramienta Rayyan desarrollando la base teórica para el estado del arte con respecto a la variables consideradas en la investigación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión sistemática de la literatura mediante la técnica de Mapeo Sistemático. 2. Identificar y seleccionar criterios de búsqueda específicos para asegurar la inclusión de estudios relevantes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio del mapeo sistemático de la literatura. 2. Utilizar la plataforma Rayyan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Artículos científicos identificados que resaltan datos relacionados con las variables independientes y dependientes. 2. Herramientas lean utilizadas para la optimización del sistema de producción.
2	Establecer las técnicas y herramientas de recolección de datos mediante la revisión detallada de las metodologías existentes para garantizar la eficiencia y precisión en la recopilación de datos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el enfoque y diseño de la investigación 2. Establecer el procedimiento metodológico 3. Elección de técnicas e instrumentos a utilizar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enfoque cuantitativo no experimental. 2. Etapas encontradas en la base del estado del arte. 3. Diagrama de flujo de procesos y VSM. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se definió la naturaleza y el enfoque de la Investigación. 2. Proceso metodológico de recolección de datos. 3. Obtención de datos sobre la producción de la empresa.
3	Evaluar los resultados obtenidos y tratamiento de datos previamente analizados para el correcto establecimiento de una propuesta de mejora.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una evaluación detallada de los resultados obtenidos en la fase de recolección de datos. 2. Analizar críticamente la información cuantitativa y cualitativa recopilada. 3. Identificar patrones, tendencias y relaciones en los datos analizados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación 5's y TPM. 2. Análisis por Estudio de tiempos y VSM. 3. Interpretación de resultados por tablas comparativas y emplear software estadístico Minitab19 para prueba de hipótesis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar áreas de mejora basadas en los resultados y análisis de datos. 2. Establecer una propuesta de mejora fundamentada en los hallazgos para abordar eficazmente los aspectos identificados en la evaluación. 3. Evaluación de los resultados alcanzados por la propuesta de mejora.

Nota: Elaborado por autor

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Descripción de la empresa

3.1.1. Generalidades

AQUAFIT SA es una planta purificadora y embotelladora de agua reconocida por su excelencia en la industria. Ubicada en un entorno natural exuberante, la instalación ha sido cuidadosamente diseñada para garantizar la pureza y seguridad del agua que produce. AQUAFIT SA se enorgullece de cumplir con los más altos estándares de calidad y pureza del agua. En la *Tabla 9* se presenta información general sobre la planta AQUAFIT S.A.

Tabla 9. *Tabla de datos generales de la empresa*

TIPO DE INFORMACIÓN	DATOS
Razón Social	AQUAFIT S.A.
Actividad Económica Principal	PURIFICADORA DE AGUA Y PROCESADORA DE JUGOS
Registro Único De Contribuyentes (RUC)	0992426578001
Centro de Trabajo	SANTA ELENA
Sector	PRIVADO
Dirección	SANTA ELENA VIA ANCON EL TAMBO KM 2 Y MEDIO
Teléfono	043034300
Correo electrónico	recursoshumanos@aquafit.com.ec

Nota: *Elaborado por autor*

3.1.2. Misión

La misión de la empresa consiste en la producción, comercialización y distribución de bebidas saludables, asegurando la calidad del producto mediante equipos y personal altamente capacitado. Tiene como meta atender las necesidades de las familias en la provincia de Santa Elena y en todo el territorio de Ecuador.

3.1.3. Visión

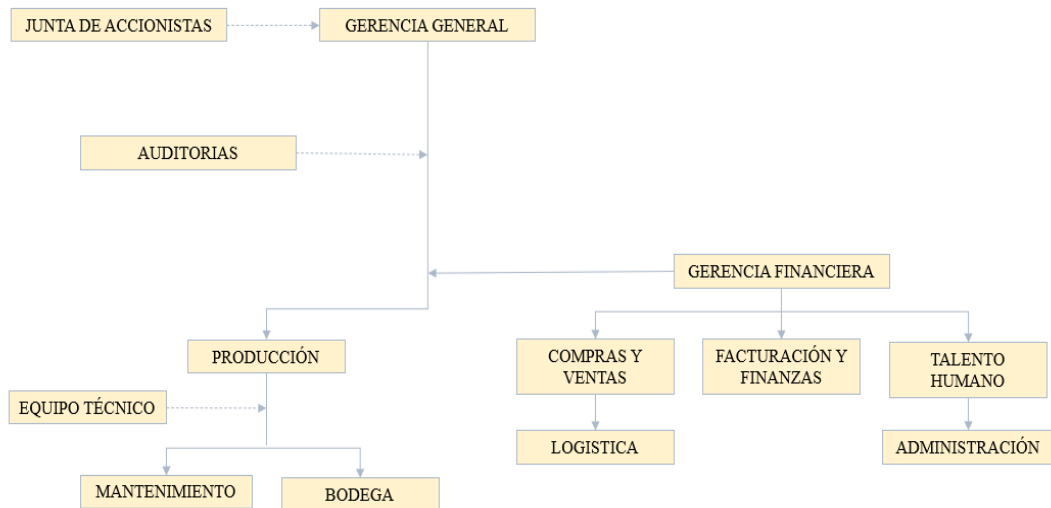
La visión de la compañía es obtener reconocimiento como líder regional en la producción y venta de agua purificada y bebidas saludables. Para lograrlo, se enfocan en la innovación tecnológica de procesos, siempre considerando la responsabilidad social y ambiental.

3.1.4. Valores

Los valores que respaldan la visión y guían a la empresa como gestores de servicios públicos son la transparencia, el compromiso con la sociedad, la responsabilidad, la profesionalidad y el esfuerzo. Estos principios son la base de su actitud y dedicación constante hacia el servicio.

3.1.5. Organigrama de la empresa

Figura 13. Organigrama de la empresa.



Nota: Elaborado por autor

3.1.6. Proceso productivo

El proceso de purificación y embotellado agua se refiere al conjunto de pasos y procedimientos utilizados para producir y envasar agua purificada en botellas selladas. A continuación, se presenta una descripción detallada del proceso:

- ✓ **Recepción de agua cruda:** El agua cruda es recibida en tanques de almacenamiento. Se toman muestras para análisis y se verifica que cumpla con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Si es necesario, se realizan ajustes y tratamientos iniciales para adecuar el agua a los estándares requeridos.
- ✓ **Proceso de purificación:** El agua cruda pasa por un proceso de purificación para eliminar impurezas, contaminantes y microorganismos. A continuación, se detallan las etapas más comunes:
 - a) **Sedimentación:** El agua se deja en reposo en grandes tanques para que las partículas sólidas más pesadas se sedimenten en el fondo. Estas partículas son removidas y descartadas.

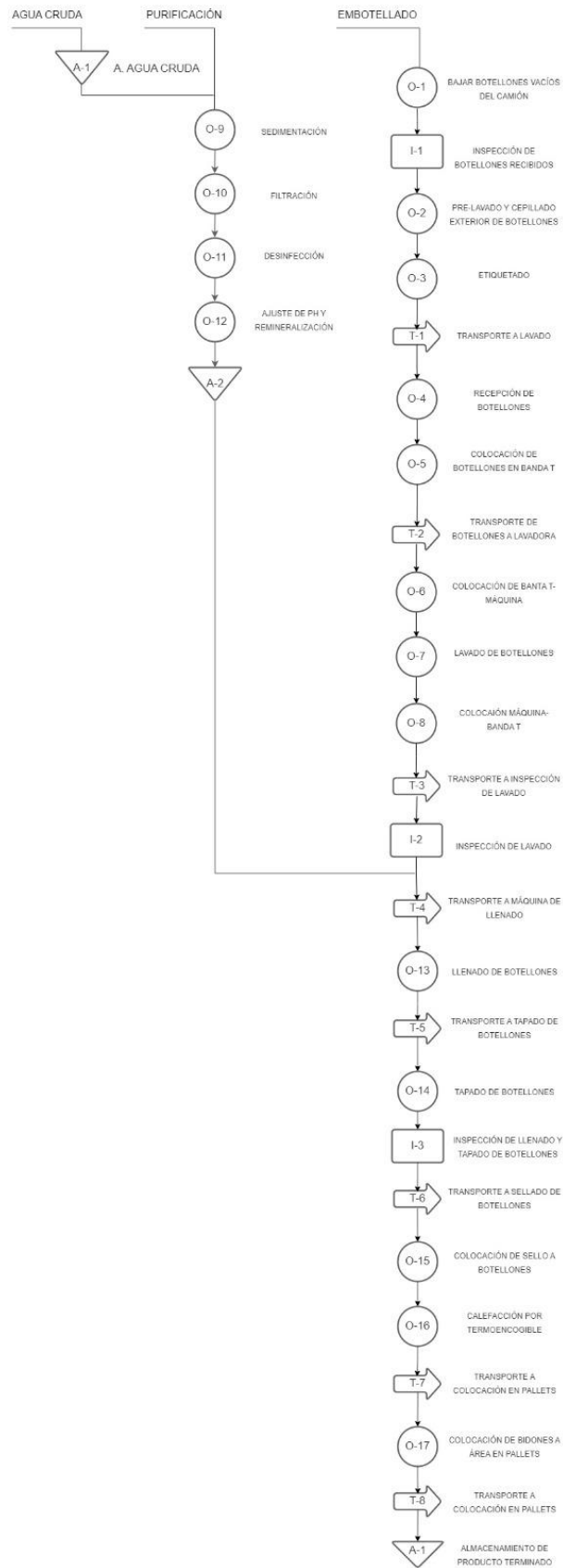
- b) **Filtración:** El agua pasa a través de diferentes filtros para eliminar partículas más finas, como arena, sedimentos y otros contaminantes suspendidos. Se utilizan filtros de carbón activado, filtros de arena y filtros de membrana, dependiendo del grado de purificación requerido.
- c) **Desinfección:** Se lleva a cabo un proceso de desinfección para eliminar microorganismos, como bacterias, virus y protozoos. La desinfección se realiza mediante el uso de cloro, ozono o radiación ultravioleta. Estos agentes desinfectantes eliminan los microorganismos y aseguran la potabilidad del agua.
- d) **Ajuste de pH y remineralización:** En algunos casos, se pueden realizar ajustes al pH del agua para garantizar su estabilidad y sabor. Además, si es necesario, se pueden agregar minerales para mejorar el equilibrio mineral y el sabor del agua.
- ✓ **Almacenamiento de agua purificada:** Una vez que el agua pasa por el proceso de purificación, se traslada a tanques de almacenamiento diseñados específicamente para preservar su pureza. Estos tanques están fabricados con materiales que cumplen con estrictas normativas de seguridad alimentaria y previenen la contaminación del agua. Además, se implementan sistemas de monitoreo continuo para asegurar la integridad del agua almacenada.
- ✓ **Preparación de botellas:** Mientras el agua se purifica, se preparan las botellas para el llenado. Las botellas se inspeccionan visualmente y mediante equipos automatizados para garantizar su calidad. Posteriormente, una vez completada la inspección del botellón, se procede a su etiquetado en caso lo requiera.
- ✓ **Lavado de botellas:** Las botellas se introducen en máquinas de lavado que utilizan soluciones desinfectantes y agua purificada para eliminar cualquier residuo o contaminante. Se aplican chorros de agua a alta presión para asegurar una limpieza adecuada de los botellones. Posteriormente, se realiza un enjuague final con agua purificada para eliminar cualquier residuo de los productos químicos de limpieza.
- ✓ **Inspección del lavado de botellones:** En este paso, se realiza una evaluación minuciosa para garantizar la efectividad del proceso de limpieza. Cada botellón

es sometido a un riguroso análisis visual para verificar la ausencia de residuos y la higiene completa. Esta fase crítica no solo asegura que los botellones estén impecablemente limpios, sino que también fortalece el compromiso con la calidad y la seguridad en cada etapa del proceso de embotellado de agua.

- ✓ **Llenado de botellas:** Una vez que las botellas fueron inspeccionadas, se procede al llenado con agua purificada. Este proceso se realiza en máquinas llenadoras automatizadas. Las botellas se colocan en una línea de producción y se llenan con agua a través de boquillas controladas que regulan el flujo y la cantidad de agua en cada botella, se garantiza que se llene la cantidad correcta. y que las botellas estén selladas herméticamente para evitar cualquier tipo de contaminación
- ✓ **Tapado de botellas:** Un sistema automatizado de tapado se encarga de colocar las tapas de manera uniforme, garantizando que cada botellón esté sellado de forma eficiente y asegurando que cada botellón esté listo para ofrecer agua pura y fresca.
- ✓ **Etiquetado y empaque:** una vez que las botellas han sido tapadas, se trasladan a una estación dedicada al etiquetado. Aquí, se les aplica una etiqueta que incluye información esencial como la marca. Es importante destacar que, como parte del procedimiento de etiquetado, las botellas pasan por un termo encogible que asegura la fijación adecuada de las etiquetas. Una vez etiquetadas, las botellas son hábilmente empaquetadas en paletas, preparándolas para su almacenamiento y distribución eficientes.
- ✓ **Almacenamiento y distribución:** Una vez que las botellas están listas y han pasado los controles de calidad, se almacenan en áreas adecuadas antes de ser distribuidas al mercado. Se asegura que se cumplan los requisitos de temperatura y condiciones de almacenamiento para mantener la calidad del agua embotellada. Luego, se distribuyen a los puntos de venta o se envían a los clientes, asegurando que el producto llegue en óptimas condiciones para su consumo.

3.1.7. Diagrama de operaciones del proceso

Figura 14. Diagrama de operaciones de la planta




Nota. Elaborado por AQUAFIT S.A.

3.2. Procedimiento para la recolección de datos

3.2.1. Validación de los datos recolectados

Con el fin de asegurar la confiabilidad de los datos proporcionados por la empresa, a través de la ficha de observación de tiempos como se observa en la *Tabla 10*, se realizó una prueba de normalidad por medio del software *Minitab 19*. Este análisis estadístico fue elaborado con el objetivo central de verificar la consistencia y distribución de los datos proporcionados. Además, la prueba de normalidad ayudó a determinar qué estadístico utilizar (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Tabla 10. *Ficha de observación de tiempos de actividades de embotellado*

		AQUAFIT S.A.										F. Elaboración:	28/10/2023	
		FICHA DE OBSERVACIÓN DE TIEMPOS EN SEGUNDOS										F. Revisión:	29/10/2023	
Departamento: PRODUCCIÓN		Elaborado por: Ariel Escalante										Código:	AQF-PR-T-0254	
Producto: Botellones de 20L		Revisado por: Ing. Jimmy Laínez										Página:	1 de 1	
		Revisado por: Ing. Jimmy Laínez										Lote:	6 botellones	
PREPARACIÓN DE MATERIALES														
Nº	Descripción de la actividad	Tiempo Observado										Tiempo Total Observado	Tiempo Promedio Observado	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Bajar botellones vacíos del camión	12	13	15	14	12	14	13	16	14	13	136	13,6	
3	Inspección de botellones recibidos	32	36	35	37	34	36	34	38	33	37	352	35,2	
4	Prelavado y cepillado exterior de botellones	50	40	48	44	46	42	52	45	49	47	463	46,3	
5	Etiquetado	5	9	7	12	9	11	6	8	7	9	83	8,3	
6	Trasporte a lavado	9	6	7	9	7	6	8	10	9	8	79	7,9	
Observación:														
LAVADO														
Nº	Descripción de la actividad	Tiempo Observado										Tiempo Total Observado	Tiempo Promedio Observado	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Recepción de botellones	18	22	24	19	16	20	18	17	21	19	194	19,4	
2	Colocación de botellones en banda T	14	13	12	17	13	12	16	13	14	15	139	13,9	
3	Trasporte de botellones a Lavadora	67	59	65	63	66	62	63	65	61	65	636	63,6	
4	Colocación de Banda T - Máquina	18	17	18	19	17	18	17	18	19	16	177	17,7	
5	Lavado de Botellones	430	432	434	429	434	432	432	429	434	433	4319	431,9	
6	Colocación Máquina - Banda T	17	19	16	17	18	19	18	16	18	19	177	17,7	
7	Trasporte a Inspección de Lavado	11	13	12	10	12	10	11	14	10	12	115	11,5	

8	Inspección de lavado	24	21	23	24	26	22	23	25	27	24	239	23,9
Observación:													
LLENADO													
Nº	Descripción de la actividad	Tiempo Observado										Tiempo Total Observado	Tiempo Promedio Observado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Transporte a Máquina de llenado	23	21	22	18	23	21	20	22	20	21	211	21,1
2	Llenado de botellones	27	28	26	29	27	28	26	30	27	29	277	27,7
3	Transporte a tapado de botellones	8	11	7	10	9	8	9	11	9	7	89	8,9
4	Tapado de botellones	12	14	11	11	13	14	12	13	14	13	127	12,7
5	Inspección de llenado y tapado de botellones	12	10	7	9	11	12	8	9	10	7	95	9,5
Observación:													
SELLADO													
Nº	Descripción de la actividad	Tiempo Observado										Tiempo Total Observado	Tiempo Promedio Observado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Trasporte a sellado de botellones	12	14	10	11	12	14	13	10	12	13	121	12,1
2	Colocación de sello a botellones	19	16	18	16	17	19	16	16	15	17	169	16,9
3	Calefacción por Termo encogible	16	17	19	20	19	18	19	18	15	16	177	17,7
Observación:													
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO													
Nº	Descripción de la actividad	Tiempo Observado										Tiempo Total Observado	Tiempo Promedio Observado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Trasporte a colocación en pallets	23	24	23	26	22	27	23	26	24	27	245	24,5
2	Colocación de bidones en pallets	18	19	21	19	20	22	19	18	19	21	196	19,6
3	Transporte de bidones a área de almacenamiento	86	87	84	84	85	88	84	87	85	83	853	85,3
4	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observación:													

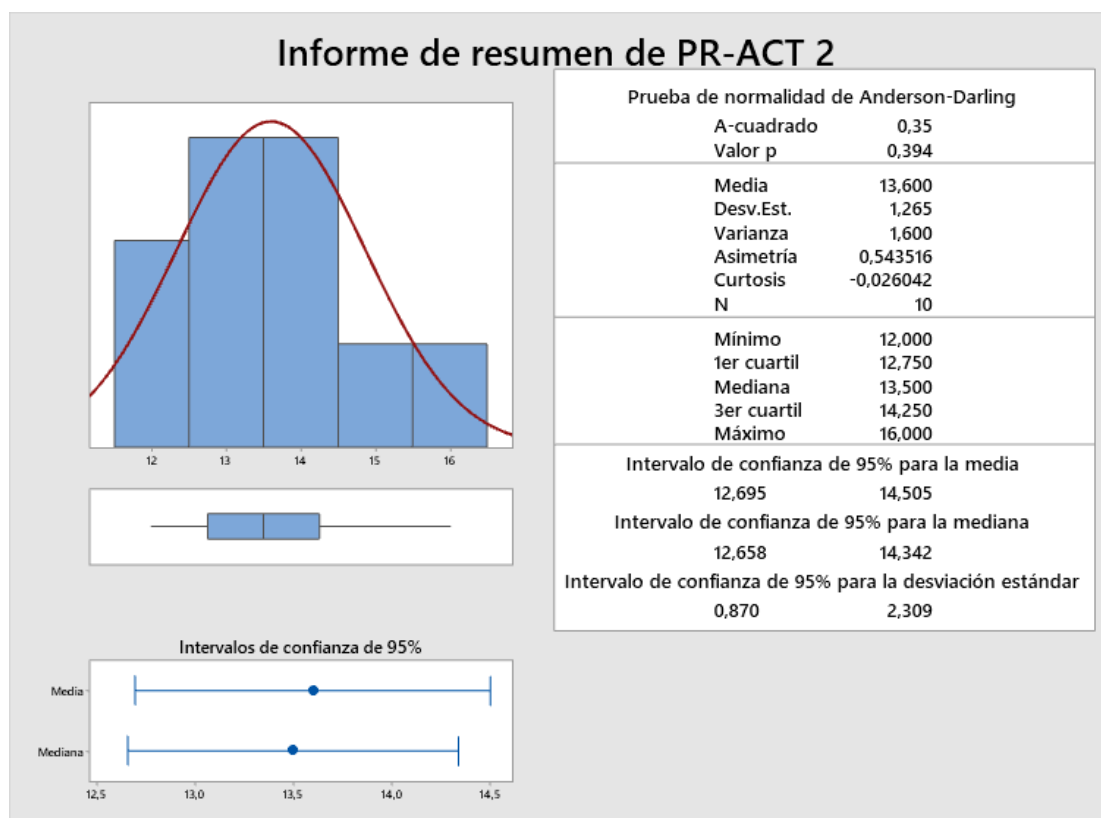
Nota: Elaborado por AQUAFIT S.A.

La afirmación anterior encuentra respaldo en las palabras Del-Cid et al., (2011), quienes subrayan la importancia de evaluar la calidad de los datos al optar por una fuente secundaria.

Basándose en los resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling para la actividad 2 del área de preparación de materiales, mostrada en la *Figura 15*, los datos revelaron que la distribución podría considerarse normal, ya que el valor p asociado era de 0,394, indicando que no había suficiente evidencia para rechazar que los datos

proporcionados provienen de una distribución normal. Además, las estadísticas descriptivas reflejaron una media de 13,6 con una desviación estándar de 1,265. Estos hallazgos proporcionaron una visión integral de la tendencia central y la dispersión de los datos, respaldando la validez de la distribución normal en la actividad analizada. Cabe recalcar que no se realizaron pruebas de normalidad para las actividades de almacenamiento debido a la ausencia de datos sobre el tiempo de almacenamiento inicial y final en la información proporcionada por la empresa. *(Revisar Anexos del 11-16 para visualizar los informes de Resumen de Pruebas de Normalidad para el resto de las actividades)*

Figura 15. Resumen de Prueba de Normalidad en la Act-2 del área de preparación



Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

3.2.2. Diagrama de flujo de procesos

Siguiendo el método propuesto y ajustado para la recopilación de datos, inspirado en la investigación de Ortiz-Porras et al., (2022), se examinaron los datos recolectados a través de diagramas de flujo de procesos. Esta técnica permitió obtener una comprensión más minuciosa de las actividades involucradas en el proceso de embotellado de agua purificada.

3.2.2.1. Diagrama de flujo del subproceso de Preparación de materiales

En el diagrama de flujo del proceso de preparación de materiales, mostrado en la *Tabla 11*, se identificaron consideraciones clave en las operaciones de prelavado y cepillado exterior de botellones 46,3 segundos y en la inspección de botellones 35,2 segundos. La duración extensa del prelavado sugirió la posibilidad de una eficiencia subóptima, lo que podría beneficiarse de una revisión para reducir tiempos sin comprometer la calidad. Por otro lado, la inspección, aunque es crucial para garantizar la calidad, representó una parte considerable del tiempo total, señalando la importancia de evaluar posibles mejoras en la eficiencia de este proceso.

Tabla 11. Diagrama de flujo del proceso de Preparación de materiales

Diagrama de flujo de procesos										
Diagrama # 001		Lote: 6 u		Hoja # 1 de 1		Resumen				
Actividad: PREPARACIÓN DE MATERIALES						Actividad			Actual	Propuesta
						Operación	○			
Inspeccion	□				1					
Transporte	⇒				1					
Demora	D				0					
Producto: BOTELLONES DE 20L						Almacenamiento	▽		1	
						Distancia (m)				6,5
Metodo :		Actual: X	Propuesto:		Tiempo (hora-hombre)		111,3			
Elaborado por: Bryan Tomalá Orrala						Totales				
Fecha:						Observaciones				
Descripción		Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (seg)	Símbolo					
					○	□	⇒	D	▽	
1	Almacenamiento temporal								●	
2	Bajar botellones vacíos del camión			13,6	●					
3	Inspección de botellones recibidos			35,2		●			Variación en los tiempos	
4	Prelavado y cepillado exterior de botellones			46,3	●				Variación en los tiempos	
5	Etiquetado			8,3	●					
6	Transporte a lavado		6,5	7,9			●			
TOTAL			6,5	111,3	3	1	1	0	1	

Nota: Elaborado por autor

3.2.2.2. Diagrama de flujo del proceso de Lavado

En el diagrama de flujo del proceso de lavado, presentado en la *Tabla 12*, se observó que, a pesar de la automatización predominante, la duración de las operaciones automatizadas indicaban posibles problemas de eficiencia, es decir, si las máquinas no están operando de manera óptima, podría deberse a la falta de mantenimientos regulares. Por ejemplo, el tiempo extenso de Lavado de botellones 431,9 segundos sugería que las máquinas podrían beneficiarse de una revisión y mantenimiento para garantizar su funcionamiento eficiente. La Inspección de Lavado, siendo una operación manual, se destacó como una actividad susceptible a variaciones en términos de tiempo, Aunque la inspección de lavado tenía una duración relativamente breve de 23,9 segundos, cabe señalar que podrían existir variaciones en los tiempos debido a posibles ineficiencias en la máquina de lavado, lo cual podrían contribuir a lapsos más

extensos durante la inspección de los botellones lavados. Este análisis indicó la importancia de mantener un equilibrio entre la eficiencia automatizada y el rendimiento manual para garantizar la calidad del proceso de lavado.

Tabla 12. Diagrama de flujo del proceso de Lavado

Diagrama de flujo de procesos								
Diagrama # 002	Lote : 6 u	Hoja # 1 de 1	Resumen					
Actividad: LAVADO			Actividad	Actual	Propuesta			
			Operación	○	5			
Inspeccion	□	1						
Transporte	⇨	2						
Producto: BOTELLONES DE 20L			Demora	⊖	0			
			Almacenamiento	▽	0			
			Distancia (m)		12			
Metodo :	Actual: X	Propuesto:	Tiempo (hora-hombre)	599,6				
Elaborado por: Bryan Tomalá Orrala			Totales					
Fecha:			Tiempo (seg)	Símbolo		Observaciones		
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	○	□	⇨		⊖	▽
1	Recepción de botellones		19,4	●				
2	Colocación de botellones en banda T		13,9	●				
3	Trasporte de botellones a Lavadora	10	63,6	●	●			
4	Colocación de Banda T - Máquina		17,7	●				
5	Lavado de Botellones		431,9	●				Falta de mantenimiento máquina
6	Colocación Máquina - Banda T		17,7	●				
7	Transporte a Inspección de Lavado	2	11,5	●	●			
8	Inspección de lavado		23,9	●	●			Variación en los tiempos
TOTAL		12	599,6	5	1	2	0	0

Nota: Elaborado por autor

3.2.2.3. Diagrama de flujo del proceso de Llenado

En el diagrama de flujo del proceso de llenado, expuesto en la *Tabla 13*, donde el proceso es completamente automatizado, se resaltó operaciones clave que podrían estar afectadas por ineficiencias en las máquinas debido a la falta de mantenimiento. La operación de llenado de botellones, con una duración de 27,7 segundos y el transporte a máquina de llenado 21,1 segundos que se realiza mediante la banda transportadora, son las fases automatizadas más críticas para este proceso. La duración de estas operaciones podría sugerir la necesidad de revisar y mantener la máquina de llenado y las bandas transportadoras para garantizar una eficiencia óptima.

Tabla 13. Diagrama de flujo del proceso de Llenado

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 003	Lote: 6 u	Hoja # 1 de 1	Resumen						
Actividad: LLENADO			Actividad					Actual	Propuesta
			Operación	○					2
Producto: BOTELLONES DE 20L			Inspeccion	□				1	
			Transporte	⇨				2	
Metodo :			Demora	⊖				0	
			Almacenamiento	▽				0	
Actual: X			Distancia (m)					4,8	
Propuesto:			Tiempo (hora-hombre)					79,9	
Elaborado por: Bryan Tomalá Orrala			Totales						
Fecha:			Tiempo (seg)	Símbolo					Observaciones
Descripción		Cantidad		Distancia (metros)	○	□	⇨	⊖	
1	Transporte a Máquina de llenado		3,4	21,1					Falta de mantenimiento banda
2	Llenado de botellones			27,7					Falta de mantenimiento máquina
3	Transporte a tapado de botellones		1,4	8,9					
4	Tapado de botellones			12,7					
5	Inspección de llenado y tapado de botellones			9,5					
TOTAL			4,8	79,9	2	1	2	0	0

Nota: Elaborado por autor

3.2.2.4. Diagrama de flujo del proceso de Sellado

En el diagrama de flujo del proceso de llenado, mostrado en la *Tabla 14*, se observó una combinación de operaciones automatizadas y una manual. La eficiencia del proceso podría verse afectada principalmente por dos factores clave: la colocación de sello a botellones, que es una operación manual, y la posible ineficiencia en la máquina termo encogible debido a la falta de revisiones periódicas para mantenimientos. La colocación de sello a botellones 16,9 segundos, al ser una tarea manual, podría ser más susceptible a variaciones en términos de tiempo. La calefacción por Termo encogible 17,7 segundos presentó un desafío potencial, ya que la ineficiencia atribuida a la falta de revisiones periódicas puede afectar la consistencia y calidad del sellado.

Tabla 14. Diagrama de flujo del proceso de Sellado

Diagrama de flujo de procesos									
Diagrama # 004	Lote: 6 u	Hoja # 1 de 1	Resumen						
Actividad: SELLADO			Actividad					Actual	Propuesta
			Operación	○					2
Producto: BOTELLONES DE 20L			Inspeccion	□				0	
			Transporte	⇨				1	
Metodo :			Demora	⊖				0	
			Almacenamiento	▽				0	
Actual: X			Distancia (m)					2	
Propuesto:			Tiempo (hora-hombre)					46,7	
Elaborado por: Bryan Tomalá Orrala			Totales						
Fecha:			Tiempo (seg)	Símbolo					Observaciones
Descripción		Cantidad		Distancia (metros)	○	□	⇨	⊖	
1	Trasporte a sellado de botellones		2	12,1					
2	Colocación de sello a botellones			16,9					Variación en los tiempos
3	Calefacción por Termoencogible			17,7					Maquinaria ineficiente
TOTAL			2	46,7	2	0	1	0	0

Nota: Elaborado por autor

3.2.2.5. Diagrama de flujo del proceso de Almacenamiento del producto terminado

En el diagrama de flujo del proceso de lavado, presentado en la *Tabla 15*, se observó que, la colocación de bidones en pallets 19,6 segundos y el transporte de botellones a área de almacenamiento con transportador hidráulico 85,3 segundos son actividades manuales, y aquí es donde entra en juego el cansancio acumulado del operario sobre todo el operario que coloca los botellones llenos en los pallets. Esta fatiga podría afectar la eficiencia y precisión en estas operaciones manuales, subrayando la importancia de gestionar la carga de trabajo y considerar medidas para mitigar el impacto del cansancio. Además, se debe considerar la posibilidad de desplazamiento ineficiente debido a la falta de orden y limpieza dentro del área de producción.

Tabla 15. Diagrama de flujo del proceso de Almacenamiento del producto terminado

Diagrama de flujo de procesos										
Diagrama # 005	Lote: 6 u	Hoja # 1 de 1			Resumen					
Actividad: ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO				Actividad				Actual	Propuesta	
				Operación	○			1		
Inspeccion	□			0						
Transporte	⇨			2						
Producto: BOTELLONES DE 20L				Demora	⊖			0		
				Almacenamiento	▽			1		
Metodo :				Actual: X	Propuesto:			129,4		
Elaborado por: Bryan Tomalá Orrala				Totales						
Fecha:				Simbolo					Observaciones	
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (seg)	○	□	⇨	⊖	▽		
1	Transporte a colocación en pallets		4	24,5					Falta de mantenimiento banda	
2	Colocación de botellones en pallets			19,6					Fatiga, cansancio acumulado	
3	Transporte de botellones a área de almacenamiento con carrito		17	85,3					Fatiga y estrés	
4	Almacenamiento de producto terminado			0						
TOTAL			21	129,4	1	0	2	0	1	

Nota: Elaborado por autor

3.2.3. VSM Inicial

En la empresa bajo estudio, la jornada laboral se extiende de 8:30 a.m. a 6:30 p.m., con una pausa para el almuerzo de 12:30 p.m. a 2:00 p.m. En consecuencia, el tiempo hábil de trabajo abarca 8 horas y media diarias (8.5 horas/día), durante 6 días a la semana. En términos totales, se cumplen 51 horas de trabajo semanal o 204 horas de trabajo mensual. La demanda diaria se calculó utilizando los datos proporcionados por la empresa, detallados en la *Tabla 16*. No obstante, es relevante señalar que, por razones de confidencialidad, la empresa optó por no revelar detalles específicos sobre los pedidos de sus clientes, por lo cual se trabajó con la demanda mensual. Primero se determinó una demanda mensual promedio la cual dio como resultado 103245 botellones/mes.

Tabla 16. Demanda mensual de la producción de botellones de 20 L

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda	118954	109049	128539	138764	101197	86111	87799	88261	91180	96589	87193	105304

Nota: Elaborado por AQUAFIT S.A.

Para calcular la demanda diaria, se dividió la demanda mensual promedio por el número de días de trabajo por mes, como se muestra a continuación:

$$Demanda_{diaria} = \frac{Demanda_{mensual}}{días\ de\ trabajo\ por\ mes}$$

$$Demanda_{diaria} = 103245 \frac{botellones}{mes} * \frac{1\ mes}{24\ días} = 4302 \frac{botellones}{día}$$

Es crucial entender que el Takt Time refleja el ritmo necesario para la fabricación de agua embotellada y poder satisfacer las expectativas del consumidor. En términos sencillos, nos ofrece un indicativo de la velocidad deseada por el cliente para adquirir el producto y el tiempo requerido para la producción por parte de la empresa. Por ello, luego de calcular la demanda diaria, se avanzó en el cálculo del Tak Time, como se presenta a continuación:

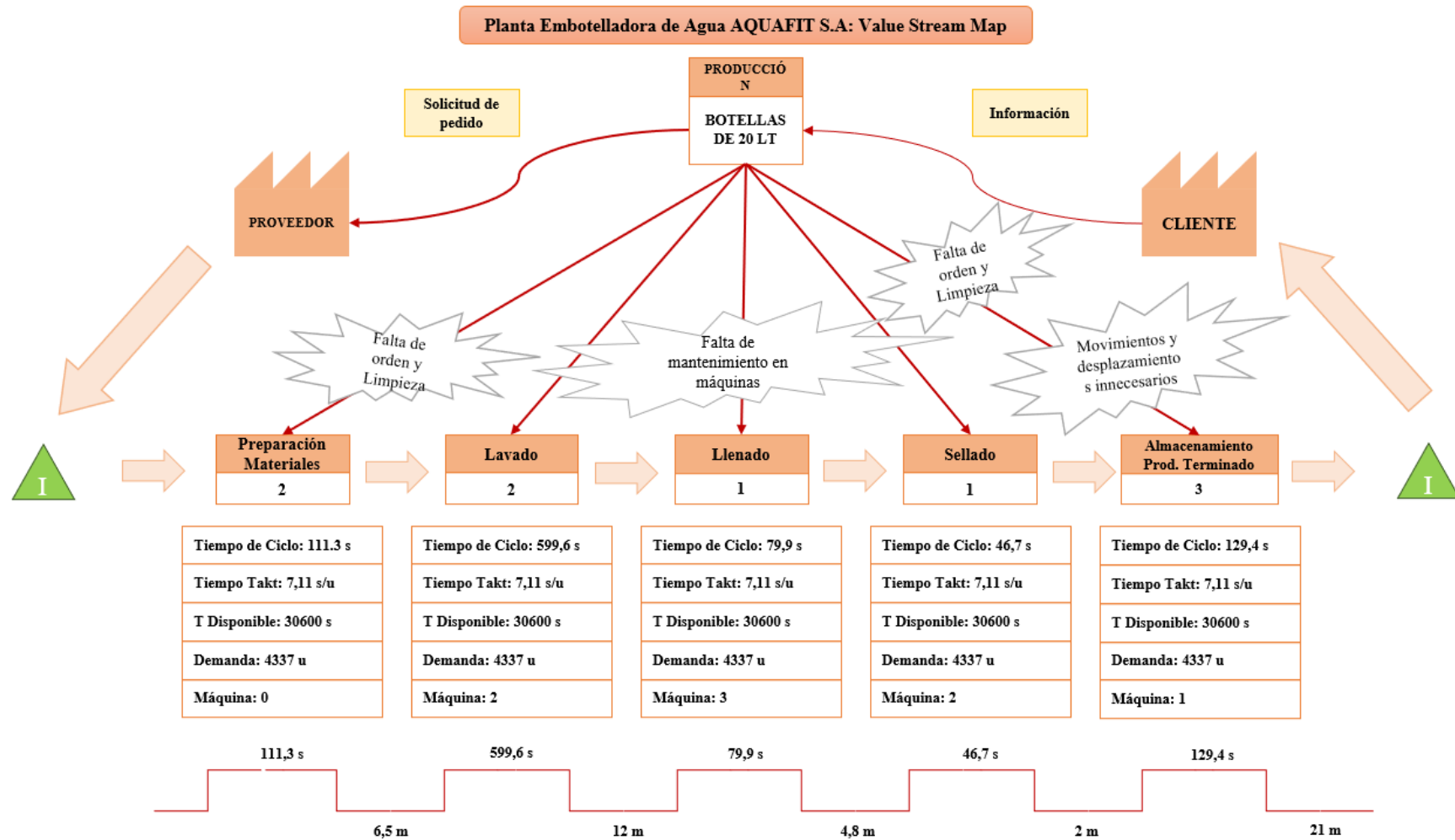
$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ disponible\ por\ día}{Demanda\ diaria}$$

$$Takt\ Time = \frac{8,5 \frac{horas}{día} * 3600 \frac{seg}{hora}}{4302 \frac{botellones}{día}}$$

$$Takt\ Time = 7,11 \frac{seg}{botellón}$$

Una vez calculado la demanda diaria, el Takt Time y con los tiempos de ciclos proporcionado por la empresa, se elaboró el mapa de flujo de valor inicial de la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A, como se muestra en la *Figura 16*. Este revela tiempos de ciclos prolongados y variables, especialmente en el área de lavado, debido a una máquina totalmente automatizada que presenta ineficiencias debido a la falta de mantenimiento adecuado. Además, se identificaron tiempos que no añaden valor y generan cuellos de botella debido a la falta de orden y limpieza dentro de la planta, pero, aunque no agreguen valor son indispensables para el flujo del proceso como se evidencia en el área de preparación de máquinas y en el transporte al área de producto terminado.

Figura 16. VSM inicial de la planta AQUAFIT S.A.



Nota: Elaborado por autor

En la *Tabla 17*, se presenta que el proceso de embotellado de agua purificada en la planta AQUAFIT S.A. se ejecuta con un tiempo total transcurrido (Lead Time) de 966,9 segundos y un tiempo real para realizar las actividades que generan valor agregado en un proceso (Process Time) de 732 segundos. Resultando en un 24% (234,9 segundos) de actividades que no aportan valor. Las actividades que, aunque necesarias, generan valor ocupan el 14% (136,5 segundos), mientras que las que verdaderamente añaden valor al producto representan el 62%, con un tiempo de 595,5 segundos. Estos resultados son producto del análisis del mapa de flujo de valor inicial de la planta embotelladora y purificadora de agua AQUAFIT S.A.

Tabla 17. *Resumen de tiempos que agregan y no agregan valor en las actividades*

Valor agregado	Tiempo (s)	%
Agregando valor	595,5	0,62
Necesario, pero sin valor añadido	136,5	0,14
Sin valor añadido	234,9	0,24
Lead Time	966,9	
Process time	732	

Nota: Elaborado por autor

3.2.4. Análisis de la situación actual

Mediante la elaboración y análisis detallado de los Diagramas de Flujos de Procesos y el Diagrama VSM inicial, se han identificado áreas críticas que requieren atención. Con el objetivo de priorizar las estrategias de mejora y enfocar los esfuerzos de manera efectiva, se optó por utilizar un Diagrama de Pareto, el cual permitió visualizar de manera jerárquica los problemas más significativos en el proceso de embotellado de agua. En la *Tabla 18* mostrada a continuación, se presenta una cuantificación de los problemas identificados según su frecuencia durante un mes:

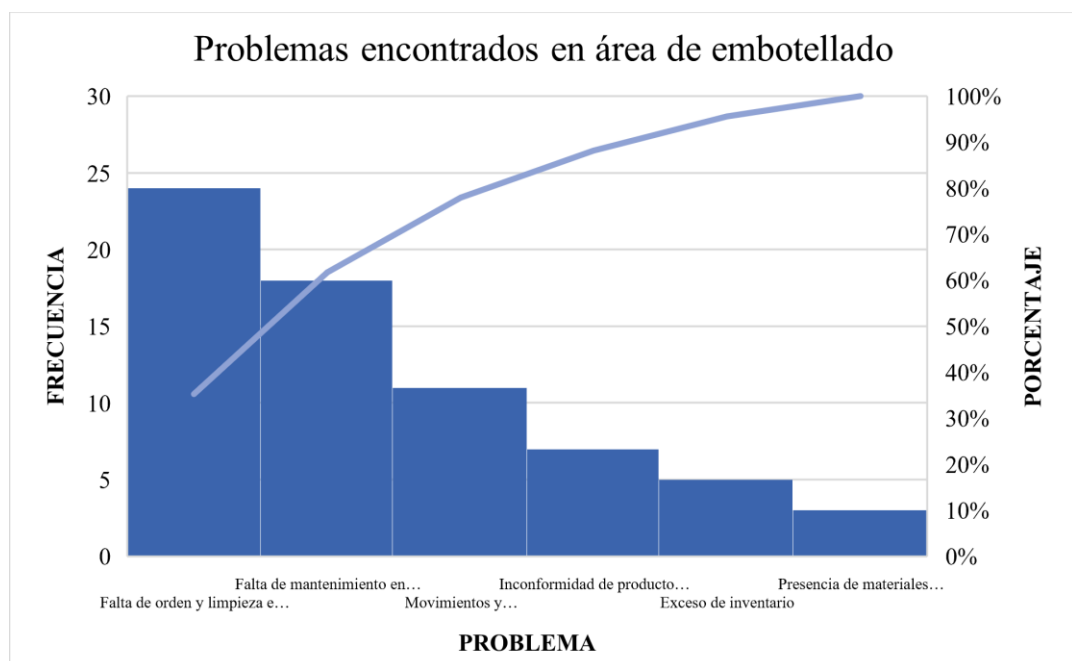
Tabla 18. *Ocurrencia de problemas encontrados en el área de embotellado*

PROBLEMA	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Falta de orden y limpieza en el área	24	35%	35%
Falta de mantenimiento en máquinas	18	26%	62%
Movimientos y desplazamientos innecesarios	11	16%	78%
Inconformidad de productos procesados	7	10%	88%
Exceso de inventario	5	7%	96%
Presencia de materiales dañados	3	4%	100%
TOTAL	68	100%	

Nota: Elaborado por autor

Tras la identificación y cuantificación de los problemas en el área de embotellado, se procedió a la creación del Diagrama de Pareto, mostrado en la *Figura 17*, en él se destacó que la falta de orden y limpieza se posicionó como el principal desafío, representando el 35% de las ocurrencias. Este hallazgo resaltó la importancia de abordar la organización y la higiene en el entorno de trabajo para mejorar la eficiencia y garantizar un proceso fluido. Asimismo, la falta de mantenimiento en las máquinas surgió como un punto crítico, constituyendo el 26 % de los problemas identificados. Este resultado subrayó la necesidad de establecer programas de mantenimiento preventivo para optimizar el rendimiento de las maquinarias. Además, los movimientos y desplazamientos innecesarios abarcaron un 16%, indicando la posibilidad de optimizar la disposición y organización de equipos y materiales para reducir tiempos muertos. Por otra parte, la inconformidad de productos procesados tuvieron con 10%, subrayó la importancia de abordar las deficiencias en el mantenimiento de las máquinas. Además, otros aspectos que se pueden considerar es el exceso de inventario representado por un 7%, y la presencia de materiales dañados con 4% del total de los problemas encontrados. Este análisis detallado proporcionó una visión completa de los desafíos presentes en el área de embotellado en AQUAFIT S.A, brindando una base sólida para la formulación de estrategias de mejora y la implementación de acciones correctivas.

Figura 17. Diagrama de Pareto de los problemas encontrados en la planta



Nota: Elaborado por autor

3.3. Elaboración de la Propuesta

Luego de la recolección, análisis de datos y el diagnóstico de la empresa, la siguiente fase del proceso metodológico se centró en la elaboración de una propuesta personalizada, alineada con las necesidades previamente identificadas durante el diagnóstico de la planta purificadora y embotelladora de agua AQUAFIT S.A. Con la información obtenida en el diagnóstico, la experiencia obtenida en las diferentes visitas a la empresa y con el análisis de documentos, se propuso lo siguiente: APLICACIÓN LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA PURIFICADORA Y EMBOTELLADORA DE AGUA AQUAFIT S.A, SANTA ELENA.

En respuesta a la identificación de los problemas, se estableció una coordinación con el jefe de producción y el equipo del área de embotellado. Este esfuerzo conjunto resultó en la definición y aplicación de herramientas específicas de mejora, detalladas de manera precisa en la *Tabla 19*, con el propósito de abordar de manera efectiva cada uno de los desafíos identificados. Esta estrategia no solo persigue la solución de problemas, sino que también promueve una cultura de mejora constante dentro de la planta AQUAFIT S.A:

Tabla 19. *Herramientas a Implementar por Problema*

N°	Problema	Propuesta
1	Falta de orden y limpieza en el área	5S
2	Falta de mantenimiento en máquinas	AMEF, TPM
3	Movimientos y desplazamientos innecesarios	5S, Estudio de tiempos y movimientos
4	Inconformidad de productos procesados	TPM

Nota: *Elaborado por autor*

3.3.1. Propuesta 5s

3.3.1.1. Evaluación inicial 5s

Antes de iniciar con la implementación de la metodología 5S, se realizó una evaluación inicial mediante una auditoría interna con un Check List utilizado en la investigación de Ortiz-Porras et al., (2022), como se muestra en la *Tabla 20*, el cual fue diseñado específicamente para evaluar los fundamentos de las 5S. Este enfoque permitió medir y analizar cómo se estaban aplicando los principios de clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina en el entorno operativo actualmente. Además, la evaluación inicial fue crucial para establecer una línea base y comprender el estado

existente de las prácticas operativas. Cabe recalcar que la evaluación de la disciplina fue tomada por un porcentaje general promedio de las otras 4's debido a que la disciplina se basa en hacer que permanezcan los cambios implementados y que estos perduren.

El método de calificación para el Check List se determinó de la siguiente manera:

- 0 = No cumple
- 1 = Cumple parcialmente
- 2 = Si cumple

Tabla 20. *Check List de auditoria inicial*

EVALUACIÓN - AUDITORIA INICIAL		FECHA:
EMBOTELLADO DE AGUA PURIFICADA		15/10/2023
N°	SELECCIONAR	CALIF.
1	Las herramientas de trabajo se encuentran en buen estado para su buen uso operacional.	1
2	El mobiliario se encuentra en buenas condiciones de uso.	2
3	No existen objetos sin uso en los pasillos y áreas de trabajo.	1
4	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos.	0
5	Las áreas de trabajo están libres de objetos sin uso.	0
6	Se cuenta con los materiales necesarios para trabajar.	2
7	Los cajones de escritorios y mesas de trabajo se encuentran bien ordenados.	1
8	No se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado.	0
9	La búsqueda de materiales, insumos y objetos es de forma inmediata.	1
10	El área está libre de cajas, papeles u otros objetos.	0
11	Existe un mecanismo de control de entrada y salida de ítems (insumos, materiales, herramientas, etc.) necesarios en el área.	1
N°	ORDENAR	CALIF.
12	Las áreas están debidamente identificadas.	2
13	No hay unidades encimadas en las mesas o áreas de trabajo.	2
14	Los botes de basura están en el lugar designado para su función.	0
15	Existen señales, etiquetas o rótulos, que faciliten la ubicación de las cosas, para disminuir el tiempo de localización.	1
16	Todas las herramientas y materiales están en el lugar designado.	1
17	Los cajones de las mesas de trabajo están debidamente organizados y sólo se tiene lo necesario.	1
18	Todas las identificaciones en los estantes de material están actualizadas y se respetan.	2
19	Se tienen identificadas todas las cosas con un código, de acuerdo con su naturaleza y ubicación.	0
N°	LIMPIAR	CALIF.
20	Los equipos, muebles y escritorios se encuentran limpios.	0
21	Las herramientas de trabajo se encuentran limpias.	2
22	Las máquinas operativas cumplen con el mantenimiento periódico.	0
23	El área está libre de polvo, basura, componentes y manchas.	2
24	Los equipos de iluminación están operativos y las instalaciones eléctricas cumplen con las normas vigentes.	1
25	Las áreas de trabajo están libres de polvo, manchas, corrosión, excesos de lubricación y componentes de scrap o residuos.	2
26	Se han definido responsables y rutinas de limpieza para el área y estas son ejecutadas.	1

N°	ESTANDARIZAR	CALIF.
27	Todos los contenedores cumplen con el requerimiento de la operación.	1
28	El personal usa adecuadamente los EPP (casco, máscaras, guantes, lentes, etc.) para las actividades diarias según normas SSO.	1
29	Todos los equipos cuentan con tarjeta de operación y formato de mantenimiento actualizado para evitar errores operativos.	0
30	Existen controles visuales para evitar que las cosas colocadas / almacenadas en el área se desorganicen.	0
31	Todos los instructivos cumplen con el estándar y están correctamente archivadas.	1
32	Se realizan el correcto relleno de los formatos de registros en tiempo real.	0
33	La capacitación está estandarizada para el personal del área.	1
34	Se evidencia una actitud positiva (compromiso y responsabilidad) frente al cambio.	2

Nota: Elaborado por autor tomado de Ortiz-Porras et al., (2022).

Una vez realizada la auditoría inicial en la planta AQUAFIT S.A, se ha generado un resumen detallado como se presenta en la *Tabla 21*, la cual ofrece una visión integral de los diversos aspectos evaluados, desde la clasificación hasta la estandarización, proporcionando una base concreta para comprender el estado inicial de las prácticas 5S en la empresa, como se observa a continuación:

Tabla 21. Resumen e Indicadores de evaluación inicial 5s

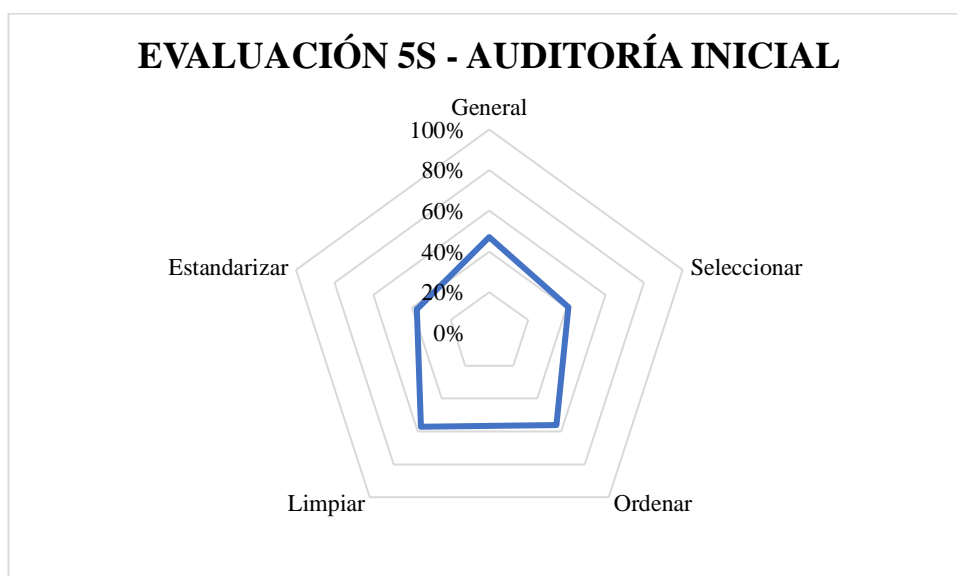
Categoría	TABLA DE RESUMEN				INDICADORES				
	Porcentaje real	Puntaje real	Puntaje ideal	Porcentaje ideal	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente
General	47%	32	68	100%	$x\% \geq 10\%$	$x\% \geq 30\%$	$x\% \geq 50\%$	$x\% \geq 70\%$	$x\% \geq 90\%$
Seleccionar	41%	9	22	100%					
Ordenar	56%	9	16	100%					
Limpiar	57%	8	14	100%					
Estandarizar	38%	6	16	100%					

Nota: Elaborado por autor

En la *Figura 18*, se muestra una representación visual que complementa la *Tabla 21*, utilizando un gráfico radial para ilustrar de manera efectiva el nivel inicial de las 5S en la empresa. Este enfoque visual ofrece una perspectiva clara y concisa de los resultados obtenidos, permitiendo una fácil interpretación de los indicadores evaluados. El estado inicial de las 5S en la empresa se encuentra en una categoría “mala”, registrando únicamente un 47%.

La combinación de la tabla de resumen e indicadores con la representación visual reforzó la comprensión del estado actual de las prácticas 5S en AQUAFIT S.A. y proporciona una plataforma sólida para las próximas etapas del proceso de mejora continua.

Figura 18. Representación visual de la evaluación inicial de las 5S



Nota: Elaborado por autor

3.3.1.2. Implementación de la metodología 5s

3.3.1.2.1. Seiri/Clasificar

En esta fase inicial, se buscó llevar a cabo la clasificación de los materiales, maquinaria y herramientas en el área de embotellado, separándolos según su función específica. El objetivo era evitar desplazamientos innecesarios y asegurar que todo lo esencial permaneciera dentro del área de trabajo, eliminando lo que no fuera necesario (Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021). Antes de comenzar con la clasificación, se realizó una breve reunión con los trabajadores del área de confección, donde se les proporcionaron instrucciones detalladas sobre la tarea que debían llevar a cabo en esta actividad:

- ✓ Elegir un artículo del área de embotellado con el fin de evaluar su necesidad en la zona.
- ✓ Si se determina que es necesario, se mantiene en su ubicación actual.
- ✓ En el caso de que no sea necesario, se le asigna una tarjeta roja, cuyo uso fue explicado detalladamente a los trabajadores, y se coloca en el área designada en rojo o de cuarentena.
- ✓ En situaciones donde existan dudas acerca de la utilidad del artículo, se debe informar al jefe de producción, quien tomará la decisión sobre la relevancia del objeto en el proceso.

Se destinaron los primeros treinta minutos durante una semana para llevar a cabo la actividad mencionada. Esto se debió a que, al finalizar la jornada laboral, el personal dejaba todos los objetos tal y como estaban en ese momento y se retiraban, lo que resultaba en la presencia de objetos no pertenecientes al área o necesarios en el día anterior, pero no en la jornada de trabajo actual. Por esta razón, se optó por realizar esta actividad antes de iniciar las operaciones de producción. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis del área roja en reunión con el jefe de producción, con el objetivo de categorizar los elementos registrados en las tarjetas rojas, cuyo modelo se presenta en la *Tabla 22* a continuación:

Tabla 22. Modelo de Tarjeta Roja

TARJETA ROJA	
Pegar esta parte de la tarjeta en el artículo NO necesario	
Nombre de quien realizó la selección:	
N° de Tarjeta:	
Fecha:	
Descripción:	

Nombre de quien realizó la selección:	
N° de Tarjeta:	
Fecha:	
Descripción:	
CATEGORÍA	
Accesorios o herramientas	
Baldes, recipientes	
Equipo de oficina	
Instrumentos de medición	
Librería, papelería	
Maquinaria	
Materia prima	
Material de empaque	
Producto terminado	
Producto en proceso	
Refacciones	
Otro (especifique):	
RAZÓN	
Contaminante	
Defectuoso	
Descompuesto	
Desperdicio	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso desconocido	
Otro (especifique):	
Llenado por el jefe de producción	
Responsable:	
Fecha decisión:	
Destino:	

Nota: Elaborado por autor adaptado de Ortiz-Porras et al., (2022)

Los objetos identificados con tarjetas rojas, tras su evaluación, pueden ser clasificados en una de las tres categorías siguientes:

- **Artículos en Área de Cuarentena:** Todos los objetos confinados en esta área deben llevar su correspondiente tarjeta roja con detalles como descripción, tipo de artículo, y razón por la cual están en cuarentena, según los criterios establecidos para el área. Estos artículos incluyen aquellos que no pertenecen al área, presentan defectos significativos, o deben ser separados de manera definitiva por alguna otra razón.
- **Artículos Fuera de Cuarentena:** La persona que retira un artículo del área de cuarentena tiene la responsabilidad de informar al coordinador 5S en turno, quien se encargará de llevar el control de entradas y salidas de esta área. Además, actualizará el estatus del objeto en el formulario de Control de Tarjetas Rojas. Dependiendo de la decisión del coordinador, el artículo podría ser suspendido para su evaluación.
- **Tarjetas Canceladas:** Los artículos inicialmente ubicados en el área de cuarentena y retirados posteriormente por ser necesarios en el área de trabajo recibirán la denominación de tarjetas canceladas. La persona que realice esta acción informará al coordinador 5S, quien actualizará el estatus de la tarjeta en el formato de Control de Tarjetas Rojas.

De esta forma, los elementos identificados en el área designada como "roja" o de cuarentena fueron meticulosamente analizados y documentados en la *Tabla 23*, como se muestra a continuación:

Tabla 23. *Tabla de Control de Tarjetas rojas*

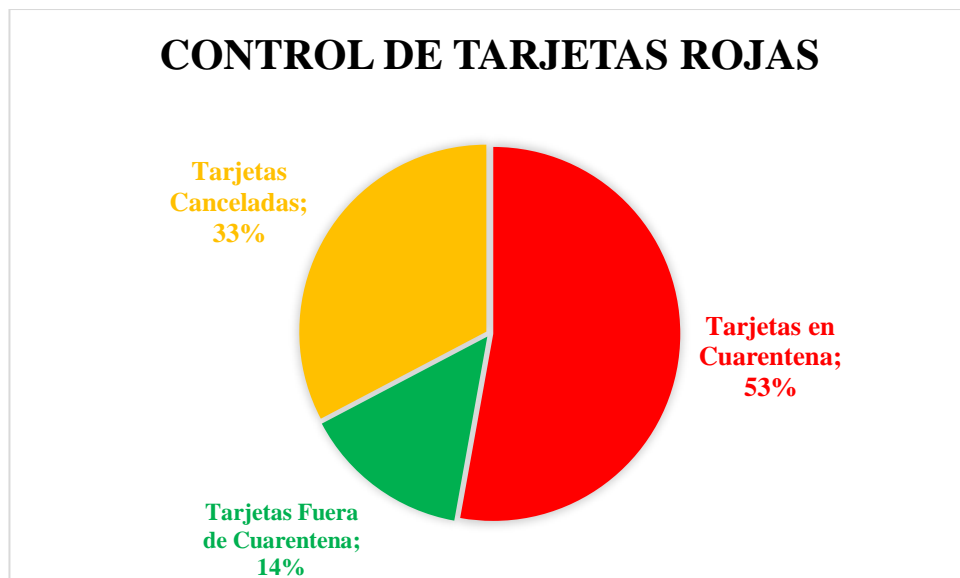
Artículo	Descripción	Cantidad	Categoría	Razón	Status
1	Botellones defectuosos	43	Producto terminado	Defectuoso	En cuarentena
2	Cajas de embalaje desgastadas	5	Material de empaque	Desperdicio	En cuarentena
3	Gavetas	9	Material de empaque	No se necesita pronto	Fuera de cuarentena
4	Herramientas oxidadas	8	Accesorios o herramientas	Desperdicio	En cuarentena
5	Medidor TDS	2	Instrumentos de medición	Descompuesto	En cuarentena
6	Cartones vacíos	5	Otro	No se necesita	Fuera de cuarentena
7	Bidones contaminados	12	Producto en proceso	Contaminante	En cuarentena
8	Botellones sin etiqueta	22	Producto en proceso	No se necesita pronto	Tarjeta cancelada
9	Pancartas informativas	6	Papelería	Otro	Tarjeta cancelada

10	Herramientas no necesarias	3	Accesorios o herramientas	No se necesita	Fuera de cuarentena
11	Lapiceros	7	Papelería	No se necesita	En cuarentena
12	Bolsas plásticas	4	Otro	No se necesita	En cuarentena
13	Destornillador	2	Refacciones	No se necesita	Fuera de cuarentena
14	Medidor de temperatura	3	Instrumentos de medición	Descompuesto	En cuarentena
15	Envases de plásticos	4	Baldes o recipientes	No se necesita pronto	Fuera de cuarentena
16	Botellones con otras etiquetas	24	Producto en proceso	Otro	Tarjeta cancelada
		159			

Nota: Elaborado por autor

En la *Figura 19*, se evidencia que los elementos marcados con tarjetas rojas sumaron un total de 159, de los cuales el 53% (84 unidades) fueron sujetos a cuarentena, indicando que serán descartados o trasladados a otras áreas. En contraste, el 14% (23 unidades) se encuentran fuera de cuarentena, requiriendo una segunda evaluación que determinará su posible reparación o reserva para futuros usos. Asimismo, el 33% (52 unidades) fueron clasificadas como Tarjetas Canceladas, indicando su retorno al área de trabajo original.

Figura 19. Control de Tarjetas Rojas



Nota: Elaborado por autor

Es crucial llevar un seguimiento de todos los elementos marcados con tarjetas rojas, asegurándose de que sean trasladados a otras áreas o eliminados según corresponda. De lo contrario, la reducción de elementos no esenciales en el área no será evidente.

3.3.1.2.2. Seiton/Ordenar

Después de retirar los elementos no esenciales del área, se determinó el lugar de ubicación para aquellos que si son necesarios. Estos deben ser colocados en un área accesible, garantizando un flujo productivo continuo para reducir el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al lugar una vez utilizados. Para lograrlo, se llevó a cabo la organización de los artículos en colaboración con el personal del área y del equipo de limpieza, considerando los criterios presentados en la *Tabla 24*, a continuación:

Tabla 24. *Criterios para ordenar objetos del área de embotellado*

FRECUENCIA DE USO	DESTINO
Una o varias veces por hora	Colocar cerca del operario de forma frecuente.
Una o varias veces al día	Colocar cerca del operario de manera regular.
Una o varias veces a la semana	Colocar en un lugar visible semanalmente
Una/algunas veces al mes	Guardar en estantes con etiquetas mensualmente
Una/algunas veces cada tres meses	Almacenar en cajas rotuladas trimestralmente
Una/algunas veces al año	Enviar a almacén anualmente
Muy raramente se utiliza	Enviar a almacén si se utiliza en contadas ocasiones

Nota: *Elaborado por autor*

Teniendo en cuenta esto, se procedió a la clasificación de los objetos que, si son esenciales para el área de embotellado, como se presenta en la *Tabla 25*. Este cuadro proporciona una guía sistemática sobre la ubicación y categorización de los elementos necesarios para el proceso de producción de agua embotellada, permitiendo una gestión eficiente y una rápida identificación de los recursos indispensables en el entorno laboral. La organización de esta información contribuye a optimizar el flujo de trabajo y a mantener un ambiente de trabajo ordenado y eficaz en la planta embotelladora de agua.

Tabla 25. *Destino de objetos que sí son necesarios según su uso*

N°	OBJETO	FRECUENCIA DE USO	DESTINO
1	Pallets para almacenamiento	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
2	Rollos de etiquetas	Cada semana o varias veces a la semana	Lugar visible
3	Repuestos para maquinaria	Anualmente o algunas veces al año	Enviar a almacén
4	Botellones de agua	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario

5	Tapas para botellas	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
6	Máquina de lavado	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
7	Manual de procedimientos	Muy raramente se utiliza	Enviar a almacén
8	Uniformes para el personal	Cada tres meses o algunas veces al trimestre	Cajas rotuladas
9	Calendarios	Muy raramente se utiliza	Enviar a almacén
10	Agua purificada	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
11	Herramientas de mantenimiento	Cada mes o algunas veces al mes	Estantes con etiquetas
12	Carritos de transporte	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
13	Rótulos de identificación	Cada mes o algunas veces al mes	Estantes con etiquetas
14	Estanterías	Cada semana o varias veces a la semana	Lugar visible
15	Máquina de llenado	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
16	Máquina de tapado	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
17	Manuales de mantenimiento	Muy raramente se utiliza	Enviar a almacén
18	Escobas y trapeadores	Cada semana o varias veces a la semana	Lugar visible
19	Rotuladores	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
20	Máquina Termo encogible	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
21	Sellos de la empresa	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
22	Bolsas de plástico	Cada mes o algunas veces al mes	Estantes con etiquetas
23	Contenedores de residuos	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
24	Mascarillas, guantes y redecillas	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
25	Etiquetas	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario
26	Cepillo para botellones	Cada hora o varias veces por hora	Cerca del operario

Nota: Elaborado por autor

3.3.1.2.3. Seiso/Limpiar

Después de organizar los objetos según su frecuencia de uso, avanzamos a la implementación de la tercera "S", enfocada en establecer un entorno de trabajo limpio.

A continuación, se detallan algunas de las acciones llevadas a cabo:

- **Horarios de Limpieza Establecidos:** Se implementaron horarios regulares de limpieza, con una sesión intensiva los sábados durante 2 horas, se asignó el horario de 8:30 a.m. a 10:30 a.m. para realizar una limpieza profunda en la planta.
- **Identificación de Fuentes de Suciedad:** Se realizaron inspecciones detalladas para identificar las fuentes de suciedad, con el cual se descubrió que la acumulación de residuos en el área almacenamiento de producto terminado era un punto crítico.
- **Eliminación de Residuos:** Empleando escobas y herramientas adecuadas, se llevó a cabo la eliminación de residuos de manera regular. Se destacó la

importancia de mantener pasillos y zonas de trabajo libres de obstrucciones, como restos de envases, botellones dañados, restos de tapas, entre otros.

- **Desinfección del Área de Trabajo:** Después de la eliminación de residuos se procedió a la desinfección, se utilizó un desinfectante de grado industrial para asegurar que las superficies y equipos estuvieran libres de gérmenes y cumplieran con los estándares de higiene requeridos.

Como complemento a las acciones mencionadas, se tiene como objetivo fomentar una cultura de limpieza entre los operarios, promoviendo la responsabilidad individual en cada puesto de trabajo. Para ello, se aplicaron las siguientes prácticas diarias:

- **Inicio del Turno:** Antes de comenzar sus labores diarias, cada operario se encargará de verificar y asegurar que su área esté limpia y lista para la producción. Esto incluirá la eliminación de cualquier residuo visible.
- **Durante el Proceso:** A lo largo de sus actividades, se espera que cada operario elimine constantemente los residuos generados durante el proceso. Esto garantiza un entorno de trabajo ordenado y contribuye a la eficiencia operativa.
- **Final del Turno:** Al concluir la jornada laboral, cada operario asumirá la responsabilidad de dejar su área de trabajo en condiciones óptimas, realizando una limpieza final y asegurándose de que todo esté en su lugar correspondiente.

El objetivo era brindar a los operarios un entorno cómodo para realizar sus tareas. Asimismo, la limpieza periódica de la maquinaria y equipos permitió evaluar su funcionamiento, contribuyendo a prevenir averías y fallos. En síntesis, la práctica de la limpieza no solo perseguía la higiene, sino que también desempeñaba un papel crucial en el mantenimiento preventivo.

3.3.1.2.4. Seiketsu/Estandarizar

La implementación de la cuarta S implicó establecer estándares con el fin de alcanzar los objetivos definidos en las tres primeras "S". Para lograrlo, se trazaron los siguientes estándares:

- **Primer estándar:** se realizaron charlas informativas destinadas a concientizar al personal acerca de la trascendencia de mantener un área de trabajo limpia. Se proporcionaron ejemplos prácticos sobre cómo la limpieza contribuye a la eficiencia y seguridad en el proceso de embotellado. Además, se asignaron responsabilidades específicas a los operarios, como la limpieza regular de sus

estaciones de trabajo y la eliminación adecuada de residuos. Este enfoque tenía como fin cultivar una cultura de limpieza y responsabilidad entre los empleados.

- **Segundo estándar:** Se estableció como norma que cualquier maquinaria o equipo que mostrara signos de defectos o mal funcionamiento debía ser reportado de inmediato al departamento de mantenimiento. El objetivo era asegurar que las herramientas críticas para el proceso de embotellado se mantuvieran en óptimas condiciones. Este estándar implicaba una comunicación proactiva por parte de los operarios mediante la limpieza garantizando la pronta intervención y reparación de cualquier maquinaria que pudiera afectar la eficiencia del proceso de producción.
- **Tercer estándar:** Como parte de la rutina diaria, se estableció la inspección visual diaria para evaluar la limpieza, orden y clasificación en todas las áreas de trabajo. Este estándar aseguraba que cada operario dedicara tiempo a verificar que su espacio estuviera limpio y organizado, contribuyendo así a mantener un ambiente de trabajo seguro y eficiente. En caso de detectar cualquier irregularidad, se establecía un procedimiento para corregir y mantener los estándares de limpieza y orden establecidos.

Después de implementar los estándares mencionados, se logró establecer un marco estructurado que orientó las actividades diarias en la planta embotelladora de agua. La concientización sobre la importancia de mantener un área de trabajo limpia se arraigó en la cultura laboral a través de charlas regulares y asignación de tareas específicas. Estos estándares proporcionaron un marco sólido para alcanzar y mantener los objetivos propuestos en las primeras tres "S", consolidando así un ambiente organizado y productivo en la planta.

3.3.1.2.5. Shitsuke/Disciplin

En este último pilar, la quinta "S", se vinculó directamente con el cambio cultural de las personas. Aunque la conducta demostró su presencia de manera clara, se establecieron condiciones que fomentaron la disciplina en su práctica. La quinta S buscó que la clasificación, el orden y la limpieza se integraran a la cultura de los trabajadores, para que no lo percibieran como una tarea adicional o una obligación ajena a sus responsabilidades, sino como una "necesidad" esencial para crear un entorno laboral más propicio y adecuado.

El propósito de esta etapa final fue asegurar la permanencia de los cambios implementados, buscando que estos perduren y puedan incluso ser mejorados en auditorías futuras. Este enfoque se alineó con la búsqueda constante de mejoras, manteniendo la consistencia con lo planificado en las etapas previas. Con el fin de evidenciar los cambios logrados, se llevó a cabo una auditoría al concluir el plan de implementación de las 5S. Los resultados obtenidos se detallan en la *Tabla 26*:

Tabla 26. *Check List de auditoria final*

EVALUACIÓN - AUDITORIA FINAL		FECHA:
EMBOTELLADO DE AGUA PURIFICADA		19/11/2023
N°	SELECCIONAR	CALIF.
1	Las herramientas de trabajo se encuentran en buen estado para su buen uso operacional.	2
2	El mobiliario se encuentra en buenas condiciones de uso.	2
3	No existen objetos sin uso en los pasillos y áreas de trabajo.	1
4	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos.	2
5	Las áreas de trabajo están libres de objetos sin uso.	1
6	Se cuenta con los materiales necesarios para trabajar.	2
7	Los cajones de escritorios y mesas de trabajo se encuentran bien ordenados.	1
8	No se ven partes o materiales en otras áreas o lugares diferentes a su lugar asignado.	2
9	La búsqueda de materiales, insumos y objetos es de forma inmediata.	2
10	El área está libre de cajas, papeles u otros objetos.	2
11	Existe un mecanismo de control de entrada y salida de ítems (insumos, materiales, herramientas, etc.) necesarios en el área.	1
N°	ORDENAR	CALIF.
12	Las áreas están debidamente identificadas.	2
13	No hay unidades encimadas en las mesas o áreas de trabajo.	2
14	Los botes de basura están en el lugar designado para su función.	0
15	Existen señales, etiquetas o rótulos, que faciliten la ubicación de las cosas, para disminuir el tiempo de localización.	1
16	Todas las herramientas y materiales están en el lugar designado.	1
17	Los cajones de las mesas de trabajo están debidamente organizados y sólo se tiene lo necesario.	1
18	Todas las identificaciones en los estantes de material están actualizadas y se respetan.	2
19	Se tienen identificadas todas las cosas con un código, de acuerdo con su naturaleza y ubicación.	0
N°	LIMPIAR	CALIF.
20	Los equipos, muebles y escritorios se encuentran limpios.	2
21	Las herramientas de trabajo se encuentran limpias.	2
22	Las máquinas operativas cumplen con el mantenimiento periódico.	2
23	El área está libre de polvo, basura, componentes y manchas.	2
24	Los equipos de iluminación están operativos y las instalaciones eléctricas cumplen con las normas vigentes.	1
25	Las áreas de trabajo están libres de polvo, manchas, corrosión, excesos de lubricación y componentes de scrap o residuos.	2
26	Se han definido responsables y rutinas de limpieza para el área y estas son ejecutadas.	2
N°	ESTANDARIZAR	CALIF.
27	Todos los contenedores cumplen con el requerimiento de la operación.	1

28	El personal usa adecuadamente los EPP (casco, máscaras, guantes, lentes, etc.) para las actividades diarias según normas SSO.	2
29	Todos los equipos cuentan con tarjeta de operación y formato de mantenimiento actualizado para evitar errores operativos.	1
30	Existen controles visuales para evitar que las cosas colocadas / almacenadas en el área se desorganicen.	2
31	Todos los instructivos cumplen con el estándar y están correctamente archivadas.	1
32	Se realizan el correcto relleno de los formatos de registros en tiempo real.	2
33	La capacitación está estandarizada para el personal del área.	2
34	Se evidencia una actitud positiva (compromiso y responsabilidad) frente al cambio.	2

Nota: Elaborado por autor tomado de Ortiz-Porras et al., (2022).

Una vez realizada la auditoría final en la planta AQUAFIT S.A, se ha generado un resumen detallado como se presenta en la *Tabla 27*, la cual ofrece una visión integral de los diversos cambios en los aspectos evaluados, desde la clasificación hasta la estandarización, proporcionando una base concreta para comprender el estado final de las prácticas 5S en la empresa, como se observa a continuación:

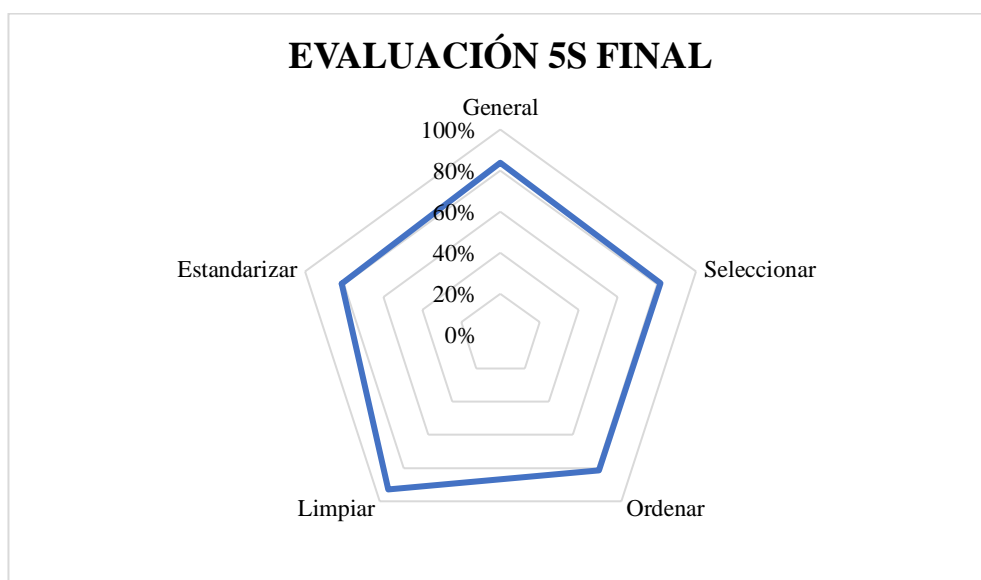
Tabla 27. Resumen e Indicadores de evaluación final 5s

Categoría	TABLA DE RESUMEN				INDICADORES				
	Porcentaje real	Puntaje real	Puntaje ideal	Porcentaje ideal	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente
General	84%	57	68	100%	x% ≥ 10%	x% ≥ 30%	x% ≥ 50%	x% ≥ 70%	x% ≥ 90%
Seleccionar	82%	18	22	100%					
Ordenar	81%	13	16	100%					
Limpiar	93%	13	14	100%					
Estandarizar	81%	13	16	100%					

Nota: Elaborado por autor

En la *Figura 20*, se muestra una representación visual que complementa la *Tabla 27*, utilizando un gráfico radial para ilustrar de manera efectiva el nivel inicial de las 5S en la empresa. Este enfoque visual ofrece una perspectiva clara y concisa de los resultados obtenidos, permitiendo una fácil interpretación de los indicadores evaluados. El estado final luego de la implementación de las 5S en la empresa se encuentra en una categoría “buena”, registrando un 84%, lo cual demuestra que la implementación de la metodología 5S representó una gran mejora.

Figura 20. Representación visual de la evaluación final de las 5S



Nota: Elaborado por autor

3.3.1.3. Calendario de auditorías futuras

Como último paso en la implementación de las 5S, se diseñó un cronograma de auditorías planificadas para verificar la continuidad y mejora del entorno en el área de embotellado. Las auditorías se programaron como se muestra en la *Tabla 28*:

Tabla 28. Calendario de auditorías 5s

Auditoría #	De	A	Auditor
1	20-nov	5-dic	Bryan Andrés Tomalá Orrala
2	7-dic	22-dic	Edwin Ariel Escalante Figueroa
3	24-dic	8-ene	Iliana Nicole Laínez Suárez
4	10-ene	25-ene	Edwin Ariel Escalante Figueroa
5	27-ene	11-feb	Iliana Nicole Laínez Suárez
6	13-feb	28-feb	Edwin Ariel Escalante Figueroa
7	1-mar	16-mar	Iliana Nicole Laínez Suárez
8	18-mar	2-abr	Edwin Ariel Escalante Figueroa
9	4-abr	19-abr	Iliana Nicole Laínez Suárez
10	21-abr	6-may	Edwin Ariel Escalante Figueroa
11	8-may	23-may	Iliana Nicole Laínez Suárez
12	25-may	9-jun	Edwin Ariel Escalante Figueroa
13	11-jun	26-jun	Iliana Nicole Laínez Suárez

Nota: Elaborado por autor

3.3.2. Propuesta TPM

Esta estrategia, conocida como Mantenimiento Total Productivo, concentró su atención en la maquinaria clave de la planta embotelladora de agua AQUAFIT S.A. Su objetivo fue promover una cultura compartida entre todos los participantes, resaltando la importancia de mantener en condiciones operativas óptimas cada componente de la maquinaria. Para ejecutar su implementación, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

3.3.2.1. Evaluación OEE inicial

En el ámbito de la mejora continua, el cálculo del OEE desempeña un papel crucial, puesto que este indicador combina tres parámetros fundamentales como: disponibilidad, rendimiento y calidad. La evaluación inicial de la OEE proporcionó una visión integral de cómo una máquina o línea de producción está operando en términos de tiempo efectivo, rendimiento real y calidad de la producción. Este análisis sirvió como punto de partida para conocer la eficiencia actual de las máquinas fundamentales en el proceso de producción, para ello se realizaron los siguientes cálculos:

- **Disponibilidad:** Este componente mide la eficiencia en términos de tiempo de actividad y se calcula dividiendo el tiempo real de operación entre el tiempo total programado para operar, incluyendo las paradas programadas.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo programado de operación}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{4 \text{ horas}}{5 \text{ horas}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,80 * 100 = 80\%$$

- **Rendimiento:** Se calcula dividiendo la producción real durante el tiempo de operación entre la producción teóricamente posible durante ese mismo tiempo.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento estándar}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{4260 \text{ botellones}}{4800 \text{ botellones}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,89 * 100 = 89\%$$

- **Calidad:** Este componente mide la eficiencia en términos de productos aceptables y se calcula dividiendo el número de productos buenos entre el total de productos fabricados.

$$Calidad = \frac{Productos\ buenos}{Productos\ totales\ producidos}$$

$$Calidad = \frac{4023\ botellones}{4260\ botellones}$$

$$Calidad = 0,94 * 100 = 94\%$$

Para calcular el OEE, simplemente se multiplicó los tres valores calculados anteriormente. El OEE calculado fue del 67%, clasificándose como "Regular", según la métrica de calificación, como se muestra en la Tabla 29. Esta categorización señala que el rendimiento solo puede considerarse aceptable cuando se encuentra en proceso de mejora.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$OEE = 80\% * 89\% * 94\%$$

$$OEE = 67\%$$

Tabla 29. Métrica de calificación para valores de OEE.

OEE	Métrica de calificación
< 65%	Inaceptable
65% ≤ OEE < 75%	Regular
75% ≤ OEE < 85%	Aceptable
85% ≤ OEE < 95%	Buena
≥ 95%	Excelente

Nota: Elaborado por autor adaptado de

3.3.2.2. Análisis matriz AMFE

Una vez que se calculó el OEE inicial, se procedió a realizar un análisis más detallado mediante la matriz AMFE, como se muestra en la *Tabla 30*. Este enfoque permitió explorar los posibles modos de falla en cada etapa del proceso de embotellado y evaluar sus efectos potenciales. Al identificar las causas raíz y asignarles un nivel de severidad, ocurrencia y detección, se creó una guía sólida para priorizar acciones correctivas.

Tabla 30. Matriz AMEF del área de embotellado de la planta.

AQUAFIT S.A.		División: PRODUCCIÓN										Fecha: 20/11/2023			
Artículo: BOTELLONES DE 20 L															
Proyecto: MEJORA CONTINUA		Preparado por: ÁREA DE INGENIERÍA										MATRIZ AMFE			
Proceso: EMBOTELLADO															
N°	Máquina	Falla Potencial	Efecto Potencial	Causa Potencial	Severidad SEV	Ocurrencia OCC	Detección DET	RPN	Acciones propuestas	Acciones tomadas	Severidad SEV	Ocurrencia OCC	Detección DET	RPN	
1	Lavadora de botellones	Lavado ineficiente	Lavado insuficiente de los botellones	Falta de mantenimiento preventivo	8	4	3	96	Mantenimiento preventivo de la máquina	Se le dio un pequeño mantenimiento preventivo en la zona	4	3	3	36	
2	Llenadora de botellones	Desajuste en el sistema de llenado	Sobrellenado o subllenado de botellas	Calibración incorrecta	6	9	3	162	Revisar la calibración de la máquina regularmente	Se revisó la calibración de la máquina	3	4	3	36	
		Fuga en la válvula de llenado	Derrame de líquido durante el llenado	Desgaste de la válvula	5	4	3	60	Realizar inspecciones visuales y pruebas periódicas	Se realizó inspecciones visuales y pruebas	4	3	2	24	
		Pérdida de presión en el sistema de llenado	Llenado incompleto de botellones	Fuga en el sistema de llenado	4	2	3	24	Verificar la integridad de la máquina	Se verificó la integridad de la máquina	2	2	3	12	
3	Tapadora de botellones	Falla en el sistema de tapado	Botellas mal tapadas	Daños de tapas, falta de lubricación	5	5	2	50	Lubricar regularmente las partes móviles.	Se lubricó regularmente	4	3	2	24	
		Ajuste incorrecto de la tapadora	Tapa mal colocada	Falta de verificación del ajuste	4	3	3	36	Verificar el ajuste antes y después de producir	Se verificó el ajuste para producir	3	2	3	18	
4	Termo encogible	Problemas en la retracción del termo	Sellado defectuoso	Desgaste del mecanismo, mal ajuste	8	7	4	224	Mantenimiento preventivo de la máquina	Se le dio un pequeño mantenimiento preventivo en la zona	5	3	3	45	
		Calentamiento desigual del termo	Retracción desigual	Resistencia desigual en la unidad	7	5	3	105	Mantenimiento preventivo de la máquina	Se le dio un pequeño mantenimiento preventivo en la zona	4	3	3	36	
5	Bandas Transportadoras	Fallo en la transmisión o desalineación	Retrasos en el flujo de producción	Falta de lubricación, desgaste de componentes	4	7	3	84	Limpiar y lubricar para prevenir el desgaste prematuro	Se limpió y lubricó el área	3	4	2	24	
		Desgaste de rodillos de transporte	Vibración y ruido durante el transporte	Falta de lubricación, carga pesada	5	2	3	30	Lubricar y limpiar continuamente	Se limpió y lubricó constantemente	3	2	3	18	

Nota: Elaborado por autor

El análisis general de la matriz AMFE reveló una serie de modos de falla potenciales en el proceso de embotellado, los cuales fueron abordados mediante acciones específicas implementadas. Las reducciones significativas en los Números de Prioridad de Riesgos (RPN) indicaron la eficacia de las acciones tomadas, reflejando mejoras en áreas críticas como el lavado, el llenado, el tapado, la retracción del termo y la transmisión. La atención dedicada a factores como el mantenimiento preventivo, la calibración, la lubricación y la limpieza contribuyó a mitigar riesgos y mejorar la eficiencia del proceso. Mantener un enfoque proactivo en el monitoreo continuo y el mantenimiento preventivo fue esencial para asegurar un rendimiento sostenido y la calidad del producto en la planta embotelladora de agua.

3.3.2.3. Aplicación TPM

Una vez realizada la matriz AMFE, se identificaron de manera precisa los modos de falla potenciales y se tomaron acciones concretas para mitigar los riesgos asociados en el proceso de embotellado. Dada la severidad de los problemas presentados en cada máquina, surgió la necesidad de implementar un enfoque más integral para garantizar la eficiencia y confiabilidad del equipo. En consecuencia, se tomó la decisión estratégica de iniciar la implementación del Plan de Mantenimiento Productivo Total, considerando los tipos de mantenimientos que se muestran en la *Tabla 31*:

Tabla 31. *Plan de Mantenimiento de Maquinarias*

N°	Descripción	Cantidad	Tipo de mantenimiento	Actividad	Frecuencia	Responsable
1	Lavadora de botellones	1	En uso	Limpieza de maquinaria	Diario	Operario
			Preventivo	Lubricación	Diario	Operario
				Mantenimiento general	Mensual	Mecánico
Cero horas	Reemplazar piezas: bombas de agua, filtros, boquillas, engranajes.	Semestral, anual o según fuese necesario	Mecánico			
2	Llenadora de botellones	1	En uso	Limpieza de maquinaria	Diario	Operario
			Preventivo	Lubricación	Diario	Operario
				Mantenimiento general	Mensual	Mecánico
Cero horas	Reemplazar piezas: válvulas, boquillas, bombas.	Semestral, anual o según fuese necesario	Mecánico			

3	Tapadora de botellones	1	En uso	Limpieza de maquinaria	Diario	Operario
			Preventivo	Lubricación	Diario	Operario
				Mantenimiento general	Mensual	Mecánico
			Cero horas	Reemplazar piezas: cabezal de tapado, rodamientos, motores	Semestral, anual o según fuese necesario	Mecánico
4	Termo encogible	1	En uso	Limpieza de maquinaria	Diario	Operario
			Preventivo	Lubricación	Diario	Operario
				Mantenimiento general	Mensual	Mecánico
			Cero horas	Reemplazar piezas: resistencias de termo encogido, rodillos de transporte y sensores de temperatura.	Semestral, anual o según fuese necesario	Mecánico
5	Bandas transportadoras	7	En uso	Limpieza de maquinaria	Diario	Operario
			Preventivo	Lubricación	Diario	Operario
				Mantenimiento general	Mensual	Mecánico
			Cero horas	Reemplazar piezas: correas y rodamientos	Semestral, anual o según fuese necesario	Mecánico

Nota: *Elaborado por autor*

En el marco del plan de mantenimiento total productivo, se diseñó una estrategia que aborda distintos aspectos para garantizar la eficiencia y confiabilidad de las maquinarias. Este plan se compone de tres tipos fundamentales de mantenimiento:

- ✓ El mantenimiento diario o en uso, que se lleva a cabo regularmente por los usuarios para realizar tareas ligeras de limpieza y observación de posibles defectos;
- ✓ El mantenimiento preventivo, programado mensualmente, destinado a actividades sistemáticas que previenen posibles fallas mediante la lubricación, ajustes y reemplazo planificado de componentes;
- ✓ El mantenimiento a cero horas, una técnica más exhaustiva que se implementa semestralmente, deteniendo completamente la maquinaria para realizar intervenciones intensivas, incluyendo el reemplazo de componentes esenciales.

En respuesta a las recomendaciones recientes del jefe de producción y con el objetivo de mejorar la eficiencia de las operaciones, se desarrolló un cronograma detallado para la realización de mantenimientos, como se muestra en la *Tabla 32*. Basándose en los tres tipos de mantenimiento esenciales, en el cual se inició con el mantenimiento diario, asignando tareas específicas a los usuarios de la maquinaria para llevar a cabo limpiezas y observaciones regularmente. Posteriormente, se implementó el mantenimiento preventivo de manera mensual, siguiendo un plan sistemático que abarcó lubricación, ajustes y la sustitución programada de componentes. En respuesta a la sugerencia de llevar a cabo mantenimientos a cero horas de manera más frecuente, se ajustó el cronograma para realizar esta técnica de manera semestral. Estos cambios reflejaron el compromiso con la mejora continua y la eficiencia operativa en línea con las indicaciones del jefe de producción.

Tabla 32. Cronograma de mantenimientos propuesto

PLAN TPM		NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
Descripción	Tipo de mantenimiento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Todas las máquinas	En uso	[Yellow cells]																																															
Lavadora de botellones	Preventivo	[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]							
	Cero horas											[Orange]																																					
Llenadora de botellones	Preventivo	[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]							
	Cero horas											[Orange]																																					
Tapadora de botellones	Preventivo	[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]							
	Cero horas												[Orange]																																				
Termo encogible	Preventivo	[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]							
	Cero horas			[Orange]								[Orange]																																					
Bandas transportadoras	Preventivo	[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]							
	Cero horas																[Orange]																																

Nota: Elaborado por autor

Después de haber implementado el plan de mantenimiento de maquinarias, se han observado mejoras significativas en la confiabilidad y eficiencia operativa de la planta embotelladora de agua. El mantenimiento diario ha permitido la detección temprana de posibles problemas, minimizando el tiempo de inactividad no planificado. Las actividades preventivas han fortalecido la resistencia de las máquinas, reduciendo la incidencia de fallas y prolongando su vida útil. El mantenimiento deductivo ha abordado efectivamente las causas raíz de problemas recurrentes, mejorando la estabilidad operativa a largo plazo. Además, las acciones correctivas han demostrado ser eficaces al resolver desafíos imprevistos de manera eficiente. La implementación del mantenimiento en uso ha fomentado prácticas operativas más conscientes, maximizando el rendimiento de las maquinarias. En conjunto, estas estrategias de mantenimiento han fortalecido la resiliencia del proceso de producción, contribuyendo de manera significativa a la optimización del sistema de producción en la planta embotelladora de agua.

3.3.2.4. Evaluación OEE final

Luego de la implementación del Plan de Mantenimiento Total Productivo, se llevó a cabo una evaluación actualizada del Índice de OEE para verificar los cambios derivados de las propuestas de mejora. Los resultados más recientes de esta evaluación proporcionaron una visión clara y actualizada del desempeño operativo en la planta embotelladora de agua, para ello se realizaron nuevamente los cálculos de:

- **Disponibilidad:**

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo programado de operación}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{4,7 \text{ horas}}{5 \text{ horas}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,94 * 100 = 94\%$$

- **Rendimiento:**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento estándar}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{5420 \text{ botellones}}{5640 \text{ botellones}}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,96 * 100 = 96\%$$

- **Calidad:**

$$Calidad = \frac{Productos\ buenos}{Productos\ totales\ producidos}$$

$$Calidad = \frac{5155\ botellones}{5420\ botellones}$$

$$Calidad = 0,95 * 100 = 95\%$$

El OEE calculado fue del 86%, clasificándose como "Buena". Esta categorización señala que el rendimiento tiene una buena competitividad lo cual se traduce a que su proceso mejoró o está mejorando.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$OEE = 94\% * 96\% * 95\%$$

$$OEE = 86\%$$

3.3.3. Estudio de tiempos

3.3.3.1. Situación inicial

La información suministrada por la empresa, detallada en la *Tabla 11*, permitió identificar que el proceso de producción de bidones de agua opera con un tiempo ciclo en un rango de 10 a 20 minutos. En consecuencia, y de acuerdo con la referencia de la tabla de General Electric (*Ver Anexo 12*), se considerarán ocho ciclos como recomendados para el análisis, como se muestra a continuación en la *Tabla 33*:

Tabla 33. *Tiempos de ciclo recomendados por criterios General Electric*

TIEMPOS DE CICLO RECOMENDADOS SEGÚN CRITERIOS DE GENERAL ELECTRIC								
ELEMENTOS/CICLOS	1	2	3	4	5	6	7	8
Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0
Bajar botellones vacíos del camión	12	13	15	14	12	14	13	16
Inspección de botellones recibidos	32	36	35	37	34	36	34	38
Prelavado y cepillado exterior	50	40	48	44	46	42	52	45
Etiquetado	5	9	7	12	9	11	6	8
Trasporte a lavado	9	6	7	9	7	6	8	10
Recepción de botellones	18	22	24	19	16	20	18	17
Colocación de botellones en banda T	14	13	12	17	13	12	16	13
Trasporte de botellones a Lavadora	67	59	65	63	66	62	63	65
Colocación de Banda T - Máquina	18	17	18	19	17	18	17	18
Lavado de Botellones	430	432	434	429	434	432	432	429
Colocación Máquina - Banda T	17	19	16	17	18	19	18	16
Transporte a Inspección de Lavado	11	13	12	10	12	10	11	14
Inspección de lavado	24	21	23	24	26	22	23	25
Transporte a Máquina de llenado	23	21	22	18	23	21	20	22
Llenado de botellones	27	28	26	29	27	28	26	30

Transporte a tapado de botellones	8	11	7	10	9	8	9	11
Tapado de botellones	12	14	11	11	13	14	12	13
Inspección de llenado y tapado de botellones	12	10	7	9	11	12	8	9
Trasporte a sellado de botellones	12	14	10	11	12	14	13	10
Colocación de sello a botellones	19	16	18	16	17	19	16	16
Calefacción por Termo encogible	16	17	19	20	19	18	19	18
Trasporte a colocación en pallets	23	24	23	26	22	27	23	26
Colocación de bidones en pallets	18	19	21	19	20	22	19	18
Transporte de bidones a área de almacenamiento	86	87	84	84	85	88	84	87
Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: *Elaborado por autor*

En línea con la metodología de García-Criollo, (2005), después de obtener las observaciones recomendadas, se avanzó hacia la determinación del factor de valoración. Este se llevó a cabo utilizando la tabla de calificación Westinghouse (*consultar Anexo 13*), la cual evalúa aspectos clave como Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Consistencia. Cabe recalcar que las actividades totalmente automatizadas no fueron consideradas en el estudio, por ende, se le asignó un valor nulo. Los resultados se detallan en la *Tabla 34* a continuación:

Tabla 34. *Cálculo de Factor de Valoración en Porcentaje*

TABLA DE CALIFICACIÓN								
#	Elementos	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma Algebraica	%	Factor de Valoración (%)
1	Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	100%
2	Bajar botellones vacíos del camión	0,11	0,05	0,02	0,01	0,19	19%	119%
3	Inspección de botellones recibidos	0,13	0,02	-0,03	0,03	0,15	15%	115%
4	Prelavado y cepillado exterior	0,08	0,08	-0,03	0,01	0,14	14%	114%
5	Etiquetado	0,13	0,02	-0,03	0,03	0,15	15%	115%
6	Trasporte a lavado	0,03	0,02	0,02	0,01	0,08	8%	108%
7	Recepción de botellones	0,03	0,02	0,02	0,01	0,08	8%	108%
8	Colocación de botellones en banda T	0,08	0,02	0,02	0,03	0,15	15%	115%
9	Trasporte de botellones a Lavadora	0	0	0	0	0	0%	100%
10	Colocación de Banda T – Máquina	0	0	0	0	0	0%	100%
11	Lavado de Botellones	0	0	0	0	0	0%	100%
12	Colocación Máquina - Banda T	0	0	0	0	0	0%	100%
13	Transporte a Inspección de Lavado	0	0	0	0	0	0%	100%
14	Inspección de lavado	0,13	0,1	0,02	0,01	0,26	26%	126%
15	Transporte a Máquina de llenado	0	0	0	0	0	0%	100%
16	Llenado de botellones	0	0	0	0	0	0%	100%
17	Transporte a tapado de botellones	0	0	0	0	0	0%	100%

18	Tapado de botellones	0	0	0	0	0	0%	100%
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	0,11	0,10	0,04	0,03	0,28	28%	128%
20	Trasporte a sellado de botellones	0	0	0	0	0	0%	100%
21	Colocación de sello a botellones	0,15	0,05	0,04	0,03	0,27	27%	127%
22	Calefacción por Termo encogible	0	0	0	0	0	0%	100%
23	Trasporte a colocación en pallets	0	0	0	0	0	0%	100%
24	Colocación de bidones en pallets	0,11	0,13	0,02	0,01	0,27	27%	127%
25	Trasporte de bidones a área de almacenamiento	0,06	0,02	0,04	0,03	0,15	15%	115%
26	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	100%

Nota: *Elaborado por autor*

Después de establecer el factor de valoración para cada actividad, el siguiente paso fue realizar el cálculo de los suplementos correspondientes utilizando la tabla propuesta por la OIT (Ver Anexo 14). Es importante destacar que las operaciones totalmente automatizadas fueron excluidas del cálculo de suplementos, ya que no implicaban intervención directa del operario, asignándoles un valor nulo. La evaluación de suplementos constantes se puede apreciar en el *Anexo 15*, mientras que la determinación de los suplementos variables se muestran en el *Anexo 16*. Por tanto, la suma de los suplementos constantes y variables, se muestran en la *Tabla 35*, a continuación:

Tabla 35. *Suma de los Suplementos Constantes y Variables*

SUMA DE SUPLEMENTOS				
#	Elementos	Suplementos		Suma de Suplementos
		Constantes	Variables	
1	Almacenamiento temporal	0	0	0
2	Bajar botellones vacíos del camión	9	6	15
3	Inspección de botellones recibidos	9	6	15
4	Prelavado y cepillado exterior	9	9	18
5	Etiquetado	9	6	15
6	Trasporte a lavado	9	4	13
7	Recepción de botellones	9	4	13
8	Colocación de botellones en banda T	9	4	13
9	Trasporte de botellones a Lavadora	0	0	0
10	Colocación de Banda T - Máquina	0	0	0
11	Lavado de Botellones	0	0	0
12	Colocación Máquina - Banda T	0	0	0
13	Trasporte a Inspección de Lavado	0	0	0
14	Inspección de lavado	11	13	24

15	Transporte a Máquina de llenado	0	0	0
16	Llenado de botellones	0	0	0
17	Transporte a tapado de botellones	0	0	0
18	Tapado de botellones	0	0	0
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	9	10	19
20	Trasporte a sellado de botellones	0	0	0
21	Colocación de sello a botellones	11	14	25
22	Calefacción por Termo encogible	0	0	0
23	Trasporte a colocación en pallets	0	0	0
24	Colocación de bidones en pallets	9	25	34
25	Transporte de bidones a área de almacenamiento	9	9	18
26	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0

Nota: *Elaborado por autor*

Después de completar el cálculo del factor de valoración y los suplementos totales para cada actividad, se avanzó al siguiente paso: determinar el tiempo estándar para cada actividad. Este paso es esencial para el cálculo del tiempo de ciclo total, incluyendo los tiempos de holguras necesarias. Los resultados de este proceso se detallan en la *Tabla 36*:

Tabla 36. Cálculo del tiempo estándar

ESTUDIO DE TIEMPO		Tiempo		Segundos		Fecha de elaboración		16/11/2023		Elaborador por:						
Lugar		AQUAFIT S.A.		Estudio N°		1		Inicio		Bryan Tomalá Orrala						
Operación		Embotellado de agua		Pagina N°		1		Fin		Aprobado por:						
Máquina		Lavadora, llenadora y termo encogible		Tipo de cronometraje		Cronometraje con vuelta a cero		-----								
N°	Descripción	Muestra								Cálculos						
		1	2	3	4	5	6	7	8	Tiempo total	Tiempo promedio	Valoración	Tiempo normal	Suplemento	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
1	Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	100%	0,00	0%	0,00	0,00
2	Bajar botellones vacíos del camión	12	13	15	14	12	14	13	16	109	13,6	119%	16,21	15%	2,04	18,26
3	Inspección de botellones recibidos	32	36	35	37	34	36	34	38	282	35,3	115%	40,54	15%	5,29	45,83
4	Prelavado y cepillado exterior	50	40	48	44	46	42	52	45	367	45,9	114%	52,30	18%	8,26	60,56
5	Etiquetado	5	9	7	12	9	11	6	8	67	8,4	115%	9,63	15%	1,26	10,89
6	Trasporte a lavado	9	6	7	9	7	6	8	10	62	7,8	108%	8,37	13%	1,01	9,38
7	Recepción de botellones	18	22	24	19	16	20	18	17	154	19,3	108%	20,79	13%	2,50	23,29
8	Colocación de botellones en banda T	14	13	12	17	13	12	16	13	110	13,8	115%	15,81	13%	1,79	17,60
9	Trasporte de botellones a Lavadora	67	59	65	63	66	62	63	65	510	63,8	100%	63,75	0%	0,00	63,75
10	Colocación de Banda T - Máquina	18	17	18	19	17	18	17	18	142	17,8	100%	17,75	0%	0,00	17,75
11	Lavado de Botellones	430	432	434	429	434	432	432	429	3452	431,5	100%	431,50	0%	0,00	431,50
12	Colocación Máquina - Banda T	17	19	16	17	18	19	18	16	140	17,5	100%	17,50	0%	0,00	17,50
13	Transporte a Inspección de Lavado	11	13	12	10	12	10	11	14	93	11,6	100%	11,63	0%	0,00	11,63
14	Inspección de lavado	24	21	23	24	26	22	23	25	188	23,5	126%	29,61	24%	5,64	35,25
15	Transporte a Máquina de llenado	23	21	22	18	23	21	20	22	170	21,3	100%	21,25	0%	0,00	21,25
16	Llenado de botellones	27	28	26	29	27	28	26	30	221	27,6	100%	27,63	0%	0,00	27,63

17	Transporte a tapado de botellones	8	11	7	10	9	8	9	11	73	9,1	100%	9,13	0%	0,00	9,13
18	Tapado de botellones	12	14	11	11	13	14	12	13	100	12,5	100%	12,50	0%	0,00	12,50
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	12	10	7	9	11	12	8	9	78	9,8	128%	12,48	19%	1,85	14,33
20	Trasporte a sellado de botellones	12	14	10	11	12	14	13	10	96	12,0	100%	12,00	0%	0,00	12,00
21	Colocación de sello a botellones	19	16	18	16	17	19	16	16	137	17,1	127%	21,75	25%	4,28	26,03
22	Calefacción por Termo encogible	16	17	19	20	19	18	19	18	146	18,3	100%	18,25	0%	0,00	18,25
23	Trasporte a colocación en pallets	23	24	23	26	22	27	23	26	194	24,3	100%	24,25	0%	0,00	24,25
24	Colocación de bidones en pallets	18	19	21	19	20	22	19	18	156	19,5	127%	24,77	34%	6,63	31,40
25	Transporte de bidones a área de almacenamiento	86	87	84	84	85	88	84	87	685	85,6	115%	98,47	18%	15,41	113,88
26	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	100%	0,00	0%	0,00	0,00
TOTAL, EN S		964	963	967	971	973	981	967	982	297,4	966,5		1017,85		55,96	1073,81
TOTAL, EN MIN		16,07	16,05	16,12	16,18	16,22	16,35	16,12	16,37							17,90

Nota: Elaborado por autor

Con base en el estudio de tiempo realizado, donde se estableció un tiempo total estándar para el proceso de embotellado de 17.90 minutos, se obtiene una perspectiva clara de la duración para completar las actividades del proceso. Este resultado sirve como referencia clave para evaluar la eficiencia en el proceso de producción de botellones de agua.

3.3.3.2. Situación Propuesta

Habiendo establecido previamente que el tiempo de ciclo para la producción de 6 botellones de agua varía entre 10 y 20 minutos, se concluye que se empleará el mismo número de ciclos para las observaciones, siguiendo la pauta de la tabla de General Electric. En este sentido, se optará nuevamente por observar y tomar 8 números de ciclos recomendados para asegurar una representación adecuada y significativa de los datos. Los datos observados para el estudio de tiempos se presentan en la *Tabla 37*, a continuación:

Tabla 37. Ciclos Observados para situación propuesta

TIEMPOS DE CICLO OBSERVADOS SEGÚN CRITERIOS DE GENERAL ELECTRIC								
ELEMENTOS/CICLOS	1	2	3	4	5	6	7	8
Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0
Bajar botellones vacíos del camión	11	14	12	11	12	10	13	11
Inspección de botellones recibidos	30	24	31	29	27	28	26	29
Prelavado y cepillado exterior	42	46	41	39	45	40	43	35
Etiquetado	7	8	6	7	5	8	8	5
Trasporte a lavado	9	7	6	8	7	8	7	8
Recepción de botellones	14	13	15	12	13	14	12	16
Colocación de botellones en banda T	10	12	11	11	12	10	11	12
Trasporte de botellones a Lavadora	39	42	38	40	41	39	42	41
Colocación de Banda T - Máquina	16	18	17	16	17	18	17	16
Lavado de Botellones	389	385	389	386	390	385	388	390
Colocación Máquina - Banda T	17	18	17	17	18	16	18	17
Transporte a Inspección de Lavado	12	11	13	12	12	11	13	10
Inspección de lavado	21	19	26	23	21	20	19	22
Transporte a Máquina de llenado	15	17	16	18	17	18	15	17
Llenado de botellones	25	23	26	27	24	23	26	27
Transporte a tapado de botellones	8	7	9	8	7	9	8	8
Tapado de botellones	10	13	12	11	11	12	13	10
Inspección de llenado y tapado de botellones	8	10	11	8	9	11	11	9
Transporte a sellado de botellones	12	14	14	13	11	10	13	10
Colocación de sello a botellones	11	10	13	14	12	12	10	13
Calfacción por Termo encogible	13	11	12	14	12	12	13	11
Transporte a colocación en pallets	19	21	18	19	20	22	18	20
Colocación de bidones en pallets	17	20	19	16	14	18	17	18
Transporte de bidones a área de almacenamiento	68	76	77	75	74	75	67	73
Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: *Elaborado por autor*

Luego de seleccionar los ciclos recomendados según los criterios de General Electric para la situación propuesta, se avanzó de manera directa al cálculo del tiempo estándar. Este enfoque se adoptó debido a que tanto el factor de valoración como los valores de suplementos ya habían sido establecidos para la situación inicial y no experimentarían cambios, ya que las condiciones de evaluación permanecen constantes. Este enfoque eficiente permitió una transición fluida hacia la siguiente etapa del análisis, optimizando la utilización de recursos y asegurando la coherencia en la evaluación de la situación. Los resultados fueron presentados en la *Tabla 38*:

Tabla 38. Cálculo del tiempo estándar de la situación propuesta

ESTUDIO DE TIEMPO		Tiempo		Segundos	Fecha de elaboración		Elaborador por:									
Lugar	AQUAFIT S.A.	Estudio N°	1	Inicio			Bryan Tomalá Orrala									
Operación	Embotellado de agua	Página N°	1	Fin			Aprobado por:									
Máquina	Lavadora, llenadora y termo encogible	Tipo de cronometraje	Cronometraje con vuelta a cero				-----									
N°	Descripción	Muestra								Cálculos						
		1	2	3	4	5	6	7	8	Tiempo total	Tiempo promedio	Valoración	Tiempo normal	Suplemento	Tiempo suplementario	Tiempo estándar
1	Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	100%	0,00	0%	0,00	0,00
2	Bajar botellones vacíos del camión	11	14	12	11	12	10	13	11	94	11,8	119%	13,98	15%	1,76	15,75
3	Inspección de botellones recibidos	30	24	31	29	27	28	26	29	224	28,0	115%	32,20	15%	4,20	36,40
4	Prelavado y cepillado exterior	42	46	41	39	45	40	43	35	331	41,4	114%	47,17	18%	7,45	54,62
5	Etiquetado	7	8	6	7	5	8	8	5	54	6,8	115%	7,76	15%	1,01	8,78
6	Trasporte a lavado	9	7	6	8	7	8	7	8	60	7,5	108%	8,10	13%	0,98	9,08
7	Recepción de botellones	14	13	15	12	13	14	12	16	109	13,6	108%	14,72	13%	1,77	16,49
8	Colocación de botellones en banda T	10	12	11	11	12	10	11	12	89	11,1	115%	12,79	13%	1,45	14,24
9	Trasporte de botellones a Lavadora	39	42	38	40	41	39	42	41	322	40,3	100%	40,25	0%	0,00	40,25
10	Colocación de Banda T - Máquina	16	18	17	16	17	18	17	16	135	16,9	100%	16,88	0%	0,00	16,88
11	Lavado de Botellones	389	385	389	386	390	385	388	390	3102	387,8	100%	387,75	0%	0,00	387,75
12	Colocación Máquina - Banda T	17	18	17	16	17	18	17	16	138	17,3	100%	17,25	0%	0,00	17,25
13	Transporte a Inspección de Lavado	12	11	13	12	12	11	13	10	94	11,8	100%	11,75	0%	0,00	11,75
14	Inspección de lavado	21	19	26	23	21	20	19	22	171	21,4	126%	26,93	24%	5,13	32,06
15	Transporte a Máquina de llenado	15	17	16	18	17	18	15	17	133	16,6	100%	16,63	0%	0,00	16,63
16	Llenado de botellones	25	23	26	27	24	23	26	27	201	25,1	100%	25,13	0%	0,00	25,13

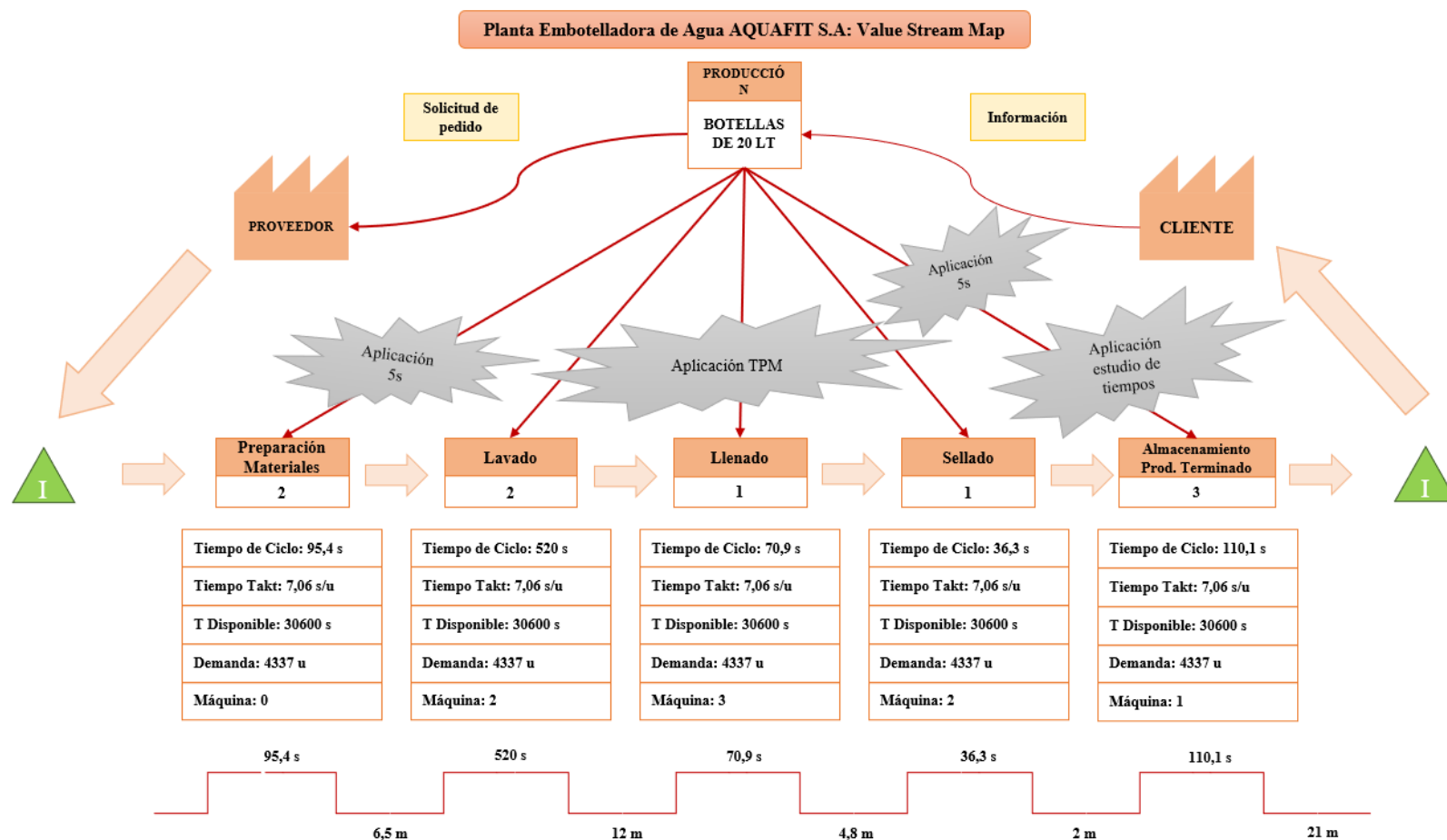
17	Transporte a tapado de botellones	8	7	9	8	7	9	8	8	64	8,0	100%	8,00	0%	0,00	8,00
18	Tapado de botellones	10	13	12	11	11	12	13	10	92	11,5	100%	11,50	0%	0,00	11,50
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	8	10	11	8	9	11	11	9	77	9,6	128%	12,32	19%	1,83	14,15
20	Trasporte a sellado de botellones	12	14	14	13	11	10	13	10	97	12,1	100%	12,13	0%	0,00	12,13
21	Colocación de sello a botellones	11	10	13	14	12	12	10	13	95	11,9	127%	15,08	25%	2,97	18,05
22	Calefacción por Termo encogible	13	11	12	14	12	12	13	11	98	12,3	100%	12,25	0%	0,00	12,25
23	Trasporte a colocación en pallets	19	21	18	19	20	22	18	20	157	19,6	100%	19,63	0%	0,00	19,63
24	Colocación de bidones en pallets	17	20	19	16	14	18	17	18	139	17,4	127%	22,07	34%	5,91	27,97
25	Transporte de bidones a área de almacenamiento	68	76	77	75	74	75	67	73	585	73,1	115%	84,09	18%	13,16	97,26
26	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	100%	0,00	0%	0,00	0,00
TOTAL, EN S		824	841	852	838	836	835	835	836	256,2	832,6		876,34		47,61	923,95
TOTAL, EN MIN		13,73	14,02	14,20	13,97	13,93	13,92	13,92	13,93							15,40

Nota: *Elaborado por autor*

Tras la implementación de la propuesta, el estudio de tiempo reveló una notable mejora en el proceso de embotellado, reflejándose en la reducción del tiempo total estándar a 15,40 minutos. Esta significativa disminución con respecto al tiempo total estándar inicial de 17,90 minutos indica una mayor eficiencia y agilidad en la ejecución de las actividades. La implementación de las estrategias propuestas ha demostrado ser efectiva, optimizando el rendimiento del proceso y posicionando el tiempo de embotellado en niveles más competitivos. Este logro refuerza la viabilidad y eficacia de las medidas adoptadas, evidenciando un impacto positivo en la eficiencia operativa de la planta embotelladora de agua. Posterior a ello, se procedió a elaborar el diagrama VSM propuesto como se muestra en la *Figura 21*.

3.3.3.3. VSM Propuesto

Figura 21. VSM propuesto de la planta AQUAFIT S.A.



Nota: Elaborado por autor

En la *Tabla 39*, se presenta que el proceso de embotellado de agua purificada en la planta AQUAFIT S.A. se ejecuta con un tiempo total transcurrido (Lead Time) de 832,9 segundos y un tiempo real para realizar las actividades que generan valor agregado en un proceso (Process Time) de 643,9 segundos. Estos resultados son producto del análisis del mapa de flujo de valor inicial de la planta embotelladora y purificadora de agua AQUAFIT S.A.

Tabla 39. *Resumen de tiempos que agregan y no agregan valor en las actividades*

Valor agregado	Tiempo (s)	%
Agregando valor	531,6	0,64
Necesario, pero sin valor añadido	112,3	0,13
Sin valor añadido	189	0,23
Lead Time	832,9	
Process time	643,9	

Nota: Elaborado por autor

3.4. Marco de resultados

3.4.1. Análisis de resultados

3.4.1.1. VSM

Después de implementar el Mapa de Flujo de Valor en las dos etapas del estudio, tanto al principio como al final de las propuestas de mejora continua, se obtuvieron resultados notables que ofrecen una perspectiva completa del proceso y su desarrollo a lo largo de las iniciativas de optimización, como se detalla en la *Tabla 40*:

Tabla 40. *Resultados de aplicación del VSM inicial y propuesto.*

	VSM Inicial	VSM Propuesto
Lead Time	966,9 segundos	832,9 segundos
Tiempo de Valor Agregado	732 segundos	643,9 segundos

Nota: Elaborado por autor

Con esta información, es posible realizar el cálculo de las variaciones en ambos indicadores:

$$\Delta \text{Lead Time} = 832,9 \text{ s} - 966,9 \text{ s} = -134 \text{ s}$$

$$\Delta \text{TVA} = 643,9 \text{ s} - 732 \text{ s} = -88,1 \text{ s}$$

La aplicación del Mapa de Flujo de Valor ha arrojado datos reveladores sobre la eficiencia y el valor agregado en el proceso de producción de botellones de 20L. En la

fase inicial, el Lead Time se registró en 966.9 segundos, con un Tiempo de Valor Agregado de 732 segundos. Tras la implementación de las propuestas de mejora continua, observamos una notable optimización. El Lead Time propuesto es de 832.9 segundos reduciendo en 134 segundos al Lead Time inicial, y el Tiempo de Valor Agregado propuesto es de 643.9 segundos disminuyendo 88,1 segundos al TVA inicial. Esta disminución en el Lead Time indica una mejora significativa en la eficiencia general del proceso. La reducción del Tiempo de Valor Agregado sugiere que las iniciativas de optimización se han centrado efectivamente en maximizar las actividades que realmente aportan valor al producto final. Estos resultados indican una evolución positiva en la eficacia del proceso, respaldando la efectividad de las acciones implementadas para optimizar la producción de botellones de 20L.

3.4.1.2. 5S

Tras llevar a cabo la implementación de las 5S, se procedió a comparar los indicadores iniciales con los finales, permitiendo así la observación de las variaciones entre ambos estados, como se muestra en la *Tabla 41*:

Tabla 41. Resultados del nivel de las 5S inicial y propuesto.

	Inicial	Propuesto
Nivel 5s	47%	84 %
Diagnóstico	Malo	Bueno

Nota: Elaborado por autor

$$\Delta \text{ Nivel } 5's = \frac{84 \% - 47 \%}{47 \%} * 100 = +78,72 \%$$

De manera más detallada, se realizó una comparación entre las diferentes etapas de las 5S de manera semejante, como se muestra en la *Tabla 42*:

Tabla 42. Resultados detallados de la implementación 5S.

	Inicial	Propuesto
Nivel 5s	47%	84 %
Selección	41 %	82 %
Orden	56 %	81 %
Limpieza	57 %	93 %
Estandarización	38 %	81 %

Nota: Elaborado por autor

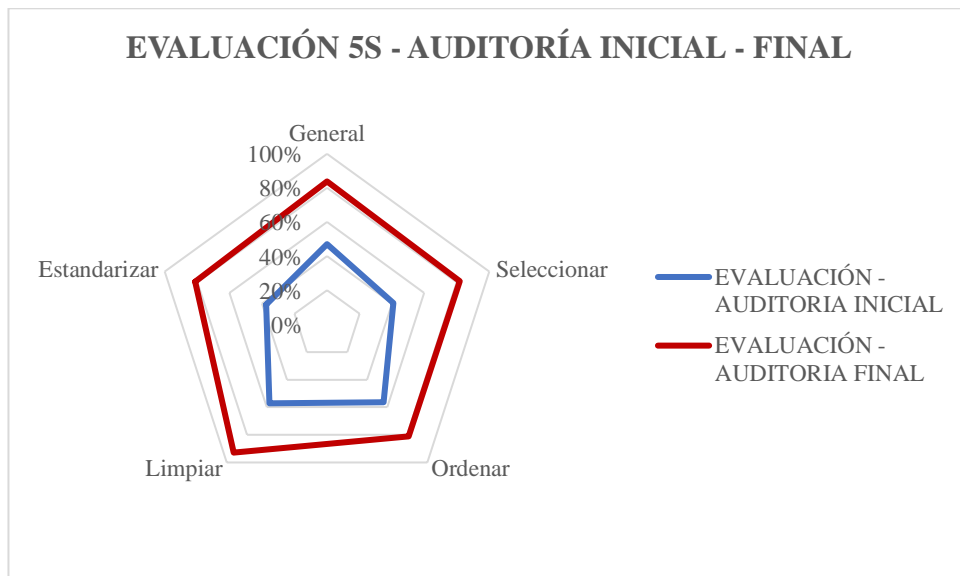
La implementación de las 5S ha generado un cambio sustancial en el entorno de trabajo, como se refleja en la comparación de los indicadores iniciales y finales. En la situación inicial, el Nivel 5S se situaba en un 47%, clasificado como "Malo". Sin

embargo, tras la aplicación de las propuestas de mejora, se observa una transformación significativa, elevando el Nivel 5S al 84%, ahora categorizado como "Bueno".

Al desglosar cada componente de las 5S, se destaca una mejora notable en todas las áreas. La Selección, que inicialmente estaba en un 41%, se ha elevado al 82%. El Orden ha experimentado un aumento sustancial del 56% al 81%. La Limpieza ha alcanzado un impresionante 93%, comparado con el 57% inicial. Asimismo, la Estandarización ha mejorado considerablemente, pasando del 38% al 81%.

Estos resultados indican una transformación significativa en la cultura organizacional hacia prácticas más ordenadas, limpias y estandarizadas. La mejora en los niveles de las 5S sugiere una mayor eficiencia operativa y un entorno de trabajo más seguro y productivo. En la *Figura 22* se muestra una gráfica radial de la evaluación de las 5s inicial y final:

Figura 22. Representación visual para comparación del nivel de 5s



Nota: Elaborado por autor

3.4.1.3. TPM

Se llevó a cabo el cálculo de la variación experimentada por el OEE inicial tras la aplicación del plan de mantenimiento productivo total, los resultados detallados se presentan de manera clara en la *Tabla 43*, proporcionando una visión integral de cómo la implementación del plan ha influido en el rendimiento global del sistema.

Tabla 43. Resultados del nivel de la OEE inicial y propuesto.

	Inicial	Propuesto
OEE	67%	86 %
Métrica	Regular	Buena

Nota: Elaborado por autor

$$\Delta OEE = \frac{86 \% - 67 \%}{67 \%} * 100 = +28,36 \%$$

También se exhibe la diferencia entre cada indicador del OEE al inicio y al final, después de la implementación del Mantenimiento Total Productivo, según se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Resultados detallados del nivel de OEE y diferencia.

	Inicial	Final	Diferencia
Disponibilidad	80 %	94 %	+14 %
Eficiencia	89 %	96 %	+7 %
Calidad	94 %	95 %	+1 %

Nota: Elaborado por autor

La aplicación del plan de mantenimiento productivo total (TPM) ha generado una mejora significativa en los indicadores del OEE. En la situación inicial, el OEE se encontraba en un 67%, clasificado como "Regular". Sin embargo, tras la implementación del plan TPM, se observa una transformación sustancial, elevando el OEE al 86%, ahora categorizado como "Buena".

Al desglosar cada componente del OEE, se destaca una mejora en todas las áreas. La Disponibilidad ha experimentado un aumento del 80% al 94%, indicando una reducción en los tiempos de inactividad y una mayor eficiencia en la maquinaria. La Eficiencia ha alcanzado un impresionante 96%, comparado con el 89% inicial, señalando una optimización en la productividad. Asimismo, la Calidad ha mantenido un alto nivel, pasando del 94% al 95%.

Estos resultados sugieren que la ejecución del plan TPM ha generado un efecto positivo en la eficacia operativa al reducir los tiempos de inactividad y elevar la calidad del proceso productivo. El incremento del 28,36% en el OEE indica una mayor eficiencia global en la línea de producción, contribuyendo a un rendimiento general calificado como "Buena".

3.4.1.4. Estudio de tiempos

Se llevó a cabo un análisis de tiempos para el proceso de embotellado de agua, resultando en un tiempo estándar de 17,90 minutos para la producción de cada lote de 6 botellones. Posteriormente, tras observar el rendimiento de la producción de embotellado de agua durante la semana siguiente a la implementación de las herramientas de mejora continua, se registró un nuevo tiempo estándar de 15,40 minutos por cada lote de 6 botellones producidos, como se muestra en la *Tabla 45*:

Tabla 45. *Tiempo estándar inicial y final*

	Inicial	Final
Tiempo estándar	17,90 min	15,40 min

Nota: *Elaborado por autor*

$$\Delta TS = \frac{15,40 \text{ min} - 17,90 \text{ min}}{17,90 \text{ min}} * 100 = -13,97 \%$$

Esta reducción del tiempo estándar del proceso indica una mayor eficiencia en la línea de producción. La disminución del 13,97% por lote refleja una mejora sustancial en la productividad y la eficacia operativa. Los posibles factores que han contribuido a esta optimización fueron una mayor eficiencia en las operaciones, una reducción de los tiempos muertos y una mayor sincronización entre las distintas etapas del proceso.

3.4.1.5. Productividad

Al evaluar la productividad, se examinaron las observaciones recopiladas durante la semana posterior a la aplicación de las herramientas de mejora constante. Se observó una marcada disminución en el tiempo estándar de producción, acompañada de un aumento notable en la cantidad de botellones de agua fabricados, manteniendo constante el tiempo en relación con la demanda mensual.

$$\text{Tiempo utilizado inicial} = 103245 \text{ und} * \frac{17,90 \text{ min}}{6 \text{ und}} = 308014,25 \text{ min}$$

Con este valor, se calcula la producción final:

$$\text{Producción final} = 308014,25 \text{ min} * \frac{6 \text{ und}}{15,40 \text{ min}} = 120005,55 \approx 120006 \text{ und}$$

El análisis revela un impacto significativo en la producción mensual tras la implementación de la propuesta. Antes de la intervención, con un tiempo de ciclo de 17,90 minutos por cada 6 botellones, se estimaba la producción de 103,245 botellones

en un tiempo total de 308,014.25 minutos. Posteriormente, con la reducción del tiempo de ciclo a 15,40 minutos por cada 6 botellones, se proyecta la producción de 120,006 botellones en el mismo período de 308,014.25 minutos. Esta mejora representa una diferencia notable de 16,761 botellones adicionales en la producción mensual. La eficiencia ganada a través de la optimización del tiempo de ciclo se traduce directamente en un aumento sustancial de la capacidad productiva. Asimismo, la propuesta no solo ha disminuido los tiempos de ciclo, sino que también ha optimizado la utilización del tiempo disponible, posibilitando la fabricación de un volumen mayor de botellones en el mismo periodo. En consecuencia, se llevará a cabo el cálculo del índice de productividad antes y después de la ejecución de la propuesta.

$$Productividad\ h - h = \frac{Cantidad\ de\ producción\ (und)}{h * h}$$

Mediante la fórmula mencionada previamente, se puede determinar la productividad tanto al inicio como al final del periodo en cuestión en términos de horas hombre, considerando que para la producción de botellones se requiere de 8 operarios, el tiempo disponible de trabajo abarca 8 horas y media diarias (4 horas/día), 6 días a la semana y 4 semanas al mes. Este horario se traduce en un total mensual de 1632 horas hombre.

$$Productividad\ h - h\ (inicial) = \frac{103245\ und}{1632\ h * h} = 63,263\ \frac{und}{h - h}$$

$$Productividad\ h - h\ (final) = \frac{120006\ und}{1632\ h * h} = 73,533\ \frac{und}{h - h}$$

$$\Delta\ Productividad\ h - h = \frac{73,533 - 63,263}{63,263} * 100 = 16,23\ \%$$

Evidenciando así un aumento del 16,23% en términos de productividad.

3.4.2. Contrastación de la hipótesis

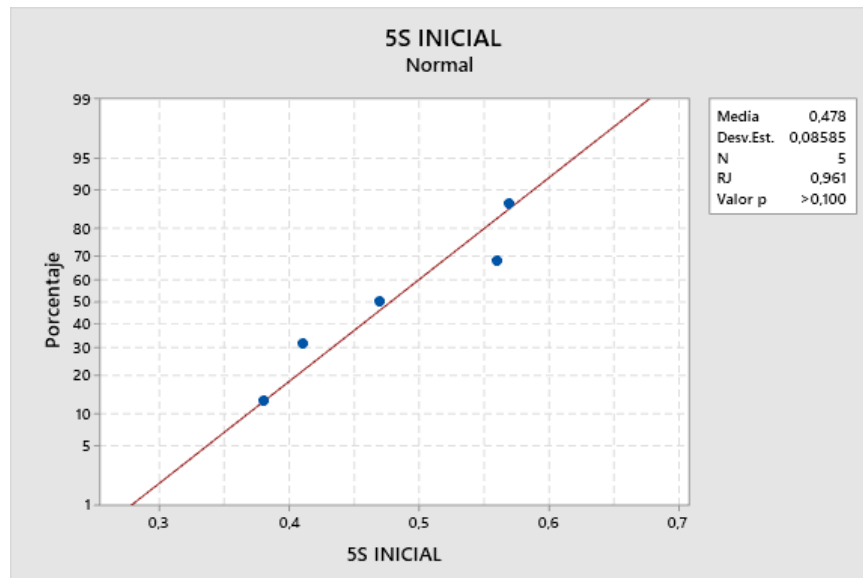
En una fase inicial, se emplea el software estadístico Minitab 19 para llevar a cabo la prueba de normalidad. Esta evaluación busca determinar si los datos exhiben una distribución normal y se utiliza la prueba de Ryan-Joiner en el caso de muestras de tamaño inferior a 50. En este proceso, se aplican los parámetros que se detallan a continuación:

Valor $p \leq \alpha$, los datos no siguen una distribución normal

Valor $p > \alpha$, se rechaza que los datos no siguen una distribución normal

En el análisis inicial del primer caso, relacionado con la evaluación del nivel de 5S, se presenta la distribución del nivel inicial, tal como se representa en la *Figura 23* que se presenta a continuación:

Figura 23. *Gráfica de probabilidad del nivel inicial de 5S*



Nota: *Elaborado por autor en el software Minitab19.*

En la figura se aprecia que el valor de p es igual a 0.100, superando el umbral de significancia de 0,05. Por lo tanto, podemos concluir que existe una distribución normal en los datos correspondientes al nivel inicial de 5S. Las otras representaciones gráficas se encuentran detalladas en el Anexo 17, tanto para los valores iniciales como finales. En todas ellas, el valor de p es superior a 0.05, indicando que la distribución de estos datos también es normal.

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se empleó el software estadístico Minitab 19, permitiendo la comparación de las muestras recopiladas en la investigación. Dado que la cantidad de datos fue menor a 30, se optó por la prueba T-Student para dos grupos, uno inicial y otro final, siguiendo el criterio establecido para la toma de decisiones en cada caso.

P valor $\leq \alpha$, se rechaza H_0 , acepta H_1

P valor $> \alpha$, no se rechaza H_0

Es importante destacar que, en todos los casos, el nivel de significancia (α) se mantiene en 0.05 como un valor representativo.

3.4.2.1. VSM

Después de implementar las herramientas, se detecta una variación en el lead time y TVA del proceso productivo, como se mostró anteriormente en la *Tabla 40*. Se busca verificar si esta modificación temporal se traduce en una mejora de la productividad. Utilizando el programa Minitab, se realizaron cálculos de estadísticos descriptivos para los casos inicial y final, como se ilustra en la *Figura 24* a continuación:

Figura 24. Estadísticos descriptivos del VSM inicial y propuesto

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
VSM INICIAL	2	849	166	117
VSM FINAL	2	738	134	95

Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Al emplear el criterio de toma de decisiones, se consideran las hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1) de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H_0): No se observa una variación significativa en la productividad previa y posterior a la implementación.

Hipótesis alternativa (H_1): Se identifica una variación significativa en la productividad previa y posterior a la implementación.

A través de la prueba T-Student de dos muestras, una para el estado inicial y otra para el estado final, se lograron obtener los datos mostrados en la *Figura 25*:

Figura 25. Prueba T-Student de dos muestras VSM

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$		
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$		
Valor T	GL	Valor p	
0,74	1	0,596	

Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Dado que el p-valor obtenido es de 0,596, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1). En términos simples, se puede afirmar que existe una disparidad significativa en la productividad antes y después de la implementación.

3.4.2.2. 5S

Se compararon los valores del nivel al inicio y al final, mostrados previamente en la *Tabla 42*, obtenidos durante la implementación de esta herramienta, como parte del proceso de confirmación de la hipótesis. Utilizando el programa Minitab, se realizaron cálculos de estadísticos descriptivos para los casos inicial y final, como se ilustra en la *Figura 26* a continuación:

Figura 26. Estadísticos descriptivos para el nivel de 5S inicial y propuesto

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
5S INICIAL	5	0,4780	0,0858	0,038
5S FINAL	5	0,8420	0,0507	0,023

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Al emplear el criterio de toma de decisiones, se consideran las hipótesis nula (H0) y alternativa (H1) de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H0): No se observa una variación significativa en el nivel de 5S antes y después de la implementación.

Hipótesis alternativa (H1): Existe una variación significativa en el nivel de 5S antes y después de la implementación.

A través de la prueba T-Student de dos muestras, una para el estado inicial y otra para el estado final, se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la *Figura 27*:

Figura 27. Prueba T-Student de dos muestras Nivel 5S

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
-8,16	6	0,000

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Debido a que el valor p alcanzó 0.000, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1). En términos sencillos, se puede afirmar que existe una disparidad significativa en el nivel de 5S antes y después de su implementación.

3.4.2.3. TPM

Se contrastaron los porcentajes de disponibilidad, eficiencia y calidad al comienzo y al cierre, obtenidos en el transcurso de la ejecución de los planes de mantenimiento, tal como se especifica en la Tabla 44. Utilizando el software Minitab, se efectuaron cálculos de estadísticas descriptivas para las instancias inicial y final, como se muestra en la Figura 28 que sigue:

Figura 28. Estadísticos descriptivos para el nivel OEE inicial y propuesto

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
TPM INICIAL	3	0,8767	0,0709	0,041
TPM FINAL	3	0,9500	0,0100	0,0058

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Al emplear el criterio de toma de decisiones, se consideran las hipótesis nula (H0) y alternativa (H1) de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H0): No se evidencia una variación significativa en los indicadores de mantenimiento previos y posteriores a la implementación de los planes de mantenimiento.

Hipótesis alternativa (H1): Existe una variación significativa en los indicadores de mantenimiento previos y posteriores a la implementación de los planes de mantenimiento.

A través de la prueba T-Student de dos muestras, una para el estado inicial y otra para el estado final, se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la *Figura 29*:

Figura 29. Prueba T-Student de dos muestras Nivel OEE

Prueba

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL
-1,77	2
Valor p	0,218

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Debido a que el p-valor alcanzó 0.218, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa (H1). En términos simples, se puede afirmar que existe una disparidad significativa en la eficacia global de los equipos antes y después de la aplicación de herramientas de mejora continua.

3.4.2.4. Estudio de Tiempos

Los valores examinados para respaldar la hipótesis fueron los tiempos promedio al inicio y al final, obtenidos durante la aplicación de las herramientas, tal como se presenta en la Tabla 46:

Tabla 46. Comparación de tiempos promedio por observación.

Tiempo promedio inicial	Tiempo promedio propuesto
16,07	13,73
16,05	14,02
16,12	14,20
16,18	13,97
16,22	13,93
16,35	13,92
16,12	13,92
16,37	13,93

Nota: Elaborado por autor

Utilizando el programa Minitab, se realizaron cálculos de estadísticos descriptivos para los casos inicial y final, como se ilustra en la Figura 30 a continuación:

Figura 30. Estadísticos descriptivos para tiempo estándar inicial y propuesto

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
TS INICIAL	8	13,952	0,129	0,046
TS FINAL	8	16,183	0,121	0,043

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Al emplear el criterio de toma de decisiones, se consideran las hipótesis nula (H0) y alternativa (H1) de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H0): No se observa una variación significativa en los tiempos estándar antes y después de la aplicación de herramientas de mejora continua.

Hipótesis alternativa (H1): Existe una variación significativa en los tiempos estándar antes y después de la aplicación de herramientas de mejora continua.

A través de la prueba T-Student de dos muestras, una para el estado inicial y otra para el estado final, se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la *Figura 31*:

Figura 31. Prueba T-Student de dos muestras Nivel OEE

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
-35,62	13	0,000

Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Dado que el valor p alcanzó 0.000, se descarta H0 y se acepta H1. En otras palabras, se puede afirmar que hay una diferencia significativa en la efectividad global de los equipos antes y después de la implementación de herramientas de mejora continua.

3.5. Presupuesto

En la *Tabla 47*, brinda un desglose de los elementos importantes para llevar a cabo la propuesta. Para la metodología 5S, se contempla una inversión de \$1.772,00, que incluye capacitación, material didáctico, etiquetas, materiales para documentación, suministros de limpieza, contenedores de almacenamiento y contenedores para residuos. En cuanto al TPM, se destina un presupuesto de \$27.770,00 para capacitación para mantenimiento preventivo mensual, calibración, limpieza y cambio de piezas en las máquinas. Se ha considerado un 10% para imprevistos y un 15% de reajuste, lo que suma un total de \$36.927,50 dólares estadounidenses. Esta inversión busca optimizar la eficiencia operativa.

Tabla 47. Presupuesto del proyecto

Propuesta	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
METODOLOGÍA 5S	Capacitación	2	\$450,00	\$900,00
	Material didáctico			\$250,00

	Etiquetas	1500	\$0,25	\$375,00
	Material para documentación			\$45,00
	Suministros de limpieza			\$70,00
	Contenedores de almacenamiento	8	\$8,00	\$64,00
	Contenedores para residuos	4	\$17,00	\$68,00
TPM	Capacitación	2	\$485,00	\$970,00
	Material didáctico			\$250,00
	Materiales y repuestos			\$24.200,00
	Lubricantes y productos químicos			\$2.350,00
Subtotal				\$29.542,00
10% de imprevistos				\$2.954,20
15% de reajuste				\$4.431,30
TOTAL				\$36.927,50

Nota: Elaborado por autor

Para establecer un modelo aplicado a Lean Manufacturing, se realizó una inversión total de \$36.927,50. A lo largo de cinco años, este proyecto generó flujos de efectivo anuales de \$301698, con una tasa de rendimiento del 10%. En este escenario, se llevaron a cabo cálculos financieros como el VAN, TIR y el Periodo de Recuperación (PR) para validar la viabilidad del proyecto en comparación con la inversión inicial.

$$VAN(\$) = \text{Valor Actual Neto}$$

$$TIR(\%) = \text{Tasa Interna de Retorno}$$

$$PR(t) = \text{Periodo de Recuperación}$$

La *Tabla 48* proporciona los cálculos del flujo de fondo para abordar las herramientas financieras previamente mencionadas.

Tabla 48. Cálculo del flujo de fondo

CALCULOS DEL FLUJO DE FONDO						
	0	1	2	3	4	5
Flujo de Fondo	\$-36.927,50	\$ 301.698,00	\$ 301.698,00	\$ 301.698,00	\$ 301.698,00	\$ 301.698,00
Saldo Actual de 10%	\$ -36.927,50	\$ 274.270,91	\$ 249.337,19	\$ 226.670,17	\$ 206.063,79	\$ 187.330,72
Saldo Actualizado Acumulado	\$ -36.927,50	\$ 237.343,41	\$ 486.680,60	\$ 713.350,77	\$ 919.414,57	\$ 1106745,29

Nota: Elaborado por autor

Donde:

- $Tasa(\%) = \text{Valor por definición}$

$$Tasa (\%) = 10 \%$$

- $VNA (\$) = VNA(\text{Interés}; \text{flujo de caja}) + \text{desembolso inicial}$

$$VNA(\$) = \$1.143.672,79$$

- $VAN(\$) = Beneficio\ Neto\ Actualizado\ (VNA) + inversión\ inicial$

$$VAN(\$) = \$1.106.745,29$$

- TIR (%) = Se resta inicial del valor actual operación menos ventas o retorno de inversión y se multiplica por 100.

$$TIR(\%) = 817\%$$

- $PR(t) = Inversión\ inicial / flujo\ de\ efectivo\ por\ periodo$

$$PR(t) = Año\ anterior\ de\ recuperación + \frac{Inversión}{Ingreso\ año\ de\ recuperación}$$

$$PR(t) = 0 - \frac{-\$36.927,50}{\$274.270,91}$$

$$PR(t) = 0,13\ años * 12\ meses = 1,62\ meses = 0,62\ meses * 30\ días = 19\ días$$

$$PR(t) = 1\ mes\ y\ 19\ días$$

A partir del valor neto actual (VNA) de \$1.143.672,79 dólares, lo cual representa la recuperación de la inversión inicial del proyecto, incluso al considerar el pago de la tasa del 10%. Este respaldo confirma que la implementación de la propuesta añadió valor. Además, al emplear una tasa de retorno del 15%, se observó un incremento en comparación con la tasa establecida para la propuesta, indicando que la Tasa Interna de Retorno (TIR) superó la tasa establecida. En última instancia, el periodo de recuperación de la inversión se calculó en 1 mes y 19 días, evidenciando que en el primer año el proyecto recuperó la inversión inicial.

3.6.Marco de discusión

El análisis de los resultados revela mejoras sustanciales en la eficiencia de la línea de producción, impulsadas por la implementación del Programa de Mantenimiento Total Productivo. Inicialmente clasificado como "Regular" con un OEE del 67%, la situación propuesta muestra un aumento significativo, alcanzando una calificación de "Buena" con un 86%. Este cambio refleja avances tanto en la disponibilidad como en la eficiencia y calidad del proceso.

La efectividad de las acciones correctivas implementadas, según la Matriz AMFE, se destaca al observar reducciones significativas en los RPNs de fallas potenciales

identificadas, como el lavado ineficiente y desajustes en el sistema de llenado. Esto sugiere una mejora en la confiabilidad y desempeño de las máquinas clave.

El estudio de tiempos demuestra una optimización en la producción. El tiempo estándar inicial de 17,90 minutos por lote de 6 botellones se redujo a 15,40 minutos después de la implementación de las herramientas de mejora continua, indicando una mayor eficiencia en las operaciones y una respuesta más ágil a la demanda del mercado.

En términos estratégicos, es crucial evaluar la sostenibilidad de estos resultados a lo largo del tiempo y considerar cómo las estrategias implementadas contribuyen al logro de los objetivos iniciales. Además, explorar cómo factores externos pueden influir en la efectividad de estas estrategias proporciona un contexto valioso para la interpretación de los resultados. En conclusión, los resultados ofrecen una base sólida para decisiones estratégicas futuras y sugieren áreas específicas que podrían beneficiarse de un enfoque continuo en la mejora continua.

CONCLUSIONES

El estado del arte, a través de un mapeo sistemático de la literatura, proporcionó una base teórica sólida para la investigación realizada. Este análisis sirvió para identificar variables clave, comprender tendencias y explorar enfoques previamente abordados en la optimización de procesos de producción. Cada autor, según los artículos revisados, empleó diversas herramientas adaptadas a las necesidades, conveniencias o líneas de producción de las empresas de estudio. Este análisis resultó esencial para contextualizar la investigación, facilitando la comprensión de las tendencias actuales y el conocimiento de las mejores prácticas en la optimización de procesos industriales.

En este contexto, se optó por un enfoque cuantitativo y un diseño de investigación descriptivo-correlacional, delineando un procedimiento metodológico de seis etapas que abarcaba desde la recolección de datos hasta la implementación efectiva de herramientas Lean. La elección de focalizar la muestra en el proceso de embotellado se alineó con las metas específicas del estudio, mientras que las técnicas de observación directa y análisis de datos permitieron una evaluación precisa y objetiva. Para la recolección de datos, se emplearon herramientas especializadas, como fichas de observación para capturar detalles significativos, diagramas de flujo de procesos para visualizar la secuencia de actividades y, finalmente, el diagrama VSM para una representación integral del flujo de valor.

En resumen, la aplicación integral de las herramientas Lean Manufacturing, que incluyeron el uso del VSM, las 5S, el TPM y un estudio de tiempos, condujo a mejoras sustanciales en el rendimiento operativo. La transformación del OEE de "Regular" a "Bueno" y la evolución positiva de los niveles de las 5S, de "Malo" a "Bueno", son indicadores claros de la efectividad de estas intervenciones. Además, el análisis detallado de tiempos demostró una notable reducción en el tiempo estándar, pasando de 17,90 a 15,40 minutos por lote de 6 botellones, lo que representa una mejora significativa en la eficiencia operativa. Este logro se tradujo en un aumento del 16,23% en términos de productividad. Estos resultados, respaldados por evidencia cuantitativa y cualitativa, no solo consolidan de manera contundente la viabilidad de la propuesta de mejora, sino que también proporcionan una base sólida para la toma de decisiones estratégicas.

RECOMENDACIONES

Para garantizar un estado del arte actualizado y relevante, se recomienda que el equipo de investigación se someta a capacitaciones periódicas sobre el manejo técnico de motores de búsqueda y la identificación de nuevas fuentes bibliográficas. Esta formación previa asegurará que el equipo esté al tanto de las últimas tendencias y metodologías en el ámbito, evitando posibles contratiempos en el desarrollo del proyecto.

Se sugiere la instauración de un programa de capacitación continua para todos los niveles de empleados, centrado en la comprensión y aplicación efectiva de las metodologías Lean. Estas sesiones formativas deben ser claras y específicas, respaldadas por la referencia de autores que detallen procedimientos metodológicos adecuados. Esta iniciativa fortalecerá la implementación y garantizará una integración sólida de las herramientas Lean en la operativa diaria.

Con el objetivo de mantener las mejoras y asegurar su sostenibilidad, se recomienda establecer un sistema de monitoreo periódico. Este sistema debe incorporar indicadores clave de rendimiento diseñados para evaluar el impacto a lo largo del tiempo. La atención constante a estos indicadores permitirá ajustes oportunos, asegurando la perdurabilidad de las mejoras implementadas y su adaptación a las dinámicas cambiantes del mercado.

REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)

- Aldea-Molina, A. L. (2021). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua. *Industrial Data*, 24(1), 7–22. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19616>
- Alves, D., Ferreira, L. P., Pereira, T., Sá, J. C., Silva, F. J. G., & Fernandes, N. O. (2020). Analysis and improvement of the packaging sector of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1327–1331. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.185>
- Avalos, G. (2020). *PYMES EN EL ECUADOR*.
- Baena-Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. <http://ebookcentral.proquest.com>
- Becker, A., Calix, Á., & Blanco, M. (2020). *Los desafíos de la transformación productiva en América Latina*. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/16322.pdf>
- Canahua-Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica. *Industrial Data*, 24(1), 49–76. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Carrillo-Landazábal, M. S., Alvis-Ruiz, C. G., Mendoza-Álvarez, Y. Y., & Cohen-Padilla, H. E. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmeccánica en Cartagena, Colombia. *Signos – Investigación En Sistemas de Gestión*, 11(1), 71–86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>
- Chávez-Pineda, J. A. (2021). Adopción parcial e integral de las prácticas del sistema técnico de Lean en la industria maquiladora de manufactura en México. *RECAI Revista de Estudios En Contaduría, Administración e Infomática*, 11(30), 28–50.

- Curillo Perugachi, E. P., Saraguro Piarpuezan, R. V, Lorente Leyva, L. L., Ortega Montenegro, E. P., & Machado Orges, C. A. (2018). APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA TEXTIL ANITEX, ATUNTAQUI, ECUADOR. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/herramientas-empresa-anitex.html>
- Del-Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición*.
- Deshmukh, M., Gangele, A., Gope, D. K., & Dewangan, S. (2022). Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155>
- Drews, T., Molenda, P., Oechsle, O., & Koller, J. (2020). Manufacturing system optimization with lean methods, manufacturing process objectives and fuzzy logic controller design. *Procedia CIRP*, 93, 658–663. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.145>
- Escalante-Torres, O. E. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Industrial Data*, 24(1), 219–242. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>
- Escudero-Santiago, B. (2020). Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 1(39), 51–72. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4915>
- Fuentes, E. Á., Parra, I. C., & Cañón, O. N. (2022). DESARROLLO DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PRINTER COLOMBIANA S.A.S. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 9(17), 45–62. <https://doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n17.a110>

- García-Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo - Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Vol. 1).
- García-Peñalvo, F. J. (2017). Mitos y Realidades del Acceso Abierto. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(1), 7–20. <https://doi.org/10.14201/eks2017181720>
- Gavriliuță, A. C., Nițu, E. L., & Gavriliuță, C. A. (2021). Algorithm to use some specific lean manufacturing methods: Application in an industrial production process. *Processes*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/pr9040641>
- Gebeyehu, S. G., Abebe, M., & Gochel, A. (2022). Production lead time improvement through lean manufacturing. *Cogent Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034255>
- Gómez-Coello, R.-D., & Espín-Guerrero, R.-D. (2022). Optimización de los procesos operativos de la empresa Promacero de la ciudad de Pelileo, mediante la aplicación de la metodología 5's. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1241–1251. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1949
- González-Gaitán, H. H., Marulanda-Grisales, N., & Echeverry-Correa, F. J. (2018). Diagnóstico para la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, desde la estrategia de operaciones en algunas empresas del sector textil confección de Colombia: reporte de caso. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 85, 199–218. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2058>
- Granados-Gil, R., Monsreal-Barrera, I., & Barrera-Gutiérrez, J. J. (2021). Análisis del proceso de producción de una línea de componentes de turbinas de avión. *Ingeniería Industrial*, 1(41), 69–90. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n41.5540>
- Guevara-Patiño, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *FOLIOS*, 165–179. [chrome-](https://doi.org/10.1111/folios.v165.179)

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/folios/n44/n44a11.pdf

Hernández-Mendoza, S. L., & Duana-Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Huerta-Estévez, A. (2021). Reducción del manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos mediante la aplicación de lean manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 1(40), 49–60. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.4880>

Lay-De-León, R. N., Acevedo-Urquiaga, A. J., & Acevedo-Suárez, J. A. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Ingeniería Industrial*, XLIII(2), 1–19. <http://www.rii.cujae.edu.cu>

Lazai-Junior, M., Cristina-de-Paula-Santos, L., Grossi-Chamie, N. R., Pierezan, R., Rocha-Loures, E., Portela-dos-Santos, E., Gouvea-da-Costa, S. E., & Pinheiro-de-Lima, E. (2020). Automated system gains in lean manufacturing improvement projects. *Procedia Manufacturing*, 51, 1340–1347. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.187>

Martínez-Saavedra, J.-D., & Arboleda-Zuñiga, J. (2021). Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean manufacturing. *INVENTUM*, 16(30), 40–53. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.40-53>

Melero, R., & Hernández-San-Miguel, J. (2014). Acceso abierto a los datos de investigación, una vía hacia la colaboración científica. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(4). <https://doi.org/10.3989/redc.2014.4.1154>

- Miguel-Rodríguez, M., & Romero-León, D. A. (2023). TMEC: Un impulso para las PYMES. *Interconectando Saberes*, 15, 183–190. <https://doi.org/10.25009/is.v0i15.2784>
- Narváez-Narváez, J.-C., Pardo-Calvache, C.-J., & Orozco-Garcés, C.-E. (2023). Deuda de la documentación en el desarrollo ágil de software: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Científica*, 46(1), 107–121. <https://doi.org/10.14483/23448350.19670>
- Ogohi Daniel, C. (2019). *IMPACT OF SIX SIGMA STRATEGY ON THE PERFORMANCE OF SELECTED MANUFACTURING FIRMS IN NIGERIA Analysis of Quality Work Life on Employees Performance View project EFFECT OF INDUSTRIAL RELATIONS ON EMPLOYEES COMMITMENT IN NNPC NIGERIA View project*. <https://www.researchgate.net/publication/342069048>
- Ortega-Freire, Y.-M., & Vaca, S.-H. (2018). Filosofía Lean y Gerencia de Operaciones: El caso de las empresas de Ambato, Ecuador. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1). <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.819>
- Ortiz-Porras, J., Salas-Bacalla, J., Huayanay-Palma, L., Manrique-Alva, R., & Sobrado-Malpartida, E. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antifiama de Lima - Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
- Peña, R., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Fernandes, N. O., & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, 51, 1387–1394. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.193>
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>

- Pilay-Villacís, E., Palacios-Meléndez, J., Muños-Villacís, M., Benavides-Rodríguez, A., & Pico-Gutiérrez, E. (2019). Las fuentes de financiamiento como estrategias de competitividad en las Pymes en la provincia de Santa Elena. *Espirales. Revistas Multidisciplinaria de Investigación*.
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423–1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Rodríguez-Mendoza, R. L., & Aviles-Sotomayor, V. M. (2020). Las PYMES en Ecuador. Un análisis necesario. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(5), 191–200. <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.5-1.337>
- Seneviratne, R.-D.-A., Dissanayake, K., Premaratna, S., Melegoda, N., Ranwala, S., & Fernando, A. (2021). PRÁCTICAS LEAN Y BENEFICIOS: ESTUDIO SRI LANKAN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. *Journal of Business Studies*, 8(1), 1–21. <https://doi.org/10.4038/jbs.v8i0.65>
- Sullivan, B. P., Yazdi, P. G., Suresh, A., & Thiede, S. (2022). Digital Value Stream Mapping: Application of UWB Real Time Location Systems. *Procedia CIRP*, 107, 1186–1191. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.129>
- Toscano-Rentería, I. A., Brito-Cervantes, E., Magaña-Moya, S., & González-Pérez, M. G. (2019). Homeostasis de la industria de manufactura en Jalisco, México: el kaizen como negentropía en la logística de embarques. *Tecnura*, 23(62), 21–33. <https://doi.org/10.14483/22487638.15453>
- Urmila Singh, K., Syan, C., & Márquez, M. (2019). *LEAN MANUFACTURING IN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (SMEs): A BOTTLING PLANT CASE OF STUDY*.

- Vargas-Crisóstomo, E. L., & Camero-Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249–271. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>
- Wang, F. K., Rahardjo, B., & Rovira, P. R. (2022). Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0 for Human-Centered Workstation Design. *Sustainability (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/su141711020>

ANEXOS

Anexo 1. Ingreso de Documentos formato RIS en Rayyan.

New search for Review: Estado del arte: Lean Manufacturing List all reviews

Upload References **Import from Mendeley**

Select files... Cancel

- export.ris
- Dimensions-Publication-citations-2023-09-11_17-49-46.ris
- ScienceDirect_citations_1694456187682.ris
- Dimensions-Publication-citations-2023-09-11_17-42-54.ris

Continue

Migration Guides

Supported formats

Upload references in one of these text formats:

- EndNote Export ([download example.enw](#))
- Refman/RIS ([download example.ris](#))
- BibTex ([download example.bib](#))
- CSV ([download example.csv](#))
- PubMed XML ([download example.xml](#))
- New PubMed Format ([download example.nbib](#))
- Web of Science/CIW ([download example.ciw](#))

Additionally, you can embed any of the above text files into:

- Text ([download example.txt](#))
- Microsoft Word ([download example.docx](#))
- GZ compressed file ([download example.ris.gz](#) or [evidencive15.ris.gz](#))

Finally, you can group any number of the above files in a single ZIP archive ([download example.zip](#))

[EndNote Desktop guide](#) [Mendeley Desktop guide](#) Bryan Help

Nota: Elaborado por autor

Anexo 2. Eliminación de artículos duplicados.

Possible Duplicates

Unresolved	22
Deleted	0
Not duplicates	0
Resolved	0

Inclusion decisions

Undecided	10
Maybe	0
Included	0
Excluded	0

Search methods [Add new]

- Uploaded References [Dim... 10]
- Uploaded References [Dim... 11]
- Uploaded References [exp... 6]
- Uploaded References [Scie... 8]

Keywords for include [Add new]

- randomised controlled trial 0
- randomized controlled trial 0
- placebo controlled 0
- randomly allocated 0
- controlled design 0
- randomly assigned 0
- controlled study 0
- controlled trial 0
- parallel groups 0
- control groups 0

2023-09-11: Estado del arte: Lean Manufacturing 35 new articles 22 duplicates found Duplicate detection is running, please wait

[Detect duplicates](#) [Compute ratings](#) [Export](#) [Copy](#) [New search](#) [All reviews](#)

Showing 1 to 5 of 10 unique entries

Date	Title	Authors	Rating
2021-01-01	Reducción del manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos...	Estévez, Antonio Huerta	
2023-01-01	Análisis y propuesta de mejora en el proceso de producción de yogur griego...	Espinoza, Giancarlo Lara; G...	
2021-01-01	Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la pr...	Crisóstomo, Edith Luz Varga...	
2021-01-01	Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa d...	Torres, Omar Enrique Escala...	

No articles selected, use your mouse or keyboard to select articles from the above table.

Bryan Help

Nota: Elaborado por autor

Anexo 3. Selección de información por criterio de elegibilidad.

The screenshot shows a web interface for selecting research articles. On the left, there are two panels: 'Keywords for include' and 'Keywords for exclude', each with a list of terms and a count. Below these is an 'Inclusion decisions' panel showing counts for 'Undecided' (17), 'Maybe' (0), and 'Included' (4). The main area displays a list of articles under the heading '2023-09-11: Estado del arte'. The list includes columns for 'Date', 'Title', 'Authors', and 'Rating'. Below the list, there is a detailed view of an article with fields for 'Authors', 'Journal', 'Publication Types', 'System Id', 'Search methods', 'URL', and 'DOI'. A 'Bryan' user name is visible in the bottom right corner.

Nota: Elaborado por autor

Anexo 4. Evaluación de artículos por criterios de Calidad.

Artículo	Criterios de evaluación de la calidad							Total
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
A1	1	1	1	1	-1	1	0	4
A2	1	1	1	1	0	1	1	6
A3	1	1	1	1	1	1	1	7
A4	1	1	1	1	-1	1	1	5
A5	1	1	1	1	0	1	1	6
A6	1	1	1	1	1	1	-1	5
A7	-1	1	-1	-1	1	1	0	0
A8	1	1	1	1	-1	1	1	5
A9	1	1	1	1	1	1	1	7
A10	1	1	1	0	-1	1	1	4
A11	1	1	1	1	0	1	1	6
A12	1	0	1	1	-1	-1	-1	0
A13	1	1	1	1	1	1	1	7
A14	1	1	0	0	-1	-1	0	0
A15	1	1	1	1	0	1	0	5
A16	1	1	1	-1	1	-1	0	2
A17	1	1	1	1	1	1	1	7
A18	1	1	1	1	-1	1	0	4
A19	1	0	1	1	0	1	1	5
A20	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
A21	1	1	1	0	-1	1	1	4
A22	1	1	1	1	-1	0	-1	2

Nota: Elaborado por autor

Anexo 5. Propuestas de aplicación en el estado del arte.

Artículo	Propuesta							
	APLICACIÓN KAIZEN	APLICACIÓN 5S	APLICACIÓN TPM	APLICACIÓN VSM	APLICACIÓN KANBAN	APLICACIÓN BALANCE DE LÍNEA	APLICACIÓN TABLA DE CONTROL	APLICACIÓN SMED
A1					1			
A2	1	1		1				
A3		1				1		
A4			1					
A5		1		1				
A6			1					
A7				1			1	
A8		1						
A9		1		1				
A10	1							
A11		1	1					
A12		1					1	
A13		1	1					
A14		1						
A15					1			
A16		1						
A17								1
TOTAL	2	10	4	4	2	1	2	1

Nota: Elaborado por autor

Anexo 6. Tabla de frecuencia de los métodos utilizados.

Métodos	Frecuencia	Porcentaje
Deductivo	10	45,45
Inductivo	9	40,91
Deductivo-Inductivo	2	9,09
Sintético	1	4,55
Total	22	100

Nota: Elaborado por autor

Anexo 7. Tabla de frecuencia de las técnicas utilizadas.

Técnica	Frecuencia	Porcentaje
Observación directa	13	38,24
Análisis de datos	8	23,53
Entrevista	3	8,82
Encuesta	5	14,71
Estudio de tiempos	4	11,76
Extracción de datos	1	2,94
Total	34	100

Nota: Elaborado por autor

Anexo 8. Tabla de frecuencia de los instrumentos utilizados.

Instrumento	Frecuencia	Porcentaje
VSM	8	21%
Diagrama de flujo de procesos	6	16%
Ficha de Observación	6	16%
Cuestionario	5	13%
Diagrama de Pareto	4	11%
Check list	3	8%
Diagrama de Ishikawa	3	8%
Diagrama de Espaguetti	1	3%
8 desperdicios	1	3%
Layout	1	3%
Total	38	100%

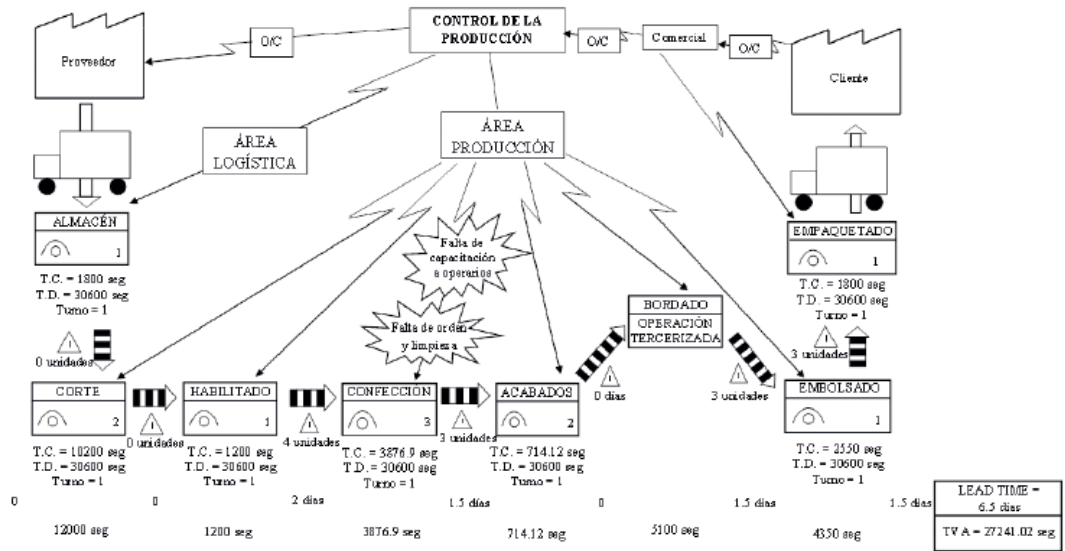
Nota: Elaborado por autor

Anexo 9. Modelo de Diagrama de flujo de procesos.

Diagrama de análisis de proceso				Operario	Material	Equipo			
Diagrama #	Hoja # 1 de 1			Resumen					
Actividad:	Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
	Operación			○					
	Inspección			□					
	Transporte			⇒					
Producto:	Demora			D					
	Almacenamiento			▽					
	Distancia (m)								
Metodo :	Actual:	Propuesto:	Tiempo (hora-hombre)						
Lugar:				Costos:					
Operario (s) :				Mano de obra					
Lote:				Materiales					
Elaborado por:				Totales					
Fecha:)				Símbolo					
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (min)	○	□	⇒	D	▽	Observaciones
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nota: Elaborado por autor

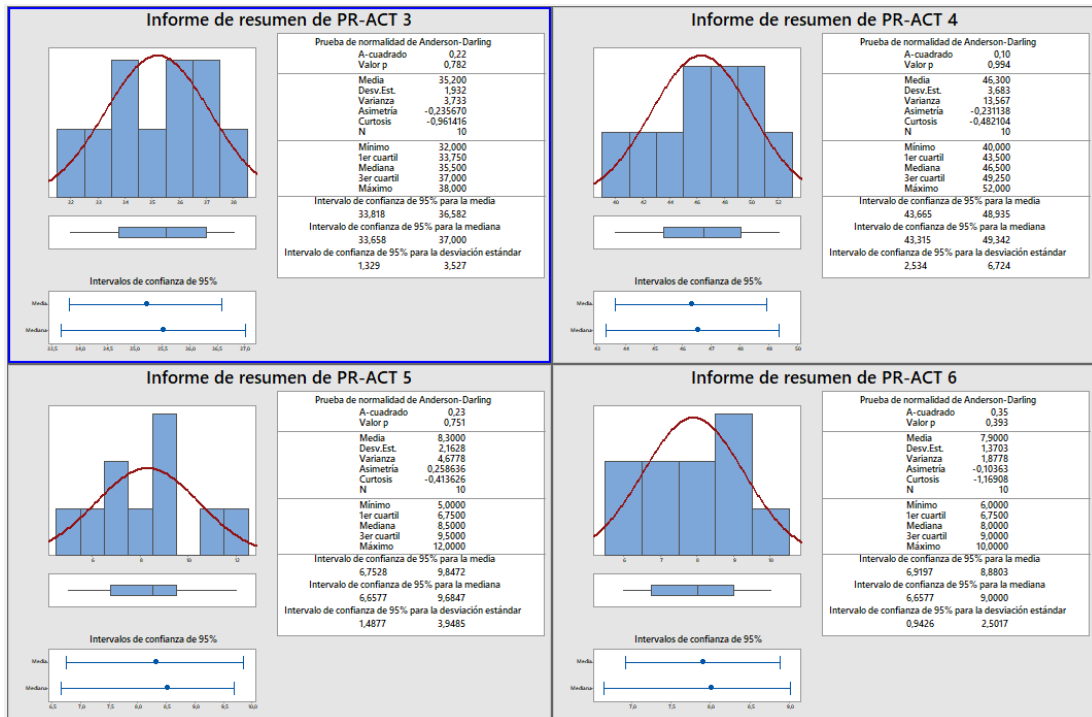
Anexo 10. Modelo de la herramienta VSM.



Nota: Elaborado por Ortiz-Porras et al., (2022)

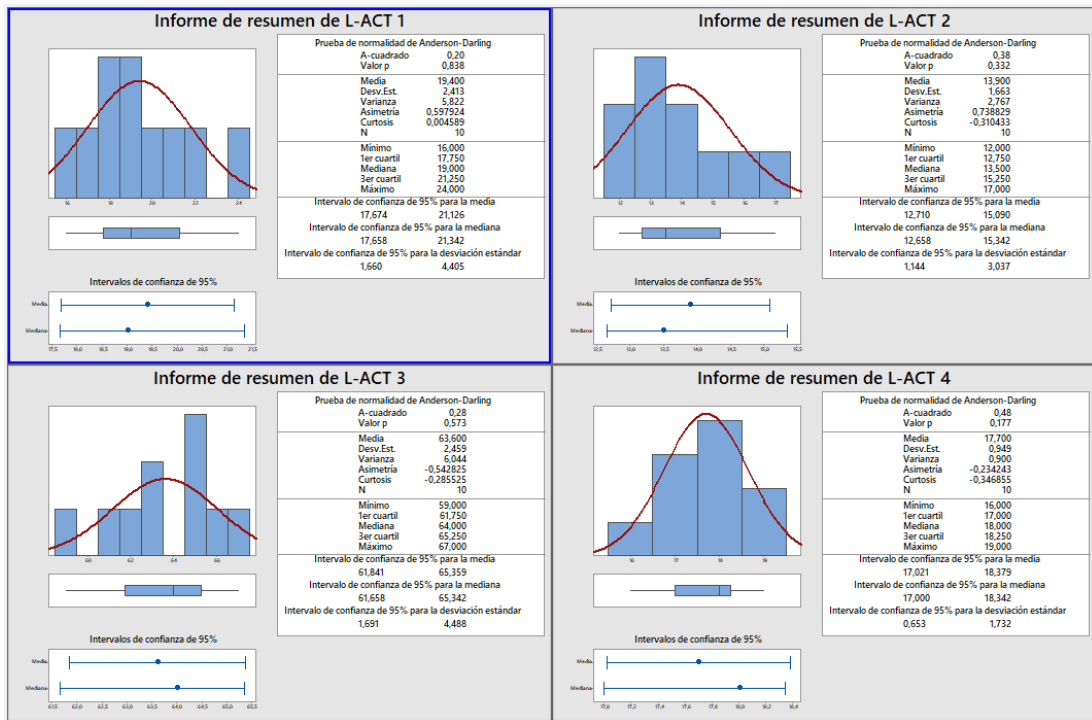
Anexo 11. Resumen de Pruebas de Normalidad de las Actividades

Anexo 11.1. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-(3 a 6) del área de preparación.



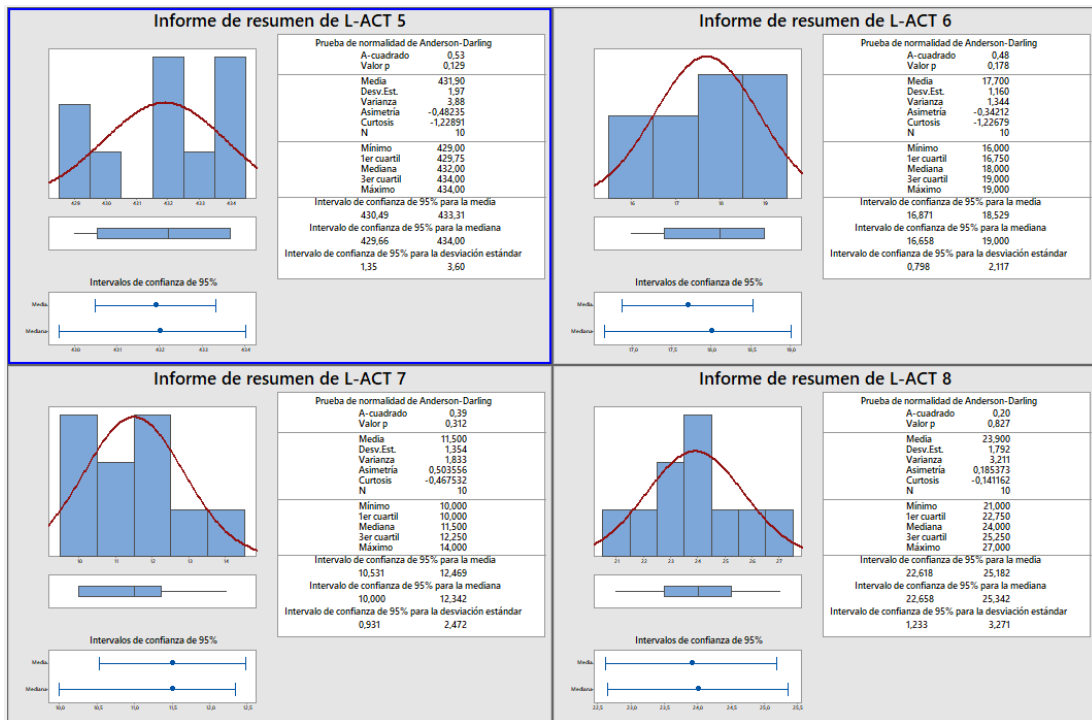
Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 11.2. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-(1 a 4) del área de lavado.



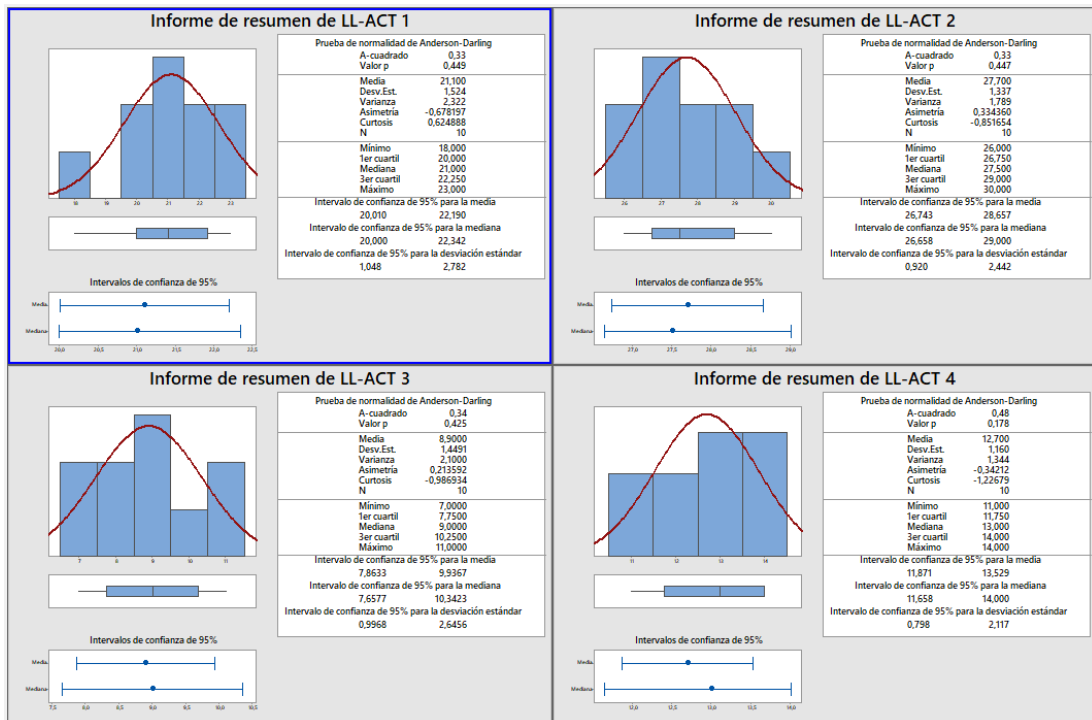
Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 11.3. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-(5 a 8) del área de lavado.



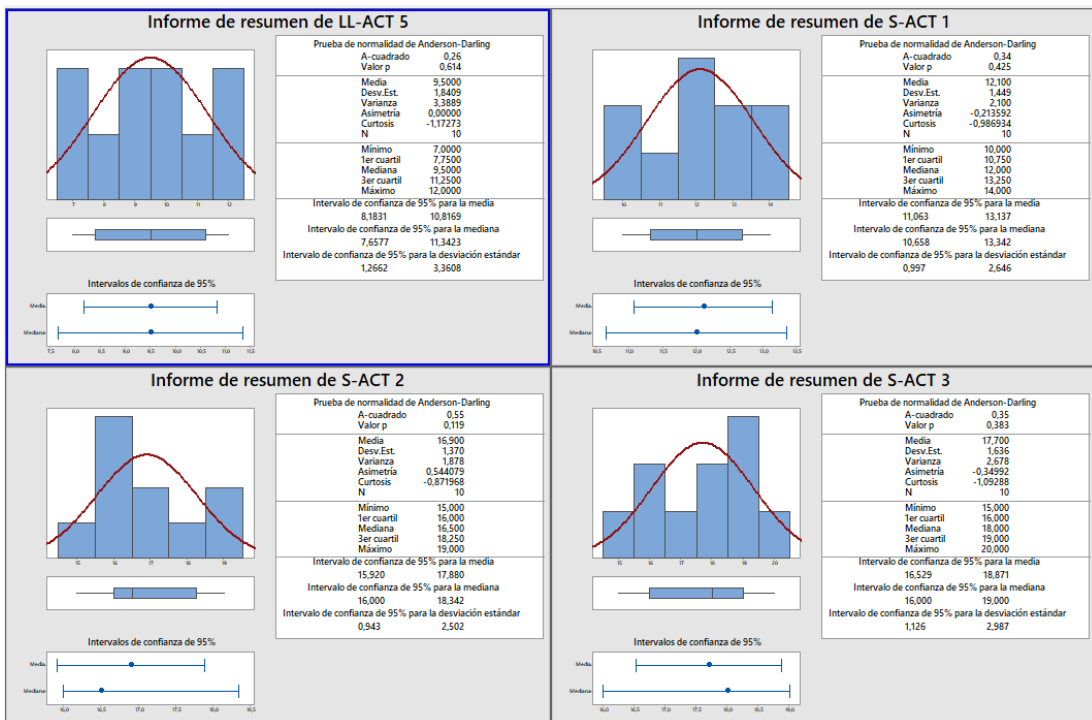
Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 11.4. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-(1 a 4) del área de llenado.



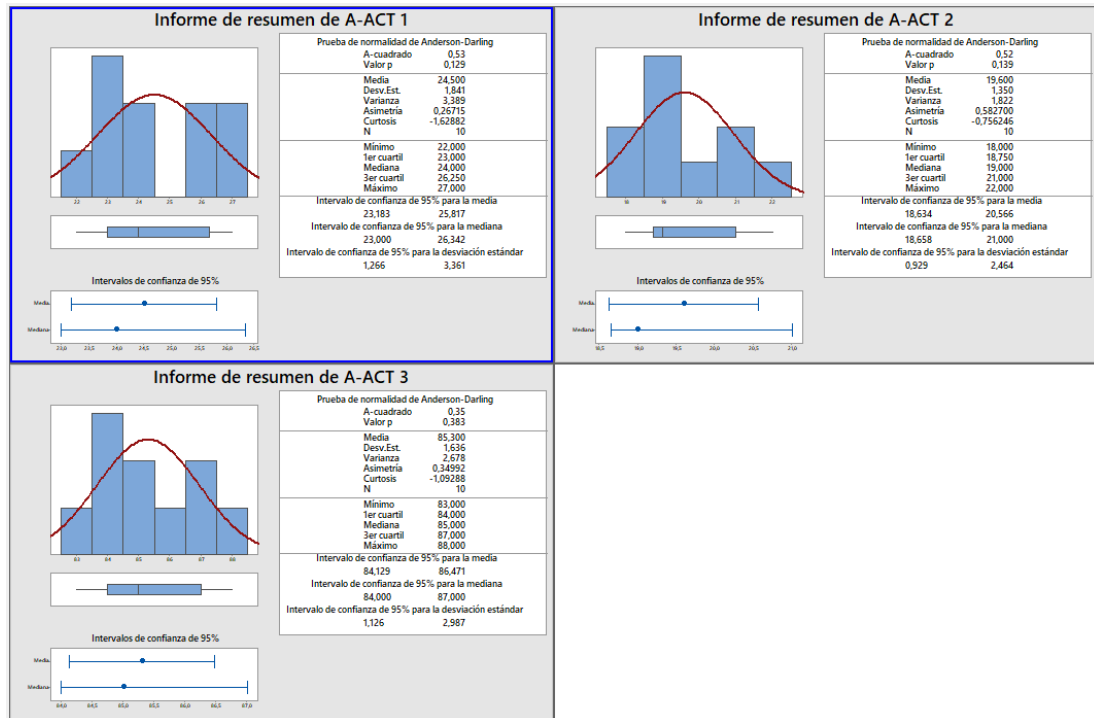
Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 11.5. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-5 del área de llenado y Act-(1 a 3) del área de sellado.



Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 11.6. Resumen de Prueba de Normalidad en las Act-(1 a 3) del área de almacenamiento de producto terminado.



Nota: Elaborado por autor en software Minitab19.

Anexo 12. Tabla de Criterios de General Electric

TIEMPO DE CICLO (MINUTOS)	NÚMERO DE CICLOS QUE CRONOMETRAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
Más de 40.00	3

Nota: Elaborado por (García-Criollo, 2005).

Anexo 13. Tabla de Calificación Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO			
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	<i>Habilidad.</i> Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	<i>Esfuerzo.</i> Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	<i>Condiciones.</i> Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan la operación.
CONDICIONES			CONSISTENCIA			
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	
B	Media	0.00	B	Media	0.00	<i>Consistencia.</i> Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Nota: Elaborado por García-Criollo, (2005)

Anexo 14. Criterios para el Calculo de Suplementos propuesto por la OIT

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización" Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.			
1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4
2. Suplementos variables			
		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda		0	1
Incómoda (inclinado)		2	3
Muy incómoda (echado, estirado)		7	7
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	6
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx)
30		17	—
33.5		22	—
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0
Bastante por debajo		2	2
Absolutamente insuficiente		5	5
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)			
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplemento			
Kata (milicalorías/cm ² /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
G. Ruido			
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo		1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos		4	4
Muy complejo		8	8
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

Nota: Elaborado por García-Criollo, (2005)

Anexo 15. Cálculo de Suplementos Constantes

TABLA DE SUPLEMENTOS				
#	ELEMENTOS CICLO	S. CONSTANTES		SUMA DE SUPLEMENTOS CONSTANTES
		A	B	
1	Almacenamiento temporal			0
2	Bajar botellones vacíos del camión	5	4	9
3	Inspección de botellones recibidos	5	4	9
4	Prelavado y cepillado exterior	5	4	9
5	Etiquetado	5	4	9
6	Trasporte a lavado	5	4	9
7	Recepción de botellones	5	4	9
8	Colocación de botellones en banda T	5	4	9
9	Trasporte de botellones a Lavadora			0
10	Colocación de Banda T - Máquina			0
11	Lavado de Botellones			0
12	Colocación Máquina - Banda T			0
13	Trasporte a Inspección de Lavado			0
14	Inspección de lavado	7	4	11
15	Trasporte a Máquina de llenado			0
16	Llenado de botellones			0
17	Trasporte a tapado de botellones			0
18	Tapado de botellones			0
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	5	4	9
20	Trasporte a sellado de botellones			0
21	Colocación de sello a botellones	7	4	11
22	Calefacción por Termoencogible			0
23	Trasporte a colocación en pallets			0
24	Colocación de bidones en pallets	5	4	9
25	Trasporte de bidones a área de almacenamiento	5	4	9
26	Almacenamiento de producto terminado			0

Nota: *Elaborado por autor*

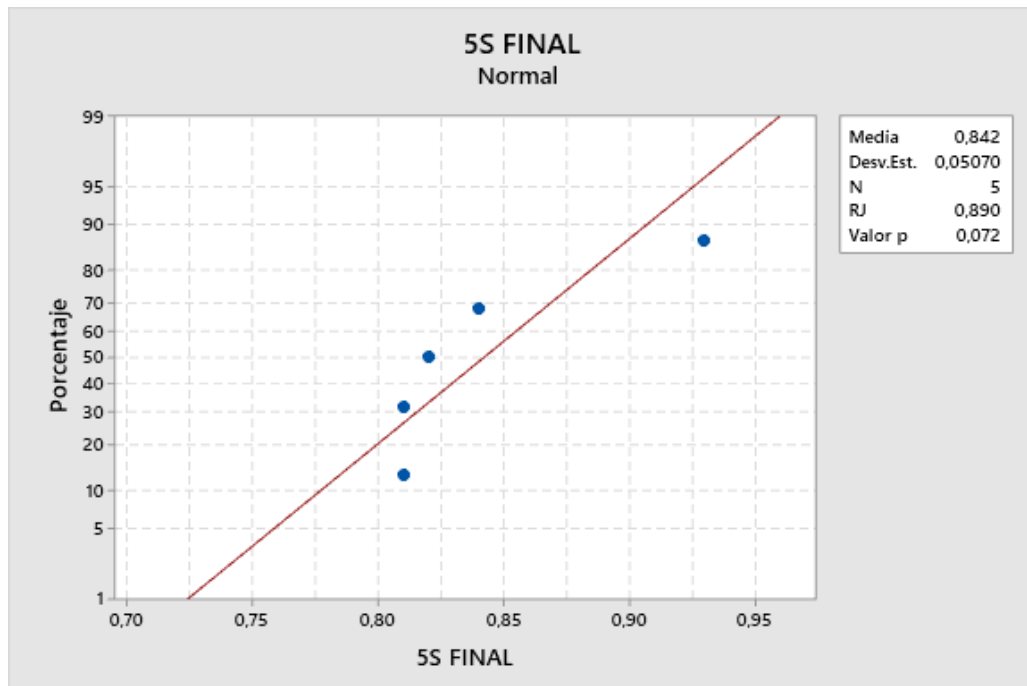
Anexo 16. Cálculo de Suplementos Variables

TABLA DE SUPLEMENTOS												
#	ELEMENTOS CICLO	SUPLEMENTOS VARIABLES										SUMA DE SUPLEMENTOS VARIABLES
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Almacenamiento temporal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Bajar botellones vacíos del camión	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	6
3	Inspección de botellones recibidos	2	0	0	0	0	0	0	1	1	2	6
4	Prelavado y cepillado exterior	2	0	1	0	0	5	0	1	0	0	9
5	Etiquetado	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	6
6	Trasporte a lavado	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
7	Recepción de botellones	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
8	Colocación de botellones en banda T	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
9	Trasporte de botellones a Lavadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Colocación de Banda T - Máquina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Lavado de Botellones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Colocación Máquina - Banda T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Trasporte a Inspección de Lavado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Inspección de lavado	4	1	0	0	0	2	2	1	1	2	13
15	Trasporte a Máquina de llenado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Llenado de botellones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Trasporte a tapado de botellones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Tapado de botellones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Inspección de llenado y tapado de botellones	2	0	0	0	0	2	2	1	1	2	10
20	Trasporte a sellado de botellones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Colocación de sello a botellones	4	1	0	0	0	5	2	1	1	0	14
22	Calefacción por Termoencogible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Trasporte a colocación en pallets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Colocación de bidones en pallets	2	2	9	0	0	2	2	4	4	0	25
25	Trasporte de bidones a área de almacenamiento	2	0	3	0	0	2	0	1	1	0	9
26	Almacenamiento de producto terminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Elaborado por autor

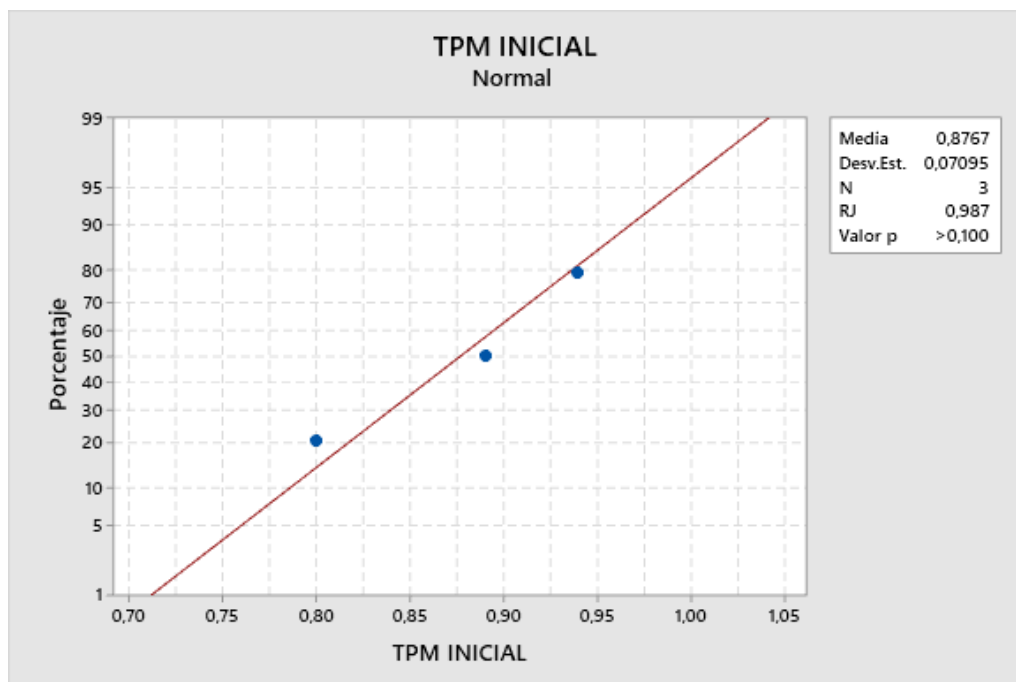
Anexo 17. Análisis de normalidad pre y post mediciones

Anexo 17.1. Gráfica de probabilidad del nivel final de 5S.



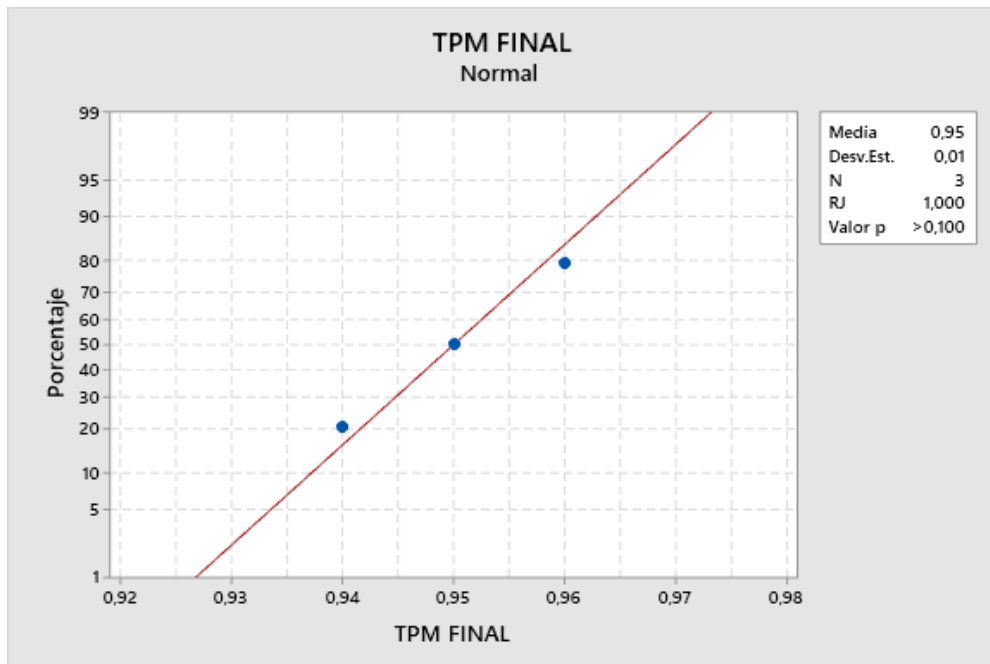
Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Anexo 17.2. Gráfica de probabilidad del nivel inicial de indicadores de mantenimiento.



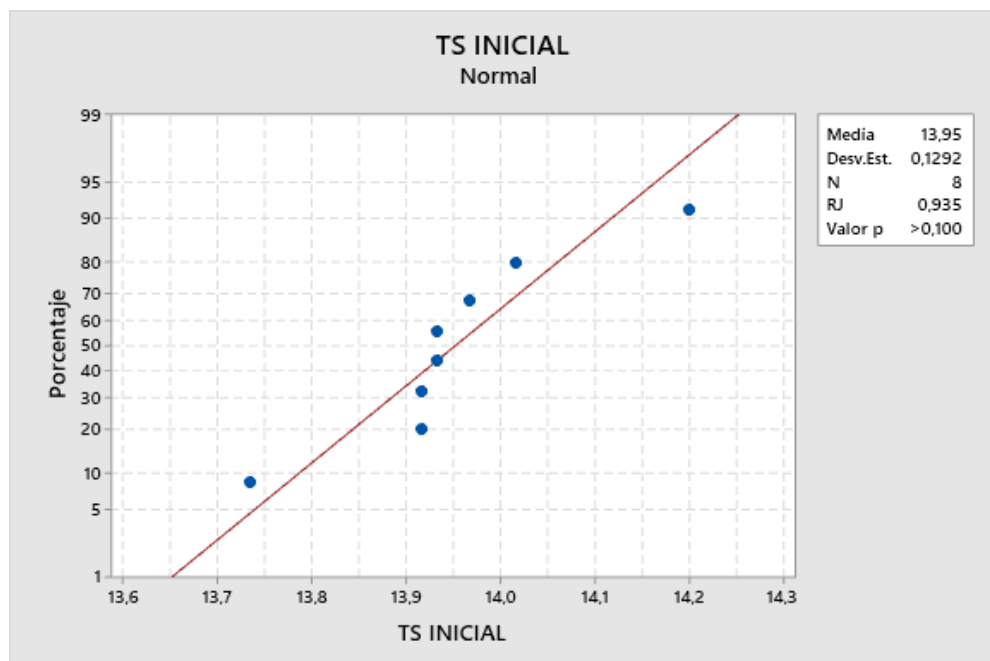
Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Anexo 17.3. Gráfica de probabilidad del nivel final de indicadores de mantenimiento.



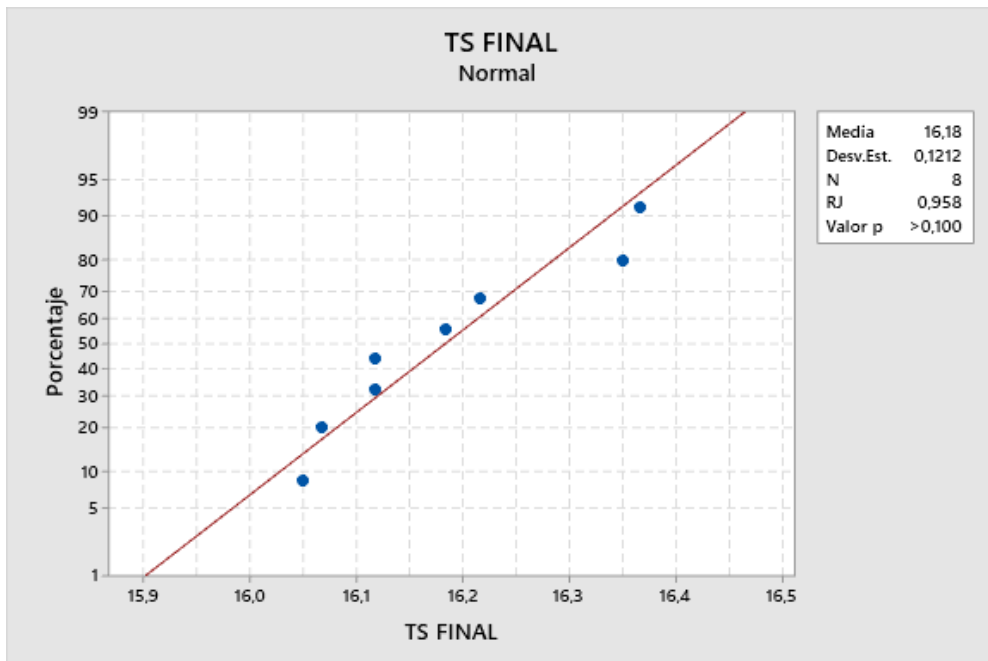
Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Anexo 17.4. Gráfica de probabilidad del nivel inicial de tiempos promedio.



Nota: Elaborado por autor en el software Minitab19

Anexo 17.4. *Gráfica de probabilidad del nivel final de tiempos promedio.*



Nota: *Elaborado por autor en el software Minitab19*



Santa Elena, 28 de febrero del 2023

Ing.
Franklin Reyes Soriano Mgtr.
DIRECTOR CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
Presente.

De mi consideración:

Por medio del presente emito La Aceptación al Sr. **BRYAN ANDRES TOMALA ORRALA**, portador de la cédula de ciudadanía N° 240023624-2 para que realice el levantamiento de información para el proceso de titulación en Aquafit S.A. con el tema de: Aplicación Lean Manufacturing en el departamento de Producción a cargo del Ing. Jimmy Alfredo Láinez Tomalá, cumpliendo 40 horas semanales de lunes a viernes de 8:00am a 12:00pm a partir del 01 de marzo hasta el 28 de abril del 2023.

Sin otro particular me suscribo sin antes manifestarle mi sentimiento de consideración y estima.

Sra. Isabel Tubay Tomalá

Talento Humano (e)

AQUAFIT S.A.

C.I. 0923054837

Cell: 0989269458

E-mail: recursoshumanos@aquafit.com.ec

