



**UNIVERSIDAD EUROPEA DE  
MADRID**

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y  
DISEÑO**

**ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Mejora de productividad en el CEE ARTESA**

**Alumno: D<sup>a</sup>. M. Lisbeth Coloma Carril**

**Director: D<sup>a</sup>. María del Carmen Espinosa Elvira**

**JUNIO 2025**

**TÍTULO:** ARTESA

**AUTOR:** Marlene Lisbeth Coloma Carril

**DIRECTOR DEL PROYECTO:** María del Carmen Espinosa Elvira

**FECHA:** Junio del 2025

## Agradecimientos

Este trabajo de grado no habría sido posible sin el apoyo constante de las personas que caminaron a mi lado en cada etapa de este proceso.

A mi directora, Carmen, por su apoyo incondicional y su capacidad para acompañar, guiar y darme el empujón justo cuando lo necesitaba.

A mis profesores de la carrera, quienes con su dedicación, exigencia y generosidad sembraron muchas de las bases que hoy me permiten llegar hasta aquí. Su aporte ha sido más significativo de lo que probablemente imaginan.

A mi familia, por ser ese soporte firme al que siempre pude volver. A mi padre, mi madre y mis hermanas, que estuvieron presentes en cada paso y enseñarme sobre perseverancia.

A mi pequeño Joaquín, quien me enseña que la paciencia, resiliencia y esperanza no son solo valores familiares, sino también principios fundamentales para inspirar cambios y construir futuro.

A quienes me acompañaron de la Fundación Alex Rivera, la Fundación Gil Gayarre y al Centro Especial de Empleo Artesa, por brindarme el espacio y las oportunidades para aprender desde la práctica. A Felipe, por facilitarme siempre las herramientas necesarias para continuar. A Cristina, por su presencia serena que transmite una calma invaluable. A Silvia, que, con una sonrisa y buena predisposición, siempre parecía tener tiempo para ayudar, incluso cuando claramente no lo tenía.

A Juan y Jasser, por su paciencia, por aguantar mis indagaciones y por estar presentes incluso mucho más allá de lo que les correspondía.

A Conchi, Rosita, Valentina y Carmen, que en medio del ajetreo diario siempre encontraban un hueco para darme una mano. Y a todos los chicos del Centro, cuya calidez, generosidad y humanidad ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

Y, por supuesto, a mis amigos, los de cerca y los de lejos que, con sus palabras, bromas oportunas y presencia, física o digital, logran encender luz incluso en los días más oscuros.

A todos, gracias por formar parte de este camino.

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo mejorar la productividad del Centro Especial de Empleo (CEE) ARTESA, una lavandería industrial que además de ofrecer servicios de alta calidad, desempeña un papel fundamental en la inclusión laboral de personas con discapacidad. A través de la metodología Lean Six Sigma, específicamente el ciclo DMAIC, se identificaron y analizaron las principales causas de pérdida de productividad en el proceso de secado, enfocándose en la secadora industrial ST-100. El estudio incluyó un diagnóstico exhaustivo del equipo, análisis estadístico de datos operativos, evaluación de alarmas y fallas, y propuesta de acciones correctivas mediante un plan de mantenimiento preventivo y mejoras organizativas.

Los resultados indican que el proyecto es económicamente viable, con una baja inversión inicial que puede recuperarse en menos de un año. Además, se demostró que las acciones propuestas no solo optimizan la productividad del equipo crítico, sino que también son escalables y replicables para el resto de los equipos de la planta, garantizando una mejora sostenible y calidad del servicio.

**Palabras clave:** Mejora de procesos, DMAIC, productividad, inclusión laboral, mantenimiento preventivo

## ABSTRACT

This project aims to improve the productivity of ARTESA, a Special Employment Center (CEE) and industrial laundry facility that, in addition to providing high-quality services, plays a key role in the labor inclusion of people with disabilities. Using the Lean Six Sigma methodology, specifically the DMAIC cycle, the main causes of productivity loss in the drying process were identified and analyzed, with a focus on the ST-100 industrial dryer. The study included a comprehensive diagnosis of the equipment, statistical analysis of operational data, evaluation of alarms and failures, and the proposal of corrective actions through a preventive maintenance plan and organizational improvements.

The results indicate that the project is economically viable, with a low initial investment that can be recovered in less than a year. Furthermore, the proposed actions not only optimize the productivity of the critical equipment, but are also scalable and replicable to other machines in the facility, ensuring sustainable improvement and service quality.

**Key words:** Process improvement, DMAIC, productivity, inclusion, preventive maintenance.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Agradecimientos.....                                | 3  |
| RESUMEN.....  | 4  |
| ABSTRACT.....                                       | 5  |
| Capítulo 1. Introducción.....                       | 13 |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                 | 13 |
| 1.2 Objetivos del proyecto.....                     | 13 |
| 1.3 Estructura del trabajo.....                     | 14 |
| Capítulo 2. Metodología.....                        | 15 |
| 2.1 Seis Sigma.....                                 | 15 |
| 2.2 Metodología DMAIC.....                          | 15 |
| 2.2.1 Definir.....                                  | 16 |
| 2.2.2 Medir.....                                    | 16 |
| 2.2.3 Analizar.....                                 | 16 |
| 2.2.4 Implementar (Mejorar).....                    | 16 |
| 2.2.5 Controlar.....                                | 17 |
| 2.3 Mantenimiento productivo total (TPM).....       | 17 |
| 2.3.1 Mantenimiento Preventivo.....                 | 17 |
| Capítulo 3. Antecedentes del proyecto.....          | 18 |
| 3.1 Fundación Gil Gyarre.....                       | 18 |
| 3.2 Fundación Alex Rivera.....                      | 18 |
| 3.3 CEE Artesa.....                                 | 19 |
| Capítulo 4. Diagnóstico de la Situación Actual..... | 20 |
| 4.1 Flujograma y Diagrama del proceso.....          | 21 |
| 4.1.1 Proceso.....                                  | 21 |
| 4.1.2 Diagrama de operaciones del proceso.....      | 27 |
| 4.2 Distribución de planta.....                     | 28 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| 4.3         | Análisis de los datos para indicadores .....                      | 30 |
| 4.3.1       | Análisis de datos de productividad.....                           | 30 |
| 4.3.2       | Análisis de alarmas .....   | 32 |
| 4.3.3       | Análisis de rechazos y rotos .....                                | 38 |
| 4.4         | Cálculo de OEE .....  | 39 |
| 4.4.1       | Disponibilidad .....  | 39 |
| 4.4.2       | Rendimiento .....   | 41 |
| 4.4.3       | Calidad.....  | 44 |
| 4.4.4       | Cálculo del OEE .....   | 44 |
| 4.5         | Causas de pérdida del OEE.....                                    | 46 |
| 4.5.1       | Matriz de priorización esfuerzo-impacto.....                      | 46 |
| 4.6         | Analizando la prioridad 1 .....                                   | 48 |
| 4.6.1       | Distribución de la duración de las alarmas de la sacadura 1 ..... | 48 |
| 4.6.2       | Matriz de priorización esfuerzo-impacto de la secadora 1 .....    | 49 |
| Capítulo 5. | Análisis DMAIC .....  | 51 |
| 5.1         | Definir.....  | 51 |
| 5.1.1       | Enunciado del problema .....                                      | 51 |
| 5.1.2       | SIPOC de la Secadora 1 .....                                      | 52 |
| 5.1.3       | Distribución en Planta del tren de lavado.....                    | 53 |
| 5.1.4       | Descripción y despiece de la máquina.....                         | 55 |
| 5.2         | Medir.....  | 59 |
| 5.2.1       | Distribución de los kilos procesados en la secadora 1.....        | 59 |
| 5.2.2       | Cantidad de alarmas.....  | 60 |
| 5.2.3       | Duración de tiempos de ciclo de la Secadora 1 .....               | 61 |
| 5.2.4       | Recolección de datos adicionales .....                            | 64 |
| 5.3         | Analizar.....   | 65 |
| 5.3.1       | Análisis de Ishikawa.....   | 65 |
| 5.3.2       | Análisis de los 5 por qué .....                                   | 70 |
| 5.3.3       | Análisis de criticidad del equipo .....                           | 72 |

---

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| 5.4         | Implementar (Mejorar) .....  | 74  |
| 5.4.1       | Programa de Mantenimiento Preventivo .....                               | 74  |
| 5.4.2       | Gestión eficiente del inventario de repuestos .....                      | 81  |
| 5.4.3       | Sistema de gestión estratégica .....                                     | 88  |
| 5.5         | Controlar .....  | 93  |
| 5.5.1       | Auditorías internas semestrales y anuales .....                          | 93  |
| Capítulo 6. | Presupuesto .....  | 96  |
| 6.1         | Ahorro con implementación de mejora .....                                | 96  |
| 6.2         | Presupuesto de implementación.....                                       | 97  |
| Capítulo 7. | Conclusiones y futuras líneas de trabajo .....                           | 99  |
| 7.1         | Calendario de implementación .....                                       | 99  |
| 7.2         | Conclusiones .....   | 101 |
| 7.3         | Futuras líneas de trabajo .....  | 101 |
| 7.4         | Lecciones aprendidas .....   | 102 |
| Capítulo 8. | Bibliografía .....   | 103 |
| Capítulo 9. | Anexos .....   | 106 |
| 9.1         | Formato de capacitación para personal de mantenimiento (Secadora ST-100) | 106 |

## Índice de Figuras

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | Ejemplos de herramientas utilizadas para cada fase del DMAIC .....                        | 16 |
| <b>Figura 3</b>  | Comienzos de Artesa .....   | 19 |
| <b>Figura 4</b>  | Módulo de control del Conveyor con báscula de peso por compartimento .....                | 21 |
| <b>Figura 5</b>  | Equipos principales del túnel de lavado marca Girbau .....                                | 22 |
| <b>Figura 6</b>  | Panel de control del ordenador del software Hygien .....                                  | 23 |
| <b>Figura 7</b>  | Vista superior de "torta" o "galleta" siendo trasladada a secadora .....                  | 23 |
| <b>Figura 8</b>  | Calandra .....  | 25 |
| <b>Figura 9</b>  | Carros de aluminio con ropa limpia .....  | 26 |
| <b>Figura 10</b> | Zona de ropa limpia lista para despacho .....   | 26 |
| <b>Figura 11</b> | Diagrama de operaciones del proceso de lavado secuencial .....                            | 27 |
| <b>Figura 12</b> | Plano de distribución de la planta actual .....   | 29 |
| <b>Figura 13</b> | Procedimiento para extraer información de Control por Clientes del software Hygien .....  | 30 |
| <b>Figura 14</b> | Procedimiento para extraer información de Control por Programas del software Hygien ..... | 31 |
| <b>Figura 15</b> | Base de datos de producción que se extrae del software Hygien .....                       | 32 |
| <b>Figura 16</b> | Procedimiento para extraer información de Histórico de alarmas del software Hygien .....  | 33 |
| <b>Figura 17</b> | Datos atípicos descartados en el análisis .....   | 34 |
| <b>Figura 18</b> | Base de datos de Alarmas y Avisos que se extrae del software Hygien .....                 | 35 |
| <b>Figura 19</b> | Histórico de alarmas del software Hygien - Girbau .....                                   | 35 |
| <b>Figura 20</b> | Pareto de alarmas/avisos del sistema continuo de lavado .....                             | 37 |
| <b>Figura 21</b> | Pantallazos de la ruta para extraer información del software Lavander .....               | 38 |
| <b>Figura 22</b> | Software Lavander "Informe de fin de día" .....   | 39 |
| <b>Figura 23</b> | Gráfico de disponibilidad diaria de la lavandería .....                                   | 40 |
| <b>Figura 24</b> | Disponibilidad mensual de la lavandería .....   | 41 |
| <b>Figura 25</b> | Gráfica de prueba Anderson Darling de los kh/h procesados .....                           | 42 |
| <b>Figura 26</b> | Gráfica del rendimiento diario de la lavandería .....                                     | 43 |
| <b>Figura 27</b> | Rendimiento mensual de la lavandería .....  | 43 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 28</b> | Calidad mensual de la lavandería.....  | 44  |
| <b>Figura 29</b> | Gráfica de fórmula de cálculo de OEE total .....                               | 46  |
| <b>Figura 30</b> | Matriz de prioridad impacto-esfuerzo.....                                      | 47  |
| <b>Figura 31</b> | Pareto de promedio de duración de alarmas en minutos.....                      | 48  |
| <b>Figura 32</b> | Pareto de las alarmas consideradas para el análisis .....                      | 49  |
| <b>Figura 33</b> | Matriz de priorización impacto-esfuerzo para la secadora 1 .....               | 50  |
| <b>Figura 34</b> | Diagrama DMAIC de herramientas a utilizar para cada fase .....                 | 51  |
| <b>Figura 35</b> | Duración mensual alarmas vs umbral objetivo .....                              | 52  |
| <b>Figura 36</b> | Ubicación de la máquina crítica dentro del sistema continuo de lavado .....    | 53  |
| <b>Figura 37</b> | Fotografía de las secadoras del túnel de lavado .....                          | 54  |
| <b>Figura 38</b> | Modo de instalación de la secadora ST-100 .....                                | 56  |
| <b>Figura 39</b> | Funcionamiento del tambor de la secadora ST-100.....                           | 57  |
| <b>Figura 40</b> | Despiece de la parte frontal (puerta) de la secadora ST-100 .....              | 58  |
| <b>Figura 41</b> | Promedio de Kilos procesados en la secadora 1 .....                            | 59  |
| <b>Figura 42</b> | Anderson-Darling para comprobar distribución normal.....                       | 60  |
| <b>Figura 43</b> | Cantidad de alarmas en la secadora 1 .....                                     | 61  |
| <b>Figura 44</b> | Histograma de distribución de la duración de los ciclos en la secadora 1 ..... | 62  |
| <b>Figura 45</b> | Dispersión durante 7 meses de análisis.....                                    | 62  |
| <b>Figura 46</b> | Informe de capacidad del proceso de duración.....                              | 63  |
| <b>Figura 47</b> | Recolección de datos mediante observación.....                                 | 64  |
| <b>Figura 48</b> | Diagrama de Ishikawa.....  | 66  |
| <b>Figura 49</b> | Frecuencia relativa de ciclos de secado completados vs. interrumpidos .....    | 68  |
| <b>Figura 51</b> | Plan de mantenimiento preventivo.....  | 75  |
| <b>Figura 52</b> | Gestión de inventarios.....  | 81  |
| <b>Figura 53</b> | Flujograma de plan estratégico enfocado en mantenimiento.....                  | 89  |
| <b>Figura 54</b> | Diagrama de flujo del sistema de auditoría.....                                | 94  |
| <b>Figura 55</b> | Diagrama Gantt.....  | 100 |

## Índice de Tablas

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Alarmas/avisos con mayor número de horas y máquina a la que pertenecen ....           | 36 |
| <b>Tabla 2</b>  | Lista de alarmas/avisos y su significado de acuerdo al manual del fabricante ..       | 37 |
| <b>Tabla 3</b>  | Indicador OEE mensual y total de la lavandería .....                                  | 45 |
| <b>Tabla 4</b>  | Problemas para matriz impacto-esfuerzo .....  | 46 |
| <b>Tabla 5</b>  | Alarmas y tiempos en minutos consideradas para el análisis.....                       | 49 |
| <b>Tabla 6</b>  | Matriz de priorización impacto - esfuerzo para la secadora 1 .....                    | 50 |
| <b>Tabla 7</b>  | Definición del problema mediante el enfoque TAGS .....                                | 52 |
| <b>Tabla 8</b>  | Diagrama SIPOC de la Secadora 1 .....   | 53 |
| <b>Tabla 9</b>  | Ficha técnica de la Secadora Industrial ST-100 .....                                  | 55 |
| <b>Tabla 10</b> | Leyenda del despiece de la secadora ST-100 .....                                      | 58 |
| <b>Tabla 11</b> | Descripción de alarmas.....   | 60 |
| <b>Tabla 12</b> | Histórico de duración de ciclos .....   | 67 |
| <b>Tabla 13</b> | Prueba estadística de proporción .....  | 68 |
| <b>Tabla 14</b> | Observaciones de desalineación de puerta .....  | 69 |
| <b>Tabla 15</b> | 5 por qué Sensor de puerta defectuoso .....   | 70 |
| <b>Tabla 16</b> | 5 Por qué Componentes mecánicos desgastados.....                                      | 71 |
| <b>Tabla 17</b> | 5 por qué Falta de documentación de soporte .....                                     | 71 |
| <b>Tabla 18</b> | 5 por qué No se miden indicadores .....   | 72 |
| <b>Tabla 19</b> | Resultado de componentes críticos .....   | 73 |
| <b>Tabla 21</b> | Checklist de actividades diarias de mantenimiento en la secadora ST-100.....          | 77 |
| <b>Tabla 22</b> | Checklist de actividades semanales de mantenimiento en la secadora ST-100             | 78 |
| <b>Tabla 23</b> | Checklist de actividades mensuales de mantenimiento en la secadora ST-100             | 78 |
| <b>Tabla 24</b> | Checklist de actividades trimestrales de mantenimiento en la secadora ST-100<br>..... | 79 |
| <b>Tabla 25</b> | Checklist de actividades anuales de mantenimiento en la secadora ST-100....           | 79 |
| <b>Tabla 26</b> | Plan de capacitación para encargados de mantenimiento.....                            | 80 |
| <b>Tabla 27</b> | Componentes críticos de la secadora y nivel de criticidad.....                        | 82 |
| <b>Tabla 28</b> | Ficha de registro de materiales FIFO .....  | 83 |

---

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabla 29</b> | Lista de materiales en stock.....                                  | 84 |
| <b>Tabla 30</b> | Registro de entradas y salidas.....                                | 85 |
| <b>Tabla 31</b> | Gestión inicial de inventario.....                                 | 86 |
| <b>Tabla 32</b> | KPI de seguimiento de auditoría .....                              | 94 |
| <b>Tabla 33</b> | Impacto económico de la causa raíz vs mejora .....                 | 96 |
| <b>Tabla 34</b> | Presupuesto de la implementación .....                             | 97 |
| <b>Tabla 35</b> | Flujo de cajas de la implementación sugerida .....                 | 98 |
| <b>Tabla 36</b> | Descripción por actividades del calendario de implementación ..... | 99 |

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1 Planteamiento del problema

El Centro Especial de Empleo Artesa es una empresa con 35 años de experiencia especializada en el lavado de ropa de cama, toallas y otros textiles. Además de ofrecer servicios industriales de alta calidad, cumple una importante función social al generar empleo para personas con discapacidad, promoviendo su inclusión laboral y social. La normativa española (Real Decreto 2273, 1985) establece que al menos el 70% del personal en estos centros debe contar con una discapacidad reconocida; sin embargo, Artesa supera ampliamente este requisito, alcanzando un 90% de su plantilla.

Según los directivos y responsables del centro, mejorar la productividad de la maquinaria es clave para garantizar la sostenibilidad del empleo y mantener la competitividad en el sector. Dado que el correcto funcionamiento de los equipos es esencial para el desarrollo del trabajo diario, cualquier falla no solo afectaría la productividad, sino que también pondría en riesgo la estabilidad laboral de los trabajadores. Además, una operación óptima permite a los empleados desempeñar sus funciones con mayor autonomía, favoreciendo su integración social y profesional.

Desde una perspectiva técnica, la falta de un análisis estructurado de datos impide detectar con precisión las causas raíz de las interrupciones, lo que conlleva a soluciones reactivas basadas en prueba y error. Desde una perspectiva social, esta ineficiencia compromete la misión del centro: ofrecer empleo estable a personas con discapacidad. La reducción en la productividad pone en riesgo la sostenibilidad del modelo de negocio inclusivo, afectando tanto la viabilidad económica del centro como la calidad del entorno laboral de sus trabajadores.

Por tanto, es necesario implementar un enfoque de mejora continua que permita el funcionamiento adecuado de los equipos, reducir las paradas no programadas y garantizar la sostenibilidad operativa y social del CEE ARTESA y alinearse con los objetivos de las fundaciones Alex Rivera y Gil Gayarre que apoya al CEE al promover la inclusión laboral.

### 1.2 Objetivos del proyecto

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad de la lavandería industrial CEE ARTESA, con el fin de aumentar la capacidad de procesamiento y calidad del servicio.

Para lograrlo, el proyecto se dividirá en las siguientes etapas:

- Identificar y priorizar los principales problemas que afectan la productividad en los procesos de la lavandería industrial CEE ARTESA, enfocándose en aquellos que generan retrasos innecesarios.
- Recopilar y analizar datos sobre los procesos afectados para cuantificar el impacto de los problemas priorizados en términos de tiempo y eficiencia operativa.
- Determinar las causas raíz de los problemas identificados utilizando herramientas adecuadas, como diagramas de Ishikawa o análisis de Pareto, para comprender su origen e impacto en la productividad.
- Diseñar soluciones específicas y efectivas para abordar las causas raíz, optimizando los procesos operativos y reduciendo los retrasos innecesarios.
- Desarrollar planes de control que aseguren la sostenibilidad de las mejoras realizadas y evitar la reincidencia de los problemas.

### 1.3 Estructura del trabajo

El primer capítulo introduce el proyecto, contextualizando el problema de productividad en la lavandería del CEE ARTESA y destacando su impacto social. Se plantean los objetivos generales y específicos del trabajo.

El segundo capítulo expone el marco metodológico, centrándose en Lean Six Sigma y el ciclo DMAIC. Se explican cada una de sus fases y las herramientas utilizadas para el análisis y mejora de procesos.

El tercer capítulo presenta los antecedentes institucionales y sectoriales del proyecto, describiendo el funcionamiento del sector de lavandería industrial y el papel social de las fundaciones Gil Gayarre, Álex Rivera y el CEE ARTESA.

El cuarto capítulo desarrolla el diagnóstico de la situación actual de la planta. Se analizan flujos de trabajo, distribución de planta, datos de producción, alarmas, calidad y cálculo del indicador OEE para identificar las principales fuentes de pérdida de eficiencia.

El quinto capítulo aplica la metodología DMAIC al caso específico de la secadora ST-100, identificada como el equipo crítico. Se incluyen análisis de causa raíz, propuestas de mejora técnica y organizativa, y medidas de control para asegurar la sostenibilidad de las soluciones.

El sexto capítulo presenta el presupuesto y calendario asociado a la implementación de las mejoras propuestas, así como una estimación del ahorro potencial y la viabilidad económica del proyecto.

El séptimo capítulo recoge las conclusiones alcanzadas, resume los beneficios esperados y propone futuras líneas de trabajo para ampliar el alcance del proyecto a otros equipos de la planta.

---

## **Capítulo 2. Metodología**

### **2.1 Seis Sigma**

La mejora de procesos depende de la capacidad de identificar un problema, desarrollar soluciones e implementarlas (Evans & Lindsay, 2019)

Lean Six Sigma es una metodología que combina los principios de Lean Manufacturing y Six Sigma con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos y reducir la variabilidad en las operaciones empresariales (George, 2002). Six Sigma es una metodología nacida en la década de 1980 y trata de una estrategia sistemática, que conlleva una estructura orientada a optimizar los procesos de producción de bienes y servicios. (Voehl et al., 2014). Mientras que Lean se enfoca en la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo de trabajo, Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para minimizar los defectos y mejorar la calidad de los productos y servicios.

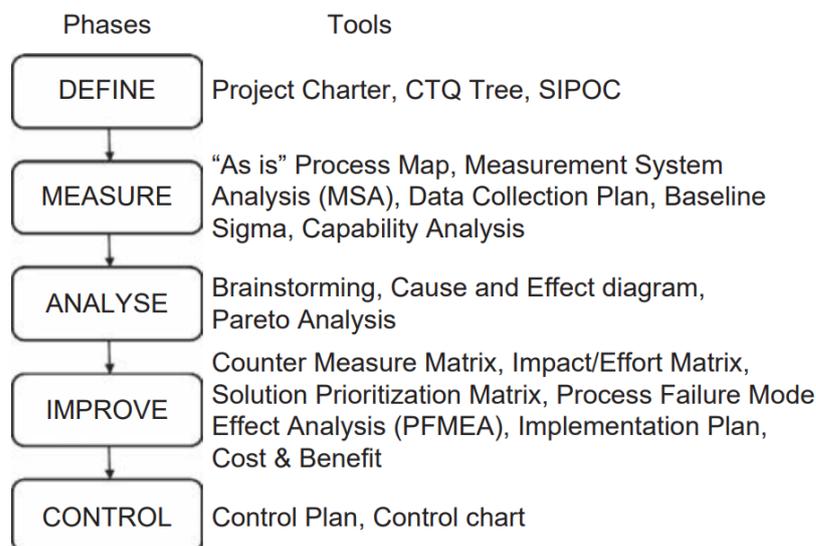
### **2.2 Metodología DMAIC**

Dentro de esta metodología, el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es una estructura fundamental para la resolución de problemas y la mejora de procesos en organizaciones de diversos sectores (Pyzdek & Keller, 2014). A través de este enfoque, se busca identificar y eliminar defectos en los procesos mediante el análisis basado en datos, garantizando soluciones sostenibles y medibles.

Cada una de las fases del DMAIC cumple una función específica. En la fase de Definir, se establecen los objetivos del proyecto y se identifican las necesidades del cliente; en Medir, se recopilan datos clave para evaluar el rendimiento actual del proceso; en Analizar, se identifican las causas raíz de los problemas; en Mejorar, se desarrollan e implementan soluciones efectivas; y en Controlar, se aplican mecanismos para mantener las mejoras a largo plazo (Snee & Hoerl, 2003). Esta metodología permite a las empresas mejorar su eficiencia operativa y aumentar la calidad de sus productos y servicios, con un enfoque estructurado que minimiza la variabilidad y optimiza el uso de los recursos.

Su enfoque basado en datos y mejora continua facilita la toma de decisiones estratégicas, asegurando que las soluciones implementadas sean sostenibles y replicables en diferentes áreas de la organización. Debido a estos beneficios, el DMAIC es una herramienta esencial para la gestión de calidad y la optimización de procesos en entornos altamente competitivos.

**Figura 1**  
Ejemplos de herramientas utilizadas para cada fase del DMAIC



Nota: Fuente (Prashar, 2014)

### 2.2.1 Definir

La fase de Definir es fundamental en la metodología DMAIC, ya que establece el alcance y los objetivos del proyecto de mejora. Durante esta etapa, se identifican claramente los problemas y se determinan las necesidades del cliente, lo que facilita la alineación de los esfuerzos del equipo con las expectativas de las partes interesadas (Pyzdek & Keller, 2014)

### 2.2.2 Medir

En la fase de Medir, se recopilan datos relevantes para comprender el rendimiento actual del proceso y establecer una línea base, la cual es esencial para evaluar el impacto de las mejoras implementadas en fases posteriores.(Wheeler & Chambers, 1992)

### 2.2.3 Analizar

La fase de Analizar se centra en identificar las causas raíz de los problemas detectados en el proceso. Se utilizan diversas herramientas analíticas para examinar los datos recopilados y descubrir patrones o relaciones que puedan indicar las fuentes de variabilidad o defectos.(Pyzdek & Keller, 2014).

### 2.2.4 Implementar (Mejorar)

En la fase de Mejorar e Implementar, el equipo desarrolla y pone en práctica soluciones dirigidas a abordar las causas raíz identificadas previamente. Se generan ideas de mejora utilizando técnicas como la lluvia de ideas y el análisis de valor, fomentando la creatividad y la participación activa de todos los miembros del equipo.

Las soluciones propuestas se evalúan en términos de factibilidad, costo, impacto y alineación con los objetivos del proyecto. Se pueden emplear matrices de priorización para comparar y seleccionar las opciones más efectivas y eficientes (Pande et al., 2007)

### **2.2.5 Controlar**

En la fase de Controlar, el objetivo principal es garantizar que las mejoras implementadas sean sostenibles a lo largo del tiempo. Para ello, se establecen planes de monitoreo y control que permiten mantener el proceso dentro de los parámetros deseados. Estos planes incluyen procedimientos detallados para la medición y supervisión continua del desempeño del proceso, asegurando que las ganancias obtenidas no se pierdan por falta de seguimiento. (De Mast & Lokkerbol, 2012)

## **2.3 Mantenimiento productivo total (TPM)**

La filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) abarca diversos aspectos fundamentales, entre los cuales se destacan la transformación de la concepción tradicional sobre los equipos e instalaciones, reconociendo que las pérdidas en la producción reducen la eficiencia operativa, situación que puede mitigarse mediante una gestión efectiva de fallas, averías, mal funcionamiento y paradas no planificadas. Asimismo, implica la implantación de una cultura orientada a la prevención de fallas, lo que requiere mantener en condiciones óptimas los equipos e instalaciones, detectar anticipadamente posibles problemas, implementar acciones correctivas oportunas para evitar el deterioro, mejorar la calidad en las operaciones e identificar y controlar las causas de las fallas con el fin de gestionarlas de manera eficiente. (Nakajima, 1991)

### **2.3.1 Mantenimiento Preventivo**

Según (Ahuja & Khamba, 2008), este enfoque permite programar revisiones y sustituciones de componentes en momentos óptimos, reduciendo tiempos de inactividad y costos inesperados. Además, mejora la confiabilidad operativa del sistema al contar con maquinaria en óptimas condiciones de trabajo. La implementación sistemática del mantenimiento preventivo también contribuye a una mayor seguridad y eficiencia en los procesos productivos.

### **Capítulo 3. Antecedentes del proyecto**

La lavandería industrial es un sector especializado en el lavado, secado, planchado y empaquetado de grandes cantidades de prendas, utilizando maquinarias especializadas de alta capacidad que permiten procesar toneladas de textiles a diario.

Este tipo de empresas atiende principalmente a sectores como hoteles, hospitales, restaurantes y otras instituciones que requieren servicios de limpieza textil a gran escala. Para lograrlo, emplean sistemas automatizados y procesos estandarizados que aseguran la calidad del servicio. Esto incluye el uso de productos químicos específicos, así como el control preciso de temperaturas y tiempos de ciclo.

El sector es altamente competitivo, alcanzando en España una facturación de 830 millones de euros en 2023, lo que representa aproximadamente el 0,07% del Producto Interior Bruto (PIB) nacional de ese año. (DBK Observatorio Sensorial, 2024)

#### **3.1 Fundación Gil Gayarre**

La Fundación Gil Gayarre, fundada por Doña Carmen Gayarre Galbete, se dedica a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad intelectual y sus familias. Su misión es ofrecer oportunidades para que estas personas desarrollen sus capacidades y vivan de manera plena y autónoma, promoviendo su inclusión en la sociedad. (Fundación Gil Gayarre, 2024)

El impacto en la comunidad es significativo, ya que la fundación no solo apoya a las personas con discapacidad intelectual, sino que también trabaja estrechamente con sus familias, ofreciéndoles recursos y apoyo para que participen activamente en el desarrollo de sus seres queridos.

#### **3.2 Fundación Alex Rivera**

La Fundación Álex Rivera se dedica a mejorar la calidad de vida de las personas adultas con síndrome de Down y otras discapacidades intelectuales. Fundada por Carlos Rivera, hermano de Álex Rivera, la fundación se enfoca en encontrar soluciones innovadoras para fomentar el empleo, la vivienda independiente y dar visibilidad a estas personas. La misión de la fundación es asegurar que los adultos con síndrome de Down puedan vivir de manera plena y autónoma, promoviendo su inclusión en la sociedad. (Fundación Alex Rivera, 2024)

La fundación desarrolla proyectos para generar oportunidades de empleo y mejorar la calidad de los puestos de trabajo para personas con discapacidad intelectual. Esto incluye la optimización y transformación de los Centros Especiales de Empleo (CEEs) para hacerlos más inclusivos y competitivos en el mercado laboral. Además, la fundación trabaja en la sensibilización de la sociedad sobre la importancia de la inclusión y el valor

que aportan las personas con discapacidad intelectual, mediante charlas, talleres, entre otros.

### 3.3 CEE Artesa

El Centro Especial de Empleo Artesa fue promovido por el Patronato de la Fundación Gil Gayarre en 1990, junto con ASPAFES (Asociación de Padres de la Fundación Gil Gayarre). Nació como una empresa sin ánimo de lucro con el objetivo de crear puestos de trabajo estables para personas con discapacidad. Su misión es lograr que puedan integrarse socialmente a través del ámbito laboral, proporcionándoles el apoyo necesario. (Artesa, 2024)

Artesa ofrece una variedad de servicios y programas diseñados para satisfacer las necesidades de sus empleados y clientes. Entre sus principales líneas de trabajo se encuentran la lavandería industrial y la limpieza de locales. La empresa cuenta con modernas instalaciones y maquinaria avanzada con capacidad de procesar aproximadamente nueve toneladas de ropa diariamente, atendiendo a grandes clientes como hoteles, universidades, residencias, entre otros.

**Figura 2**  
*Comienzos de Artesa*



Nota: La lavandería en sus inicios. Tomado de Artesa.com, 2025.

## Capítulo 4. Diagnóstico de la Situación Actual

Para entender la situación actual de la lavandería industrial en términos de productividad, se ha evaluado el periodo de septiembre 2024 a marzo 2025, midiendo el OEE (siglas de Overall Equipment Effectiveness), dando como resultado una métrica del 84%, lo que nos indica que la máquina está operando a ese valor de su eficiencia total disponible. Para ello, se han revisado detalladamente los datos operativos y el desempeño de los equipos utilizados en el proceso de lavado.

A través de este análisis, se ha identificado cuál es el equipo crítico dentro de la instalación, siendo este el túnel de lavado. Su relevancia radica en que es el componente clave del proceso, cuyo correcto funcionamiento impacta directamente en la productividad y la calidad del servicio prestado.

Los factores analizados son:

- Disponibilidad: Tiempo que la máquina está operativa respecto al tiempo total disponible.
- Rendimiento: Velocidad a la que opera en comparación con su capacidad máxima teórica.
- Calidad: Porcentaje de productos sin defectos o sin necesidad de reproceso.

Para obtener un diagnóstico actual de la empresa, se han llevado a cabo los siguientes estudios, los cuales se detallan a continuación:

- Flujograma y Diagrama del proceso
- Distribución de planta
- Análisis de datos de la productividad
- Análisis de alarmas
- Cálculo de OEE
- Matriz de priorización impacto-esfuerzo

## 4.1 Flujograma y Diagrama del proceso

### 4.1.1 Proceso

Para llevar a cabo el tratamiento de limpieza de la ropa, el proceso se divide en varias etapas para garantizar el lavado y cuidado adecuado de los textiles. Estas son:

#### 4.1.1.1 Recepción de la ropa

Los clientes disponen las prendas que necesitan lavarse para que sea recolectada y completan unos albaranes de ingreso, especificando la cantidad de cada tipo de artículo, ya sean sábanas, toallas, manteles, fundas de almohada o servilletas. Estas las recogen los camiones de la empresa para luego ser recibidas por el encargado de planta, estas vienen en jaulas de acero que son descargadas por los conductores.

#### 4.1.1.2 Clasificación

La ropa que llega a la lavandería, se clasificará primero según la urgencia, luego según el cliente, después según el color y por último según si es ropa lisa o de felpa. Esto lo realizan los operarios en la zona de descarga.

#### 4.1.1.3 Lavado, prensado y secado

El túnel de lavado, es un sistema continuo, donde se colocan cargas de aproximadamente 50 kilos en el conveyer transportador, que es una cinta con 4 compartimentos que detectan el peso automáticamente, facilitando visualmente al operario para realizar las cargas y no exceder el peso máximo permitido. Esta rampa es la que se encarga de introducir la ropa sucia dentro del túnel.

En caso de exceder los 50 kg recomendados durante el proceso de carga de los módulos del transportador, se activará una luz piloto roja ubicada en uno de los laterales del mismo, la cual servirá como advertencia de sobrecarga.

**Figura 3**

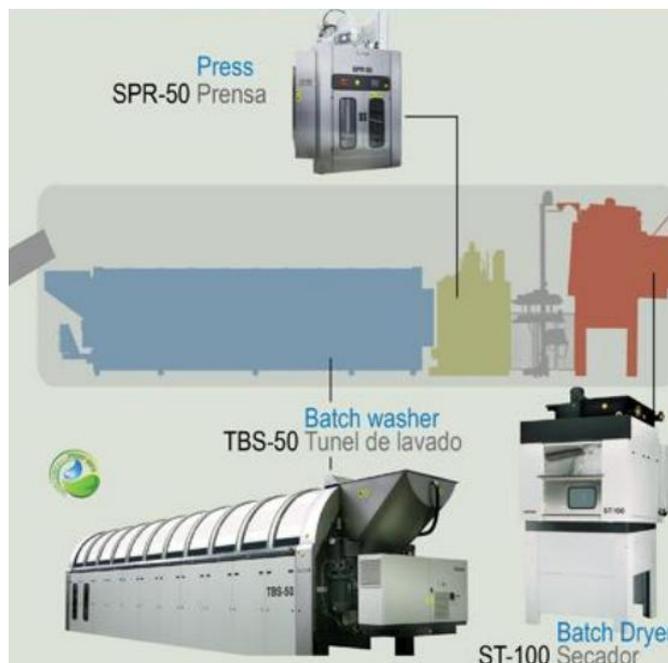
*Módulo de control del Conveyer con báscula de peso por compartimento*



Nota: Elaboración propia, 2025.

El túnel consta de 7 módulos, a través de los cuales la ropa atraviesa diferentes fases secuenciales: una fase de prelavado, una de lavado y finalmente una de aclarado.

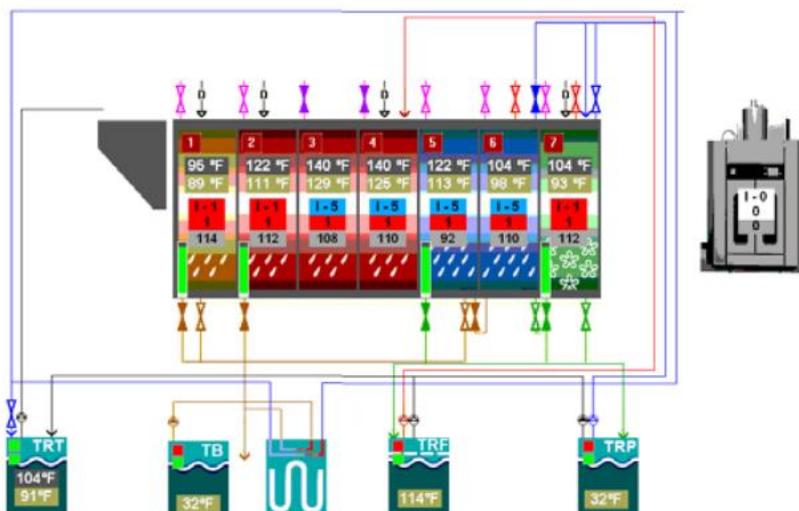
**Figura 4**  
*Equipos principales del túnel de lavado marca Girbau*



Nota: La imagen representa la Prensa SPR-50, el túnel de lavado TBS-50 y una de las secadoras ST-100. Tomado de Girbau (Girbau Laundry Equipment, 2024)

El proceso de lavado, prensado y secado está supervisado por un sistema informático Hygien de la empresa Girbau, que se ha programado según las características de la ropa, distinguiendo entre felpa o ropa lisa, así como entre prendas de color o blancas. Además, este ordenador regula la unidad dosificadora de detergentes adaptándose al programa de lavado que se esté utilizando en cada momento. El programa cuenta con múltiples pantallas que permiten observar en tiempo real todos los parámetros configurados en cada componente del proceso.

**Figura 5**  
Panel de control del ordenador del software Hygien



Nota: Representa cómo funciona el ciclo de lavado en un túnel de 7 módulos como el que se tiene en Artesa. (Girbau Laundry Equipment, 2024)

Una vez completado el lavado, cada carga de 50 kg es transferida a una prensa extractora que elimina la mayor parte de la humedad, dejando la ropa con una humedad residual de 45-48%. Al salir de la prensa, la ropa adquiere una forma cilíndrica compacta, denominada "galleta" o "torta", que es transportada mediante el conveyor desplazable hasta los secadores secuenciales. Esta prensa se utiliza tanto para la ropa lisa como para la ropa de felpa.

**Figura 6**  
Vista superior de "torta" o "galleta" siendo trasladada a secadora



Nota: Vista de cómo se traslada la ropa compacta de la prensa al secador por el elevador. Tomado de Girbau.(Girbau Laundry Equipment, 2024)

En la siguiente etapa de secado, la ropa lisa permanece entre 2 a 3 minutos, dependiendo de la estación del año, tras lo cual es depositada en los carros para ropa húmeda. En cambio, la ropa de felpa permanece aproximadamente 30 minutos, ya que este tipo de ropa no requiere planchado posterior, sino que pasa directamente al proceso de doblado.

La descarga de la ropa desde las secadoras secuenciales se efectúa por el lado opuesto al de carga, situado a una altura de 2 metros respecto al suelo. Estas secadoras están equipadas con un mecanismo de expulsión y su bombo está diseñado con una inclinación que facilita la descarga. Después del proceso de secado, se lleva a cabo una revisión para identificar posibles manchas persistentes que no hayan sido eliminadas en las etapas previas, procediendo a separar estas prendas para aplicarles un tratamiento adicional que resuelva definitivamente el problema. Esta etapa no se realiza siempre y las manchas suelen verse muchas veces luego del planchado al salir de la calandra.

#### **4.1.1.4 Calandrado (Planchado)**

Los trabajadores realizarán la separación de la ropa por tipo, esta tarea dependerá de cómo se haya clasificado inicialmente la ropa al momento de su recepción. Si únicamente se han recibido sábanas, se omitirá el paso de clasificación y se procederá directamente al planchado. Las sábanas serán posicionadas manualmente en el introductor, donde la ropa se extenderá automáticamente al momento de avanzar hacia la calandra, ubicada inmediatamente después del introductor, cuya función es realizar el planchado. Posteriormente, la ropa será doblada en un plegador de aire, con pliegues longitudinales y transversales previamente programados, las sábanas u otras prendas lisas se inspeccionan y separan por tipo manualmente. De encontrarse alguna prenda ropa o sucia, se separa para enviar al cliente o para su reproceso.

**Figura 7**  
*Calandra*



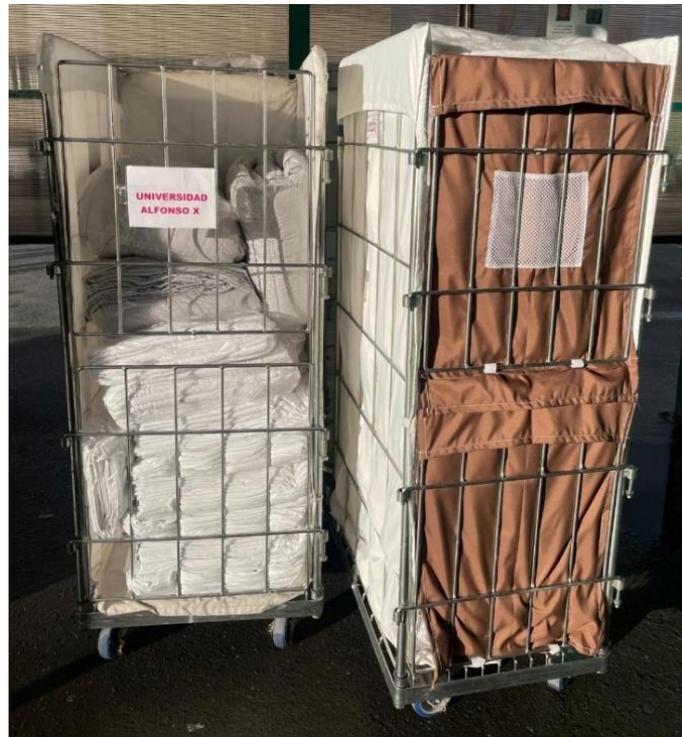
Nota: Las fundas salen planchadas de la calandra, pero son separadas por tipo y tamaño de forma manual. Elaboración propia, 2025.

#### **4.1.1.5 Doblado y empaque**

Después del secado, las toallas serán transportadas en carros de ropa húmeda hasta la plegadora, donde serán dobladas sin necesidad de pasar por el proceso de planchado y luego empacadas. Lo mismo con la ropa lisa, que es agrupada de acuerdo a las características coordinadas previamente con los clientes. Se colocan en lotes dentro de los carros de aluminio que cuentan con carteles distintivos rotulados y en colores para cada cliente, donde luego pasan a la zona de ropa limpia para su posterior distribución.

**Figura 8**

*Carros de aluminio con ropa limpia*



Nota: Elaboración propia, 2025.

#### **4.1.1.6 Despacho**

A continuación, los operarios colocarán estos lotes en carros distintos a los de llegada, organizándolos según la prioridad y el cliente. Luego, serán enviados a la zona de expedición, donde los conductores de los camiones de reparto, los suben a los camiones con el albarán de salida.

**Figura 9**

*Zona de ropa limpia lista para despacho*



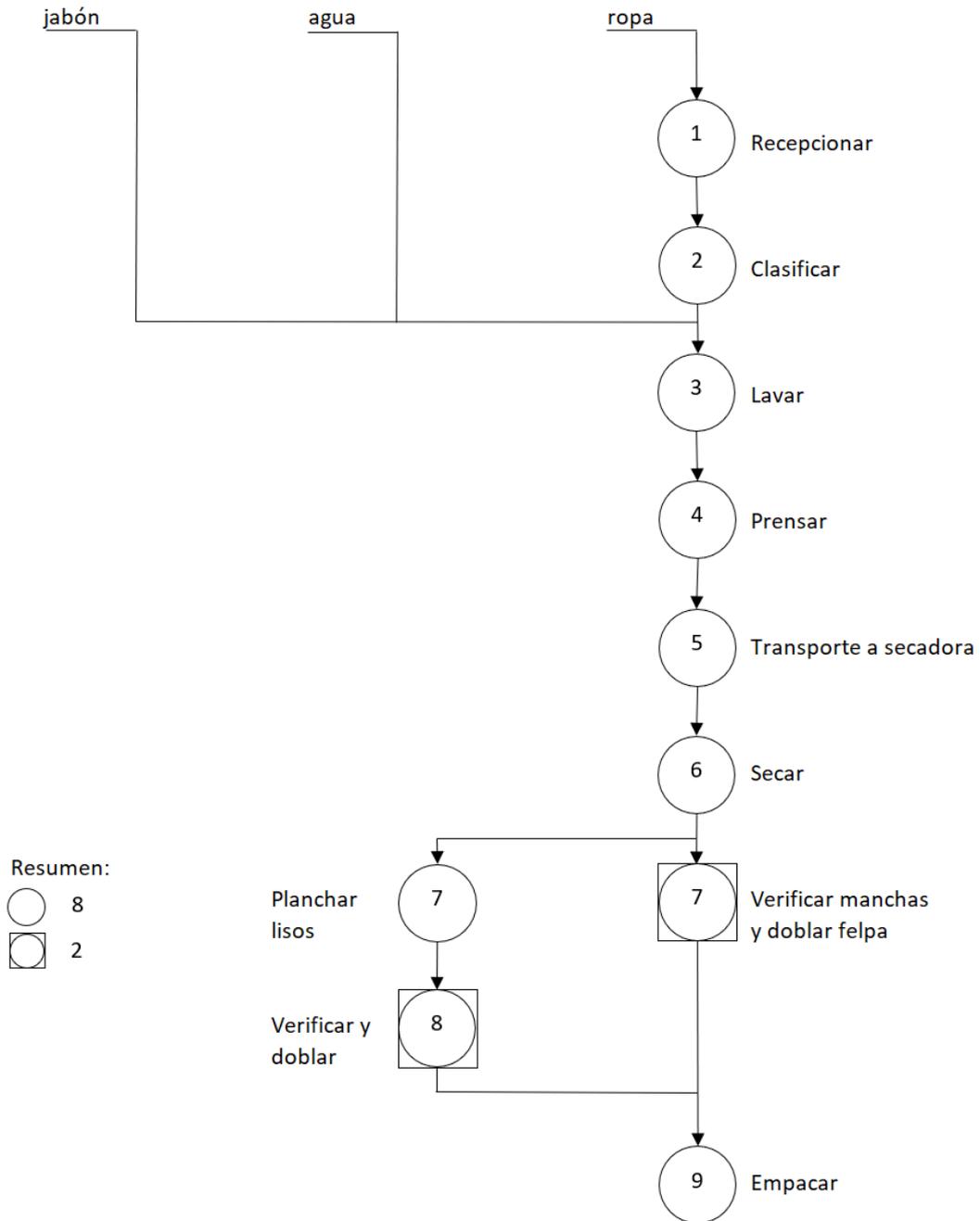
Nota: Elaboración propia, 2025.

### 4.1.2 Diagrama de operaciones del proceso

#### Diagrama de operaciones básico de la lavandería industrial

**Figura 10**

*Diagrama de operaciones del proceso de lavado secuencial*



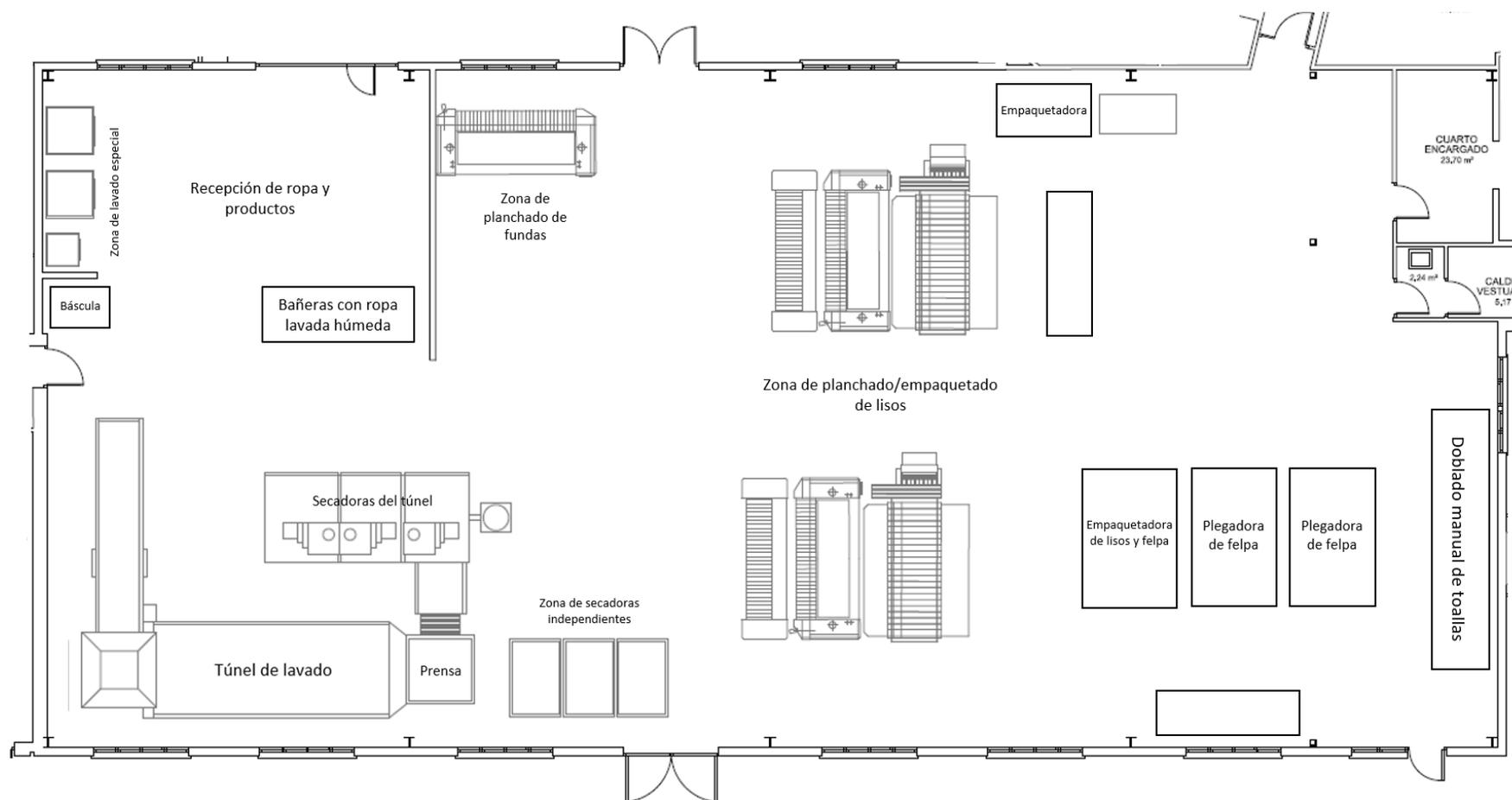
Nota: Elaboración propia, 2025.

## 4.2 Distribución de planta

La planta está distribuida en distintas zonas de trabajo, comenzando por la zona de recepción de ropa y productos, al lado está la zona de lavado especial, donde se tratan prendas con manchas que no han logrado salir en el lavado convencional o prendas especiales que no se pueden ingresar en el túnel de lavado como almohadas, cojines, entre otros. Luego encontramos el sistema continuo de lavado compuesto por el túnel de lavado, el conveyor transportador, la prensa, el conveyor desplazable y tres secadoras.

En el medio, se encuentran tres secadoras individuales, la zona de planchado y empaquetado de lisos que comprende una calandra pequeña que sirve para fundas de almohadas y servilleta, dos sistemas de introductor, calandras y plegadores para sábanas, fundas de almohada y mantelería, junto a la segunda calandra se encuentra una empaquetadora de lisos manual. Al final se ubica un sistema de empaquetado automático tanto de lisos como de felpa, al costado dos plegadoras de toallas y por último una zona de plegado manual donde se procesan las alfombrillas y albornoces.

**Figura 11**  
*Plano de distribución de la planta actual*



Nota: Elaboración propia, 2025.

### 4.3 Análisis de los datos para indicadores

#### 4.3.1 Análisis de datos de productividad

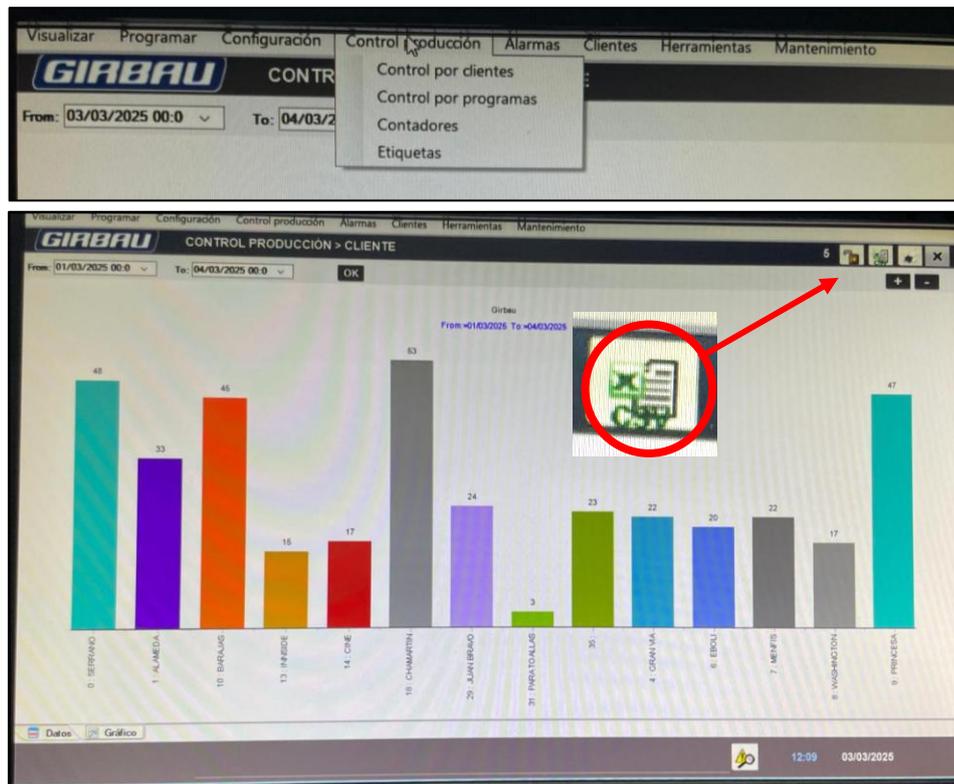
El túnel de lavado es el equipo clave para el funcionamiento de toda la cadena de lavado y cualquier interrupción impacta directamente en la productividad de Artesa.

El proceso de extracción de esta información se realiza mediante la conexión al sistema de base de datos del software, el uso de interfaces de programación de aplicaciones (APIs), o mediante herramientas de exportación de datos que permiten acceder a la información almacenada en el sistema. Para extraer la información del software Hygien, se ingresa al ordenador que está al lado de las secadoras del túnel, en las pestañas superiores se ingresa por la ruta:

**Control de producción -> Control por cliente -> exportar CSV**

Figura 12

Procedimiento para extraer información de Control por Clientes del software Hygien



Nota: Elaboración propia, 2025.

Dentro del archivo que brinda el programa con esa ruta, encontramos el registro de:

- Cantidad de kilos procesados por cada ciclo.
- Hora de inicio y finalización de cada proceso.
- Máquina específica utilizada para cada lote de ropa.

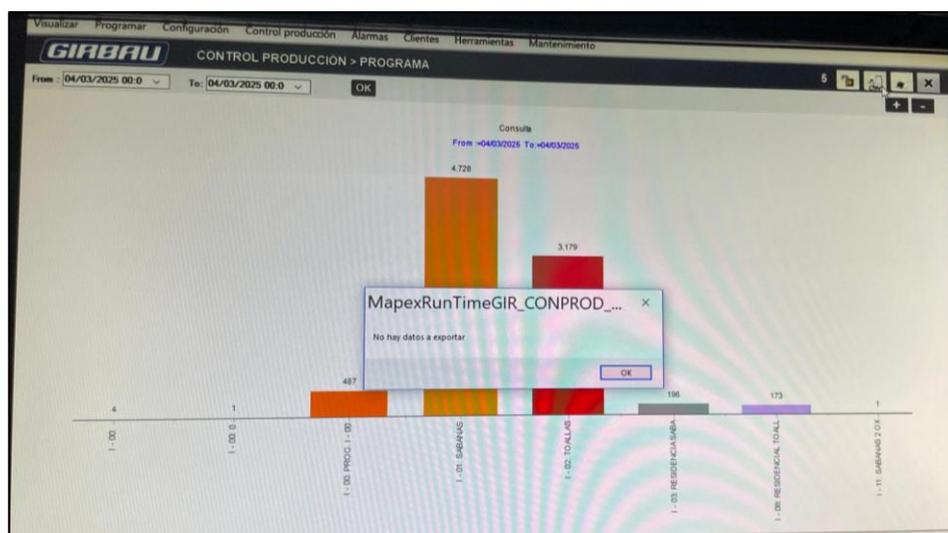
Para ingresar al archivo, se presiona el logo de Windows en el teclado, se abre la ventana de archivos y se sigue la ruta: **GIRBAU (C:) -> CSV**, donde se encontrarán todos los archivos de reportes generados, solo queda arrastrar el mismo a la unidad de almacenamiento extraíble para guardar la información.

En caso se quiera comparar solo el tipo de ropa (ya sea lisos o felpa), se puede realizar dentro de la misma pestaña de control de producción, pero en la siguiente ruta:

### Control de producción -> Control por programas -> exportar CSV

**Figura 13**

*Procedimiento para extraer información de Control por Programas del software Hygien*



Nota: Elaboración propia, 2025.

Se ha llevado a cabo un análisis detallado de los datos extraídos del túnel de lavado con el objetivo de evaluar su eficiencia operativa y detectar posibles oportunidades de mejora en el proceso. Se analizaron los kilos procesados en cada ciclo, permitiendo determinar la capacidad de carga efectiva del túnel y su grado de utilización en comparación con su capacidad máxima. Asimismo, se ha revisado el tipo de ropa procesada, clasificándola según su categoría (ropa lisa, felpa, prendas de color o blancas) para evaluar el impacto que cada tipo de tejido tiene en los tiempos de lavado y en el rendimiento general del equipo. Estos análisis permiten identificar patrones de funcionamiento, detectar cuellos de botella y proponer mejoras para optimizar el desempeño del túnel de lavado.

**Figura 14**  
Base de datos de producción que se extrae del software Hygien

| ID    | Descripción   | Inicio           | Fin              | Status | Ubicación               |
|-------|---|------------------|------------------|--------|-------------------------|
| 65631 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 52,0  | 29/01/2025 11:03 | 29/01/2025 11:31 | 1 ST-2 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65632 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 49,0 | 29/01/2025 11:14 | 29/01/2025 11:41 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65633 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 51,0 | 29/01/2025 11:18 | 29/01/2025 11:45 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65634 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 51,0  | 29/01/2025 11:23 | 29/01/2025 11:49 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65635 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 52,0  | 29/01/2025 11:27 | 29/01/2025 11:54 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65636 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 51,0  | 29/01/2025 11:31 | 29/01/2025 11:58 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65637 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 54,0  | 29/01/2025 11:34 | 29/01/2025 12:02 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65638 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 49,0 | 29/01/2025 11:45 | 29/01/2025 12:12 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65639 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 50,0 | 29/01/2025 11:49 | 29/01/2025 12:16 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65640 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 49,0 | 29/01/2025 11:54 | 29/01/2025 12:20 | 1 ST-2 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65641 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 35,0 | 29/01/2025 11:58 | 29/01/2025 12:23 | 1 ST-2 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65642 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 47,0  | 29/01/2025 12:02 | 29/01/2025 12:27 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65643 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 41,0  | 29/01/2025 12:05 | 29/01/2025 12:31 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65644 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 33,0  | 29/01/2025 12:09 | 29/01/2025 12:37 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65645 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 46,0 | 29/01/2025 12:23 | 29/01/2025 12:52 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65646 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 53,0  | 30/01/2025 12:17 | 30/01/2025 12:42 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65647 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 51,0  | 30/01/2025 12:21 | 30/01/2025 12:46 | 1 ST-1 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65648 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 53,0  | 30/01/2025 12:46 | 30/01/2025 13:12 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65649 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 51,0  | 30/01/2025 12:50 | 30/01/2025 13:15 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65650 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 53,0  | 30/01/2025 12:53 | 30/01/2025 13:19 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65651 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 54,0  | 30/01/2025 12:57 | 30/01/2025 13:22 | 1 SPR  | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65652 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 50,0 | 30/01/2025 13:15 | 30/01/2025 14:00 | 1 ST-2 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65653 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 50,0 | 30/01/2025 13:19 | 30/01/2025 14:03 | 1 ST-2 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65654 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 49,0  | 30/01/2025 13:22 | 30/01/2025 14:07 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65655 | 2.025E+10 I -01: SABANT -1: SABAN/P -2: MEDIA 5 -2: SABAN/9: PRINCESA 30,0  | 30/01/2025 13:45 | 30/01/2025 14:11 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65656 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 52,0 | 30/01/2025 14:03 | 30/01/2025 14:29 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |
| 65657 | 2.025E+10 I -02: TOALLT -2: TOALLAP -1: ALTA PIS -1: TOALLA9: PRINCESA 51,0 | 30/01/2025 14:07 | 30/01/2025 14:32 | 1 ST-3 | 20240101 0C 20250201 0C |

Nota: Elaboración propia.

Se pudo capturar el comportamiento operativo del túnel de lavado durante varios meses, contemplando posibles variaciones estacionales que pudieran influir en la productividad del sistema.

La importancia de la recopilación de los datos reside en la valiosa información que aportan para llevar a cabo el análisis de tiempos de lavado, eficiencia operativa y detección de posibles incidencias en el proceso.

### 4.3.2 Análisis de alarmas

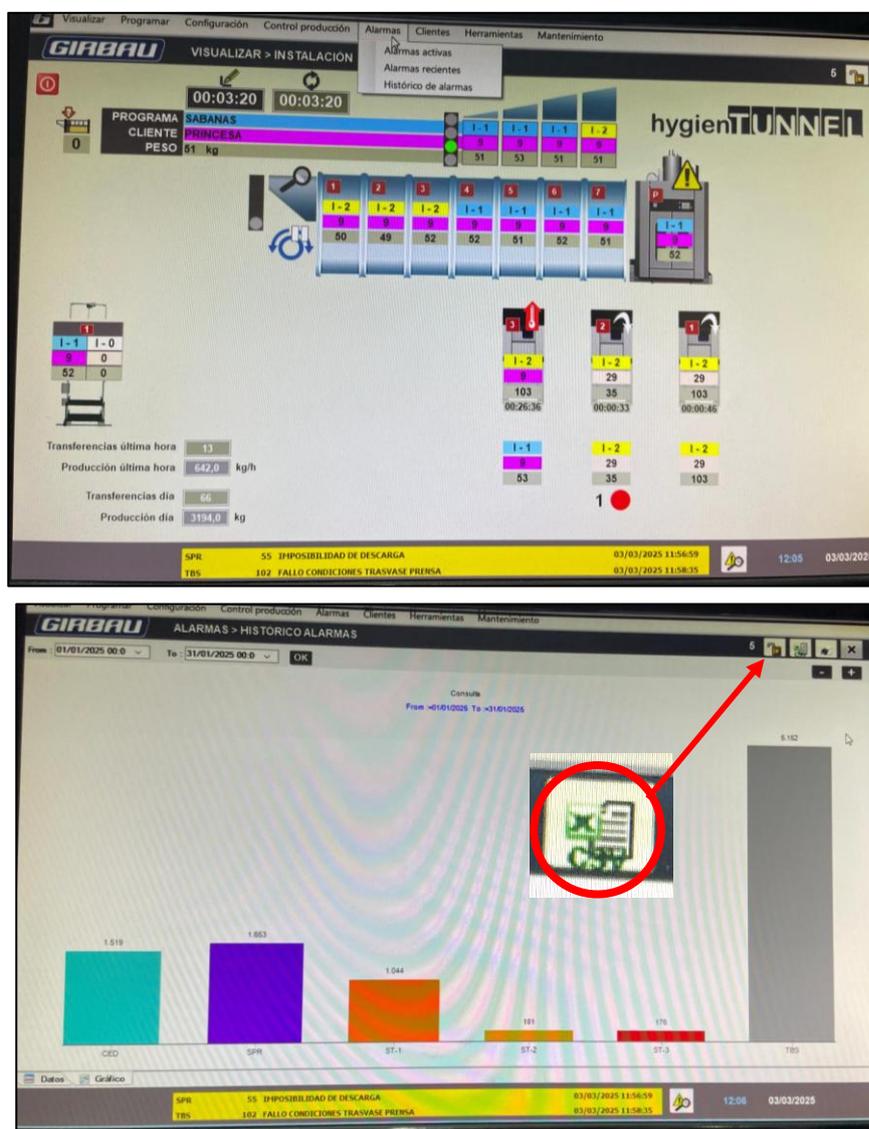
El análisis de las alarmas en un túnel de lavado de una lavandería industrial es fundamental por varias razones, ya que ayuda a garantizar la eficiencia operativa, la seguridad, y la calidad del servicio.

Para poder extraer la información de alarmas del software Hygien, en la barra superior se ingresa a:

**Alarmas -> Histórico de alarmas -> exportar CSV**

Antes de exportar, hay que asegurarse elegir las fechas para exportar la información, se debe tomar en cuenta que mientras el periodo de tiempo sea mayor, el tiempo de procesamiento para observar y descargar las alarmas será considerable.

**Figura 15**  
*Procedimiento para extraer información de Histórico de alarmas del software Hygien*



Nota: Elaboración propia, 2025.

Se ha realizado el análisis de las alarmas registradas por el software del túnel de lavado Girbau, utilizado en la lavandería Artesa. Este es clave para comprender en detalle los eventos que generan interrupciones en el proceso de lavado, permitiendo así identificar patrones recurrentes, evaluar su impacto en la productividad y proponer soluciones efectivas para minimizar las paradas no programadas.

Para llevar a cabo este estudio, el primer paso consiste en la extracción de datos relevantes desde el software de control del túnel de lavado. Este sistema registra de manera automática cada evento de alarma que se produce durante la operación, proporcionando información clave para su análisis. Los datos recopilados incluyen la fecha y hora de inicio y finalización de cada ciclo de lavado, el tiempo total durante el cual cada alarma estuvo activa (medido en

segundos), el identificador único de la máquina en la que se generó la alerta y el código específico de la alarma.

Cada código de alarma tiene un significado determinado y está clasificado según su prioridad, tal como se establece en los manuales de operación del fabricante Girbau. Estas alarmas pueden estar relacionadas con distintos factores, como fallos mecánicos, errores en la programación del software, problemas en el suministro de insumos como detergente o agua, o incluso sobrecargas en el sistema de transporte de la ropa dentro del túnel de lavado.

Se procede a la clasificación y análisis de los datos, agrupando las alarmas según su frecuencia de ocurrencia, duración e impacto en la producción. Se busca identificar cuáles son los eventos más comunes y aquellos que generan mayores tiempos de inactividad, ya que estos representan los principales cuellos de botella en el proceso.

En primera instancia se despejan las alarmas atípicas, habiendo consultado previamente con los encargados de mantenimiento y la jefa de producción, como lo son las alarmas que duran más de 700 minutos por temas de mal cierre de programa del túnel del turno anterior hasta que los encargados de mantenimiento lo vuelvan a reiniciar al día siguiente, las que tienen duración de pocos segundos que por lo general son avisos que emite el túnel (ejemplo: regulación de niveles de agua) que en muchas ocasiones se desactivan solas.

**Figura 16**  
*Datos atípicos descartados en el análisis*

| C                | D                | E         | F         | G          | H         | I      | J                                     | K         | L        | M       |
|------------------|------------------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|---------------------------------------|-----------|----------|---------|
| Inicio           | Fin              | Total seg | Total min | Total hora | id machin | Código | Alarma                                | Prioridad | cod mach | Máquina |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38362     | 639.37    | 10.66      | 1         | 16     | PARO DE EMERGENCIA SECADORA           | 16        | 1        | ST-1    |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38334     | 638.90    | 10.65      | 14        | 65     | FALLO COMUNICACIÓN CON SECADORA 1     | 65        | 14       | CED     |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38334     | 638.90    | 10.65      | 14        | 21     | FALLO INVERTER                        | 21        | 14       | CED     |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38329     | 638.82    | 10.65      | 13        | 16     | PARO EMERGENCIA                       | 16        | 13       | SPR     |
| 30/03/2025 20:10 | 30/03/2025 20:10 | 6         | 0.10      | 0.00       | 15        | 144    | FALLO PRENSA                          | 144       | 15       | TBS     |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38328     | 638.80    | 10.65      | 15        | 143    | FALLO COMUNICACION TBS/CEDD           | 143       | 15       | TBS     |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38323     | 638.72    | 10.65      | 15        | 142    | FALLO COMUNICACION TBS/SPR            | 142       | 15       | TBS     |
| 30/03/2025 20:10 | 31/03/2025 6:49  | 38323     | 638.72    | 10.65      | 15        | 38     | PROTECCIONES PRENSA ABIERTAS          | 38        | 15       | TBS     |
| 31/03/2025 7:03  | 31/03/2025 7:34  | 1859      | 30.98     | 0.52       | 13        | 77     | PARO MAQUINA POR EXCESO DE TIEMPO SIN | 77        | 13       | SPR     |

Nota: Elaboración propia, 2025.

Además, se han filtrado las alarmas que representan demoras identificadas no por fallo de máquina sino por plan de producción, por ejemplo, el “exceso de demora en transferencia” donde la pastilla de ropa comprimida espera en el Conveyor transportador (CED) que se libere una secadora para poder ingresar la carga. Esto suele ocurrir cuando se procesan solo toallas ya que el tiempo de secado es entre 30 a 39 minutos por ciclo, mientras que el de lavado es de 22.4 minutos (3.2 minutos por sección del túnel) en un ciclo regular, existen distintos tipos de ciclo dependiendo si el lavado necesita un tratamiento especial.

**Figura 17**  
Base de datos de Alarmas y Avisos que se extrae del software Hygien

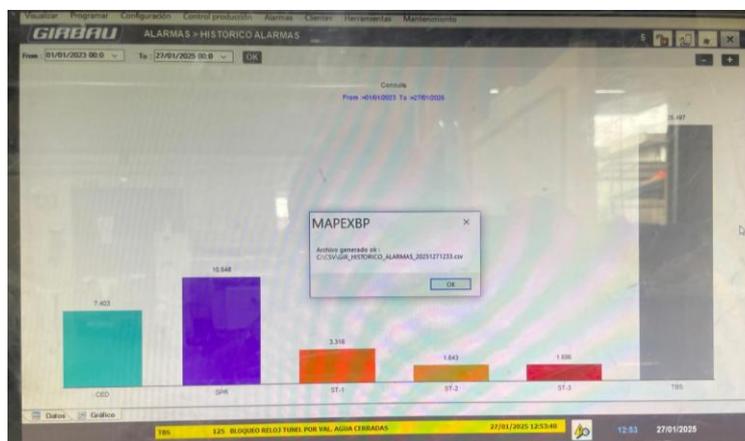
| id alarm | id alarm | Inicio | Fin              | Total            | Id machine | Código | Alarma  | Prioridad | cod machi | Máquina | Cantida |
|----------|----------|--------|------------------|------------------|------------|--------|---|-----------|-----------|---------|---------|
| 1        | 113171   | 9319   | 15/04/2024 22:39 | 15/04/2024 22:39 | 6          | 15     | 255 ESPERA NIVELES DE AGUA                    | 255       | 15        | TBS     | 1       |
| 3        | 113172   | 3667   | 15/04/2024 23:08 | 16/04/2024 10:20 | 40324      | 13     | 77 PARO MAQUINA POR EXCESO DE TIEMPO SIN TF   | 77        | 13        | SPR     | 1       |
| 4        | 113173   | 121    | 16/04/2024 0:04  | 16/04/2024 10:20 | 36914      | 14     | 71 FALLO SECADORA 1                           | 71        | 14        | CED     | 1       |
| 5        | 113176   | 59     | 16/04/2024 0:04  | 16/04/2024 10:20 | 36914      | 1      | 21 PUERTA FILTROS SECADORA                    | 21        | 1         | ST-1    | 1       |
| 6        | 113175   | 63     | 16/04/2024 0:04  | 16/04/2024 10:20 | 36914      | 1      | 17 KLIKON TURBINAS                            | 17        | 1         | ST-1    | 1       |
| 7        | 113174   | 64     | 16/04/2024 0:04  | 16/04/2024 10:20 | 36914      | 1      | 16 PARO DE EMERGENCIA SECADORA                | 16        | 1         | ST-1    | 1       |
| 8        | 113177   | 171    | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 10:20 | 36887      | 14     | 21 FALLO INVERTER                             | 21        | 14        | CED     | 1       |
| 9        | 113179   | 3728   | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 10:20 | 36884      | 13     | 16 PARO EMERGENCIA                            | 16        | 13        | SPR     | 1       |
| 10       | 113178   | 4034   | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 0:05  | 5          | 15     | 144 FALLO PRENSA                              | 144       | 15        | TBS     | 1       |
| 11       | 113180   | 4035   | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 10:20 | 36881      | 15     | 143 FALLO COMUNICACION TBS/CEDD               | 143       | 15        | TBS     | 1       |
| 12       | 113182   | 4036   | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 10:20 | 36879      | 15     | 142 FALLO COMUNICACION TBS/SPR                | 142       | 15        | TBS     | 1       |
| 13       | 113181   | 4140   | 16/04/2024 0:05  | 16/04/2024 10:20 | 36879      | 15     | 38 PROTECCIONES PRENSA ABIERTAS               | 38        | 15        | TBS     | 1       |
| 14       | 113183   | 9319   | 16/04/2024 10:26 | 16/04/2024 10:31 | 284        | 15     | 255 ESPERA NIVELES DE AGUA                    | 255       | 15        | TBS     | 1       |
| 15       | 113184   | 3667   | 16/04/2024 10:33 | 16/04/2024 10:34 | 26         | 13     | 77 PARO MAQUINA POR EXCESO DE TIEMPO SIN TF   | 77        | 13        | SPR     | 1       |
| 16       | 113185   | 4059   | 16/04/2024 10:37 | 16/04/2024 10:38 | 11         | 15     | 119 ALARMA CAUDALIMETRO VALVULA Y21           | 119       | 15        | TBS     | 1       |
| 17       | 113186   | 3685   | 16/04/2024 10:40 | 16/04/2024 10:40 | 38         | 13     | 59 DEFECTO DE AGUA EN MEMBRANA                | 59        | 13        | SPR     | 1       |
| 18       | 113187   | 3685   | 16/04/2024 11:12 | 16/04/2024 11:15 | 139        | 13     | 59 DEFECTO DE AGUA EN MEMBRANA                | 59        | 13        | SPR     | 1       |
| 19       | 113188   | 4076   | 16/04/2024 11:14 | 16/04/2024 11:15 | 77         | 15     | 102 FALLO CONDICIONES TRASVASE PRENSA         | 102       | 15        | TBS     | 1       |
| 20       | 113189   | 11     | 16/04/2024 11:16 | 16/04/2024 11:24 | 441        | 1      | 69 FALLO CONDICIONES INICIALES PUERTA DE DESI | 69        | 1         | ST-1    | 1       |
| 21       | 113190   | 121    | 16/04/2024 11:16 | 16/04/2024 11:24 | 441        | 14     | 71 FALLO SECADORA 1                           | 71        | 14        | CED     | 1       |
| 22       | 113191   | 25     | 16/04/2024 11:17 | 16/04/2024 11:24 | 432        | 1      | 55 EXCESO DE TIEMPO ABRIR / CERRAR PUERTA DE  | 55        | 1         | ST-1    | 1       |
| 23       | 113192   | 3685   | 16/04/2024 11:17 | 16/04/2024 11:20 | 138        | 13     | 59 DEFECTO DE AGUA EN MEMBRANA                | 59        | 13        | SPR     | 1       |
| 24       | 113193   | 4076   | 16/04/2024 11:19 | 16/04/2024 11:20 | 76         | 15     | 102 FALLO CONDICIONES TRASVASE PRENSA         | 102       | 15        | TBS     | 1       |
| 25       | 113194   | 25     | 16/04/2024 12:03 | 16/04/2024 12:04 | 36         | 1      | 55 EXCESO DE TIEMPO ABRIR / CERRAR PUERTA DE  | 55        | 1         | ST-1    | 1       |
| 26       | 113195   | 121    | 16/04/2024 12:03 | 16/04/2024 12:04 | 36         | 14     | 71 FALLO SECADORA 1                           | 71        | 14        | CED     | 1       |
| 27       | 113196   | 3689   | 16/04/2024 13:04 | 16/04/2024 13:04 | 37         | 13     | 55 IMPOSIBILIDAD DE DESCARGA                  | 55        | 13        | SPR     | 1       |
| 28       | 113197   | 3689   | 16/04/2024 13:07 | 16/04/2024 13:08 | 70         | 13     | 55 IMPOSIBILIDAD DE DESCARGA                  | 55        | 13        | SPR     | 1       |
| 29       | 113198   | 4076   | 16/04/2024 13:09 | 16/04/2024 13:09 | 12         | 15     | 102 FALLO CONDICIONES TRASVASE PRENSA         | 102       | 15        | TBS     | 1       |
| 30       | 113199   | 3689   | 16/04/2024 13:44 | 16/04/2024 13:44 | 34         | 13     | 55 IMPOSIBILIDAD DE DESCARGA                  | 55        | 13        | SPR     | 1       |
| 31       | 113200   | 119    | 16/04/2024 13:49 | 16/04/2024 13:50 | 79         | 14     | 73 FALLO SECADORA 2                           | 73        | 14        | CED     | 1       |
| 32       | 113201   | 331    | 16/04/2024 13:49 | 16/04/2024 13:50 | 75         | 3      | 21 PUERTA FILTROS SECADORA                    | 21        | 3         | ST-3    | 1       |

Nota: Elaboración propia, 2025.

También se realiza un cruce de información con los registros operativos del túnel de lavado para evaluar si existen tendencias o patrones que permitan predecir la aparición de ciertas alarmas en función de variables como el tipo de ropa procesada, el turno de trabajo o el volumen de carga en cada ciclo.

Este análisis no solo ayuda a cuantificar la magnitud del problema, sino que también permite generar recomendaciones específicas para optimizar el mantenimiento preventivo, ajustar parámetros operativos y mejorar la capacitación del personal en la identificación y resolución rápida de incidencias. A través de este enfoque, se busca garantizar una mayor estabilidad en el funcionamiento del túnel de lavado y, en consecuencia, mejorar la productividad del proceso de lavandería en Artesa.

**Figura 18**  
Histórico de alarmas del software Hygien - Girbau



Nota: (Girbau, 2025)

Se han identificado varias alarmas de las cuales, un total de ocho son consideradas críticas y son responsables de las paradas no programadas del túnel de lavado. Las distintas alarmas, están asociadas con distintos factores operativos como fallos mecánicos en los módulos del túnel, problemas en el suministro de agua o detergente, errores en la programación del software de control, sobrecarga en el sistema de transporte de la ropa, y otros eventos que comprometen el correcto funcionamiento del equipo. Al analizarlas, es posible determinar cuáles son las que ocurren con mayor frecuencia y las que generan mayores tiempos de inactividad, lo que permite priorizar acciones correctivas y preventivas.

Para facilitar su evaluación, se ha elaborado una tabla que resume las incidencias más recurrentes registradas en el túnel de lavado durante el período de estudio, que abarca desde septiembre de 2024 hasta marzo de 2025. En esta tabla, cada alarma está acompañada por su código de identificación, una descripción detallada de la causa probable, su frecuencia de ocurrencia.

En la tabla presentada se puede identificar las alarmas o avisos con mayor número de horas y la máquina a la que pertenecen. No todas significan una parada de maquinaria, algunos solo un sobre aviso de no disponibilidad en ese momento de alguna, lo que suele acarrear el salto de mas avisos simultáneos. Por ejemplo, al estar las tres secadoras llenas, el conveyor no puede descargar la “galleta” recién prensada para su secado, por lo que suele saltar los avisos de Paro de máquina por exceso de tiempo sin transferencia e imposibilidad de descarga.

**Tabla 1**

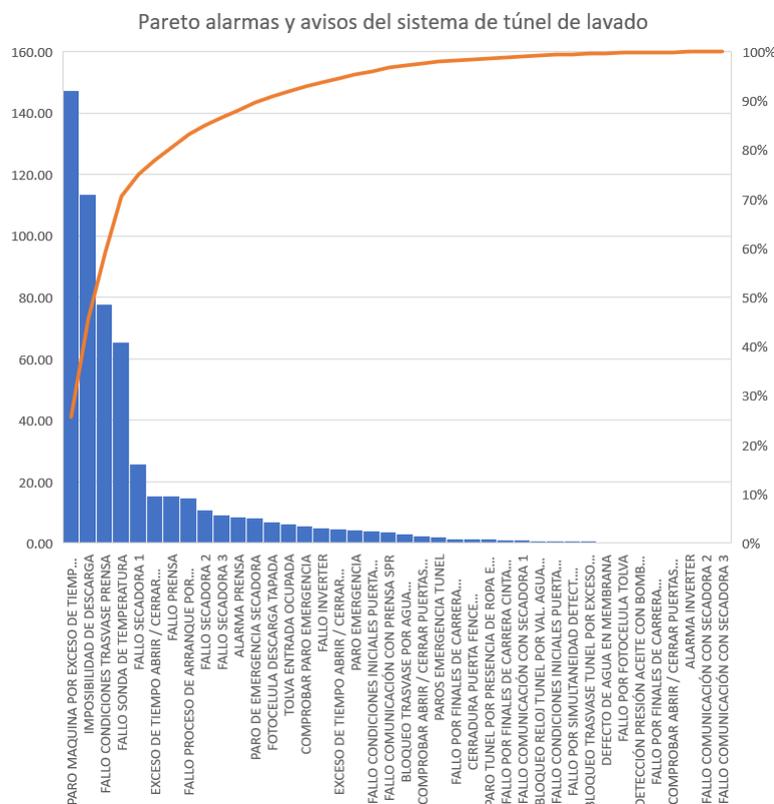
*Alarmas/avisos con mayor número de horas y máquina a la que pertenecen*

| <b>Alarma o aviso</b>                               | <b>ID Máquina</b> | <b>Total de horas</b> |
|---|-------------------|-----------------------|
| PARO MAQUINA POR EXCESO DE TIEMPO SIN TRANSFERENCIA | SPR               | 147.42                |
| IMPOSIBILIDAD DE DESCARGA                           | SPR               | 113.47                |
| FALLO CONDICIONES TRASVASE PRENSA                   | TBS               | 77.67                 |
| FALLO SONDA DE TEMPERATURA                          | TBS               | 65.50                 |
| FALLO SECADORA 1                                    | ST-1              | 25.78                 |
| EXCESO DE TIEMPO ABRIR / CERRAR PUERTA DE CARGA     | ST-1              | 15.55                 |
| FALLO PRENSA  | TBS               | 15.54                 |
| FALLO PROCESO DE ARRANQUE POR SELECTOR VALIDACION   | ST-1              | 14.69                 |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Figura 19**

*Pareto de alarmas/avisos del sistema continuo de lavado*



Nota: Elaboración propia, 2025.

A continuación, el significado de las alarmas y avisos de acuerdo al manual de los equipos de la marca Girbau.

**Tabla 2**

*Lista de alarmas/avisos y su significado de acuerdo al manual del fabricante*

| Alarma o aviso                                      | Significado  | Tipo   |
|---|--|--------|
| Paro máquina por exceso de tiempo sin transferencia | Estar más de 30 min. sin que la prensa realice ningún movimiento de la membrana.                       | Aviso  |
| Imposibilidad de descarga                           | No tener la señal de conveyor libre.   | Aviso  |
| Fallo condiciones trasvase prensa                   | Imposibilidad de trasvase debido a que la prensa no está lista para la carga.                          | Aviso  |
| Fallo sonda de temperatura                          | Hay alguna sonda de temperatura de los módulos que detecta menos de 5°C/41°F o bien más de 90°C/194°F. | Alarma |
| Fallo secadora 1                                    | Hay alguna alarma en la secadora 1   | Alarma |
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de carga     | Exceso de tiempo en cerrar puerta de carga   | Alarma |
| Fallo prensa  | Existencia de alarma en prensa   | Alarma |
| Fallo proceso de arranque por selector validación   | Error proceso de arranque por selector Marcha – Paro   | Alarma |

Nota: Elaboración propia, 2025.

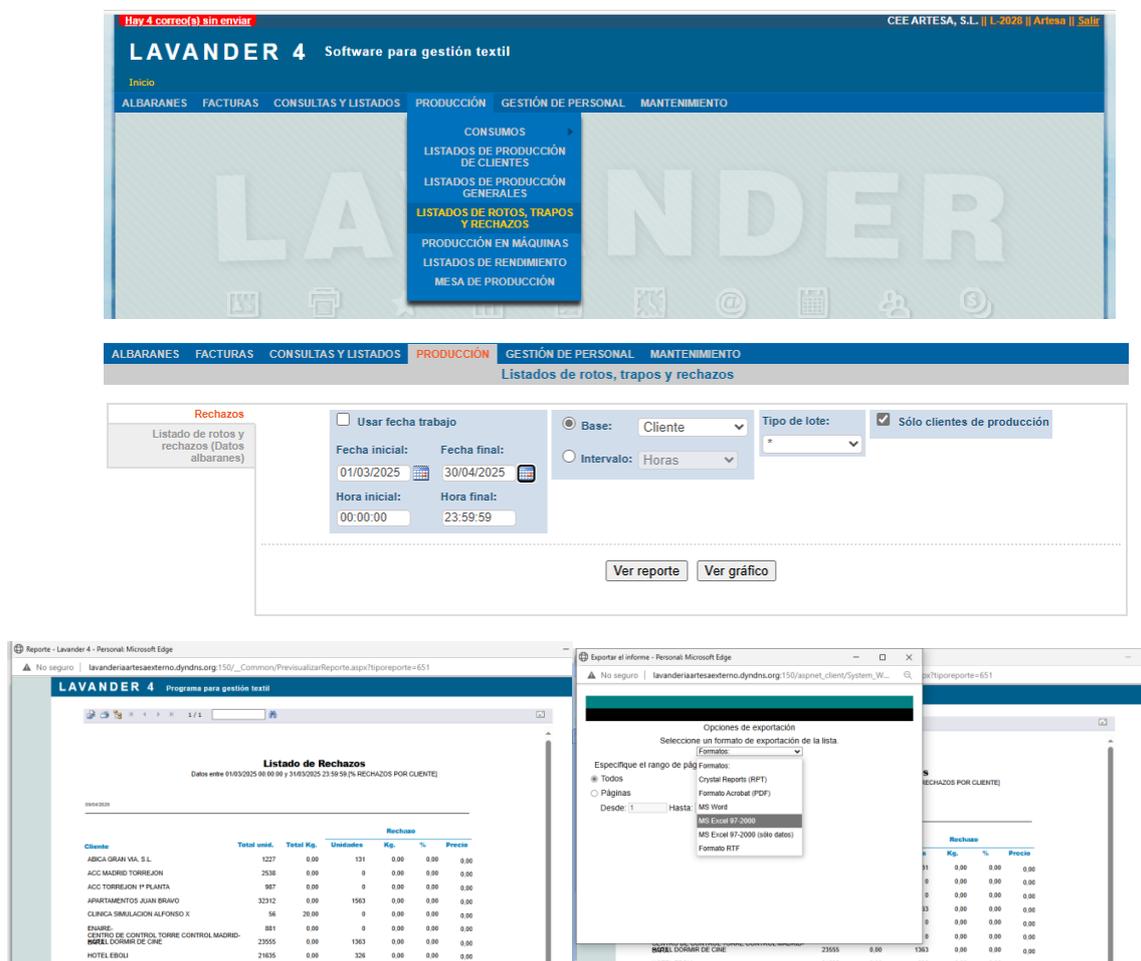
### 4.3.3 Análisis de rechazos y rotos

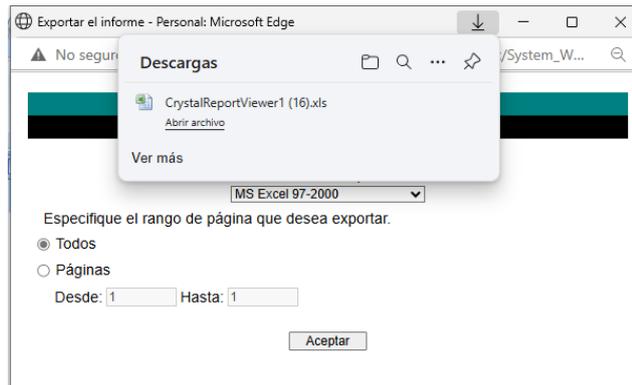
Los datos de los rechazos se encuentran en el software Lavander(La Fábrica de Software, 2024), son útiles para realizar los cálculos de calidad del proceso del túnel de lavado. Los datos son recolectados por los encargados en planta y son ingresados al software al momento de que se cierran los albaranes, separando las piezas rotas del rechazo por manchas.

Para extraer la información seguimos la ruta:

**Producción -> Listados de rotos, trapos y rechazos -> se eligen las fechas -> ver reporte -> exportar MS Excel 97-2000**

Figura 20  
Pantallazos de la ruta para extraer información del software Lavander





Nota: Sacado del software Lavander del CEE Artesa. Elaboración propia, 2025.

En esta información se reflejan los rechazos totales por cliente, pero no los que fueron excluidos por rotura, estos se pueden revisar en el resumen de producción por la siguiente ruta:

**Producción -> fin de día -> se seleccionan las fechas -> exportar MS Excel 97-2000**

**Figura 21**  
Software Lavander "Informe de fin de día"

| Informe fin día   |                 |                                  |                 |                              |           |              |
|---|-----------------|----------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------|--------------|
| Datos entre 01/03/2025 00:00:00 y 31/03/2025 23:59:59 (Agrupación por Puesto) |                 |                                  |                 |                              |           |              |
| 03/2025   |                 |                                  |                 |                              |           |              |
| Número de trabajadores: 1   |                 | Total de horas trabajadas: 90:00 |                 | Kg/Trabajador/Hora: 22022.00 |           |              |
| Prendas procesadas  | Prendas de botá | Rechazo lavado                   | Valoración      | Coste                        | Beneficio |              |
| 568188  | 0               | 38637                            | 84387.89        | 0.00                         | 84387.89  |              |
| Kg procesados   |                 | Envios rotos                     | Rechazo plancha | €/kg                         | Coste/kg  | Beneficio/kg |
| 22022.00  |                 | 1267                             | 243             | 3.83                         | 0.00      | 3.83         |
| Coste y Beneficio   |                 |                                  |                 |                              |           |              |
| Operación   | Peso            | Valoración                       | €/kg            | Linea                        | kg        | Beneficio    |
| CALANDRIA 1   | 1               | 28616.00                         | 33726.30        | 1.18                         | 0.00      | 33726.30     |
| CALANDRIA 2   | 1               | 33831.00                         | 48623.05        | 1.47                         | 0.00      | 48623.05     |
| FELPA   | 1               | 87021.00                         | 94375.26        | 1.08                         | 0.00      | 94375.26     |

Nota: Sacado del software Lavander del CEE Artesa. Elaboración propia, 2025.

## 4.4 Cálculo de OEE

### 4.4.1 Disponibilidad

Para medir la disponibilidad del túnel de lavado, se recopilaron datos operativos directamente del software de control de la máquina, registrando el tiempo total de operación y las interrupciones que afectaron su funcionamiento. La disponibilidad se calculó utilizando la fórmula estándar:

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{(\text{Tiempo planificado} - \text{paradas})}{\text{Tiempo de producción}} \times 100$$

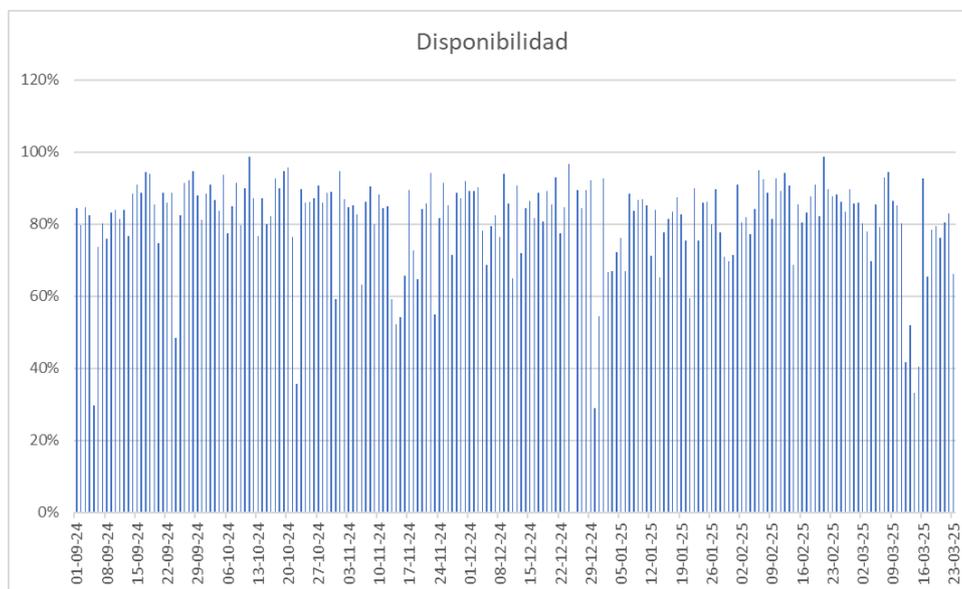
Donde el Tiempo planificado menos las horas de parada corresponde a las horas efectivas en que el túnel estuvo en funcionamiento sin interrupciones, y el Tiempo planificado representa el tiempo total en el que el equipo debería haber estado operando, en el caso de Artesa se toma el turno completo de 14 horas (se trabajan en dos turnos de 7:30 am a 15:30 y de 13:30 a 21:30). Para obtener estos datos, se analizaron registros de tiempo de inicio y fin de cada ciclo de lavado, así como los periodos de inactividad debido a mantenimiento, fallas técnicas y otros factores externos.

Además, se realizó un análisis detallado de las alarmas registradas en el software del túnel de lavado para identificar los motivos más recurrentes de paradas no programadas. Se clasificaron estas alarmas según su frecuencia y duración, lo que permitió detectar cuáles afectaban en mayor medida la disponibilidad del equipo. Algunas de las principales causas de inactividad incluyeron protecciones de prensa abiertos, fallo de comunicación entre el túnel y la prensa, paro de las secadoras, fallo en el invertir, entre otros.

Se ha medido la disponibilidad diaria de la lavandería, obteniendo una media de 81% entre los meses de septiembre del 2024 y marzo del 2025.

**Figura 22**

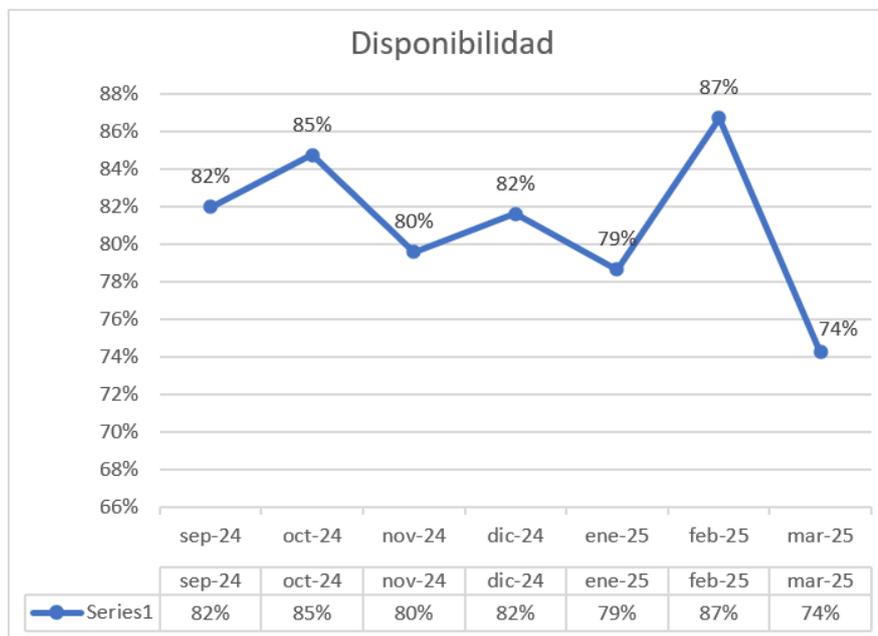
Gráfico de disponibilidad diaria de la lavandería



Nota: Elaboración propia, 2025.

El gráfico muestra la disponibilidad del OEE en un período de siete meses donde se puede observar poca variabilidad en los valores, siendo el más alto el mes de febrero probablemente porque es el mes más corto.

**Figura 23**  
Disponibilidad mensual de la lavandería



Nota: Elaboración propia, 2025.

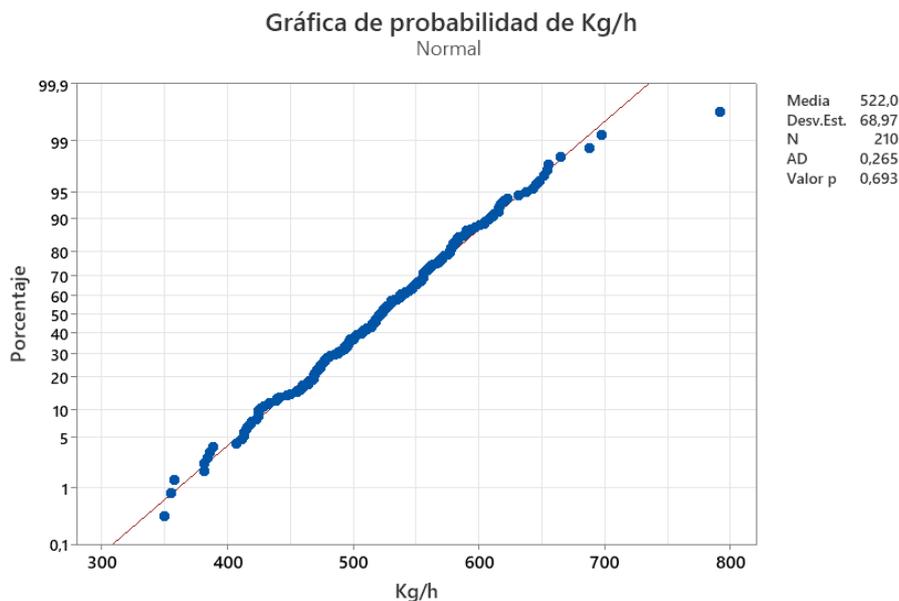
#### 4.4.2 Rendimiento

El rendimiento del túnel de lavado se midió evaluando la relación entre la cantidad de prendas procesadas y la capacidad teórica del equipo. Para este cálculo, se utilizó la siguiente fórmula estándar:

$$Rendimiento (\%) = \frac{Velocidad\ real\ de\ producción}{Velocidad\ teórica\ de\ producción} \times 100$$

Donde la velocidad teórica de producción utilizada es de 750 kg/h, que es la máxima capacidad de producción del túnel de lavado y la velocidad real de producción se ha calculado de los kg/h trabajados diariamente considerando un turno completo de trabajo. Los datos fueron obtenidos a partir de los registros del software del túnel de lavado, considerando la cantidad de cargas procesadas por turno y los tiempos de ciclo de cada lote.

Para procesar esta data, se ha realizado el test estadístico de Anderson Darling para comprobar que los kilos/hora procesados tuviesen una distribución con tendencia normal, lo que significa que los valores no varían mucho y se agrupan dentro de una media, es decir, que no tienen gran fluctuación de variación entre la cantidad del peso promedio por hora que se procesa en el túnel de lavado.

**Figura 24***Gráfica de prueba Anderson Darling de los kh/h procesados*

Nota: Elaboración propia, 2025.

En la gráfica podemos observar como los valores se mantienen cercanos a 522 kg/h, con una variación estándar de 68.97.

Con el fin de evaluar si los datos correspondientes al rendimiento en Kg/h siguen una distribución normal, se aplicó una prueba de normalidad cuyos resultados se representan en la gráfica de probabilidad. En esta gráfica se puede observar cómo los datos se alinean de forma cercana a la línea recta, lo que visualmente sugiere una buena concordancia con la distribución normal.

La hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ) son las siguientes:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** Los datos siguen una distribución normal.
- **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** Los datos no siguen una distribución normal.

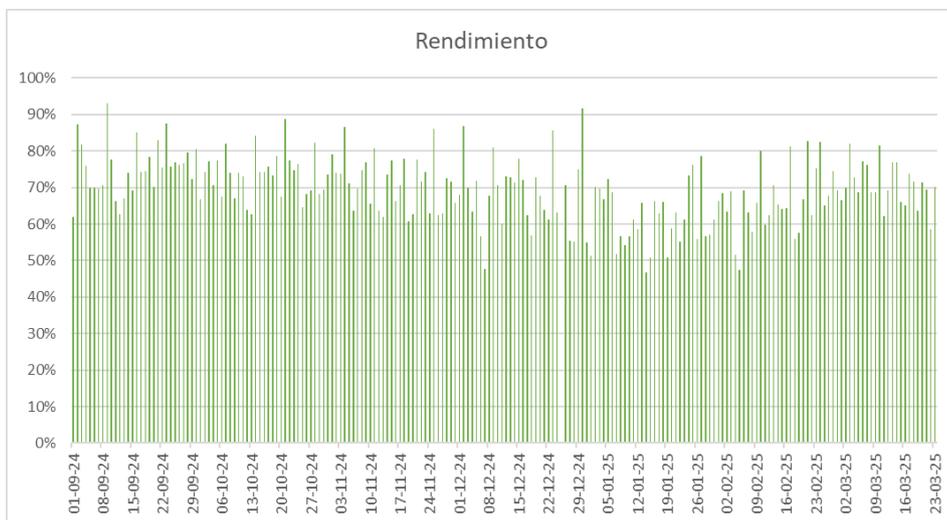
A partir de la prueba se obtiene un valor p de 0.693, que es significativamente mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado ( $\alpha=0.05$ ). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los datos pueden considerarse normalmente distribuidos.

Este resultado valida el uso de técnicas estadísticas basadas en la normalidad para el análisis del rendimiento en Kg/h en la lavandería.

Luego, al realizarse el cálculo del rendimiento diario de la lavandería, se obtiene una media de 70% entre los meses de septiembre del 2024 y marzo del 2025. La media del 70% indica que, en términos generales, la lavandería logró operar de manera consistente por encima de

la mitad de su capacidad máxima, aunque aún con un margen de mejora para alcanzar niveles óptimos de desempeño.

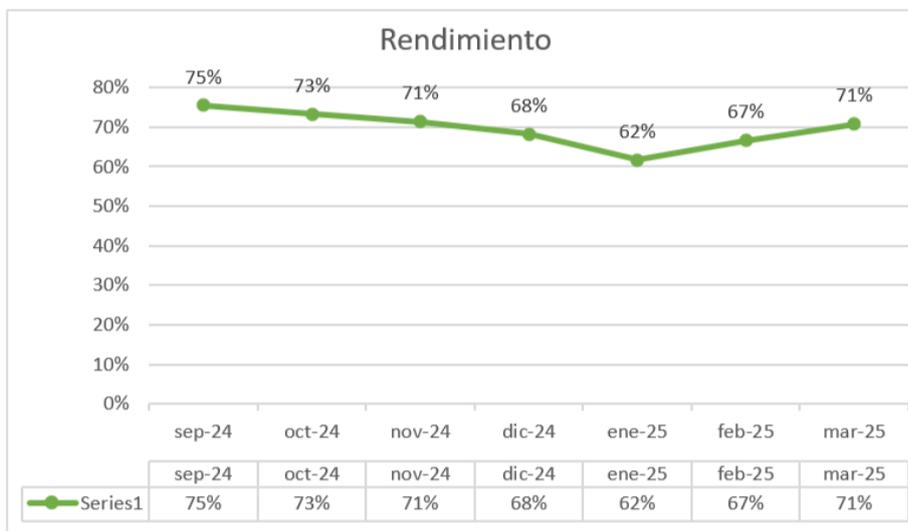
**Figura 25**  
Gráfica del rendimiento diario de la lavandería



Nota: Elaboración propia, 2025.

El gráfico muestra el rendimiento en un período de siete meses donde la variabilidad entre los valores es baja.

**Figura 26**  
Rendimiento mensual de la lavandería



Nota: Elaboración propia, 2025.

### 4.4.3 Calidad

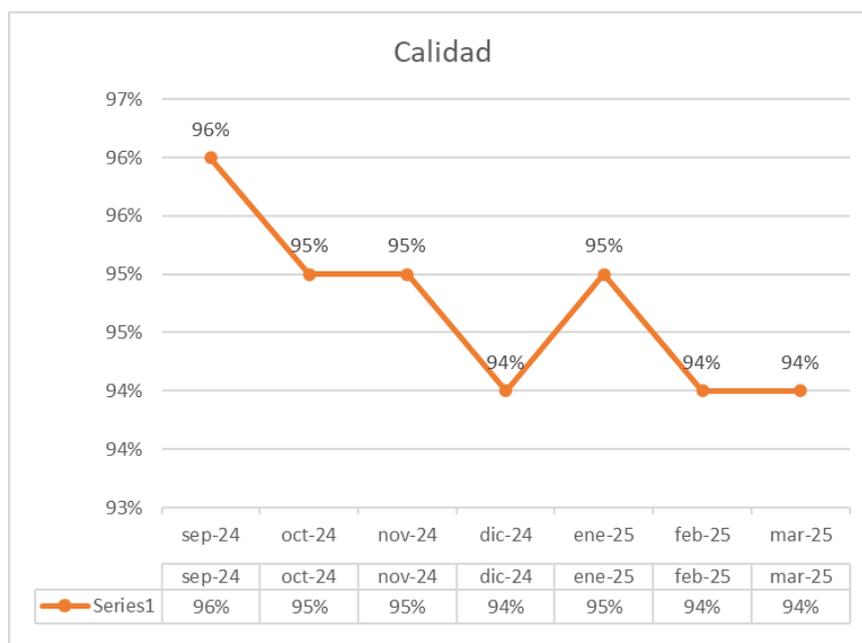
Para evaluar la calidad del proceso de lavado, se analizó el porcentaje de prendas que cumplían con los estándares de limpieza y presentación sin requerir reprocesos. La calidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$Calidad (\%) = \frac{Prendas\ buenas}{Total\ de\ prendas\ procesadas} \times 100$$

Donde las prendas buenas corresponden a las que fueron lavadas correctamente sin necesidad de un nuevo ciclo, y las unidades totales procesadas incluyen todas las prendas procesadas en el período analizado. Este análisis se basó en inspecciones posteriores al secado y planchado, donde se revisaron manchas residuales, daños en las telas y similares.

Según el tipo de mancha, se realiza un segundo lavado especial con productos específicos que pueden ayudar a eliminar manchas difíciles que no se eliminaron en el primer lavado, este proceso suele programarse para otro día de la semana. En el caso de que la mancha no pueda ser tratada, la prenda pasa como irrecuperable.

**Figura 27**  
Calidad mensual de la lavandería



Nota: Elaboración propia, 2025.

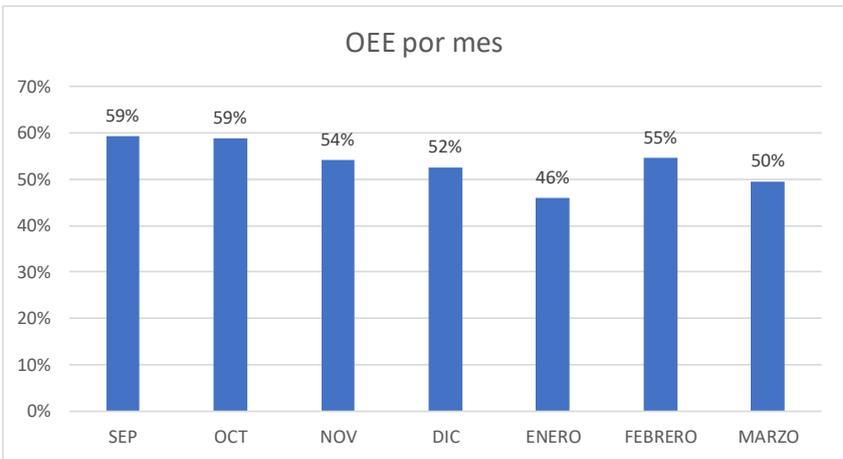
### 4.4.4 Cálculo del OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) es indicador clave en el análisis del rendimiento del túnel de lavado en una lavandería industrial, ya que permite evaluar la

eficiencia del equipo considerando la disponibilidad, rendimiento y calidad del proceso. (Zuashkiani et al., 2015)

Aplicando el OEE al túnel de lavado, se puede identificar cuánto tiempo está operativo el equipo en comparación con el tiempo planificado, detectar pérdidas de velocidad debido a paradas o ineficiencias y evaluar el porcentaje de ropa procesada sin defectos. Esto facilita la toma de decisiones para optimizar el flujo de trabajo, reducir tiempos muertos y mejorar la productividad general de la lavandería.

**Tabla 3**  
Indicador OEE mensual y total de la lavandería

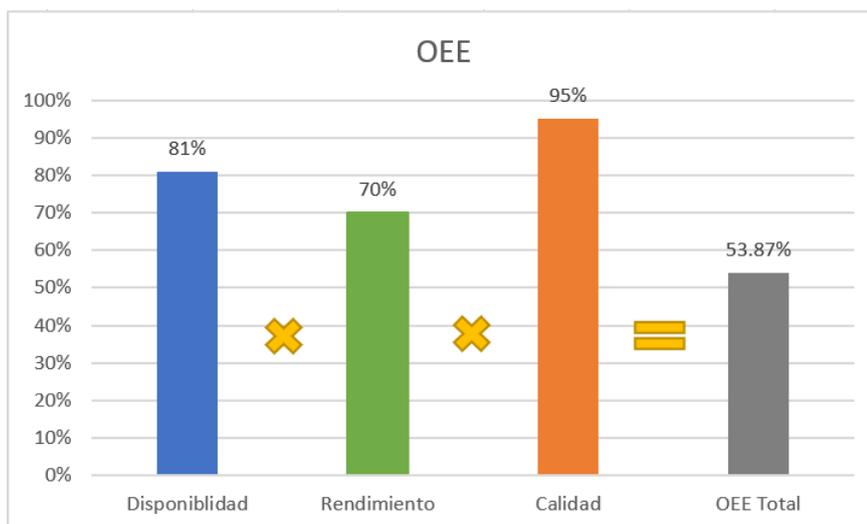
| INDICADORES OEE (Overall Equipment Effectiveness)                                   |  |     |            |                    |       |         |       |          |
|---|--|-----|------------|--------------------|-------|---------|-------|----------|
| <b>OBJETIVO:</b>  | Medir la disponibilidad, rendimiento y calidad           |     |            |                    |       |         |       |          |
| <b>EQUIPO:</b>  | Túnel de lavado  |     |            |                    |       |         |       |          |
|  |  |     |            |                    |       |         |       |          |
| DATA RESUMIDA DE MESES DE ESTUDIO   |  |     |            |                    |       |         |       |          |
|   | SEP  | OCT | NOV        | DIC                | ENERO | FEBRERO | MARZO | PROMEDIO |
| <b>Disponibilidad</b>   | 82%  | 85% | 80%        | 82%                | 79%   | 87%     | 74%   |          |
| <b>Rendimiento</b>  | 75%  | 73% | 71%        | 68%                | 62%   | 67%     | 71%   |          |
| <b>Calidad</b>  | 96%  | 95% | 95%        | 94%                | 95%   | 94%     | 94%   |          |
| <b>OEE</b>  | 59%  | 59% | 54%        | 52%                | 46%   | 55%     | 50%   |          |
| <b>Und de medida</b>  | Porcentual   |     |            |                    |       |         |       |          |
| <b>Periodo de cotrol</b>  | Mensual  |     |            |                    |       |         |       |          |
| <b>Fórmula de cálculo</b>   | Coef. Calidad * Coef. Disponibilidad * Coef. Rendimiento |     |            |                    |       |         |       |          |
| <b>Verde</b>  |  | ●   | >= 85%     | Gestión eficiente  |       |         |       |          |
| <b>Amarillo</b>   |  | ●   | [50% - 85% | Gestión regular    |       |         |       |          |
| <b>Rojo</b>   |  | ●   | <50%       | Gestión deficiente |       |         |       |          |

Nota: Elaboración propia, 2025.

En general, un OEE del 54% demuestra una gestión regular, esto indica que hay pérdidas del 46 % debido a factores como tiempos de inactividad, reducción de velocidad o defectos en la producción. Por lo que, si se desea alcanzar niveles de excelencia (85% o más), es recomendable revisar las áreas con mayores deficiencias. Se puede trabajar en reducir tiempos de parada, optimizar la velocidad de procesamiento y minimizar defectos en el lavado para mejorar aún más la productividad y rentabilidad del proceso.

**Figura 28**

Gráfica de fórmula de cálculo de OEE total



Nota: Elaboración propia, 2025.

#### 4.5 Causas de pérdida del OEE

##### 4.5.1 Matriz de priorización esfuerzo-impacto

La Matriz de Esfuerzo-Impacto es una técnica de priorización que permite ordenar tareas o proyectos según dos variables clave: el esfuerzo necesario para llevarlos a cabo y el impacto que generarán una vez completados.

Para lograrlo, se analizaron los problemas de alarmas de la máquina y calidad, luego de conversar con el director de la empresa y el encargado de mantenimiento, se detectó que las alarmas que tienen mas incurrancia y mayor tiempo, no necesariamente son por fallos de maquinaria sino por mantenimiento. No se lleva un registro de los mantenimientos realizados ni se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo actualmente por lo que es difícil determinar cuales paradas corresponderían a una falla real versus una alarma de equipo que se da por estas labores. Un sistema de gestión estratégico que incluya

**Tabla 4**

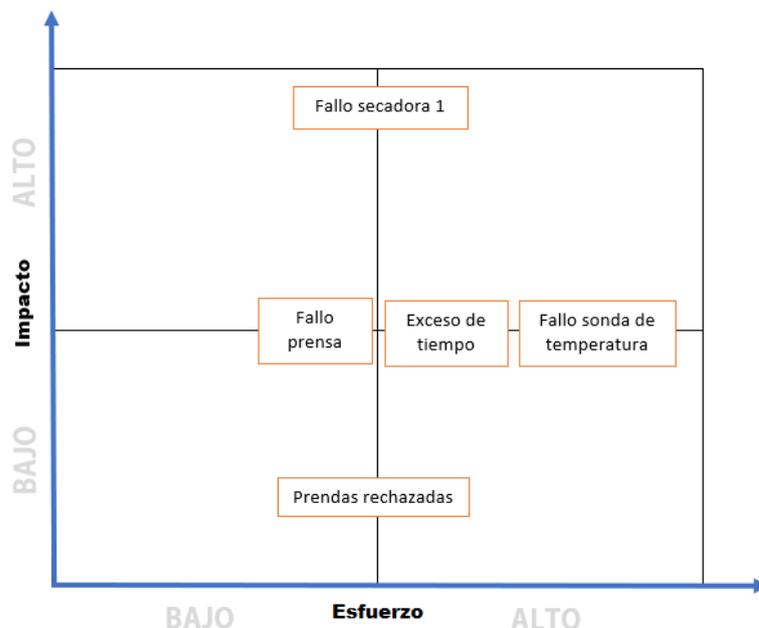
Problemas para matriz impacto-esfuerzo

| Problema                                      | Impacto | Esfuerzo | Prioridad |
|---|---------|----------|-----------|
| Fallo sonda de temperatura                    | Medio   | Alto     | Medio     |
| Fallo secadora 1                              | Alto    | Medio    | Alto      |
| Exceso de tiempo abrir/cerrar puerta de carga | Medio   | Alto     | Bajo      |
| Fallo prensa                                  | Medio   | Medio    | Medio     |
| Prendas rechazadas                            | Bajo    | Medio    | Bajo      |

Nota: Elaboración propia, 2025.

Dentro de la matriz impacto – esfuerzo, se observa que los fallos en la secadora 1, ralentiza el proceso operativo generando pérdidas de tiempo. Al momento de que esta se detiene y emite la alarma de fallo, detiene el proceso del conveyor y de la prensa también. Además, para que esta vuelva a operar, el operario debe dejar su labor e ir a verificar el fallo personalmente, lo que retrasa el proceso en general.

**Figura 29**  
Matriz de prioridad impacto-esfuerzo



Nota: Elaboración propia, 2025.

El fallo que implica la sonda de temperatura implica un mayor es esfuerzo en comparación al impacto que ejerce su mejora. Es importante que sea revisado puesto que afecta directamente al túnel de lavado pero no es de carácter urgente.

El exceso de tiempo en abrir/cerrar la puerta de carga, tiene que ver directamente con los fallos que da la secadora 1. Cuando esta falla, no se puede transferir las prendas prensadas a la misma, lo que genera una alarma por el alto tiempo de espera.

El fallo en la prensa suele ocasionarse por un problema de sensores u exceso de producto al no aclararse bien en las últimas etapas del lavado, se ha revisado tanto los productos como los sensores pero es una alarma recurrente hasta ahora.

En conversaciones con el director del centro, se puede concluir que las pérdidas por calidad no son relevantes. Esto se debe al bajo índice de rechazo por parte de los clientes y al impacto limitado del reproceso de prendas en los procesos operativos.

Como resultado del análisis de la matriz impacto-esfuerzo, se determina la prioridad de abordar los problemas críticos con el objetivo de optimizar la productividad del túnel de lavado:

Prioridad 1: Fallo en secadora 1

Prioridad 2: Fallo en prensa

Prioridad 3: Fallo sonda de temperatura

#### 4.6 Analizando la prioridad 1

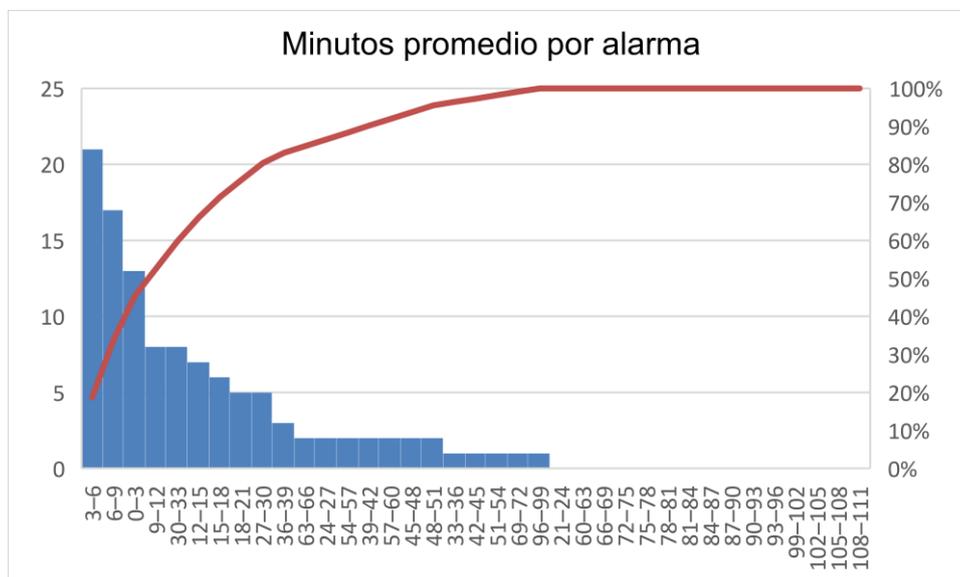
El fallo en secadora 1 se debe revisar a detalle, al ser la prioridad 1 debido a que es un factor operativo crítico dentro del sistema continuo de lavado. Para lo cual se van a examinar los posibles motivos de incidencias.

##### 4.6.1 Distribución de la duración de las alarmas de la sacadura 1

El fallo en la secadora 1 se determina con la medición de las alarmas registradas, teniendo en promedio una duración de 20.73 por alarma, es muy raro que las alarmas duren mas de 40 minutos salvo casos excepcionales, estas se podrían dar por fallos críticos y/o retrasos en protocolos de reacción.

**Figura 30**

*Pareto de promedio de duración de alarmas en minutos*



Nota: Elaboración propia, 2025.

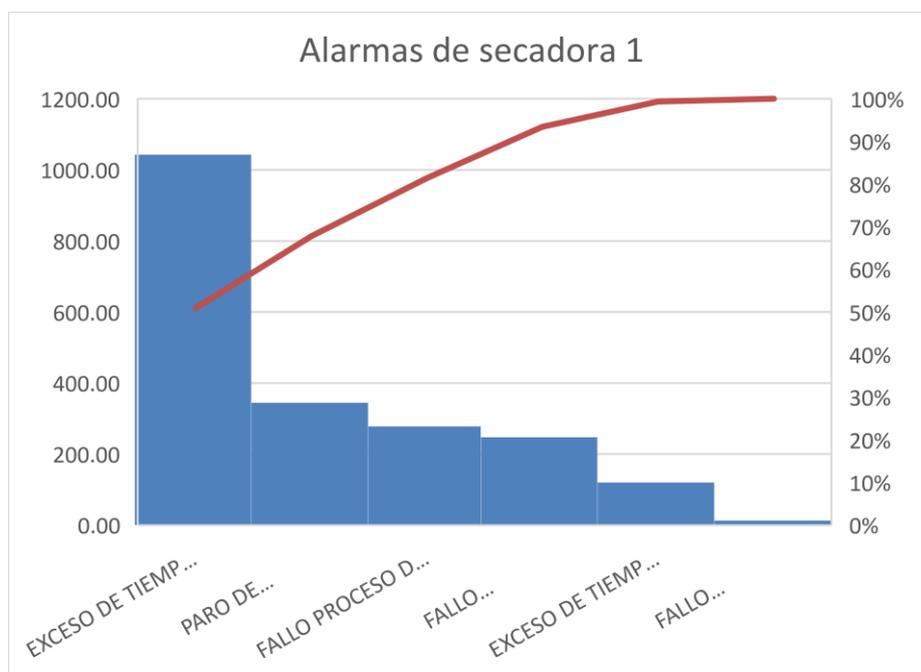
Se realiza el análisis de por tipo de alarmas y tiempo de duración de las mismas mediante un gráfico de Pareto, donde se observa que el mayor tiempo de error se encuentra en el exceso de tiempo en abrir/cerrar la puerta de carga probablemente debido a algún fallo mecánico.

**Tabla 5**  
Alarmas y tiempos en minutos consideradas para el análisis

| Alarma   | Total min      |
|--|----------------|
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de carga    | 1042.77        |
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de descarga | 120.617        |
| Fallo condiciones iniciales puerta de carga        | 247.73         |
| Fallo condiciones iniciales puerta de descarga     | 13.53          |
| Fallo proceso de arranque por selector validación  | 278.617        |
| Paro de emergencia secadora                        | 345.117        |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                               | <b>2169.27</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Figura 31**  
Pareto de las alarmas consideradas para el análisis



Nota: Elaboración propia, 2025.

#### 4.6.2 Matriz de priorización esfuerzo-impacto de la secadora 1

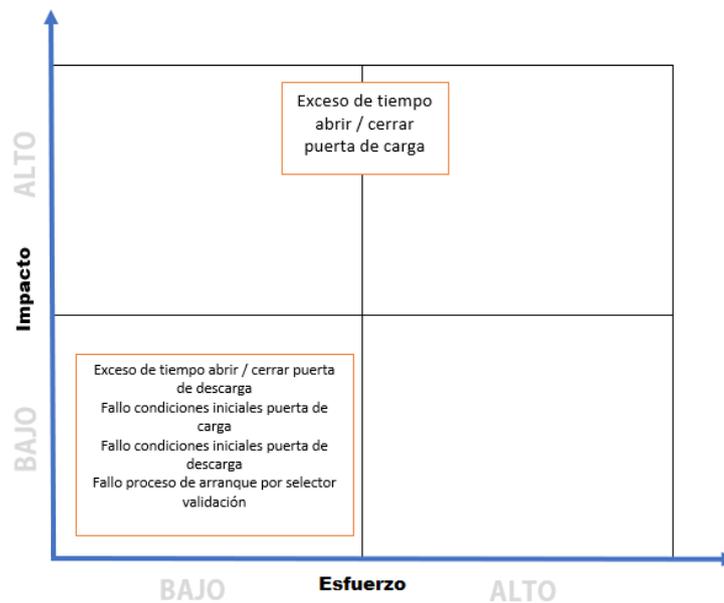
Para evaluar el impacto y esfuerzo requerido al momento de analizar los problemas que competen a la secadora 1, se utiliza esta herramienta visual para evaluar y priorizar el que genere mayor impacto en los objetivos pero que el esfuerzo que conlleve solucionarlo sea el menor.

**Tabla 6**  
Matriz de priorización impacto - esfuerzo para la secadora 1

| Problema   | Impacto | Esfuerzo | Prioridad |
|--|---------|----------|-----------|
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de carga    | Alto    | Medio    | Alto      |
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de descarga | Bajo    | Bajo     | Bajo      |
| Fallo condiciones iniciales puerta de carga        | Bajo    | Medio    | Bajo      |
| Fallo condiciones iniciales puerta de descarga     | Bajo    | Medio    | Bajo      |
| Fallo proceso de arranque por selector validación  | Bajo    | Bajo     | Bajo      |
| Paro de emergencia secadora                        | Bajo    | Bajo     | Bajo      |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Figura 32**  
Matriz de priorización impacto-esfuerzo para la secadora 1



Nota: Elaboración propia, 2025.

Resultado de la matriz impacto-esfuerzo: Se ha identificado que el exceso de tiempo en la apertura/cierre de la puerta de carga es una barrera significativa en la eficiencia operativa de la secadora industrial.

## Capítulo 5. Análisis DMAIC

La implementación de la metodología DMAIC en el contexto de una lavandería industrial ha permitido que se aborde de manera estructurada los problemas relacionados con la optimización en el proceso de lavado (Mandal, 2012a). En la fase *Definir*, se identifica como prioridad la mejora del desempeño de la secadora 1, debido a su impacto directo en el cuello de botella del sistema. En *Medir*, se recopilan datos de productividad y frecuencia de alarmas, en la fase *Analizar* se utilizan herramientas como Ishikawa y los 5 por qué para descomponer el motivo de los paros recurrentes por alarmas y la variabilidad en los kilos procesados estaban directamente relacionados con la pérdida de capacidad. En *Mejorar*, se propusieron acciones como el reajuste de parámetros operativos y mejoras en el mantenimiento preventivo, logrando una reducción significativa del tiempo de parada. Finalmente, en *Controlar*, se define la implementación de hojas de verificación y controles para mantener los resultados, así como la disponibilidad de los repuestos.

**Figura 33**

Diagrama DMAIC de herramientas a utilizar para cada fase

| Definir   | Medir  | Analizar  | Mejorar  | Controlar  |
|---|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• SIPOC</li> <li>• Distribución del tren de lavado</li> <li>• Despiece de máquina</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento de la secadora</li> <li>• Cantidad de alarmas</li> <li>• Análisis de tiempos de ciclo de secado</li> <li>• Observación y análisis de partes críticas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ishikawa</li> <li>• 5 por qué</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras en el mantenimiento preventivo</li> <li>• Gestión de inventarios</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de verificación</li> <li>• Controles de maquinaria</li> <li>• Plan de stock mínimo</li> </ul> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

### 5.1 Definir

#### 5.1.1 Enunciado del problema

La duración excesiva de las alarmas relacionadas con la puerta de carga de la secadora ST-100 genera tiempos de parada promedio superiores a 20 minutos, afectando el rendimiento del sistema continuo de lavado. Esto representa un cuello de botella crítico que impide alcanzar los objetivos de productividad. El objetivo es reducir este tiempo a menos de 5 minutos por evento, alineándose con los estándares de eficiencia operativa del centro.

Como consecuencia, se limita la capacidad de carga procesada, generando un impacto económico negativo asociado a la reducción de productividad y al incremento de costos operativos por unidad tratada.

Se presenta el problema gráficamente según el sistema de valoraciones TAGS:

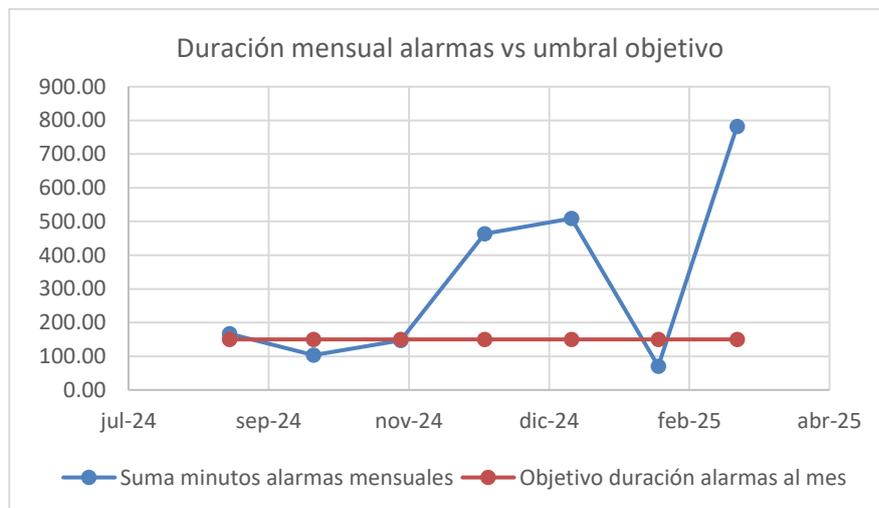
**Tabla 7**  
*Definición del problema mediante el enfoque TAGS*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Tendencia</b>         | Las alarmas relacionadas con la apertura/cierre de la puerta de carga de la secadora ST-100 han mostrado una tendencia creciente en tiempo acumulado durante el tiempo analizado. |
| <b>Actual</b>            | El valor promedio de duración de estas alarmas es superior a 20 minutos, generando interrupciones recurrentes en el flujo de producción.  |
| <b>Gap</b>               | Existe una brecha significativa respecto al estándar esperado de eficiencia, ya que estos tiempos exceden el rango óptimo y provocan cuellos de botella.                          |
| <b>Situación deseada</b> | Disminuir la duración media de estas alarmas a menos de 5 minutos y reducir su frecuencia para mejorar la disponibilidad del sistema continuo de lavado.                          |

Nota: Elaboración propia, 2025.

En el gráfico se puede ver la evolución mensual de la duración promedio de alarmas críticas desde septiembre 2024 hasta marzo 2025 y se compara con el objetivo deseado.

**Figura 34**  
*Duración mensual alarmas vs umbral objetivo*



Nota: Elaboración propia, 2025.

### 5.1.2 SIPOC de la Secadora 1

El análisis se centra exclusivamente en la Secadora 1, la cual forma parte del tren de lavado industrial compuesto por tres secadoras. A pesar de que todas las máquinas comparten funciones similares, se ha decidido enfocar el estudio en una sola unidad con el fin de aplicar mejoras piloto controladas y luego evaluar su potencial de replicabilidad.

De esta manera, se representa gráficamente el flujo del proceso asociado al funcionamiento del equipo, identificando sus proveedores (internos o externos), los insumos necesarios, las

etapas del proceso que ocurren dentro de la máquina, las salidas generadas y los clientes inmediatos del proceso.

**Tabla 8**  
*Diagrama SIPOC de la Secadora 1*

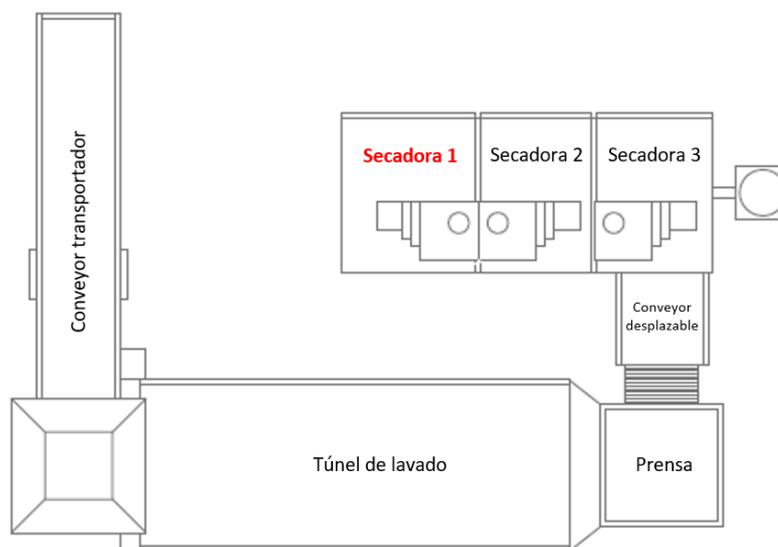
| Supplier (Proveedores)   | Input (Entradas)  | Process (Proceso)  | Output (Salidas)   | Customer (Clientes)  |
|--|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Túnel de lavado</li> <li>- Conveyer transportador</li> <li>- Personal de carga</li> <li>- Energía eléctrica</li> <li>- Mantenimiento (cuando aplica)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ropa húmeda</li> <li>- Energía eléctrica</li> <li>- Aire caliente</li> <li>- Programa de secado seleccionado</li> <li>- Operador capacitado</li> <li>- Máquina en condiciones óptimas</li> </ul> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga de ropa</li> <li>2. Selección del programa de secado</li> <li>3. Activación del ciclo</li> <li>4. Secado por calor y rotación del tambor</li> <li>5. Verificación de condiciones (temperatura, tiempo, humedad)</li> <li>6. Finalización y descarga de la ropa</li> <li>7. Limpieza básica de filtros</li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ropa seca y lista para plegado o empaque</li> <li>- Registro de ciclo completado</li> <li>- Estado de funcionamiento de la máquina</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de Doblado o Empaque</li> <li>- Encargado de turno</li> <li>- Cliente final (interno o externo)</li> </ul> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

### 5.1.3 Distribución en Planta del tren de lavado

La secadora 1 se encuentra dentro del sistema continuo de lavado, en la siguiente figura se muestra la disposición exacta. Al ser tres máquinas operando en línea, el fallo en la secadora no detiene todo el proceso del túnel de lavado, pero al no contar con una, se retrasa la producción total.

**Figura 35**  
*Ubicación de la máquina crítica dentro del sistema continuo de lavado*



Nota: Elaboración propia, 2025.

**Figura 36**

*Fotografía de las secadoras del túnel de lavado*



Nota: Vista frontal de las secadoras industriales ST-100 que forman parte del sistema continuo de lavado. Elaboración propia, 2025.

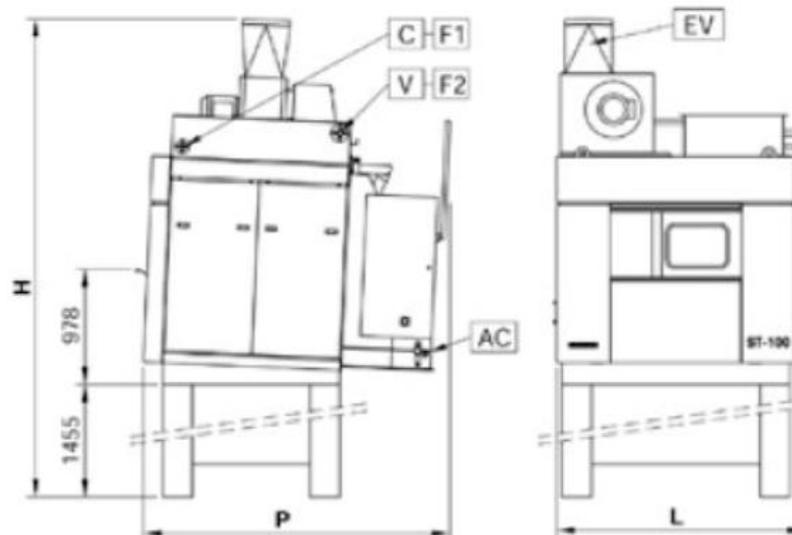
### 5.1.4 Descripción y despiece de la máquina

**Tabla 9**

*Ficha técnica de la Secadora Industrial ST-100*

| Ficha técnica del equipo   |                     |       |                                       |  |        |
|--|---------------------|-------|---------------------------------------|--|--------|
| <b>Máquina</b>   | Secadora industrial |       |                                       |  |        |
| <b>Marca</b>   | Girbau              |       |                                       |  |        |
| <b>Modelo</b>  | ST-100              |       |                                       |  |        |
|  |                     |       |                                       |  |        |
| Características  |                     |       |                                       |  |        |
| <b>Altura</b>  | 4.530               | mm    | <b>Vapor (V)</b>                      | DN-40 (1 ½)                                | inch   |
| <b>Ancho</b>   | 2.010               | mm    | <b>Retorno ( C )</b>                  | DN-25 (1)                                  | inch   |
| <b>Profundidad</b>   | 2.590               | mm    | <b>Consumo de vapor a 12 bar</b>      | 600  | Kg/h   |
| <b>Potencia</b>  | 11.000              | W     | <b>Extrac Vahos (EV)</b>              | 400  | mm     |
| <b>Capacidad 1/20</b>  | 127                 | kg    | <b>Caudal salida vahos</b>            | 10.000                                     | m3/h   |
| <b>Capacidad 1/25</b>  | 100                 | kg    | <b>Perdida máx. Presión</b>           | 25   | mm H2O |
| <b>Bombo</b>   | 1.470               | mm    | <b>Aire comprimido (AC)</b>           | 10   | mm     |
| <b>Longitud bombo</b>  | 1.500               | mm    | <b>Consumo de aire compr. a 6 bar</b> | 330  | l/h    |
| <b>Volumen bombo</b>   | 2.545               | dm3   | <b>Potencia motores</b>               | 9.8  | kW     |
| <b>Velocidad rotación</b>  | 25                  | r.p.m | <b>Nivel sonoro</b>                   | 75   | Db (A) |
| <b>Peso neto</b>   | 2.200               | kg    | <b>Voltaje</b>                        | 220-415V-3-Ph 50 Hz<br>208-480V-3-Ph 60 Hz |        |

Nota: Contiene datos de su funcionamiento a base de vapor como los equipos hallados en la lavandería industrial. Elaboración propia adaptado de (Girbau, 2024)

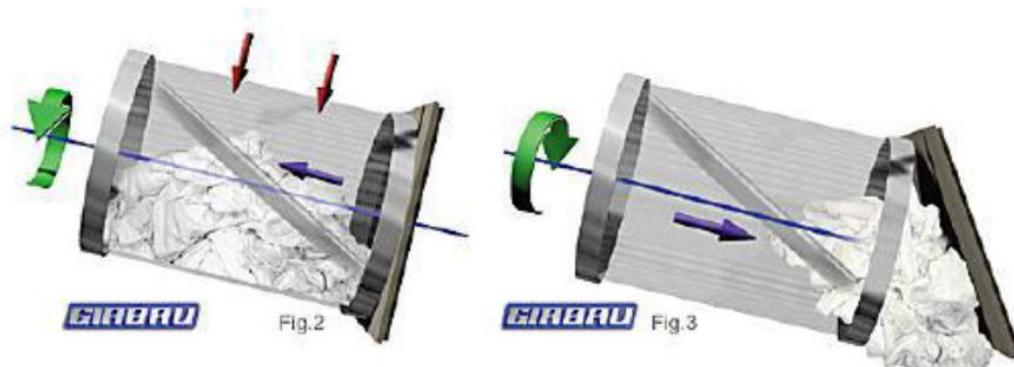
**Figura 37***Modo de instalación de la secadora ST-100*

Nota: (Girbau, 2024)

La secadora modelo ST-100A ha sido creada para llevar a cabo de forma eficiente las operaciones de desliado, acondicionamiento y secado integral de prendas y tejidos industriales. Su sistema de calefacción de alta potencia permite alcanzar una óptima relación entre la circulación del aire y la extracción de humedad, favoreciendo así un proceso de secado altamente eficiente. La máquina combina un diseño estructural simple con una construcción robusta, lo que se traduce en una vida útil prolongada y una necesidad de mantenimiento mínima.

El bastidor está fabricado con perfiles de acero protegidos mediante pintura epoxi de alta resistencia, mientras que todas las superficies en contacto con la ropa están elaboradas en acero inoxidable AISI-304, lo que garantiza condiciones higiénicas y durabilidad en ambientes exigentes. El bombo, de diseño reforzado, se apoya sobre un sistema de ruedas guía que aseguran un funcionamiento silencioso y preciso, incluyendo capacidad de inversión de giro en ambos sentidos.

Una de las particularidades de este equipo es la incorporación del sistema de volquete tipo TILT, que optimiza tanto el secado como la descarga de la ropa. Gracias a una inclinación mínima de 2,5° del bombo y la disposición estratégica de palas internas inclinadas, se consigue una distribución uniforme de la carga durante el giro horario. Esta configuración evita la acumulación de prendas en un extremo y facilita su avance hacia la zona delantera del tambor. En la fase de descarga, el giro antihorario y la inclinación del bombo, junto con la acción de las palas, favorecen la expulsión del contenido sin necesidad de activar la turbina, lo que se traduce en una reducción del consumo energético y minimiza la dispersión de fibrinas en el ambiente laboral.

**Figura 38***Funcionamiento del tambor de la secadora ST-100*

Nota: (Girbau, 2024)

El modelo cuenta con 16 programas configurables de secado, cada uno compuesto por 8 fases cuyas variables como tiempo, temperatura, secuencia de inversión de giro o velocidad que pueden ser ajustadas en función de las necesidades específicas del proceso.

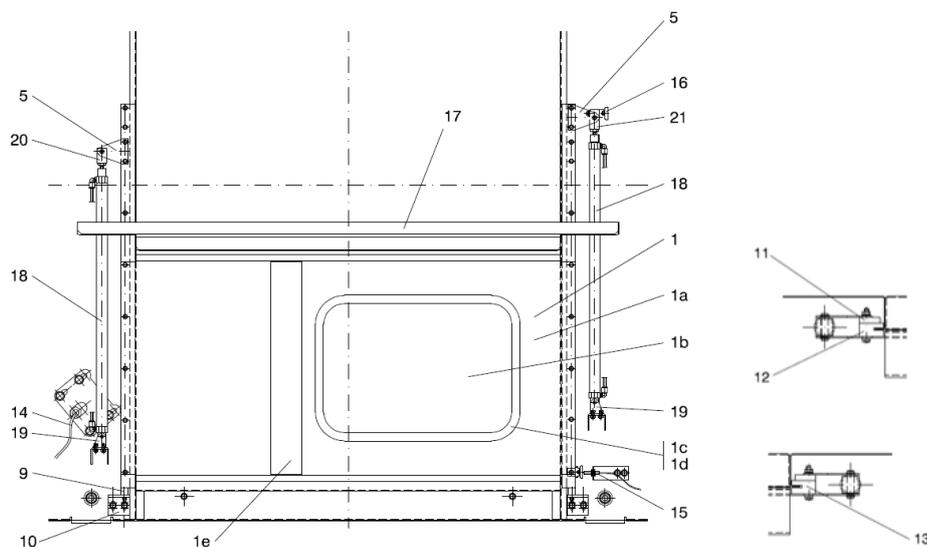
Entre sus funcionalidades avanzadas se incluyen un sistema de limpieza automática del filtro de fibrina, un componente esencial para mantener un rendimiento sostenido; un rociador termostático de seguridad que actúa en caso de sobret temperatura, junto con dos termostatos que detienen la operación antes de alcanzarse el umbral crítico; y un recubrimiento interno de teflón que evita la adhesión de residuos plásticos a las paredes del bombo por efecto del calor.

Asimismo, incorpora un sistema de enfriamiento final basado en la apertura automática de un álabe que introduce aire exterior, regulado por control termostático. Este mecanismo permite reducir progresivamente la temperatura de la carga al final del ciclo, garantizando la calidad del producto final y facilitando su manipulación posterior.

### **Despiece**

La puerta de carga de la secadora está compuesta de varios componentes mecánicos y eléctricos que permite que esta se comunique con las otras partes del tren de lavado y pueda realizarse el secado secuencial de los textiles.

**Figura 39**  
 Despiece de la parte frontal (puerta) de la secadora ST-100



Nota: Tomado del Manual de despiece de maquinaria ST-100 – Girbau.

**Tabla 10**  
 Leyenda del despiece de la secadora ST-100

| Nº | REF    | DENOMINACIÓN                   |
|----|--------|--------------------------------|
| 1  | 404459 | CONJ.PUERTA DE CARGA           |
|    | 404970 | PUERTA                         |
|    | 314450 | MIRILLA PUERTA                 |
|    | 413120 | JUNTA MIRILLA PUERTA           |
|    | 414490 | PERFIL MIRIL LA PUERTA         |
|    | 295063 | CONJ.REFUERZO PUERTA CARGA     |
| 5  | 404582 | FIJACION VASTAGO               |
| 9  | 314179 | SOPORTE ELAST.D20X20 RF.511220 |
| 10 | 413286 | SOPORTE TOPE                   |
| 11 | 404558 | REFUERZO GUIA                  |
| 12 | 404533 | GUIA PUERTA I                  |
| 13 | 404541 | GUIA PUERTA II                 |
| 14 | 413922 | DETECTOR GIRO BOMBO            |
| 15 | 426924 | DETECTOR MAG. PUERTA CARGA     |
| 16 | 312744 | IMAN 32X7 REF. IMA32C FERRITA  |
| 17 | 404988 | SUPLEMENTO PUERTA              |
| 18 | 559591 | CILINDRO C8525-Q2K005-620      |
| 19 | 442814 | CHARNELA CILINDRO *            |
| 20 | 559195 | CHARNELA                       |
| 21 | 559211 | CHARNELA                       |

Nota: Tomado del Manual de despiece de maquinaria ST-100 – Girbau.

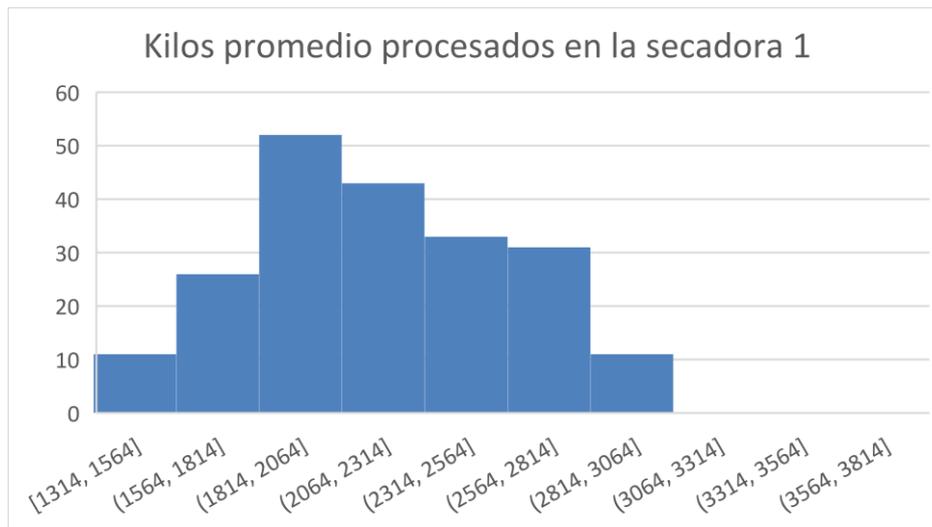
## 5.2 Medir

### 5.2.1 Distribución de los kilos procesados en la secadora 1

En el gráfico siguiente, se muestra la frecuencia de rangos de kilos procesados en la secadora 1, donde la mayoría están concentrados en el rango de 1814 a 2064 kilos, con mas de 50 días de registro con esas cantidades, es decir que esta máquina procesa en promedio entre 1800 a 2800 kilos de ropa diariamente.

**Figura 40**

*Promedio de Kilos procesados en la secadora 1*



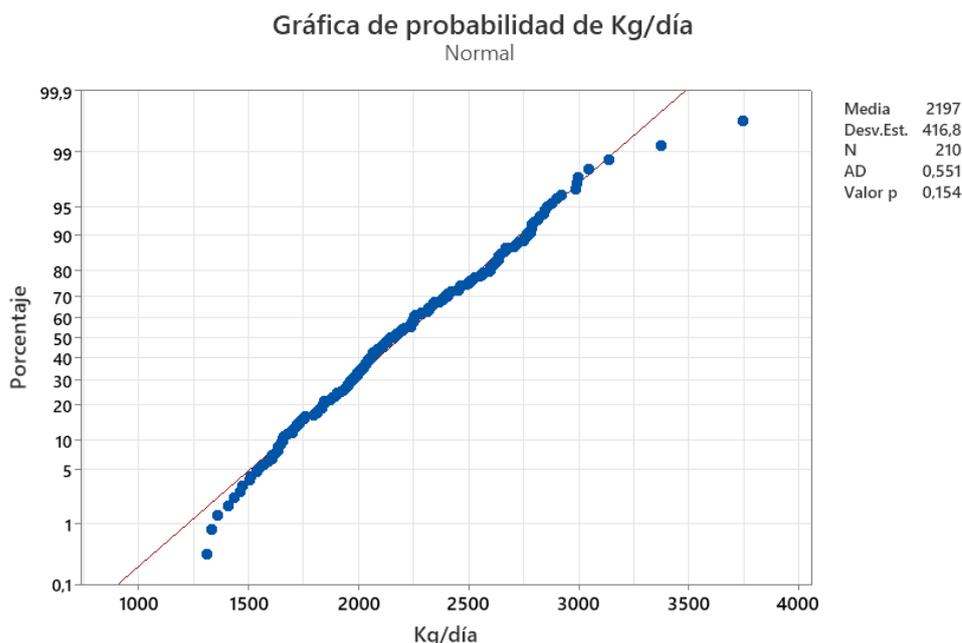
Nota: Elaboración propia, 2025.

Se aplicó la prueba de Anderson-Darling para evaluar si la distribución de los kilos procesados en la secadora sigue una distribución normal. Los resultados obtenidos fueron:

Estadístico  $A^2$ : 0.551

Valor crítico a  $\alpha = 5\%$ : 0.7649

**Figura 41**  
Anderson-Darling para comprobar distribución normal



Nota: Elaboración propia, 2025.

Los puntos azules representan los datos observados, y la línea roja indica la distribución normal teórica. La mayoría de los puntos se alinean cerca de la línea, lo que indica que los kilos procesados en la secadora pueden considerarse normalmente distribuidos. Esto se respalda con el valor p de 0.154, que es mayor al umbral común de 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Además, el estadístico de Anderson-Darling (AD) es bajo (0.551), reforzando esta conclusión.

### 5.2.2 Cantidad de alarmas

Revisar la cantidad de alarmas que se tienen por prioridad sirve para determinar la frecuencia y duración de cada una.

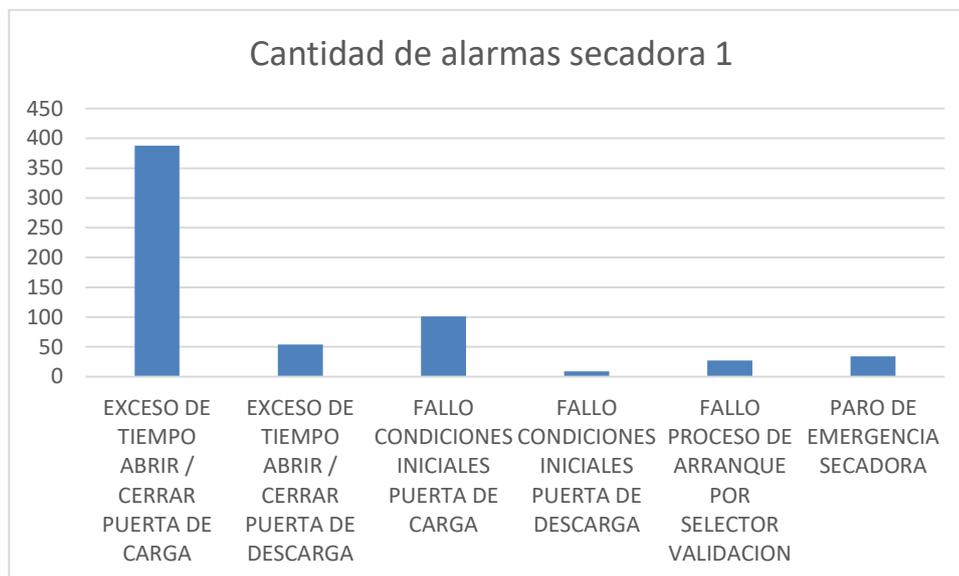
**Tabla 11**  
Descripción de alarmas

| Descripción de alarmas                             | Cantidad |
|--|----------|
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de carga    | 388      |
| Exceso de tiempo abrir / cerrar puerta de descarga | 54       |
| Fallo condiciones iniciales puerta de carga        | 101      |
| Fallo condiciones iniciales puerta de descarga     | 9        |
| Fallo proceso de arranque por selector validación  | 27       |

Nota: Elaboración propia, 2025

**Figura 42**

*Cantidad de alarmas en la secadora 1*



Nota: Elaboración propia, 2025

Se puede observar que la mayor cantidad de alarmas y el mayor tiempo de duración (véase punto 4.6.1) proviene del exceso de tiempo en abrir / cerrar la puerta de carga.

### 5.2.3 Duración de tiempos de ciclo de la Secadora 1

Se realizó el análisis de la duración de los ciclos de la secadora 1, donde los de toalla tenían una mayor dispersión en tiempos, además de los más prolongados.

Para ello, se recopiló una muestra de datos reales de los tiempos de secado de las toallas registrados durante septiembre 2024 a marzo 2025. Posteriormente, se emplearon herramientas estadísticas como histogramas y gráficos de caja para visualizar la distribución de los ciclos por tipo de carga. Además, se calcularon medidas de tendencia central y dispersión (media, mediana, desviación estándar) con el fin de identificar posibles anomalías o ineficiencias en el proceso.

De los mas de 4400 datos se realiza un análisis estadístico donde se obtiene:

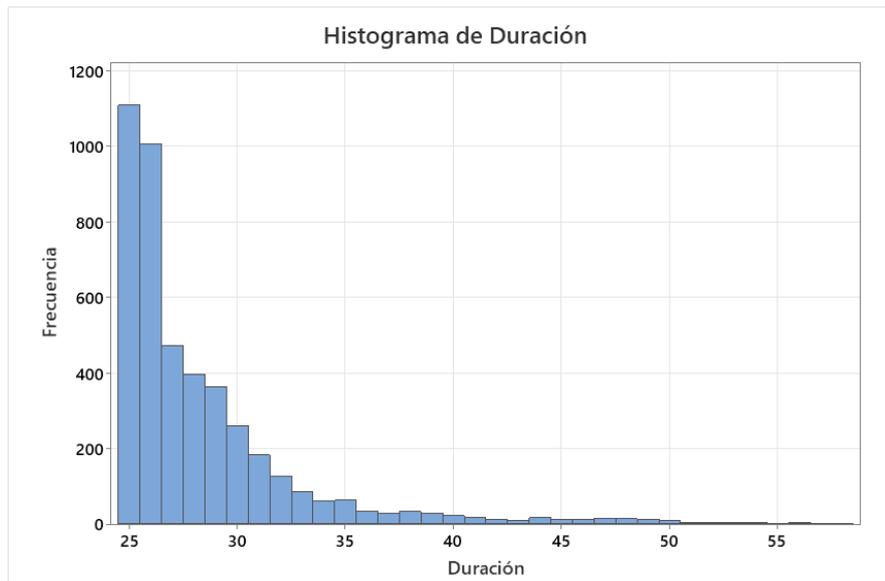
- Media = 28.38
- Desviación estándar = 4.69
- Varianza = 22.02
- Coeficiente de variación = 0.165 o 16.5%

La media de duración de los ciclos es de aproximadamente 28.38 minutos, siendo nuestro valor de referencia de al menos 30 minutos ciclo, significa que están terminando antes de lo previsto, en promedio. Al ser la desviación estándar un valor de 4.69 minutos significa que los ciclos varían bastante, es decir, algunos son significativamente más cortos o más largos

que esos 28.38 minutos. Esto sugiere cierta variabilidad operativa que puede requerir control.

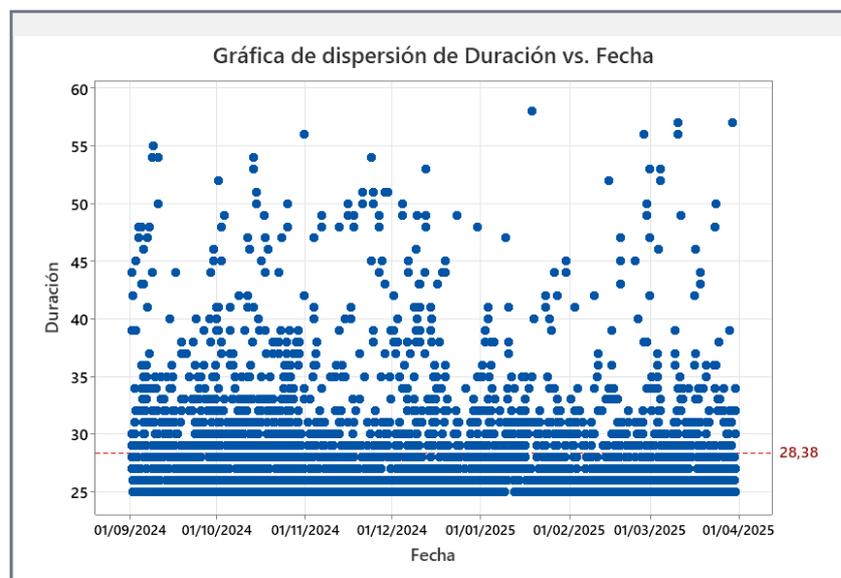
El coeficiente de variación nos permite comparar la variabilidad entre los procesos, esta al ser del 16.5% indica una variabilidad moderada. De acuerdo con (Montgomery, 2020), cuanto menor sea el CV, mayor es la consistencia del proceso.

**Figura 43**  
*Histograma de distribución de la duración de los ciclos en la secadora 1*



Nota: Elaboración propia, 2025.

**Figura 44**  
*Dispersión durante 7 meses de análisis*



Nota: Elaboración propia, 2025.

Se mide el Cp (índice de capacidad del proceso) y el Cpk (índice de capacidad real), para revisar que tan capaz es el proceso de mantenerse dentro de los límites esperados.

Los límites en este caso son:

- Límite inferior (LSI): 27 minutos
- Límite superior (LSS): 33 minutos

Para esto, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Cp = \frac{LSS - LSI}{6\delta}$$

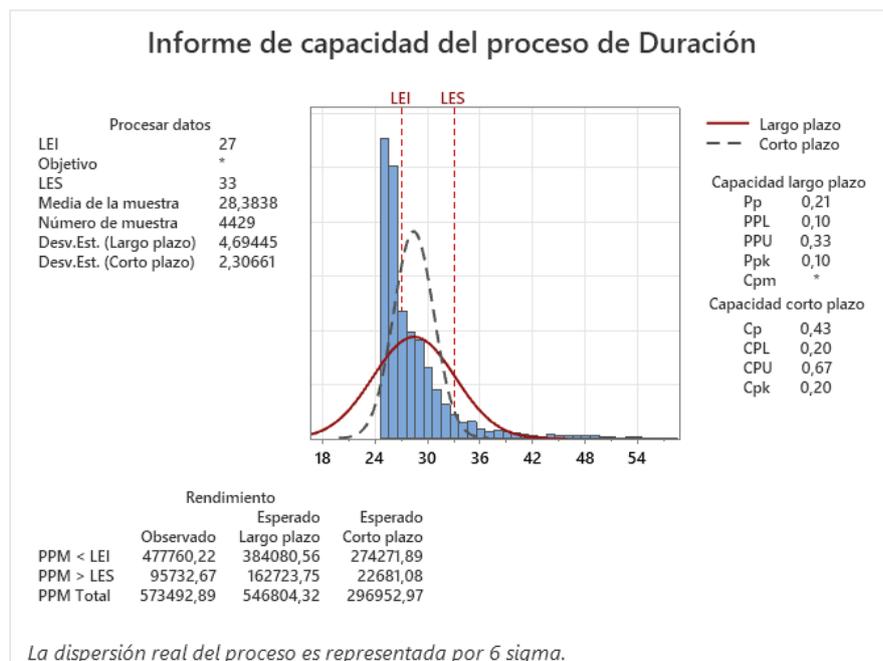
$$Cpk = \min\left(\frac{LSS - \mu}{3\delta}, \frac{\mu - LSI}{3\delta}\right)$$

Donde:

- $\mu$  = media del proceso (28.38)
- $\sigma$  = desviación estándar (4.69)
- LSS = 33
- LSI = 27

De lo cual con apoyo del software Minitab se obtuvo:

**Figura 45**  
Informe de capacidad del proceso de duración



Nota: Elaboración propia, 2025.

Los índices Cp (0.43) y Cpk (0.20) indican que el proceso presenta alta variabilidad y falta de centrado respecto al objetivo. Esto implica que una gran proporción de los ciclos no cumple con los tiempos requeridos, lo que puede generar problemas en la eficiencia operativa o en la calidad del secado.

#### 5.2.4 Recolección de datos adicionales

Durante la etapa de medición se llevaron a cabo observaciones directas mientras la secadora estaba en funcionamiento. Se registraron de forma manual distintos eventos que podían influir en el desempeño del equipo, como ruidos anormales, dificultad para cerrar la puerta, prendas que quedaban atrapadas en el tambor o desbalances visibles en la carga. Estos detalles, aunque simples, ayudaron a detectar problemas mecánicos que podrían estar afectando la eficiencia del proceso.

Además, se anotaron situaciones que, si bien no siempre eran visibles desde el panel de control, podían alterar el ciclo normal de secado, como fallas en el cierre hermético de la puerta o la acumulación de pelusa en zonas críticas. Estas observaciones fueron clave para comprender mejor el contexto en que se daban las variaciones de tiempo, y posteriormente sirvieron como base para construir el diagrama de causa-efecto (Ishikawa), donde se organizaron las posibles causas que afectan el rendimiento de la secadora.

**Figura 46**

*Recolección de datos mediante observación*



Nota: Fotografías de ambas vistas de la secadora ST-100.

### 5.3 Analizar

#### 5.3.1 Análisis de Ishikawa

A continuación, se analizan la causa raíz “Exceso en tiempo de abrir/cerrar la puerta de carga”, mediante un diagrama de Ishikawa, el cual explora las posibles causas raíz a través de seis categorías principales: Método, Máquina, Material, Mano de Obra, Medición y Medio Ambiente.

En la categoría Método, se detectan prácticas operativas como la ejecución incorrecta del procedimiento de apertura o cierre, o la ausencia de una secuencia clara, lo que puede llevar al operador a demorar más tiempo del estipulado.

Dentro de Máquina, se destaca el deterioro o desajuste del sensor de la puerta (microinterruptor), así como la desalineación mecánica del sistema de cierre. Estos fallos técnicos impiden que el sistema reconozca adecuadamente que la puerta está cerrada o abierta, generando una señal de error al PLC.

En cuanto a Mano de Obra, pueden presentarse aperturas anticipadas o mal uso de la puerta por parte del operador, debido a una posible falta de formación o desconocimiento del tiempo que debe transcurrir antes de accionar la apertura.

La categoría de Materiales refleja factores como la sobrecarga de ropa o la presencia de residuos que bloquean el cierre correcto de la puerta, generando resistencia y aumentando el tiempo del ciclo de apertura/cierre.

El Medio Ambiente también influye, particularmente si existen condiciones de humedad o corrosión que afecten la integridad del sensor o del sistema neumático. Además, una presión de aire comprimido por debajo de los 6 bar recomendados puede comprometer la eficiencia del mecanismo de apertura.

Finalmente, en el área de Medición y Control, se observa fallas en la lectura del sensor podrían contribuir directamente a que la alarma se dispare, además de que no se miden los indicadores ni los reportes de errores.

**Figura 47**  
*Diagrama de Ishikawa*



Nota: Elaboración propia, 2025.

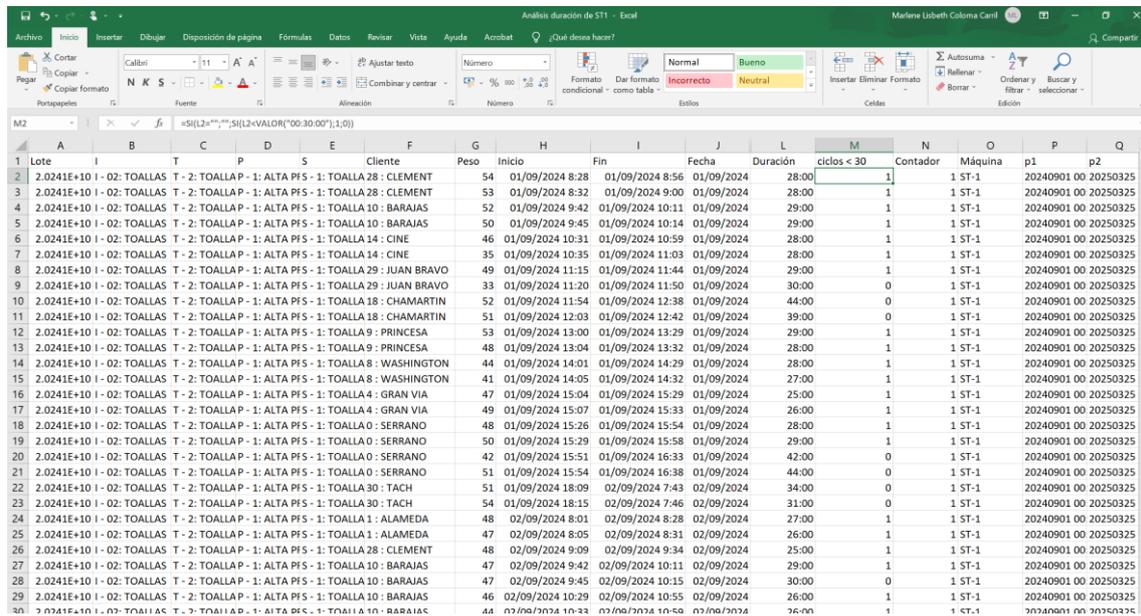
### 5.3.1.1 *Análisis estadístico de algunas causas del Diagrama de Ishikawa*

Se revisaron dos causas de manera estadística para determinar si afectan o no de manera significativa en el efecto principal que es el Exceso de tiempo en abrir/cerrar puerta de carga, estas son Apertura anticipada y Desalineación de la puerta.

#### 5.3.1.1.1 Apertura anticipada

En primer lugar, se analizó el factor de “Apertura anticipada” por parte del personal (proceso que se realiza de manera manual), donde los ciclos de secado de toallas que se encuentran programados dentro del software Hygien, toman de 30 a 40 minutos, dependiendo de la cantidad de carga que se introduzca (una carga completa equivale a 100kg de felpa mientras que media carga son 50 kg), las cantidades son aproximadas dependiendo de la demanda diaria de los clientes. Se ha detectado que muchos de los ciclos no llegan a culminación por decisión de los encargados de planta, eso se debe a que el tiempo de enfriamiento se puede realizar fuera del tambor y así se ahorran en promedio 7 minutos, lo que permite que la secadora pueda procesar mas cargas de felpa y así acelerar la producción. El “sacar” el lote se realiza de manera manual y no siempre es exacto por lo que el tiempo de retirada también puede variar. Sin embargo, el forzar a que los ciclos terminen antes, puede afectar el sistema de cierre y los mecanismos de apertura de la secadora, generando desgaste prematuro en bisagras y bloqueos. Además, puede alterar la sincronización del sistema de seguridad, provocando fallos en sensores o actuadores. Con el tiempo, estas acciones repetidas podrían incrementar la probabilidad de averías y reducen la vida útil del equipo.

**Tabla 12**  
*Histórico de duración de ciclos*



| Lote   | Cliente    | Peso | Inicio           | Fin              | Fecha      | Duración | ciclos < 30 | Contador | Máquina | p1          | p2       |
|--|------------|------|------------------|------------------|------------|----------|-------------|----------|---------|-------------|----------|
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 28 : CLEMENT    | CLEMENT    | 54   | 01/09/2024 8:28  | 01/09/2024 8:56  | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 28 : CLEMENT    | CLEMENT    | 53   | 01/09/2024 8:32  | 01/09/2024 9:00  | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 52   | 01/09/2024 9:42  | 01/09/2024 10:11 | 01/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 50   | 01/09/2024 9:45  | 01/09/2024 10:14 | 01/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 14 : CINE       | CINE       | 46   | 01/09/2024 10:31 | 01/09/2024 10:59 | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 14 : CINE       | CINE       | 35   | 01/09/2024 10:35 | 01/09/2024 11:03 | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 29 : JUAN BRAVO | JUAN BRAVO | 49   | 01/09/2024 11:15 | 01/09/2024 11:44 | 01/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 29 : JUAN BRAVO | JUAN BRAVO | 33   | 01/09/2024 11:20 | 01/09/2024 11:50 | 01/09/2024 | 30:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 18 : CHAMARTIN  | CHAMARTIN  | 52   | 01/09/2024 11:54 | 01/09/2024 12:38 | 01/09/2024 | 44:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 18 : CHAMARTIN  | CHAMARTIN  | 51   | 01/09/2024 12:03 | 01/09/2024 12:42 | 01/09/2024 | 39:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 9 : PRINCESA    | PRINCESA   | 53   | 01/09/2024 13:00 | 01/09/2024 13:29 | 01/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 9 : PRINCESA    | PRINCESA   | 48   | 01/09/2024 13:04 | 01/09/2024 13:32 | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 8 : WASHINGTON  | WASHINGTON | 44   | 01/09/2024 14:01 | 01/09/2024 14:29 | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 8 : WASHINGTON  | WASHINGTON | 41   | 01/09/2024 14:05 | 01/09/2024 14:32 | 01/09/2024 | 27:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 4 : GRAN VIA    | GRAN VIA   | 47   | 01/09/2024 15:04 | 01/09/2024 15:29 | 01/09/2024 | 25:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 4 : GRAN VIA    | GRAN VIA   | 49   | 01/09/2024 15:07 | 01/09/2024 15:33 | 01/09/2024 | 26:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 0 : SERRANO     | SERRANO    | 48   | 01/09/2024 15:26 | 01/09/2024 15:54 | 01/09/2024 | 28:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 0 : SERRANO     | SERRANO    | 50   | 01/09/2024 15:29 | 01/09/2024 15:58 | 01/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 0 : SERRANO     | SERRANO    | 42   | 01/09/2024 15:51 | 01/09/2024 16:33 | 01/09/2024 | 42:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 0 : SERRANO     | SERRANO    | 51   | 01/09/2024 15:54 | 01/09/2024 16:38 | 01/09/2024 | 44:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 30 : TACH       | TACH       | 51   | 01/09/2024 18:09 | 02/09/2024 7:43  | 02/09/2024 | 34:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 30 : TACH       | TACH       | 54   | 01/09/2024 18:15 | 02/09/2024 7:46  | 02/09/2024 | 31:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 1 : ALAMEDA     | ALAMEDA    | 48   | 02/09/2024 8:01  | 02/09/2024 8:28  | 02/09/2024 | 27:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 1 : ALAMEDA     | ALAMEDA    | 47   | 02/09/2024 8:05  | 02/09/2024 8:31  | 02/09/2024 | 26:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 28 : CLEMENT    | CLEMENT    | 48   | 02/09/2024 9:09  | 02/09/2024 9:34  | 02/09/2024 | 25:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 47   | 02/09/2024 9:42  | 02/09/2024 10:11 | 02/09/2024 | 29:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 47   | 02/09/2024 9:45  | 02/09/2024 10:15 | 02/09/2024 | 30:00    | 0           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 46   | 02/09/2024 10:29 | 02/09/2024 10:55 | 02/09/2024 | 26:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |
| 2.0241E+10 - 02: TOALLAS T - 2: TOALLA P - 1: ALTA PFS - 1: TOALLA 10 : BARAJAS    | BARAJAS    | 44   | 02/09/2024 10:33 | 02/09/2024 10:59 | 02/09/2024 | 26:00    | 1           | 1        | ST-1    | 20240901 00 | 20250325 |

Nota: Elaboración propia, 2025.

Para esto se analizaron cuántos ciclos terminaron antes de los 30 minutos en el periodo de septiembre del 2024 a enero 2025, el mismo que se utilizó para el cálculo de los indicadores del OEE, para comprobar que significativamente más del 50% de las veces el ciclo de secado se interrumpe antes de alcanzar mínima media hora programada, se realizó una prueba estadística de una proporción (One Proportion Test en Minitab), teniendo:

Hipótesis:

H<sub>0</sub>: p = 0.5 → La proporción de ciclos <30 minutos es 50% (no hay preferencia).

H<sub>1</sub>: p > 0.5 → La proporción es mayor que 50% (la ropa se saca antes de tiempo significativamente más).

**Tabla 13**  
*Prueba estadística de proporción*

**Prueba e IC para una proporción**

**Método**

p Proporción del evento  
Método Método exacto de Clopper-Pearson

**Estadísticas descriptivas**

| N    | Evento | Muestra p | Límite superior de 95% para p |
|------|--------|-----------|-------------------------------|
| 4429 | 3432   | 0,774893  | 0,785192                      |

**Prueba**

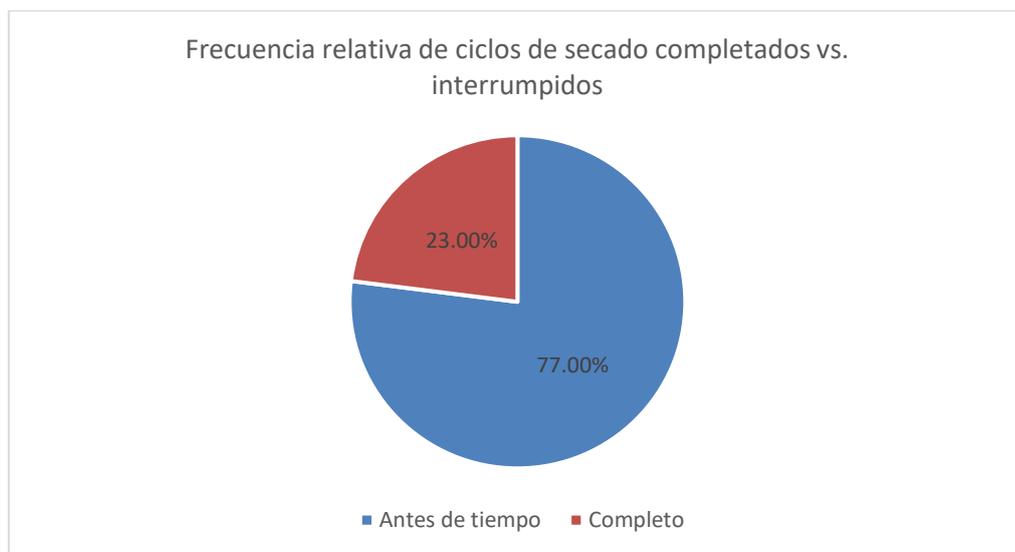
Hipótesis nula  $H_0: p = 0,5$   
Hipótesis alterna  $H_1: p < 0,5$

Valor p  
1,000

Nota: Elaboración propia, 2025.

Con un p-valor  $< 0.05$ , se confirma estadísticamente que más del 50% de los ciclos de secado terminan antes del tiempo estándar de 30 minutos. Esta tendencia puede afectar la calidad del secado o indicar una práctica sistemática del personal de retiro anticipado.

**Figura 48**  
*Frecuencia relativa de ciclos de secado completados vs. interrumpidos*



Nota: Elaboración propia, 2025.

**El 77% de los ciclos** observados se interrumpen antes del tiempo completo, lo que puede indicar una oportunidad de **mejora en los procesos operativos o una necesidad de reevaluar el tiempo de secado.**

#### 5.3.1.1.2 Desalineación de puerta de secadora

La puerta de carga de la secadora es una parte crucial en el proceso secuencial del túnel de lavado, ya que debe aperturarse (una vez estando vacía) al detectar que el conveyor deslizable haya llevado la carga correspondiente para que pueda pasar a secarse o desliarse dependiendo si es felpa o liso.

Se realizaron mediciones visuales para detectar la desalineación de la puerta, dependiendo del esfuerzo que esta haga para aperturar y cerrar. No se pudieron tomar medidas después de cada ciclo porque se encuentra en un ambiente cerrado y podría ser peligroso entrar sin supervisión o apoyo del encargado de mantenimiento.

El tipo de medida tomada es binaria, siendo 1= desalineada y 0= alineada, se tomaron 15 muestras durante 2 días.

**Tabla 14**  
*Observaciones de desalineación de puerta*

| Observación  | Desalineación de puerta |
|--------------|-------------------------|
| 1            | 0                       |
| 2            | 0                       |
| 3            | 0                       |
| 4            | 0                       |
| 5            | 0                       |
| 6            | 0                       |
| 7            | 1                       |
| 8            | 0                       |
| 9            | 0                       |
| 10           | 1                       |
| 11           | 0                       |
| 12           | 0                       |
| 13           | 1                       |
| 14           | 0                       |
| 15           | 1                       |
| <b>TOTAL</b> | <b>4</b>                |

Nota: Elaboración propia, 2025.

Durante la toma de datos se registraron 4 casos de desalineación de puerta en un total de 15 observaciones, lo que representa una incidencia del 26.7%. Aunque la mayoría de las

observaciones no presentó este defecto, el hecho de que más de una cuarta parte de los ciclos hayan mostrado desalineación sugiere que no se trata de una ocurrencia aislada.

### 5.3.2 Análisis de los 5 por qué

El método de los 5 por qué, sirve de recurso para revisar los cambios/estrategias a realizar para profundizar las causas, facilitando soluciones más duraderas y efectivas.

Aquellas causas identificadas que contaban con respaldo estadístico, principalmente relacionadas con fallas mecánicas y operativas fueron revisadas con esta herramienta. Entre las que se tienen:

**Tabla 15**  
*5 por qué Sensor de puerta defectuoso*

| Sensor de puerta defectuoso | ¿Por qué el sensor de la puerta falla con frecuencia? | ¿Por qué el sensor se encuentra dañado o mal calibrado? | ¿Por qué no se revisa periódicamente?                       | ¿Por qué no existe ese programa formal?                           | ¿Por qué no se ha implementado?                                       | Resultado   |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                             | Porque está dañado o mal calibrado                    | Porque no se revisa periódicamente su estado.           | Porque no hay un programa formal que incluya su inspección. | Porque no se ha implementado un plan de mantenimiento preventivo. | Porque la gestión del mantenimiento ha sido reactiva, no planificada. | <b>Implementar de un programa de mantenimiento preventivo</b><br><b>Establecer un sistema de asignación de deberes de mantenimiento</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Tabla 16**  
5 Por qué Componentes mecánicos desgastados

| Componentes mecánicos desgastados | ¿Por qué los componentes mecánicos están desgastados?                        | ¿Por qué no han tenido mantenimiento adecuado?  | ¿Por qué no existe un plan de mantenimiento estructurado?  | ¿Por qué la gestión de mantenimiento es reactiva en lugar de preventiva?   | ¿Por qué no se ha identificado la importancia de la planificación?                              | Resultado  |
|-----------------------------------|--|---|--|--|---|--|
|                                   | Porque han estado en uso prolongado sin reemplazo ni mantenimiento adecuado. | Porque no existe un plan de mantenimiento estructurado que indique los tiempos de inspección y reemplazo. | Porque la gestión de mantenimiento se ha basado en reparaciones reactivas en lugar de preventivas. | porque no se ha identificado la importancia de la planificación para reducir costos y mejorar la eficiencia operativa. | Porque no se han evaluado los impactos del desgaste en la productividad y costos de reparación. | <b>Implementar una planificación estructurada para reducir los tiempos de parada, costos y prolongará la vida útil de los equipos.</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Tabla 17**  
5 por qué Falta de documentación de soporte

| Falta de documentación de soporte | ¿Por qué hay falta de documentación de soporte?                           | ¿Por qué no se ha establecido un procedimiento claro?                 | ¿Por qué no se ha asignado responsabilidad?                      | ¿Por qué no hay una política interna al respecto? | ¿Por qué la alta dirección no la ha priorizado?                         | Resultado   |
|-----------------------------------|---|---|--|---|---|---|
|                                   | Porque no se ha establecido un procedimiento claro para la documentación. | Porque nadie ha sido asignado para crear y mantener la documentación. | Porque no existe una política interna que defina su importancia. | Porque la alta dirección no la ha priorizado.     | Porque no han percibido el impacto negativo en la eficiencia operativa. | <b>Implementar un sistema formal de documentación</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

**Tabla 18**  
5 por qué No se miden indicadores

|                         |   |   |  |  |  |   |
|-------------------------|---|---|--|--|--|---|
| No se miden indicadores | ¿Por qué no se miden indicadores?                             | ¿Por qué no se ha implementado un sistema?                                  | ¿Por qué no se ha identificado la necesidad?                             | ¿Por qué no hay cultura de análisis de datos                         | ¿Por qué no se ha priorizado la importancia de indicadores de gestión?                 | Resultado   |
|                         | Porque no se ha implementado un sistema de medición adecuado. | Porque no se ha identificado la necesidad de medir indicadores específicos. | Porque no hay una cultura organizacional orientada al análisis de datos. | Porque no se ha priorizado la importancia de indicadores de gestión. | Porque no se ha dado la importancia de recopilar y analizar los datos para los mismos. | <b>Fomentar cultura organizacional que priorice los indicadores de gestión.</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025.

El análisis de los 5 por qué, permite separar los síntomas de las causas. Esto es esencial ya que los síntomas pueden ocultar las verdaderas causas de los problemas.

Como resultado del análisis mediante la herramienta de los 5 Porqués, se identificaron una serie de acciones clave necesarias para abordar las causas raíz de las fallas observadas en el proceso. Entre las principales conclusiones, destaca la necesidad de implementar un programa de mantenimiento preventivo que permita anticipar fallos, reducir los tiempos de parada no planificada, optimizar el funcionamiento del equipo, evitar costos operativos no planificados y extender la vida útil de los equipos. Asimismo, se evidenció la importancia de establecer un sistema claro de asignación de responsabilidades. También es fundamental formalizar la documentación de las actividades de mantenimiento y fomentar una cultura organizacional orientada a la gestión por indicadores, como base para una mejora continua y sostenible del proceso.

### 5.3.3 Análisis de criticidad del equipo

Con el fin de determinar el nivel de criticidad de los principales componentes de la secadora ST-100, y así poder priorizar recursos, definir la frecuencia del mantenimiento y minimizar el riesgo operativo, productivo y de seguridad, se realiza un análisis de criticidad del equipo.

Se utiliza una matriz de criticidad que evalúa tres dimensiones clave:

- Impacto en la seguridad (S): Posible daño a personas o instalaciones.
- Impacto en la producción (P): Afectación directa a la continuidad del proceso.
- Probabilidad de falla (F): Frecuencia o tendencia histórica a presentar averías.

Escala de valoración (1–5):

- 1 = Bajo impacto / rara vez falla.

- 5 = Alto impacto / falla frecuente o severa.

El índice de criticidad (IC) se calcula como:

$$IC = (S \times 0.4) + (P \times 0.4) + (F \times 0.2)$$

Los componentes evaluados y sus resultados son los siguientes:

**Tabla 19**

*Resultado de componentes críticos*

| Componente                        | Seguridad (S) | Producción (P) | Falla (F) | IC  | Nivel de Criticidad |
|-----------------------------------|---------------|----------------|-----------|-----|---------------------|
| Motorreductor principal           | 4             | 5              | 4         | 4.4 | Crítico             |
| Variador de frecuencia (inverter) | 4             | 4              | 3         | 3.8 | Alto                |
| Ruedas de tracción y apoyo        | 3             | 4              | 3         | 3.4 | Medio-Alto          |
| Sistema de rociado antiincendio   | 5             | 2              | 2         | 3.4 | Alto (seguridad)    |
| Sensor de temperatura             | 2             | 4              | 3         | 3.2 | Medio               |
| Filtro de borra                   | 3             | 3              | 4         | 3.4 | Medio-Alto          |
| Puertas de carga/descarga         | 5             | 5              | 2         | 4.4 | Crítico             |
| Detector de giro                  | 2             | 5              | 3         | 3.6 | Alto                |
| Rociador térmico/ampolla          | 5             | 1              | 1         | 3.0 | Medio (seguridad)   |
| Cuadro de control                 | 4             | 4              | 2         | 3.6 | Alto                |

Nota: Elaboración propia, 2025.

### Clasificación de criticidad

- Crítico (IC  $\geq$  4.0): Fallo implica paro total, riesgo alto de accidente o incendio. Requiere mantenimiento preventivo reforzado y stock de repuesto inmediato.
- Alto (IC 3.5 – 3.9): Relevante para el desempeño; requiere vigilancia constante.
- Medio (IC 3.0 – 3.4): Mantenimiento programado normal.

- Bajo (IC < 3.0): Bajo impacto. Puede ser tratado bajo mantenimiento correctivo controlado.

Se toman en cuenta los componentes con resultados mas altos y se realizan las siguientes recomendaciones, identificando los puntos de mejora.

- 1. Motorreductor y puertas de carga: Priorizar inspecciones semanales y monitoreo térmico/vibracional. Mantener repuestos críticos en planta.**
- 2. Sistema de rociado antiincendio: Verificación periódica y prueba funcional mensual. Crítico en seguridad.**
- 3. Variador y sensores: Calibración semestral y revisión de condiciones ambientales (humedad/temperatura).**
- 4. Filtro de borra y ruedas: Establecer rutina semanal de limpieza, inspección visual y lubricación.**
- 5. Cuadro de control y detectores: Verificación funcional durante mantenimiento preventivo mensual.**

#### **5.4 Implementar (Mejorar)**

A continuación, se enlistan las mejoras identificadas a partir del análisis realizado previamente (resaltadas en negrita), para su implementación progresiva:

- Mejorar los procesos operativos y reevaluar el tiempo de secado.
- Implementar de un programa de mantenimiento preventivo
- Establecer un sistema de asignación de deberes de mantenimiento
- Implementar una planificación estructurada para reducir los tiempos de parada, costos y prolongará la vida útil de los equipos.
- Implementar un sistema formal de documentación
- Fomentar cultura organizacional que priorice los indicadores de gestión.
- Priorizar inspecciones semanales y monitoreo térmico/vibracional. Mantener repuestos críticos en planta.
- Verificación periódica y prueba funcional mensual.
- Calibración semestral y revisión de condiciones ambientales (humedad/temperatura).
- Establecer rutina semanal de limpieza, inspección visual y lubricación.
- Verificación funcional durante mantenimiento preventivo mensual.

##### **5.4.1 Programa de Mantenimiento Preventivo**

Después del análisis anterior, se plantea un programa de gestión de mantenimiento preventivo con el fin de minimizar el riesgo de fallos en equipos.

El mantenimiento preventivo es una estrategia de gestión que se enfoca en la realización de inspecciones, ajustes y reparaciones programadas en equipos y sistemas antes de que ocurra

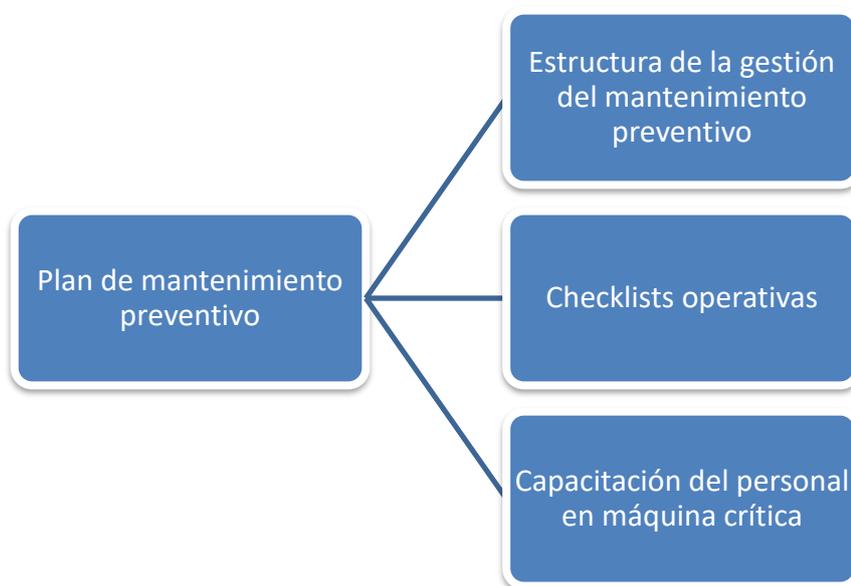
una falla. Su objetivo principal es prolongar la vida útil de los equipos, mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos asociados con reparaciones no planificadas y tiempos de inactividad. Implementar un plan de mantenimiento preventivo permite anticipar posibles problemas, garantizar la seguridad de los trabajadores y optimizar el rendimiento general de sus operaciones. (Ahuja & Khamba, 2008)

Este plan de mantenimiento preventivo tiene como objetivo establecer un marco de trabajo que permita:

- Reducir el tiempo de inactividad no planificado, minimizando las interrupciones en la producción.
- Disminuir los costos asociados a reparaciones de emergencia y reemplazo de equipos.
- Mejorar la seguridad en el lugar de trabajo, previniendo accidentes causados por fallos en los equipos.
- Optimizar el rendimiento de los equipos, asegurando su eficiencia y calidad.
- Extender la vida útil de los activos, maximizando el retorno de la inversión.

**Figura 49**

*Plan de mantenimiento preventivo*



Nota: Elaboración propia, 2025

#### **5.4.1.1 Estructura de la gestión del mantenimiento preventivo**

Para realizar la planificación del mantenimiento preventivo, se debe revisar las características clave de la planificación del mantenimiento de acuerdo a (Pérez Rondón, 2021), donde se basa en la organización de las tareas siguiendo las referencias establecidas o

recomendadas, considerando siempre la frecuencia con la que deben realizarse. Asimismo, se estructura en función del orden adecuado para la ejecución de los mantenimientos, teniendo en cuenta factores como la urgencia, la operatividad del equipo, la disponibilidad del personal, la ubicación, los recursos necesarios, el transporte y los repuestos requeridos. Se debe tener en cuenta que:

- Las solicitudes de mantenimiento suelen presentar comportamientos impredecibles, lo que dificulta establecer patrones claros.
- Las tareas que se desarrollan en el área de mantenimiento son muy variadas, lo cual complica la estandarización de los procedimientos.
- La efectividad de la planificación depende en gran medida de una buena coordinación y comunicación entre los distintos departamentos involucrados en el proceso.
- Una planificación adecuada contribuye a reducir los tiempos improductivos del personal de mantenimiento, además de facilitar la justificación de los recursos asignados ante la dirección de la empresa.
- Es fundamental optimizar el uso de los recursos asignados al área de mantenimiento, asegurando su aplicación eficiente.
- Se debe mantener un equipo de trabajo competente en planta, capaz de responder a las exigencias productivas y garantizar resultados de calidad.
- Entre las actividades necesarias se encuentran la preparación de órdenes de trabajo, la actualización de listas de materiales, repuestos y componentes.
- También es importante elaborar requisiciones de compra con especificaciones claras, y mantener actualizados los planos, hojas de vida de los equipos y fichas técnicas correspondientes.
- Finalmente, se deben establecer estándares definidos para los tiempos de ejecución de cada tarea de mantenimiento.

Además de considerar los principios básicos de planificación, el plan de mantenimiento debe estar sustentado en un enfoque estructurado y estratégico. (Nakajima, 1991) Una herramienta clave en este proceso es el análisis de criticidad, que permite priorizar las intervenciones en función del impacto que tendría una posible falla sobre la seguridad, la producción o los costos operativos. Asimismo, es fundamental clasificar las tareas en mantenimientos diarios, semanales, mensuales, trimestrales y anuales, enfocándonos en el tipo de mantenimiento elegido. El desarrollo de instrumentos de soporte, como formatos de inspección técnica o checklist de trabajo, facilita la ejecución sistemática de las actividades. La planificación también debe traducirse en un calendario operativo claro, que se construya en coordinación con el área de producción y contemple ventanas de parada técnica para evitar interferencias. En paralelo, la gestión por indicadores, como el MTBF, MTTR, el

índice de cumplimiento del plan y la disponibilidad operativa, permite evaluar la efectividad de la planificación y realizar los ajustes necesarios. (Moubray, 2004) Por otro lado, la asignación eficiente del personal de mantenimiento, en función de su perfil técnico y la criticidad de las tareas, garantiza intervenciones seguras y oportunas. Como paso final, el sistema planificación debe integrarse dentro de un enfoque de mejora continua, que permita la retroalimentación constante a través del análisis de fallas, la actualización de estándares, la optimización de recursos y la incorporación de tecnologías de apoyo como plataformas digitales de trazabilidad. Este enfoque además de asegurar la sostenibilidad de las acciones, brinda un registro de KPI's para identificar las tendencias, patrones y los puntos de mejora basado en datos históricos.

### 5.4.1.2 Checklists operativas

Implementar listas de verificación diario, semanal, mensual, trimestral y anual para el personal, con tareas simplificadas para que se puedan realizar. Estas se realizaron examinando las especificaciones y recomendaciones del fabricante, además de los periodos de garantía, para determinar la frecuencia de las tareas del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP).

**Tabla 20**  
*Checklist de actividades diarias de mantenimiento en la secadora ST-100*

| Ficha de mantenimiento preventivo   |  |                    |                 |                         |                            |  |
|---|--|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--|
|  | <b>Máquina:</b>  | SECADORA ST100 (1) |                 |                         | <b>Fecha programada:</b>   |  |
|   | <b>Frecuencia:</b>                                       | Diaria             | <b>Función:</b> | Secado/desliado de ropa | <b>Fecha realizada:</b>    |  |
| <b>Item</b>   | <b>Actividades del mantenimiento preventivo</b>          |                    |                 | <b>Encargado</b>        | <b>Notas/observaciones</b> |  |
| 1   | Limpiar el filtro de pelusas                             |                    |                 |                         |                            |  |
| 2   | Revisar que no haya obstrucciones en el ducto de escape. |                    |                 |                         |                            |  |
| 3   | Verificar la operación normal del panel de control       |                    |                 |                         |                            |  |
| 4   | Inspeccionar estado de la carcasa                        |                    |                 |                         |                            |  |
| 5   | Revisión de dispositivos de seguridad                    |                    |                 |                         |                            |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En la tabla se muestran los pasos de mantenimiento preventivo (MP) a realizar en el equipo de manera diaria. La limpieza del filtro es crítica para mantener el flujo de aire, evitar sobrecalentamientos y prevenir incendios. Se realiza dos a tres veces al día ya que la pelusa de la ropa procesada se impregna en el mismo. Además, se revisan que no haya obstrucciones en el ducto de escape ya que puede causar pérdida de rendimiento térmico. También se verifica si el panel de control funciona normalmente, se inspecciona el estado de la carcasa del equipo y los dispositivos de seguridad.

**Tabla 21***Checklist de actividades semanales de mantenimiento en la secadora ST-100*

| Ficha de mantenimiento preventivo   |   |                    |                 |                         |                            |  |
|---|---|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--|
|  | <b>Máquina:</b>   | SECADORA ST100 (1) |                 |                         | <b>Fecha programada:</b>   |  |
|   | <b>Frecuencia:</b>  | Semanal            | <b>Función:</b> | Secado/desliado de ropa | <b>Fecha realizada:</b>    |  |
| <b>Ítem</b>   | <b>Actividades del mantenimiento preventivo</b>   |                    |                 | <b>Encargado</b>        | <b>Notas/observaciones</b> |  |
| 1   | Comprobación del filtro y de la rejilla de ventilación de la turbina auxiliar (calefacción gas) |                    |                 |                         |                            |  |
| 2   | Comprobación de la rejilla de ventilación de la turbina principal                               |                    |                 |                         |                            |  |
| 3   | Limpieza de las rejillas ventilación del pupitre de control                                     |                    |                 |                         |                            |  |
| 4   | Limpieza de las rejillas de ventilación del armario eléctrico                                   |                    |                 |                         |                            |  |
| 5   | Limpieza exterior de la secadora y retirada de la borra de su entorno                           |                    |                 |                         |                            |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En el mantenimiento semanal, se comprueba que el filtro y rejilla de ventilación de la turbina funcione adecuadamente, lo que asegura una ventilación adecuada. Se limpian las distintas rejillas de ventilación y el exterior de la secadora, retirando la borra.

**Tabla 22***Checklist de actividades mensuales de mantenimiento en la secadora ST-100*

| Ficha de mantenimiento preventivo   |   |                    |                 |                         |                            |  |
|---|---|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--|
|  | <b>Máquina:</b>   | SECADORA ST100 (1) |                 |                         | <b>Fecha programada:</b>   |  |
|   | <b>Frecuencia:</b>  | Mensual            | <b>Función:</b> | Secado/desliado de ropa | <b>Fecha realizada:</b>    |  |
| <b>Ítem</b>   | <b>Actividades del mantenimiento preventivo</b>                             |                    |                 | <b>Encargado</b>        | <b>Notas/observaciones</b> |  |
| 1   | PRECAUCIÓN: DESCONECTAR ENERGÍA ELECTRICA                                   |                    |                 |                         |                            |  |
| 2   | Limpieza del filtro de la turbina auxiliar (calefacción gas)                |                    |                 |                         |                            |  |
| 3   | Limpieza interior y exterior del filtro de recogida de borra                |                    |                 |                         |                            |  |
| 4   | Limpieza de la rejilla de ventilación del motor de la turbina auxiliar      |                    |                 |                         |                            |  |
| 5   | Limpieza de la rejilla de ventilación del motor de la turbina principal     |                    |                 |                         |                            |  |
| 6   | Limpieza de la rejilla de ventilación del motorreductor de giro bombo       |                    |                 |                         |                            |  |
| 7   | Limpieza del filtro de entrada del aire de circulación (calefacción vapor)  |                    |                 |                         |                            |  |
| 8   | Limpieza del interior de las rejillas de ventilación del armario eléctrico  |                    |                 |                         |                            |  |
| 9   | Limpieza del interior de las rejillas de ventilación del pupitre de control |                    |                 |                         |                            |  |
| 10  | Limpieza y purgado del filtro del circuito neumático                        |                    |                 |                         |                            |  |
| 11  | Revisión y limpieza de sensores   |                    |                 |                         |                            |  |
| 12  | Revisión de conexión de sensores  |                    |                 |                         |                            |  |
| 13  | Realizar pruebas de funcionamiento de sensores                              |                    |                 |                         |                            |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En la tabla, se muestra la frecuencia mensual del MP tanto de manera interior como exterior. Se limpia el filtro de la turbina auxiliar, distintas rejillas de ventilación, el filtro de entrada del aire de circulación, además que se complementa con la parte eléctrica del equipo como son las limpiezas y revisiones de los sensores.

**Tabla 23**

*Checklist de actividades trimestrales de mantenimiento en la secadora ST-100*

| Ficha de mantenimiento preventivo   |   |                    |          |                         |                     |  |
|---|---|--------------------|----------|-------------------------|---------------------|--|
|  | Máquina:  | SECADORA ST100 (1) |          |                         | Fecha programada:   |  |
|   | Frecuencia:   | Trimestral         | Función: | Secado/desliado de ropa | Fecha realizada:    |  |
| Item  | Actividades del mantenimiento preventivo                        |                    |          | Encargado               | Notas/observaciones |  |
| 1   | PRECAUCIÓN: DESCONECTAR ENERGÍA ELECTRICA                       |                    |          |                         |                     |  |
| 2   | Verificación del termostato de seguridad máquina y de seguridad |                    |          |                         |                     |  |
| 3   | Comprobación del estado y del funcionamiento de los sensores    |                    |          |                         |                     |  |
| 4   | Verificación del funcionamiento del sistema calefactor          |                    |          |                         |                     |  |
| 5   | Lubricación de las guías de la puerta de carga                  |                    |          |                         |                     |  |
| 6   | Limpieza de los conductos de extracción de vahos y humos        |                    |          |                         |                     |  |
| 7   | Limpieza general del interior de las secadoras                  |                    |          |                         |                     |  |
| 8   | Revisión y limpieza de electroválvulas                          |                    |          |                         |                     |  |
| 9   | Revisión de conexiones de electroválvulas                       |                    |          |                         |                     |  |
| 10  | Realizar pruebas de funcionamiento de electroválvulas           |                    |          |                         |                     |  |
| 11  | Revisión de conexiones de motores                               |                    |          |                         |                     |  |
| 8   | Revisión y limpieza de válvulas neumáticas                      |                    |          |                         |                     |  |
| 9   | Revisión de conexiones de válvulas neumáticas                   |                    |          |                         |                     |  |
| 10  | Realizar pruebas de funcionamiento de válvulas neumáticas       |                    |          |                         |                     |  |
| 11  | Revisión de sensores de velocidad                               |                    |          |                         |                     |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En la tabla se muestran los pasos para la frecuencia trimestral, donde se verifica el termostato de seguridad de la máquina y de seguridad, se comprueba el funcionamiento de los sensores, y se comprueba el sistema calefactor. Se lubrican las guías de la puerta de carga, se limpia los conductos de extracción de vapores, así como del interior de las secadoras. Se realiza en este punto un enfoque en partes como electroválvulas y válvulas neumáticas, realizando limpieza y revisión de conexiones para ver si se encuentran en excelentes condiciones y así alargar la vida útil de las mismas.

**Tabla 24**

*Checklist de actividades anuales de mantenimiento en la secadora ST-100*

| Ficha de mantenimiento preventivo   |   |                    |          |                         |                     |  |
|---|---|--------------------|----------|-------------------------|---------------------|--|
|  | Máquina:  | SECADORA ST100 (1) |          |                         | Fecha programada:   |  |
|   | Frecuencia:   | Anual              | Función: | Secado/desliado de ropa | Fecha realizada:    |  |
| Item  | Actividades del mantenimiento preventivo  |                    |          | Encargado               | Notas/observaciones |  |
| 1   | PRECAUCIÓN: DESCONECTAR ENERGÍA ELECTRICA   |                    |          |                         |                     |  |
| 2   | Limpieza de las palas de la turbina auxiliar  |                    |          |                         |                     |  |
| 3   | Limpieza de las palas de la turbina principal   |                    |          |                         |                     |  |
| 4   | Revisión de la estanqueidad y comprobación del funcionamiento de los componentes del circuito gas |                    |          |                         |                     |  |
| 5   | Revisión de la estanqueidad del motorreductor de giro bombo                                       |                    |          |                         |                     |  |
| 6   | Revisión del circuito de vapor, aceite térmico y del circuito neumático                           |                    |          |                         |                     |  |
| 7   | Revisión y comprobación del consumo eléctrico del motorreductor de                                |                    |          |                         |                     |  |
| 8   | Revisión de los piñones del motor reductor del giro bombo   |                    |          |                         |                     |  |
| 9   | Revisión de las ruedas de tracción, de giro libre y de guiado axial                               |                    |          |                         |                     |  |
| 10  | Revisión del estado de las juntas de estanqueidad   |                    |          |                         |                     |  |
| 11  | Revisiones de las protecciones exteriores y de masas eléctricas                                   |                    |          |                         |                     |  |
| 12  | Revisión general del estado de la tornillería   |                    |          |                         |                     |  |
| 13  | Revisión y limpieza del quemador  |                    |          |                         |                     |  |
| 14  | Revisión y limpieza del captador de temperatura por infrarrojos                                   |                    |          |                         |                     |  |
| 15  | Revisión, tensado y lubricación de la cadena transmisión del                                      |                    |          |                         |                     |  |
| 16  | Revisión y limpieza del rociador de agua antiincendios  |                    |          |                         |                     |  |
| 17  | Revisión y limpieza de los detectores de posición   |                    |          |                         |                     |  |
| 18  | Limpieza de la borra depositada en el interior de la secadora                                     |                    |          |                         |                     |  |
| 19  | Revisar tuberías e instalación de agua  |                    |          |                         |                     |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En esta última tabla, se muestran los pasos de MP anual, donde se procura la limpieza de las palas de turbinas, revisión de la estanqueidad y comprobación del funcionamiento de los componentes del circuito de gas y del motorreductor de giro de bombo. Se revisa el circuito

de vapor y neumático y el aceite térmico. Las tareas también incluyen la revisión de las ruedas de tracción, de giro libre y de guiado axial; el estado de las juntas de estanqueidad; así como las protecciones exteriores y masas eléctricas. También se contempla la inspección general del estado de la tornillería, la limpieza y revisión del quemador, del captador de temperatura por infrarrojos, del rociador de agua antiincendios, y de los detectores de posición. Además, se realizará el tensado, revisión y lubricación de la cadena de transmisión, la limpieza de la borra acumulada en el interior de la secadora, y la inspección de las tuberías junto con la instalación de agua. Estas acciones buscan prolongar la vida útil de los equipos, prevenir fallas y optimizar su desempeño.

En las revisiones mensual, trimestral y anual se ha considerado como primer ítem tomar precaución de desconectar la energía eléctrica para evitar accidentes imprevistos.

En el contexto preventivo, estas acciones y tareas relacionadas con el mantenimiento de equipos, cuyo propósito es reducir la probabilidad de fallos que puedan poner en peligro la Seguridad y la Salud de los empleados, están contempladas en el artículo 4 del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio (Real Decreto 1215, 1997) que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos de trabajo por parte de los trabajadores.

#### 5.4.1.3 Capacitación del personal en máquina crítica

La formación del personal para el tratamiento correcto de la máquina Secadora ST-100, ayuda a la lectura de parámetros y detección temprana de anomalías.

**Tabla 25**

*Plan de capacitación para encargados de mantenimiento*

| Plan de Capacitación para Encargados de Mantenimiento – Secadora ST-100             |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|  | <b>Participantes:</b>                                    | 2 técnicos encargados del mantenimiento preventivo y correctivo de la secadora industrial ST-100.  |   |   |
|   | <b>Objetivo:</b>   | Capacitar al personal técnico en los procedimientos de inspección, limpieza, ajuste, lubricación, diagnóstico y reparación de la secadora ST-100, con el fin de garantizar su funcionamiento eficiente, reducir paradas no planificadas y alargar la vida útil del equipo. |   |   |
| Módulo  | Tema   | Duración estimada  | Metodología                             | Material de apoyo                             |
| 1   | Seguridad operativa y bloqueos de energía (LOTO)         | 4 horas  | Teoría + simulación práctica            | Manual de seguridad, checklist de bloqueo     |
| 2   | Mantenimiento diario y semanal (limpieza y verificación) | 2 horas  | Demostración práctica + checklist       | Listas de verificación, bitácoras             |
| 3   | Inspección de sensores, correas, motor y transmisión     | 4 horas  | Taller práctico de inspección y ajustes | Equipos de medición, herramientas manuales    |
| 4   | Lubricación y revisión de reductores y rodamientos       | 2 horas  | Práctica con ejemplos reales            | Manual técnico, tablas de lubricantes         |
| 5   | Gestión documental y trazabilidad del mantenimiento      | 3 horas  | Ejercicios con formatos de registro     | planillas de mantenimiento                    |
| 6   | Planificación anual y mejora continua del mantenimiento  | 2 hora   | Discusión guiada + casos prácticos      | Formatos de planificación, análisis de fallas |

Nota: Elaboración propia, 2025

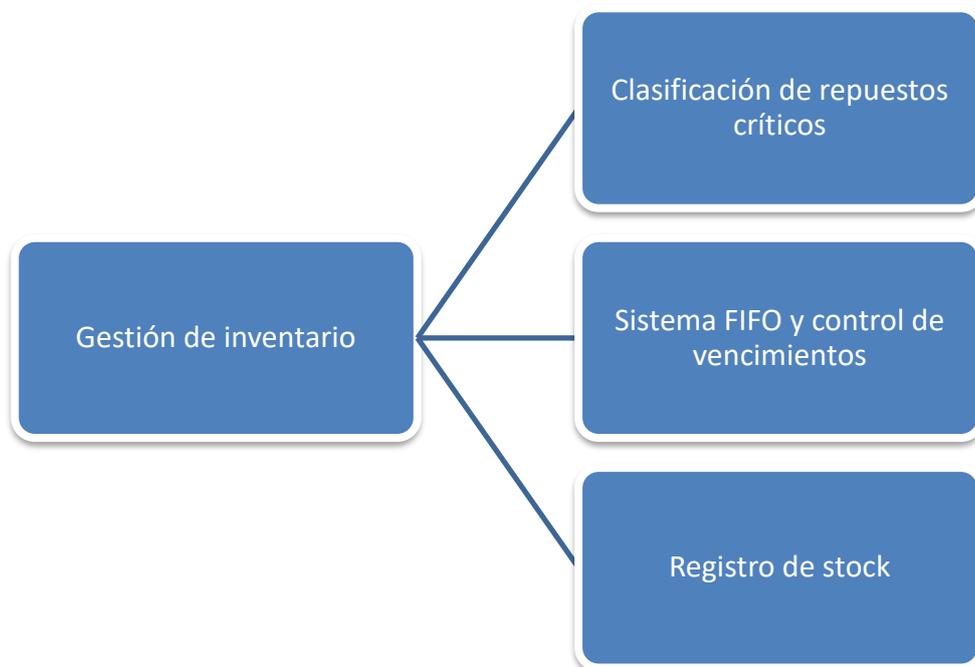
Como resultado de la capacitación, se espera que los encargados de mantenimiento adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para ejecutar correctamente las tareas

de mantenimiento preventivo (y correctivo en caso sea necesario) de la secadora ST-100, conforme a las indicaciones del fabricante durante 17 horas que pueden hacerse en dos jornadas (desglose en Anexos). Esto permite una mayor autonomía técnica, reducción de fallas por omisión, mejora en la eficiencia operativa y prolongación de la vida útil del equipo. Asimismo, se busca fortalecer la capacidad del personal para identificar condiciones anómalas, aplicar procedimientos seguros de trabajo, y mantener una trazabilidad adecuada mediante registros técnicos actualizados.

### 5.4.2 Gestión eficiente del inventario de repuestos

Una gestión eficiente del inventario de repuestos de maquinaria es importante para garantizar la continuidad operativa y bajar los tiempos de inactividad en Artesa. La falta de piezas de repuestos en momentos críticos puede generar retrasos significativos y afectar directamente la productividad. Por eso, establecer un sistema ordenado y proactivo de control de repuestos permite una rápida respuesta ante fallos imprevistos y además, facilita la planificación estratégica del mantenimiento. Este enfoque implica identificar los componentes más recurrentes, mantener niveles mínimos de stock y aplicar métodos de rotación adecuados, todo ello en coordinación con un plan de mantenimiento preventivo.

**Figura 50**  
*Gestión de inventarios*



Nota: Elaboración propia, 2025

### 5.4.2.1 Clasificación de repuestos críticos

Con base en el análisis de criticidad realizado, se establece una clasificación técnica de los componentes más relevantes de la secadora ST-100. Entre los elementos considerados críticos se destacan las puertas de carga y descarga, dado que su funcionamiento está directamente vinculado a la seguridad operativa y a la continuidad del proceso productivo. Una falla en estos mecanismos puede generar riesgos para el personal, provocar bloqueos en la línea de producción y comprometer la eficiencia del equipo. Su nivel de criticidad se determina por su alta implicancia en la producción (nivel 4), su relevancia en términos de seguridad (nivel 4) y una probabilidad de falla moderada (nivel 2), lo que arroja un índice de criticidad de 3.6, clasificado como alto. Esta evaluación técnica permite priorizar su mantenimiento preventivo dentro del plan general, asignar recursos adecuados y establecer rutinas de inspección más frecuentes que garanticen su operatividad segura y continua. La correcta identificación y clasificación de estos componentes críticos resulta fundamental para estructurar estrategias de mantenimiento enfocadas en minimizar riesgos, optimizar tiempos y asegurar la confiabilidad de los equipos en planta.

Componentes críticos de la secadora y su nivel de criticidad:

**Tabla 26**  
*Componentes críticos de la secadora y nivel de criticidad*

| Componente                        | Nivel de Criticidad |
|-----------------------------------|---------------------|
| Motorreductor principal           | Crítico             |
| Variador de frecuencia (inverter) | Alto                |
| Ruedas de tracción y apoyo        | Medio-Alto          |
| Sistema de rociado antiincendio   | Alto (seguridad)    |
| Sensor de temperatura             | Medio               |
| Filtro de borra                   | Medio-Alto          |
| Puertas de carga/descarga         | Crítico             |
| Detector de giro                  | Alto                |
| Rociador térmico/ampolla          | Medio (seguridad)   |
| Cuadro de control                 | Alto                |

Nota: Elaboración propia, 2025

### 5.4.2.2 Sistema FIFO y control de vencimientos

El sistema FIFO (First In, First Out), traducido como “primero en entrar, primero en salir”, es una estrategia de gestión de inventario que prioriza el uso o despacho de los repuestos o materiales más antiguos antes que los más recientes. (Dounce, 2014) Su implementación es fundamental en áreas de mantenimiento donde se manejan insumos con fecha de vencimiento, riesgo de obsolescencia o degradación por tiempo, como lubricantes, sellos, filtros o componentes electrónicos.

Se propone un registro para llevar el control, sobre todo de componentes cuya fecha de expiración es mas sensible como lo son lubricantes, siliconas, entre otros.

**Tabla 27**  
Ficha de registro de materiales FIFO

| Ficha de registro de materiales según prioridad para FIFO                         |                       |  |                  |                     |                  |              |
|---|-----------------------|--|------------------|---------------------|------------------|--------------|
|  | <b>Objetivo:</b>      | La adopción del sistema FIFO contribuye a optimizar el uso del inventario, reducir pérdidas por vencimiento, evitar duplicidad de compras y garantizar la disponibilidad de repuestos en condiciones óptimas al momento de su utilización. |                  |                     |                  |              |
|   | Código de Parte       | Descripción  | Fecha de Ingreso | Cantidad Disponible | Ubicación Física | Lote / Serie |
| FILTRO-001  | Filtro de aire        | 2024-02-05   | 10               | Estante A1          | L001             | 1°           |
| ENGR-012  | Engranaje transmisión | 2024-03-01   | 5                | Estante B2          | L012             | 2°           |
| ACEITE-05   | Aceite lubricante 1L  | 2024-01-20   | 12               | Estante D4          | A05-01           | 1°           |

Nota: Elaboración propia, 2025

Los requisitos principales para su implementación son:

- Etiquetado con fecha de ingreso y lote.
- Organización física del almacén para rotación natural del stock.
- Registros manuales o digitales con trazabilidad de movimientos.
- Capacitación del personal en el cumplimiento del sistema FIFO.
- Auditorías internas periódicas del cumplimiento del flujo de rotación.

### 5.4.2.3 Registro de stock

El registro de stocks desempeña un papel esencial en la ejecución efectiva del mantenimiento preventivo, ya que asegura la disponibilidad anticipada de los repuestos, materiales y consumibles requeridos para las tareas programadas. Un sistema de control bien estructurado permite prever con exactitud qué componentes se necesitarán en cada intervención, evitando demoras por falta de insumos y reduciendo el riesgo de interrupciones en la planificación.

Se ha llevado a cabo un sistema de inventario de los materiales encontrados en almacén, la lavandería no contaba con un sistema de almacenaje ni control del stock de materiales que se tenían, lo cual conllevaba a retrasos en reparaciones o compras a último momento que implicaban sobre costos.

Para esto se elaboró un documento Excel donde se ingresan los datos en la pestaña Stock, distribuida de la siguiente manera:

Columna 1: Código del producto

Columna 2: Descripción

Columna 3: Marca

Columna 4: Unidad de medida

Columna 5: Categoría

Columna 6: Número de Almacén

Columna 7: Stock mínimo que debería haber en almacén

Columna 8: Inventario real

Columna 9: Solicitar o no material

En el caso de la última columna, en caso de que la cantidad de inventario real sea menor o igual a la del stock mínimo, nos dará un mensaje de Solicitar material.

**Tabla 28**  
Lista de materiales en stock

| Control de inventarios |  |                                 |      |           |            |              |            |                    |  |
|------------------------|--|---------------------------------|------|-----------|------------|--------------|------------|--------------------|--|
| ARTESA                 |  |                                 |      |           |            |              |            |                    |  |
| Lista de Materiales    |  |                                 |      |           |            |              |            |                    |  |
| CÓDIGO                 | DESCRIPCIÓN                                      | MARCA                           | UdM  | CATEGORÍA | ALMACÉN    | STOCK MÍNIMO | INVENTARIO | SOLICITAR          |  |
| 100                    | Rodamiento 61904-2RSR-HLC                        | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 5            | 6          | hay suficiente     |  |
| 101                    | Rodamiento 6203-C-2Z                             | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 9            | 10         | hay suficiente     |  |
| 102                    | Rodamiento 1204-TVH                              | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 3            | 4          | hay suficiente     |  |
| 103                    | Rodamiento 2201-2RS-TVH#3                        | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 1            | 3          | hay suficiente     |  |
| 104                    | Rodamiento 6201_2ZR                              | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 105                    | Rodamiento 6203_2ZR                              | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 5            | 1          | solicitar material |  |
| 106                    | Rodamiento 6003_2ZR_C3                           | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 5            | 1          | solicitar material |  |
| 107                    | Rodamiento 6002_2ZR_C3                           | FAG                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 10           | 1          | solicitar material |  |
| 108                    | Rodamiento 63-2ZC3                               | SFK                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 1  | 5            | 1          | solicitar material |  |
| 109                    | Rodamiento 3200 A-2RS1TN9/MT33                   | SFK                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 2  | 2            | 3          | hay suficiente     |  |
| 110                    | Rodamiento 6206-2RS1/C3                          | SFK                             | Ud   | Máquinas  | Almacén 3  | 10           | 2          | solicitar material |  |
| 111                    | Relé P101230 44k                                 | Girbau - Disbeint               | Ud   | Túnel     | Almacén 4  | 1            | 2          | hay suficiente     |  |
| 112                    | Filtro regulador FR ND 3/8 20 012                | Metalwork                       | Ud   | Túnel     | Almacén 5  | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 113                    | Presostato diferencial de aire 10M BAR           | Dungs                           | Ud   | Túnel     | Almacén 6  | 1            | 2          | hay suficiente     |  |
| 114                    | Cuerpo válvula EVSI EV220B 25 032U7125           | Danfoss                         | Ud   | Túnel     | Almacén 7  | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 115                    | Válvula selenoide 50 032U7125                    | Danfoss                         | Ud   | Túnel     | Almacén 8  | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 116                    | Ventilador Mod. D08A 24TS2 05                    | NIDEC BETA SL                   | Ud   | Túnel     | Almacén 9  | 1            | 2          | hay suficiente     |  |
| 117                    | Electroválvula vapor inoxidable 3/4 GR 2000 F805 | Girbau                          | Caja | Túnel     | Almacén 10 | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 118                    | PG interface card "OPC-G1-PG/OPC-G1-PG22"        | Fuji electric systems Co., Ltd. | Caja | Túnel     | Almacén 1  | 1            | 1          | solicitar material |  |
| 119                    | Sonda de Temperatura 440172                      | Girbau                          | Caja | Túnel     | Almacén 1  | 1            | 1          | solicitar material |  |

Nota: Elaboración propia, 2025

En la pestaña Registro de entradas y salidas, podemos colocar la cantidad que se tienen de los materiales (como ingreso) y en caso hayan salido de almacén se registra como salida. Encontramos las columnas:

Columna 1: Hoja de registro

Columna 2: Fecha

Columna 3: Código

Columna 4: Descripción

Columna 5: Marca/fabricante

Columna 6: Unidad de medida

Columna 7: Entrada

Columna 8: Salida

Columna 9: Responsable de entrada o salida

Columna 10: Observaciones

**Tabla 29**

*Registro de entradas y salidas*



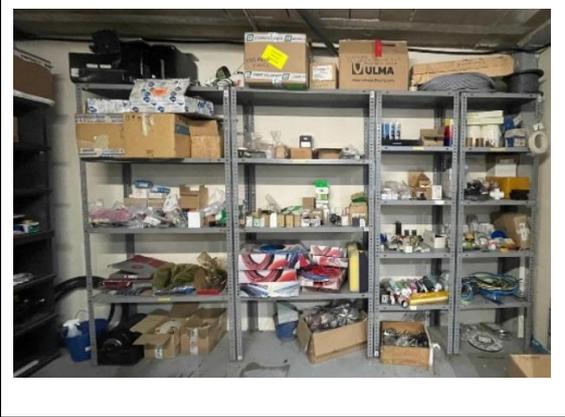
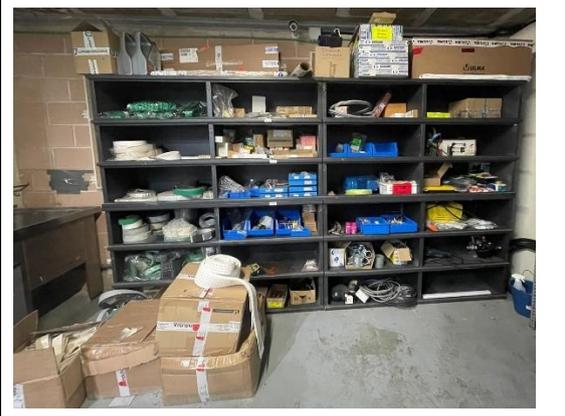
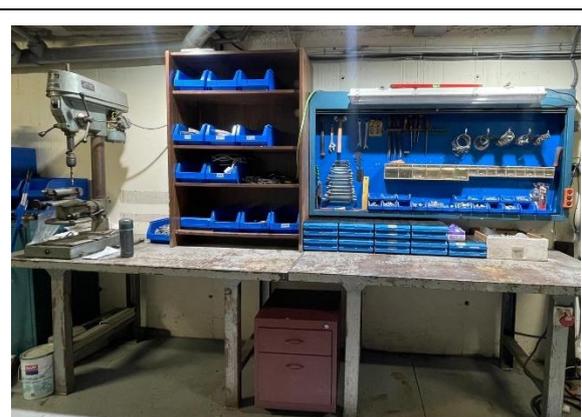
| HOJA DE REGISTRO | FECHA     | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN                                      | FABRICANTE         | UNIDAD DE MEDIDA | ENTRADA | SALIDA | ENTREGADO A | OBSERVACIONES |
|------------------|-----------|--------|--|--------------------|------------------|---------|--------|-------------|---------------|
| 1                | 03-abr-25 | 100    | Rodamiento 61904-2RSR-HLC                        | FAG                | Ud               | ▲       | 6      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 101    | Rodamiento 6203-C-2Z                             | FAG                | Ud               | ▲       | 10     | JASSER      |               |
| 1                | 03-abr-25 | 102    | Rodamiento 1204-TVH                              | FAG                | Ud               | ▲       | 4      | JASSER      |               |
| 1                | 03-abr-25 | 103    | Rodamiento 2201-2RS-TVH#3                        | FAG                | Ud               | ▲       | 3      | JASSER      |               |
| 1                | 03-abr-25 | 104    | Rodamiento 6201.2ZR                              | FAG                | Ud               | ▲       | 1      | JASSER      |               |
| 1                | 03-abr-25 | 105    | Rodamiento 6203.2ZR                              | FAG                | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 106    | Rodamiento 6003.2ZR.C3                           | FAG                | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 107    | Rodamiento 6002.2ZR.C3                           | FAG                | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 108    | Rodamiento 63-2ZC3                               | SFK                | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 109    | Rodamiento 3200 A-2RS1TN9/MT33                   | SFK                | Ud               | ▲       | 3      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 110    | Rodamiento 6206-2RS1/C3                          | SFK                | Ud               | ▲       | 2      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 111    | Relé P101230 44k                                 | Girbau - Disibeint | Ud               | ▲       | 2      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 112    | Filtro regulador FR ND 3/8 20 012                | Metalwork          | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 113    | Prestato diferencial de aire 10M BAR             | Dungs              | Ud               | ▲       | 2      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 114    | Cuerpo válvula EVSI EV220B 25 032U7125           | Danfoss            | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 115    | Válvula selenoide 50 032U7125                    | Danfoss            | Ud               | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 116    | Ventilador Mod. D08A 24TS2 05                    | NIDEC BETA SL      | Ud               | ▲       | 2      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 117    | Electroválvula vapor inoxidable 3/4 GR 2000 F80f | Girbau             | Caja             | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 118    | PG interface card "OPC-G1-PG/OPC-G1-PG22"        | lectric systems Cc | Caja             | ▲       | 1      | JUAN        |               |
| 1                | 03-abr-25 | 119    | Sonda de Temperatura 440172                      | Girbau             | Caja             | ▲       | 1      | JUAN        |               |

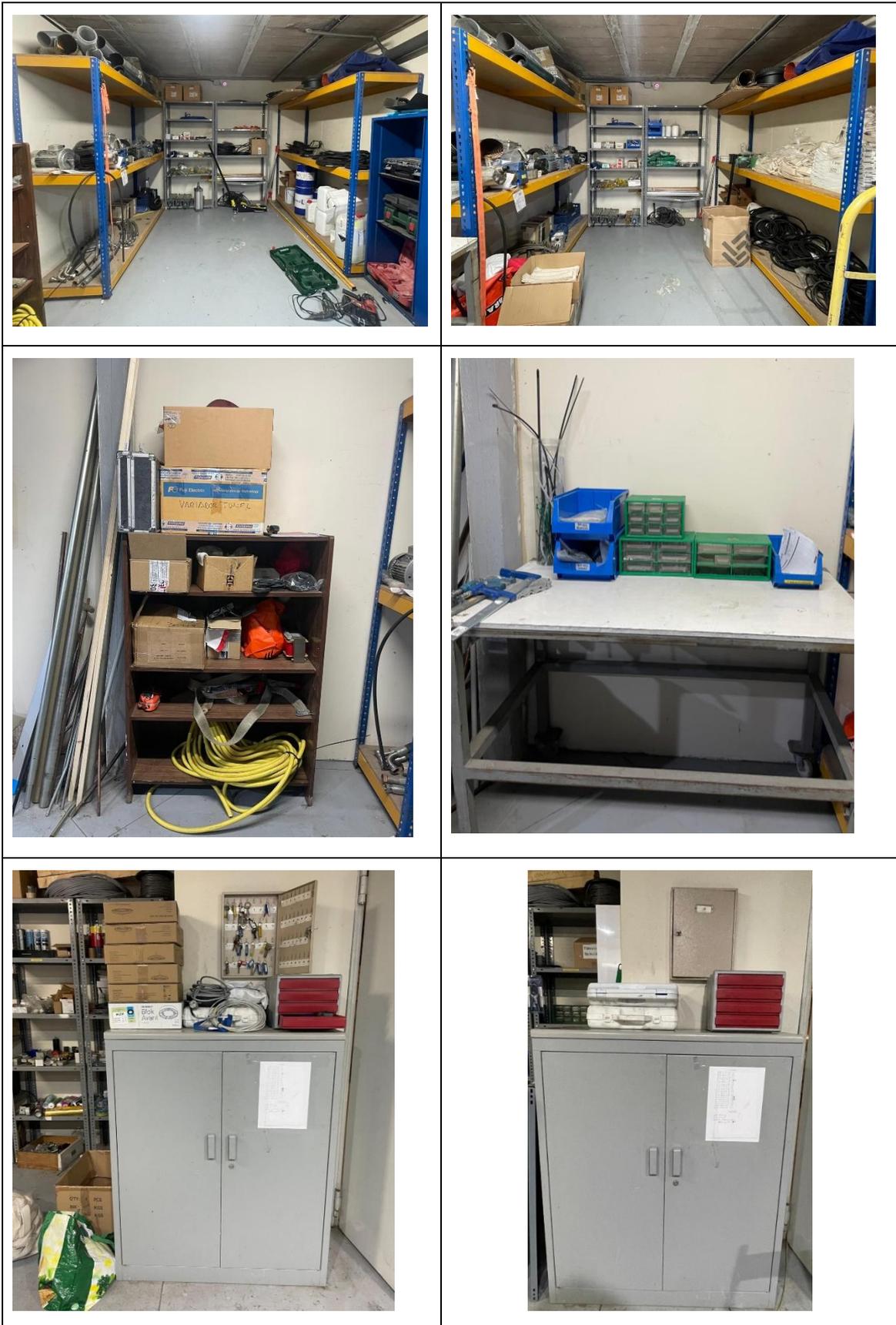
Nota: Elaboración propia, 2025

Como parte del proceso de mejora en la gestión del mantenimiento preventivo, se llevó a cabo un inventario exhaustivo de materiales y repuestos disponibles en el almacén de la planta. En total, se identificaron y registraron más de 250 tipos de partes, correspondientes a distintos equipos. Sin embargo, durante el levantamiento de información se detectó la ausencia de un sistema formal de control, ya que no se contaban con registros de fecha de ingreso, lo cual dificultaba la aplicación de metodologías de rotación como FIFO y el seguimiento adecuado de la trazabilidad de los insumos. Esta situación representaba un riesgo para la eficiencia del mantenimiento programado, al no poder garantizar la vigencia o funcionalidad de ciertos materiales almacenados.

Ante esta problemática, se procedió a una reorganización integral del almacén, iniciando con la limpieza del espacio y la clasificación física de los repuestos según criterios de utilidad, tipo de componente, compatibilidad con equipos específicos y grado de rotación esperada. Asimismo, se realizó un proceso de depuración, mediante el cual se identificaron y descartaron partes dañadas, incompletas o correspondientes a maquinaria obsoleta fuera de operación. Esta intervención permitió no solo optimizar el espacio y mejorar la accesibilidad a los repuestos, sino también establecer las bases para un control más riguroso del stock e implementar a futuro un sistema de inventario digital vinculado a la planificación del mantenimiento preventivo.

**Tabla 30**  
*Gestión inicial de inventario*

| <b>Antes</b>  | <b>Después</b>   |
|---|--|
|    |    |
|   |   |
|  |  |



Nota: Elaboración propia, 2025

### 5.4.3 Sistema de gestión estratégica

Dentro del análisis de los 5 por qué, se pudo detectar que el sistema de gestión estratégica debe fortalecerse y enfocarse en la implementación de indicadores en todos los niveles operativos, con especial atención en producción y mantenimiento. La integración de métricas clave permitirá un seguimiento preciso del desempeño, facilitando la toma de decisiones basada en datos y promoviendo una mejora continua en la eficiencia y calidad de los procesos. Este enfoque garantizará una gestión más efectiva, impulsando la optimización de recursos y la sostenibilidad operativa.

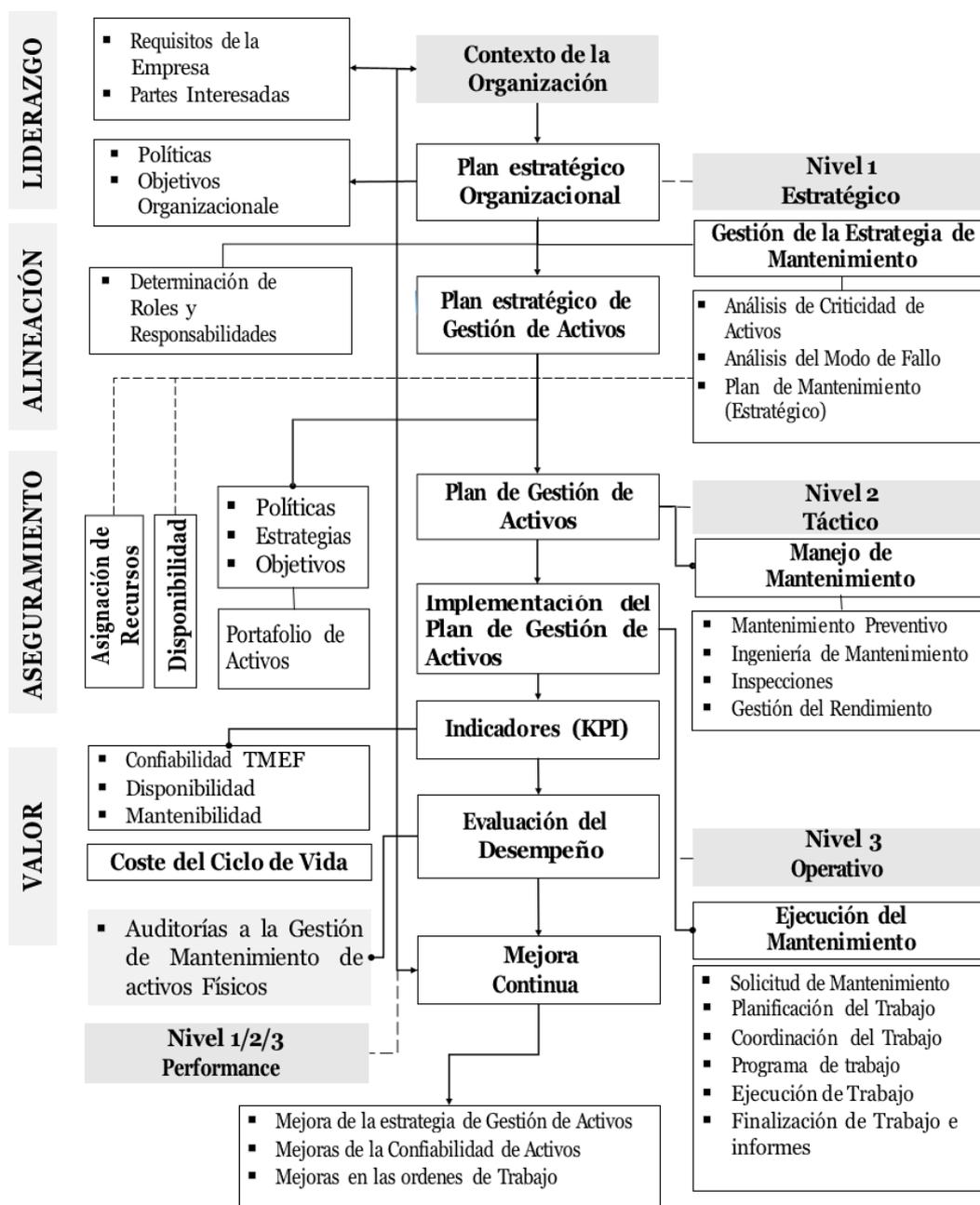
El proceso de toma de decisiones orientado al cumplimiento de metas y objetivos estratégicos comienza en el nivel de estrategia gerencial, donde se definen directrices que convierten las prioridades del negocio en prioridades de mantenimiento. A partir de este punto, se identifican las necesidades para gestionar estratégicamente el mantenimiento. Luego, en el nivel táctico, se determinan el sistema y los recursos necesarios para implementarlas, esta fase abarca todo el conjunto de elementos que hacen posible ejecutar las actividades de mantenimiento derivadas de las decisiones estratégicas.

Posteriormente, en el nivel operativo, se lleva a cabo la ejecución de los trabajos de mantenimiento, englobados en lo que se conoce como el “Ciclo de Mantenimiento”, que incluye la solicitud del trabajo, su planificación, coordinación, programación, ejecución y elaboración de informes.

El modelo concluye con la generación de valor agregado, donde, a través de los entregables documentales, se consolidan los indicadores técnicos de mantenimiento. Este conjunto de acciones busca minimizar el costo del ciclo de vida de los activos, y evidencia cómo la gestión del mantenimiento influye directamente en la entrega de valor, expresado en indicadores.

Finalmente, los resultados obtenidos en la fase de evaluación del desempeño proporcionan retroalimentación al nivel estratégico, permitiendo a la alta dirección conocer y evaluar el estado actual de la organización.

**Figura 51**  
Flujograma de plan estratégico enfocado en mantenimiento



Nota: Flujograma del entorno organizacional, la gestión de activos físicos y los procesos operativos de mantenimiento. Adaptado de (Mogollón & Piedman, 2021)

Para lograrlo se va a llevar a cabo reuniones semanales por fases, para lograr los objetivos que se plantean. Algunas generalidades para las reuniones:

- ✓ **Participantes:** Director de planta, Directora de RRHH, encargada general de producción y encargados de mantenimiento.
- ✓ **Frecuencia:** 1 vez por semana (se sugiere los lunes)
- ✓ **Horario:** 9:00 a 10:30.

### **Semana 1: Contexto Organizacional y Liderazgo**

- **Objetivo:** Establecer el contexto organizacional y las expectativas de todas las partes interesadas.
- **Inputs:**
  - Requisitos estratégicos de la empresa.
  - Necesidades de partes interesadas.
- **Outputs:**
  - Documento de contexto organizacional.
  - Acta con objetivos iniciales de la gestión de activos.

### **Semana 2: Políticas y Objetivos Organizacionales**

- **Objetivo:** Definir la política de gestión de activos alineada con los objetivos estratégicos.
- **Inputs:**
  - Contexto organizacional definido.
  - Política organizacional vigente.
- **Outputs:**
  - Política de gestión de activos aprobada.
  - Objetivos generales de gestión de activos.

### **Semana 3: Roles, Responsabilidades y Plan Estratégico de Gestión de Activos**

- **Objetivo:** Asignar responsabilidades y construir el plan estratégico de gestión de activos.
- **Inputs:**
  - Organigrama actual.
  - Políticas y objetivos definidos.
- **Outputs:**
  - Matriz RACI (responsabilidades).
  - Borrador del plan estratégico de gestión de activos.

### **Semana 4: Portafolio de Activos y Estrategia de Mantenimiento (Nivel 1 Estratégico)**

- **Objetivo:** Identificar activos críticos y definir estrategia de mantenimiento.
- **Inputs:**
  - Lista de activos físicos.
  - Historial de fallos y mantenimientos.
- **Outputs:**
  - Análisis de criticidad y modos de fallo.
  - Plan estratégico de mantenimiento.

---

### **Semana 5: Plan de Gestión de Activos y Plan Táctico de Mantenimiento (Nivel 2)**

- Objetivo: Establecer el plan de gestión de activos y tácticas de mantenimiento.
- Inputs:
  - Estrategia definida en semana 4.
- Outputs:
  - Plan táctico de mantenimiento.
  - Procedimientos de inspección, ingeniería y gestión de rendimiento.

### **Semana 6: Plan Operativo y Ejecución del Mantenimiento (Nivel 3)**

- Objetivo: Diseñar el flujo operativo de ejecución del mantenimiento.
- Inputs:
  - Plan táctico de mantenimiento.
- Outputs:
  - Procedimiento de solicitud, planificación y cierre de mantenimiento.
  - Cronograma de tareas y asignaciones.

### **Semana 7: Indicadores KPI y Evaluación del Desempeño**

- Objetivo: Establecer indicadores clave para monitorear la gestión de activos.
- Inputs:
  - Plan operativo.
  - Objetivos estratégicos.
- Outputs:
  - Cuadro de KPIs (TMEF, disponibilidad, mantenibilidad, OEE).
  - Procedimiento de evaluación.

### **Semana 8: Mejora Continua y Auditoría**

- Objetivo: Definir ciclo de mejora continua y metodología de auditoría.
- Inputs:
  - Resultados KPI.
  - Retroalimentación del equipo.
- Outputs:
  - Plan de mejora continua.
  - Cronograma de auditorías y revisión de trabajos realizados.

### 5.4.3.1 Formato de acta de reunión



|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| <b>FECHA:</b> | Lunes, 06 de Julio de 2025 |
| <b>HORA:</b>  | 9:00 AM                    |
| <b>LUGAR:</b> | ARTESA                     |

## ACTA DE LA REUNIÓN

- **Reunión a discutir:** Contexto Organizacional y Liderazgo
- **Nombres de los asistentes**
  -
- **Invitados ausentes**
  -

### Aprobación del acta anterior

Observaciones

### Informes

Observaciones

### Asuntos sin terminar

Observaciones

### Mociones

Observaciones

### Asuntos nuevos

Observaciones

### Anuncios

Observaciones

### Otros asuntos

Observaciones

### Levantamiento de la sesión

Observaciones

|  |  |
|--|--|
| <b>APROBACIÓN:</b><br><i>(Firma y fecha)</i> |  |
|--|--|

Nota: Elaboración propia, 2025

## 5.5 Controlar

Para que las mejoras sean sostenibles en el tiempo, se sugieren los siguientes planes de control para mantener los resultados:

### 5.5.1 Auditorías internas semestrales y anuales

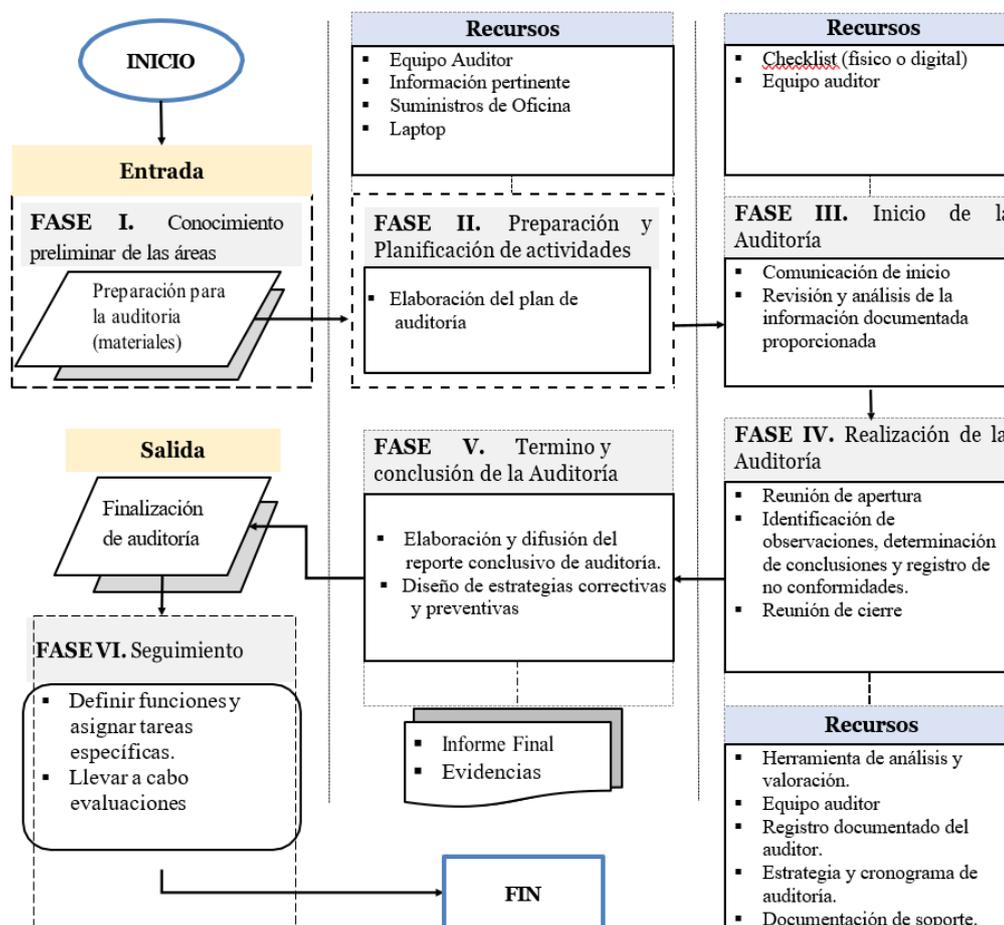
Para realizar la evaluación del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo y revisión real de los equipos, se propone auditorías internas semestrales y anuales, de modo que se asegure que se efectúen correctamente y sacar métricas de medición. (Mogollón & Piedman, 2021)

La programación de trabajo de auditoría presentada sigue un enfoque estructurado y progresivo, asegurando una adecuada planificación y ejecución del proceso.

Cada fase está claramente definida: desde el conocimiento preliminar hasta el seguimiento de las acciones correctivas y preventivas. Se destacan elementos clave como la preparación y planificación, la ejecución de la auditoría y la elaboración del informe final. Además, el diagrama resalta los recursos necesarios en cada etapa, facilitando una gestión eficiente.

La inclusión de reuniones estratégicas y la documentación de hallazgos permite un análisis integral, asegurando que la auditoría cumpla con su objetivo de mejorar procesos, identificar oportunidades de optimización y reforzar la confiabilidad operativa. En general, la metodología es sólida y bien estructurada para garantizar una auditoría efectiva.

**Figura 52**  
Diagrama de flujo del sistema de auditoría



Nota: El plan de auditoría se divide en fases para que su implementación pueda darse paulatinamente pero de manera eficiente. Adaptación de (Mogollón & Piedadman, 2021)

Para evaluar los KPI que se desarrollarán en el punto siguiente, se propone un cuadro sencillo pero que puede ser muy efectivo al momento de visualizar el cumplimiento de los indicadores de gestión de mantenimiento.

**Tabla 31**  
KPI de seguimiento de auditoría

| Indicador                         | Resultado Esperado | Resultado Real | Cumple | Observaciones |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|--------|---------------|
| % de cumplimiento del plan MP     | ≥ 80%              |                |        |               |
| MTBF (Tiempo medio entre fallas)  | ≥ 10% horas total  |                |        |               |
| MTTR (Tiempo medio de reparación) | ≤ 5% horas total   |                |        |               |
| Disponibilidad operativa          | ≥ 90%              |                |        |               |

Nota: Elaboración propia, 2025

### 5.5.1.1 Indicadores de medición del mantenimiento preventivo a tomarse en cuenta.

Según (Pérez Rondón, 2021), medir los KPI es importante para poder analizar la data que se obtenga, se tomaron y adaptaron algunas métricas propuestas. Para esto se propone analizar indicadores clave:

- MTBF (Mean Time Between Failures).
- MTTR (Mean Time To Repair).
- Índice de cumplimiento del plan.
- Disponibilidad operativa.

#### KPI: Disponibilidad operativa

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{T_{to} - T_{tm}}{T_{to}} \times 100\%$$

Donde:

$T_{to}$  = Tiempo total para operar (medido en horas).

$T_{tm}$  = Tiempo total de paradas por mantenimiento (medido en horas).

Meta: Analizar la proporción entre el tiempo total previsto de funcionamiento y el período en que los equipos estuvieron inactivos debido a tareas de mantenimiento.

- Objetivo:  $\geq 90\%$ .
- Desviación: 10%.

#### KPI: Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo de operación total}}{\text{Número de fallas}} \times 100\%$$

Meta: No superar el 10% del tiempo medio entre fallo con respecto al tiempo total de operación por averías o emergencias.

- Objetivo:  $< 10\%$ .
- Desviación: 10%.

#### KPI: Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

$$\text{Cumplim Prog. Monitoreo} = \frac{M_{realizados}}{M_{programados}} \times 100$$

Donde:

$M_{realizados}$  = Mantenimientos realizados

$M_{programados}$  = Mantenimientos programados

Meta: Analizar la ejecución de las rutas de supervisión del mantenimiento preventivo o predictivo dentro de un ciclo específico (semanal, quincenal, mensual, etc.), permitiendo su evaluación tanto por técnica individual como de manera integral en todo el programa.

- Objetivo:  $\geq 80\%$ .
- Desviación: 20%.

### KPI: Tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallos}} \times 100\%$$

Meta: Analizar la proporción entre las horas de reparación de un equipo dentro de un periodo determinado y la cantidad de fallos.

- Objetivo:  $\geq 95\%$ .
- Desviación: 5%.

## Capítulo 6. Presupuesto

### 6.1 Ahorro con implementación de mejora

Antes de implementar las mejoras, esta ineficiencia generaba 17 horas de parada, con un impacto económico estimado en 1,428.60 €. Tras la optimización, el tiempo de parada se redujo drásticamente a solo 2 horas, disminuyendo el impacto económico a 164.40 €. Esto representa un ahorro directo de 1,264.20 €, lo que refleja una mejora del 88.5% en términos de pérdidas evitadas.

**Tabla 32**  
*Impacto económico de la causa raíz vs mejora*

| Exceso tiempo abrir/cerrar puerta de carga | TPM Preventivo   |                            |                |        |                   |
|--|------------------|----------------------------|----------------|--------|-------------------|
|  | Nº Horas paradas | Producción 1 hora de kilos | Costo por kilo | Margen | Impacto económico |
| Antes de las mejoras                       | 17               | 750                        | 1.37           | 8%     | 1428.595 €        |
| Luego de las mejoras                       | 2                | 750                        | 1.37           | 8%     | 164.40 €          |
| Impacto económico total                    |                  |                            |                |        | 1264.195 €        |
| Facturación de la empresa 7 meses          |                  |                            |                |        | 1312671.436 €     |
| % Impacto / Facturación de la empresa      |                  |                            |                |        | 0.11%             |

Nota: Elaboración propia, 2025

Aunque el impacto representa un 0.11% de la facturación acumulada en siete meses, es importante destacar que se trata de una única mejora localizada. Este tipo de intervención es completamente replicable en otros puntos del proceso productivo, lo que sugiere un enorme potencial de escalabilidad. Al aplicar este enfoque metodológico de análisis y mejora

continua en otros equipos, es factible alcanzar un mayor porcentaje de ahorro tanto en tiempo como en costes operativos, reduciendo significativamente las horas de parada no planificada.

## 6.2 Presupuesto de implementación

Este presupuesto contempla los costos estimados para la implementación de un sistema integral de mantenimiento, incluyendo auditoría, gestión de inventario, capacitación a dos personas del personal técnico, y el desarrollo personalizado del plan de mantenimiento preventivo con herramientas de control.

**Tabla 33**  
*Presupuesto de la implementación*

| Concepto  | Detalle  | Unidad      | Cantidad | Costo Unitario    | Subtotal           |
|---|--|-------------|----------|-------------------|--------------------|
| <b>Sistema de Auditoría inicial</b>                     | Desarrollo de plantillas, criterios, KPIs personalizados | Proyecto    | 1        | 400.00 €          | 400.00 €           |
|   | Software básico para auditorías (Excel/CMMS ligero)      | Licencia    | 1        | 100.00 €          | 100.00 €           |
|   | Tiempo técnico de implementación                         | Hora-hombre | 20       | 25.00 €           | 500.00 €           |
| <b>Gestión de Inventario</b>                            | Levantamiento físico (250 ítems)                         | Hora-hombre | 20       | 20.00 €           | 400.00 €           |
|   | Etiquetas, fichas y materiales organizativos             | Material    | 1        | 100.00 €          | 100.00 €           |
|   | Digitalización e inventario maestro                      | Hora-hombre | 10       | 20.00 €           | 200.00 €           |
| <b>Capacitación mantenimiento secadora (2 personas)</b> | Honorarios de instructor externo (17 h)                  | Jornada     | 2        | 180.00 €          | 360.00 €           |
|   | Material técnico y certificados                          | Material    | 1        | 80.00 €           | 80.00 €            |
|   | Tiempo de personal (2 personas x 17 h)                   | Hora-hombre | 34       | 9.00 €            | 306.00 €           |
| <b>Plan de Mantenimiento</b>                            | Diseño de checklist por equipo y frecuencia              | Proyecto    | 1        | 400.00 €          | 400.00 €           |
|   | Implementación de registros y control (manual/digital)   | Material    | 1        | 250.00 €          | 250.00 €           |
|   | Repuestos, lubricantes y otros                           | Material    | 1        | 5.500.00 €        | 5.500.00 €         |
| <b>Plan de gestión estratégica</b>                      | Etiquetas, fichas y materiales organizativos             | Material    | 1        | 300.00 €          | 300.00 €           |
|   | Personal presente reunión (5 personas x 12 h)            | Hora-hombre | 60       | 20.00 €           | 1.200.00 €         |
| <b>Total estimado</b>                                   |  |             |          | <b>7.404.00 €</b> | <b>10.096.00 €</b> |

Nota: Elaboración propia, 2025

El presupuesto propuesto para la implementación del sistema integral de mantenimiento representa una inversión estratégica orientada a fortalecer la confiabilidad operativa, la trazabilidad técnica y la eficiencia de los recursos en planta. Con un costo total estimado de

€10,096.00, el plan contempla el desarrollo especializado de herramientas de auditoría y checklist de mantenimiento, la organización del inventario de repuestos, y la capacitación técnica del personal involucrado. La asignación de recursos refleja una adecuada proporción entre costos de desarrollo (como plantillas, digitalización y registros), costos operativos (hora-hombre y materiales) y fortalecimiento del talento humano, destacando la personalización del sistema de control como un diferencial clave. Esta inversión, si bien moderada, habilita la estandarización de procesos, mejora la toma de decisiones basadas en datos y permite cumplir con los estándares técnicos y de seguridad exigidos en industrias competitivas. Desde la perspectiva de gestión de proyectos, se considera un presupuesto técnicamente viable, financieramente sostenible y con alto retorno en disponibilidad operativa y reducción de fallas no planificadas.

**Tabla 34***Flujo de cajas de la implementación sugerida*

| <b>Concepto</b>                  | <b>Año 1</b> |
|----------------------------------|--------------|
| Ingresos totales                 | 1.312.671,44 |
| (-) Gastos totales               | 1.428,59     |
| Utilidad neta antes de impuestos | 1.311.242,85 |
| (-) Impuestos (25%)              | 327.810,71   |
| Flujo de caja operativo          | 983432.1338  |
| (-) Inversión                    | 10.096       |
| Flujo de caja neto               | 973.336,13   |

Nota: Elaboración propia, 2025

La rápida recuperación de la inversión inicial, lograda durante el primer año de operación, representa un claro indicador de la sólida viabilidad financiera del proyecto y un elemento clave para su exitosa ejecución. Este breve periodo de recuperación no solo reduce considerablemente el riesgo asociado al capital y la exposición a las variaciones del mercado, sino que también permite disponer de liquidez para futuras reinversiones o la expansión del propio proyecto. Todo ello refleja una operación eficiente y aumenta notablemente su atractivo ante potenciales inversores y fuentes de financiamiento.

## Capítulo 7. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

### 7.1 Calendario de implementación

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt que organiza de forma secuencial y temporal las fases del proyecto. Este cronograma permite visualizar claramente la duración estimada de cada etapa y su relación con el desarrollo general del proceso.

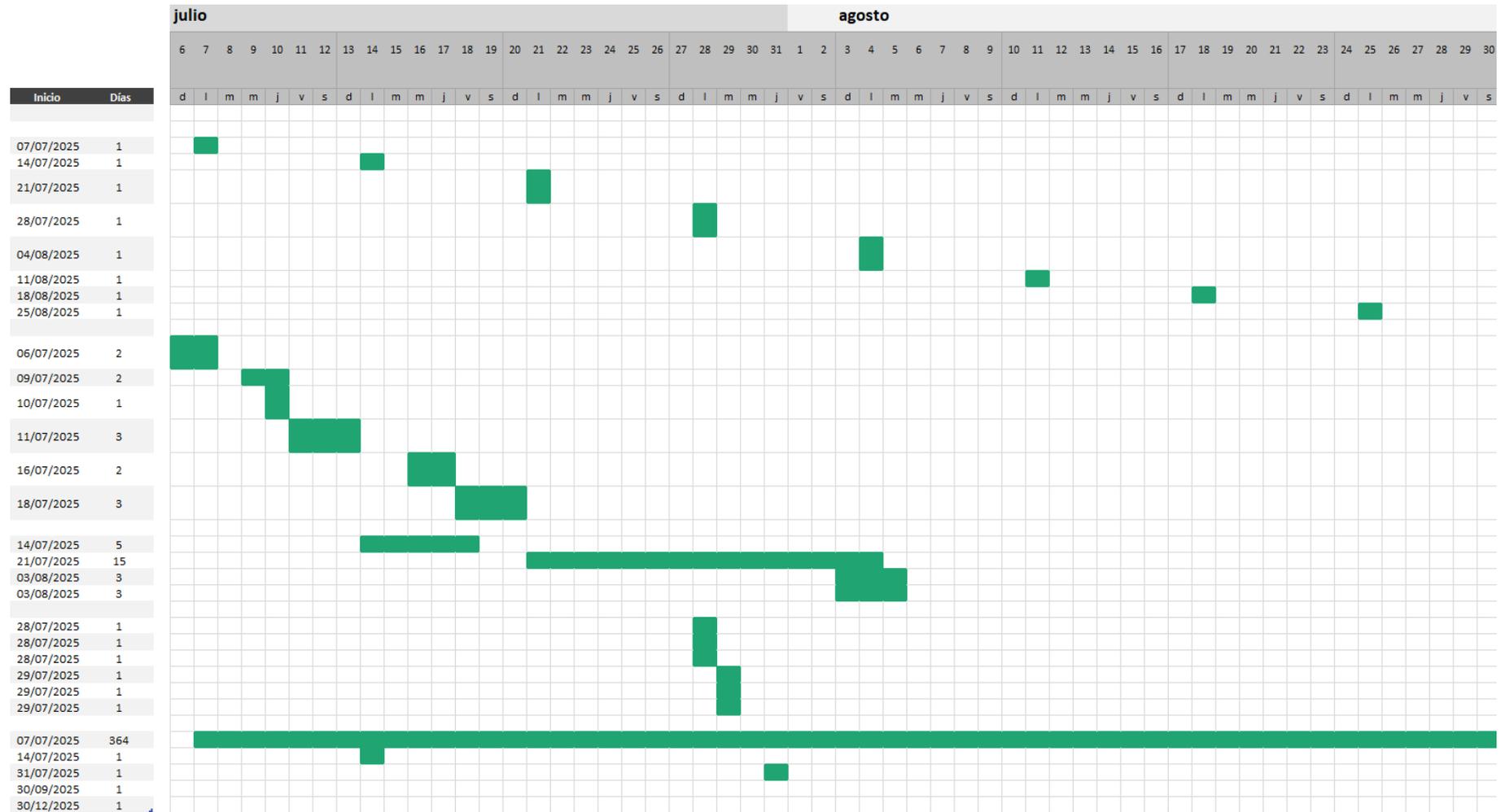
**Tabla 35**

*Descripción por actividades del calendario de implementación*

| Descripción del hito  | Categoría         | Asignado a       | Progreso | Inicio     | Días |
|---|-------------------|------------------|----------|------------|------|
| <b>Plan de gestión estratégica</b>  |                   |                  |          |            |      |
| Contexto Organizacional y Liderazgo   | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 07/07/2025 | 1    |
| Políticas y Objetivos Organizacionales  | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 14/07/2025 | 1    |
| Roles, Responsabilidades y Plan Estratégico de Gestión de Activos                   | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 21/07/2025 | 1    |
| Portafolio de Activos y Estrategia de Mantenimiento (Nivel 1 Estratégico)           | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 28/07/2025 | 1    |
| Plan de Gestión de Activos y Plan Táctico de Mantenimiento (Nivel 2)                | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 04/08/2025 | 1    |
| Plan Operativo y Ejecución del Mantenimiento (Nivel 3)                              | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 11/08/2025 | 1    |
| Indicadores KPI y Evaluación del Desempeño  | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 18/08/2025 | 1    |
| Mejora Continua y Auditoría   | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 25/08/2025 | 1    |
| <b>Sistema de auditoría inicial</b>   |                   |                  |          |            |      |
| Revisión inicial de las áreas, recolección de información y materiales              | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 06/07/2025 | 2    |
| Elaboración del plan de auditoría   | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 09/07/2025 | 2    |
| Comunicación formal, revisión de documentación proporcionada                        | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 10/07/2025 | 1    |
| Reuniones, observaciones, conclusiones, registro de no conformidades                | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 11/07/2025 | 3    |
| Elaboración y difusión del informe, diseño de estrategias correctivas y preventivas | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 16/07/2025 | 2    |
| Asignación de tareas, ejecución de mejoras, evaluaciones periódicas                 | Según lo previsto | Director empresa | 0%       | 18/07/2025 | 3    |
| <b>Gestión de Inventario</b>  |                   |                  |          |            |      |
| Levantamiento de información  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 14/07/2025 | 5    |
| Limpieza, orden y clasificación   | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 21/07/2025 | 15   |
| Etiquetado y fichas   | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 03/08/2025 | 3    |
| Digitalización  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 03/08/2025 | 3    |
| <b>Capacitación mantenimiento secadora (2 personas)</b>                             |                   |                  |          |            |      |
| Seguridad operativa y bloqueos de energía (LOTO)                                    | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 28/07/2025 | 1    |
| Mantenimiento diario y semanal (limpieza y verificación)                            | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 28/07/2025 | 1    |
| Inspección de sensores, correas, motor y transmisión                                | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 28/07/2025 | 1    |
| Lubricación y revisión de reductores y rodamientos                                  | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 29/07/2025 | 1    |
| Gestión documental y trazabilidad del mantenimiento                                 | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 29/07/2025 | 1    |
| Planificación anual y mejora continua del mantenimiento                             | Según lo previsto | Directora RRHH   | 0%       | 29/07/2025 | 1    |
| <b>Plan de Mantenimiento</b>  |                   |                  |          |            |      |
| Inspecciones diarias  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 07/07/2025 | 364  |
| Inspecciones semanales  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 14/07/2025 | 1    |
| Inspecciones mensuales  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 31/07/2025 | 1    |
| Inspecciones trimestrales   | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 30/09/2025 | 1    |
| Inspecciones anuales  | Según lo previsto | Encargado mant   | 0%       | 30/12/2025 | 1    |

Nota: Elaboración propia, 2025

**Figura 53**  
Diagrama Gantt



Nota: Elaboración propia, 2025

## 7.2 Conclusiones

- El análisis económico realizado demuestra que el proyecto es financieramente viable, ya que requiere una inversión inicial baja y permite la recuperación de dicha inversión en un plazo inferior a un año. Esta característica minimiza el riesgo financiero y hace que el proyecto sea altamente atractivo desde una perspectiva de rentabilidad.
- La evaluación técnica detallada de la secadora industrial ha permitido identificar con mayor precisión los puntos críticos del proceso, facilitando la detección y resolución de fallas de manera más rápida y eficaz. Esto representa una mejora significativa frente al enfoque empírico previo, que se basaba en métodos de prueba y error.
- La metodología implementada y las mejoras propuestas en este proyecto pueden ser replicadas en otros equipos dentro de la lavandería, lo que abre la posibilidad de estandarizar procesos, optimizar el mantenimiento y maximizar la eficiencia operativa en toda la planta.

## 7.3 Futuras líneas de trabajo

Como parte de las líneas de trabajo a futuro en la gestión de activos físicos, se propone llevar a cabo un análisis a profundidad de las máquinas que actualmente no cuentan con un sistema de monitoreo ni han sido incorporadas al plan estratégico de mantenimiento. Esta iniciativa permitirá detectar fallos de manera temprana, mejorar la confiabilidad operativa y optimizar la disponibilidad de los equipos. El primer paso será realizar un levantamiento técnico y documental de estas máquinas, seguido por una clasificación según su criticidad operativa y su historial de fallas, con el fin de priorizar intervenciones.

Posteriormente, se plantea implementar rondas sistemáticas de inspección, aplicar metodologías como FMEA para identificar modos de fallo y, en una segunda etapa, evaluar la factibilidad de introducir tecnologías de monitoreo basadas en condición (CBM). Todo esto culminará en la integración de estas máquinas al plan maestro de mantenimiento, con indicadores de desempeño específicos y tareas preventivas estructuradas. Este enfoque no solo fortalecerá la capacidad de reacción ante fallos, sino que también promoverá una cultura de mantenimiento proactivo y mejora continua.

Se recomienda la realización de auditorías enfocadas en las distintas áreas y equipos de la lavandería, lo que facilitará la identificación de brechas, oportunidades de mejora y el fortalecimiento continuo del sistema de gestión de activos.

#### 7.4 Lecciones aprendidas

A lo largo del desarrollo de este proyecto, me quedo con grandes aprendizajes que trascienden lo técnico y fortalecen la visión integral del entorno laboral e industrial:

- ✓ La recopilación y análisis de los datos operativos es fundamental para detectar patrones, priorizar acciones y tomar decisiones. El análisis objetivo reemplaza suposiciones, aumentando la eficacia de cualquier estrategia de mejora.
- ✓ Conocer el inventario real de repuestos y su disponibilidad permite una mejor planificación de intervenciones, evita tiempos de inactividad innecesarios y mejora la administración de los recursos de la organización.
- ✓ Estudiar en detalle el funcionamiento de los equipos instalados en planta permite no solo anticipar fallos antes de que se conviertan en problemas críticos, sino también tomar decisiones basadas en evidencias, optimizando los tiempos de respuesta y el mantenimiento preventivo.
- ✓ El compromiso, la disposición constante y la actitud positiva del equipo humano de ARTESA han sido clave para la ejecución del proyecto. Su apertura al cambio y su espíritu de cooperación demuestran que el factor humano es tan determinante como la tecnología para lograr mejoras sostenibles.

## Capítulo 8. Bibliografía

American Psychological Association. (2020). *Concise guide to APA Style* (7th ed.). <https://doi.org/10.1037/0000173-000>

CEE ARTESA (2024). Centro Especial de Empleo Artesa. <https://www.ceeartesa.org>

DBK Observatorio Sectorial. (2024). La facturación del sector de lavanderías industriales supera los 800 millones de euros por primera vez. <https://www.dbk.es/es/detalle-nota/lavanderias-industriales-2024>

Fundación Gil Gayarre (2024). Fundación Gil Gayarre. <https://www.gilgayarre.org>

Fundación Alex Rivera (2024). Fundación Alex Rivera. <https://fundacionalexrivera.org>

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. In *International Journal of Quality and Reliability Management* (Vol. 25, Issue 7, pp. 709–756). <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>

Antony, Jiju., Gijo, E., & Vinodh, S. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises*. CRC Press.

Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter solutions using statistical methods* (Second). JOHN WILEY & SONS, INC.

Brue, G. (2015). *Six Sigma for Managers*. McGraw-Hill Education. [www.briefcasebooks.com](http://www.briefcasebooks.com)

De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2012.05.035>

Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Grupo Editorial Patria.

Evans, D., & Lindsay, W. (2019). *Managing for Quality and Performance Excellence* (11th ed.). Cengage Learning, Mason.

Fernández Álvarez, E., & González Rodríguez, R. (2018). *Gestión de mantenimiento, Lean Maintenance y TPM*.

George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma quality with Lean speed*. McGraw-Hill.

- Girbau. (2024). *Secadora secuencial ST-100*.  
<https://pdf.archiexpo.es/pdf/girbau/secadora-st-100/49415-201845.html>
- Girbau Laundry Equipment. (2024). *Túnel de lavado: Sistema de Lavado en Continuo*.  
[https://my.girbau.com/admin/plugins/tiny\\_mce/plugins/jfilebrowser/archivos/20121214075212\\_0.pdf](https://my.girbau.com/admin/plugins/tiny_mce/plugins/jfilebrowser/archivos/20121214075212_0.pdf)
- Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? The Japanese way*. Prentice Hall.
- Kotter, J. (1996). Leading Change. In *NHS England* (Issue 2). Harvard Business School Press.
- La Fábrica de Software. (2024). *Lavander 4.0 - Laundry plants management software platform*.
- Mandal, P. (2012a). Improving process improvement: Executing the analyze and improve phases of DMAIC better. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(3), 231–250. <https://doi.org/10.1108/20401461211282727/FULL/XML>
- Mandal, P. (2012b). Improving process improvement: Executing the analyze and improve phases of DMAIC better. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(3), 231–250. <https://doi.org/10.1108/20401461211282727>
- Mogollón, A., & Piedadman, M. (2021). *Modelo de auditoría para la gestión de mantenimiento de activos físicos. Caso de estudio: Laboratorios del área mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control* (8th ed.). JOHN WILEY & SONS, INC.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad* (2da ed.). Industrial Press Inc.
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM. Mantenimiento productivo total*. Seiichi Nakajima.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2007). The Six Sigma Way. *Das Summa Summarum Des Management*, 299–308. [https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_24)
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA.

- Prashar, A. (2014). Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(1), 103–126. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2013-0018>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma handbook*. McGraw-Hill Education.
- Real Decreto 1215. (1997, July 18). *Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824>
- Real Decreto 2273. (1985, December 4). *Por el que se aprueba el Reglamento de los Centros Especiales de Empleo definidos en el artículo 42 de la Ley 13/1982, de 7 de abril, de Integración Social del Minusválido*. Boletín Oficial Del Estado (BOE). <https://www.boe.es/eli/es/rd/1985/12/04/2273>
- Snee, R. D., & Hoerl, R. (2003). Leading Six Sigma – A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies. In *International Journal of Quality & Reliability Management* (Issue 4). Prentice Hall.
- UNE. (2018). *13306: 2018. mantenimiento. terminología del mantenimiento*. 13306: 2018. mantenimiento. terminología del mantenimiento
- Voehl, F., Harrington, • H James, Mignosa, C., & Charron, R. (2014). *Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*. Taylor & Francis Group.
- Wheeler, D. J., & Chambers, D. S. (1992). *Understanding Statistical Process Control* (Issue 1). Spc Pr.
- Zuashkiani, A., Rahmandad, H., & Jardine, A. (2015). *Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices*. IEEE. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/13552511111116268>

## Capítulo 9. Anexos

### 9.1 Formato de capacitación para personal de mantenimiento (Secadora ST-100)

|   |   |          |          |
|---|---|----------|----------|
|  | Formato   | Código:  | AR-CAP-1 |
|   | Plan de capacitación para personal de mantenimiento | Versión: | 1        |
|   |   | Página:  | 1 de 3   |

#### Objetivo General

Capacitar al personal técnico de mantenimiento para operar, inspeccionar, mantener y documentar correctamente las secadoras industriales ST-100, garantizando la seguridad operativa, la fiabilidad del equipo y la mejora continua del proceso de mantenimiento.

#### Contenido del Plan

##### 1. Seguridad Operativa y Bloqueo de Energía

Objetivo: Prevenir accidentes durante la intervención.

Temas:

- Procedimiento de bloqueo y etiquetado (LOTO).
- Verificación de descarga total de energía.
- Identificación de puntos de riesgo: eléctricos, térmicos y mecánicos.
- Uso obligatorio de EPI y señalización de zonas peligrosas.
- Protocolos ante emergencias (incendios, fuga de gas, etc.).

##### 2. Mantenimiento Diario y Semanal

Objetivo: Asegurar condiciones óptimas de operación.

Actividades Diarias:

| Ítem | Actividades del mantenimiento preventivo                 |
|------|--|
| 1    | Limpiar el filtro de pelusas                             |
| 2    | Revisar que no haya obstrucciones en el ducto de escape. |
| 3    | Verificar la operación normal del panel de control       |
| 4    | Inspeccionar estado de la carcasa                        |
| 5    | Revisión de dispositivos de seguridad                    |

Actividades Semanales:

| Ítem | Actividades del mantenimiento preventivo  |
|------|---|
| 1    | Comprobación del filtro y de la rejilla de ventilación de la turbina auxiliar (calefacción gas) |
| 2    | Comprobación de la rejilla de ventilación de la turbina principal                               |
| 3    | Limpieza de las rejillas ventilación del pupitre de control                                     |
| 4    | Limpieza de las rejillas de ventilación del armario eléctrico                                   |
| 5    | Limpieza exterior de la secadora y retirada de la borra de su entorno                           |

|   |   |          |          |
|---|---|----------|----------|
|  | Formato   | Código:  | AR-CAP-1 |
|   | Plan de capacitación para personal de mantenimiento | Versión: | 1        |
|   |   | Página:  | 2 de 3   |

### 3. Inspección de Componentes Críticos

Objetivo: Detectar desgaste prematuro o fallos incipientes.

Componentes:

- Sensores: Verificación funcional de sondas de temperatura, detectores de puerta y proximidad.
- Correas y transmisión: Tensión, alineación y desgaste.
- Motor y variador: Ruido anormal, sobrecalentamiento, señales del convertidor.
- Ruedas de apoyo y tracción: Integridad estructural, rotación libre.

### 4. Lubricación y Revisión de Rodamientos y Reductores

Objetivo: Reducir fricción y prolongar la vida útil.

Temas:

- Identificación de puntos de engrase (según manual).
- Frecuencia recomendada de lubricación.
- Tipos de grasa y su aplicación.
- Inspección de fugas en reductores y estado del aceite.

### 5. Gestión Documental y Trazabilidad del Mantenimiento

Objetivo: Facilitar el seguimiento técnico y cumplimiento normativo.

Contenidos:

- Registro de tareas diarias/semanales.
- Formatos de inspección y hallazgos.
- Reportes de fallas e intervenciones correctivas.
- Uso de CMMS si aplica.
- Evidencias fotográficas y archivo digital.

### 6. Planificación Anual

Objetivo: Mantener un plan estratégico de mantenimiento.

Temas:

- Diseño del calendario anual de mantenimiento preventivo.
- Coordinación con producción para paros planificados.
- Seguimiento de KPIs: MTBF, MTTR, disponibilidad.

### 7. Mejora Continua del Mantenimiento

Objetivo: Incrementar la eficiencia operativa.

Estrategias:

- Revisión de indicadores cada trimestre.
- Análisis de causa raíz de fallas repetitivas.
- Retroalimentación del personal técnico.
- Implementación de lecciones aprendidas y buenas prácticas.

|   |   |          |          |
|---|---|----------|----------|
|  | Formato   | Código:  | AR-CAP-1 |
|   | Plan de capacitación para personal de mantenimiento | Versión: | 1        |
|   |   | Página:  | 3 de 3   |

### Duración del Programa

| Módulo                                | Duración Estimada |
|---------------------------------------|-------------------|
| Seguridad y bloqueos energéticos      | 4 horas           |
| Mantenimiento diario y semanal        | 2 horas           |
| Inspección de componentes críticos    | 4 horas           |
| Lubricación y revisión de rodamientos | 2 horas           |
| Gestión documental y trazabilidad     | 3 horas           |
| Planificación anual y mejora continua | 2 horas           |
| Total estimado                        | 17 horas          |

### Evaluación

- Simulación práctica de mantenimiento diario y LOTO.
- Evaluación final del plan de mantenimiento y documentación técnica.

### Material de Apoyo

- Manual oficial ST-100 (versión 04/0618).
- Fichas de inspección predefinidas y plantillas de mantenimiento.
- Procedimientos LOTO ilustrados.
- Tablas de lubricantes
- Formatos de análisis de fallas
- Videos breves de lubricación y desarme.