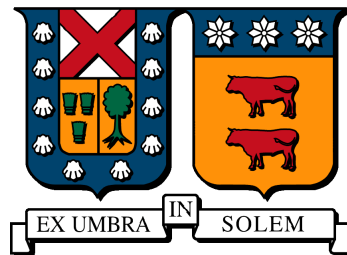


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO-CHILE



PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN EN LÍNEA DE EMBOTELLADO DE VINO

OSCAR IGNACIO SOTO LAGOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : Dr.-Ing. Jaime Núñez S.
PROFESOR CORREFERENTE : Ing. Nelson Álvarez C.

Octubre 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Propuesta de plan de mejora de la eficiencia de la producción en línea de embotellado de vino

Nombre del candidato(a): Oscar Ignacio Soto Lagos

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Mecánica

Campus: Santiago San Joaquín ; **Departamento:** Ingeniería Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Jaime Núñez Segovia, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.


El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 28/10/2025 ; **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 28-10-2025 ; **Firma:** OSCAR IGNACIO SOTO LAGOS


Firmado digitalmente por
OSCAR IGNACIO SOTO
LAGOS
Fecha: 2025.10.27
21:40:39 -03'00'

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa la culminación de un camino lleno de aprendizajes, esfuerzo y emociones, recorrido desde los años escolares hasta hoy. No es un final, sino un punto de partida hacia un futuro prometedor. Quiero agradecer a todos quienes han estado presentes en este trayecto, a mis compañeros que se convirtieron en grandes amigos, y a mis tíos y primas que, con su cariño y apoyo, se transformaron en una segunda familia.

A mis padres, por todo su cariño, esfuerzo, comprensión y entrega. De ellos he aprendido que la perseverancia y la dedicación son el camino para alcanzar nuestras metas, y este logro es también reflejo de sus enseñanzas, su tiempo y dedicación. A mi hermano, que ha sido siempre mi inspiración y un motor de superación personal. Pensar en su futuro ha sido una motivación constante para dar lo mejor de mí en cada desafío. Y a mi pareja, mi mayor compañera quien me ha apoyado y dado aliento todos estos años, de la cual agradezco su comprensión y paciencia en las decisiones que he tomado a lo largo de estos años, así como en las temporadas donde el tiempo ha sido un recurso muy limitado para ambos.

Agradezco también a mis profesores guías, Jaime Núñez y Nelson Álvarez por sus consejos, tiempo y apoyo; y a los profesionales que he podido conocer en este último año, quienes me orientaron, e incentivaron a crecer, dándome la confianza que un profesional necesita, contribuyendo a mi desarrollo académico y a mi inserción en el mundo laboral.

“Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú;
Donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú;
Donde haya un esfuerzo que todos esquivan,
acéptalo tú.”

— El Placer de Servir, Gabriela Mistral

RESUMEN

Este trabajo presenta la elaboración de un plan de mejora para incrementar la eficiencia de una línea de embotellado de vino. Este trabajo surge de la constatación de que la Línea presenta un OEE acumulado durante el último semestre de 2024 de 69 %, cifra inferior a lo esperado en base a las capacidades de la línea, que evidencia pérdidas de tiempo, cuellos de botella operativos, variación en los rendimientos de las estaciones vinculadas a formatos de botellas y oportunidades de mejora en la calidad de insumos.

En respuesta a este problema, el trabajo aporta una mirada integral a la gestión del proceso productivo mediante la aplicación de herramientas provenientes de la metodología Lean Six Sigma, en combinación con otra metodología de mejora continua como TPM, análisis estadístico de capacidades (C_p y C_{pk}) mediante el software de MiniTab Statistical Software 22, el cual evidenció que varias estaciones operan con índices C_p y C_{pk} por debajo de 1, confirmando la inestabilidad del proceso. Además de la simulación de eventos discretos a través del software SIMIO. El trabajo se distingue por combinar un diagnóstico detallado de la situación actual con la evaluación de un modelo base simulado, ofreciendo una base técnica sólida para la toma de decisiones estratégicas por parte de la empresa.

Entre los principales resultados se destacan: la identificación de estaciones críticas que limitan el rendimiento global de la línea, la cuantificación de rendimientos para distintos insumos en procesos productivos, y la validación de algunas propuestas de mejora que proyectan incrementos relevantes en la producción efectiva de hasta un 9,2 % para las botellas más consumidas en la línea y reducciones del lead time de hasta 28,7 % para esta misma en la línea. Estos hallazgos permiten concluir que la aplicación sistemática de herramientas de mejora continua, respaldada por simulación de procesos, constituye una vía efectiva para reducir la brecha de desempeño existente y orientar la gestión de la línea hacia estándares de clase mundial.

ABSTRACT

This study presents the development of an improvement plan aimed at increasing the efficiency of a wine bottling line. The need for this work arises from the finding that the line exhibited a cumulative OEE of 69 % during the second half of 2024, a figure below the expected level given the line's capacities. This performance reveals time losses, operational bottlenecks, variability in station yields associated with bottle formats, and opportunities for improvement in the quality of inputs.

In response to this problem, the study provides a comprehensive perspective on production process management through the application of Lean Six Sigma tools, in combination with other continuous improvement methodologies such as TPM, as well as statistical capability analysis (C_p y C_{pk}) conducted using Minitab Statistical Software 22. The analysis revealed that several stations operate with C_p and C_{pk} indices below 1, confirming process instability and the need for corrective interventions. In addition, discrete-event simulation was carried out using SIMIO software. This work is distinguished by combining a detailed diagnosis of the current situation with the evaluation of a simulated baseline model, thereby providing a solid technical foundation for strategic decision-making by the company.

The main results highlight: the identification of critical stations that limit the overall performance of the line, the quantification of yields for different inputs in production processes, and the validation of selected improvement proposals that project significant increases in effective production—up to 9.2 % for the most frequently bottled formats—and lead time reductions of up to 28.7 % for the same line. These findings support the conclusion that the systematic application of continuous improvement tools, supported by process simulation, constitutes an effective pathway to reducing the existing performance gap and aligning line management with world-class standards.

GLOSARIO

Eficiencia: Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados (ISO 9001, 2015).

Eficacia: Grado en el que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados planificados (ISO 9001, 2015).

Productividad: Cociente entre la producción/output (bienes y servicios) y los factores productivos/inputs (recursos, como el trabajo o capital) (Heizer y Render, 2015).

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Indicador compuesto que mide la efectividad global de un equipo o línea de producción considerando disponibilidad, rendimiento y calidad (Nakajima, 1988).

TPM (Total Productive Maintenance): Metodología de gestión que busca maximizar la eficiencia de los equipos a través de la participación de toda la organización y la implementación de mantenimientos preventivos y autónomos (Nakajima, 1988).

Lean Manufacturing: Filosofía de gestión enfocada en la reducción de desperdicios y en la creación de valor para el cliente mediante la mejora continua (George, 2002).

Six Sigma: Metodología de mejora de procesos que utiliza técnicas estadísticas para reducir la variabilidad y alcanzar un nivel de calidad cercano a cero defectos (Acosta y Herrera, 2000).

DMAIC: Ciclo de mejora continua propio de Six Sigma compuesto por las fases Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve) y Controlar (Vásquez, 2004).

Capacidad de Proceso (C_p): Índice estadístico que mide la capacidad de un proceso para producir resultados dentro de límites de especificación establecidos, sin considerar la centración del proceso (Vásquez, 2004).

Índice de Capacidad (C_{pk}): Indicador que evalúa la capacidad real de un proceso considerando tanto la variabilidad como su grado de desviación respecto a los límites de especificación (Vásquez, 2004).

Simulación de Eventos Discretos (SED): Técnica de modelación que representa el comportamiento de un sistema real mediante la recreación de eventos discretos en

el tiempo, permitiendo analizar y evaluar escenarios alternativos (Smith y T.Sturrock, 2025).

Cuello de Botella: Estación o recurso dentro de un proceso productivo cuya capacidad limita el flujo total de producción (Goldratt, 2024).

Muda: Concepto proveniente de Lean que se refiere a cualquier actividad que consume recursos pero no agrega valor al producto o servicio (Morgan y Brenig-Jones, 2012).

Lead Time: Tiempo total transcurrido desde el inicio de un proceso hasta su finalización, incluyendo tiempos de espera, transporte, procesamiento y almacenamiento.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT | iii |
| GLOSARIO | iv |
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiii |
| INTRODUCCIÓN | xvi |
| ANTECEDENTES GENERALES | xviii |
| La industria vitivinícola Global | xviii |
| La industria vitivinícola entorno al territorio nacional | xviii |
| Producción vitivinícola nacional | xix |
| Antecedentes de la empresa productiva | xxi |
| Modelo de negocio | xxii |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | xxiv |
| OBJETIVOS | xxvi |
| ALCANCE DEL TRABAJO | xxvii |
| PLAN DE TRABAJO | xxix |

| | |
|--|-----|
| 1. Marco Teórico | 32 |
| 1.1. Eficiencia en una línea de producción | 32 |
| 1.2. Filosofías de gestión | 33 |
| 1.2.1. Filosofía de Lean Manufacturing | 34 |
| 1.2.2. Filosofía Six Sigma | 42 |
| 1.2.3. Lean Six Sigma | 46 |
| 1.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM) | 56 |
| 1.3.1. Integración entre TPM y Lean Manufacturing | 58 |
| 1.4. Teoría de las restricciones (TOC) | 59 |
| 1.5. Diseño de líneas | 61 |
| 1.6. Gestión de cadena de suministros y planificación | 64 |
| 1.6.1. Estrategias de planificación | 65 |
| 1.7. Simulación de procesos | 66 |
| 1.7.1. Metodología de modelación y experimentación | 68 |
| 2. Diagnóstico de la situación actual de la línea de embotellado | 71 |
| 2.1. Descripción línea de embotellado | 71 |
| 2.1.1. Autocontrol Despaletizado | 72 |
| 2.1.2. Autocontrol MonoBlock | 72 |
| 2.1.3. Autocontrol Encapsuladora | 75 |
| 2.1.4. Autocontrol Etiquetadora | 75 |
| 2.1.5. Autocontrol Armadora de Cajas / Encajonadora | 76 |
| 2.1.6. Control Tabique, Selladora, Paletizado | 77 |
| 2.2. Mapa de flujo de valor y alcance | 78 |
| 2.3. Caracterización de Productos Fabricados | 80 |
| 2.4. Volumen de producción y variedad de productos | 80 |
| 2.5. Estrategia de mantención para la línea de embotellado | 83 |
| 2.6. Situación inicial de la línea de embotellado | 84 |
| 2.7. Diagnóstico de procesos de la línea de embotellado | 84 |
| 2.7.1. Proceso de embotellado | 86 |
| 2.7.2. Proceso de etiquetado | 93 |
| 2.7.3. KPI's de la línea de embotellado | 99 |
| 2.8. Variables críticas del proceso: CTQ's | 101 |
| 2.9. Plan de medición del proceso | 104 |
| 2.10. Capacidades del proceso | 106 |

| | |
|--|-----|
| 2.10.1. Evaluación del sistema de medición: Gage R&R | 107 |
| 2.10.2. Análisis de capacidad del proceso C_p , C_{pk} | 110 |
| 2.10.3. Impacto de la variación de insumos en el desempeño de la Línea | 119 |
| 2.10.4. Aplicación de balanceo de línea para determinar el rendimiento ideal | 126 |
| 2.10.5. Análisis de tiempos de cambio de formatos | 129 |
| 2.10.6. Producción planificada vs. Producción real | 132 |
| 3. Análisis técnico, medición del desempeño e identificación de oportunidades | 134 |
| 3.1. Análisis de causas | 134 |
| 3.2. Diseño de las oportunidades de mejora | 141 |
| 3.2.1. Estabilidad operativa | 143 |
| 3.2.2. Variabilidad y calidad de insumos | 161 |
| 3.2.3. Planificación y Programación de Producción | 176 |
| 3.3. Priorización de propuestas | 183 |
| 3.4. Plan de mejora | 184 |
| 4. Plan piloto de mejora | 190 |
| 4.1. Acciones consideradas en el plan piloto | 190 |
| 4.2. Validación de oportunidades | 192 |
| 4.3. Validación del modelo virtual de la línea de embotellado | 192 |
| 4.3.1. Construcción del modelo | 192 |
| 4.3.2. Proceso de verificación y validación del modelo de simulación | 196 |
| 4.3.3. Validación del modelo | 197 |
| 4.4. Evaluación del impacto de las mejoras mediante simulación | 200 |
| CONCLUSIONES | 204 |
| BIBLIOGRAFÍA | 206 |
| ANEXOS | 210 |
| Anexo 1. Autocontroles línea de embotellado número 1 | 210 |
| Anexo 2. Pruebas de normalidad y curvas de distribución normal para tiempos de cambio estándar actualizados | 219 |
| Anexo 3. Tablas matriz de impacto | 230 |
| Anexo 4. Plan de medición | 232 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----|---|-------|
| 1. | Evolución de las exportaciones de vino (total), 2003-2023 | xx |
| 2. | Exportaciones de vino embotellado por rango de precios | xx |
| 3. | Ventas VWE a principales mercados durante 2023 | xxii |
| 4. | Ventas VWE a principales mercados durante 2024 | xxiii |
| 5. | Casa de la Calidad Toyota | 36 |
| 6. | Grupos de desperdicios | 38 |
| 7. | Ciclo Shewhart/Deming | 43 |
| 8. | DMAIC | 43 |
| 9. | Ejemplo mapa flujo de valor | 53 |
| 10. | Herramientas de diagnóstico | 55 |
| 11. | Matriz Salida/Entrada TPM | 57 |
| 12. | Modelo de cadena suministros en manufactura | 64 |
| 13. | Proceso básico de simulación | 68 |
| 14. | Flujo de proceso para la simulación | 70 |
| 15. | VSM general de un producto calidad Varietal | 79 |
| 16. | Alcance del trabajo representado en el VSM | 79 |
| 17. | Botellas procesadas ene-nov 2024 según calidades enológicas | 82 |
| 18. | Layout de la línea de embotellado 1 | 85 |
| 19. | Diagrama SIPOC del proceso de embotellado | 87 |
| 20. | Flujo de materiales de la línea de embotellado 1 | 88 |
| 21. | Foto de la despaletizadora de la línea de embotellado 1 | 89 |
| 22. | Estación de enjuague de la máquina MonoBlock | 90 |
| 23. | Estación de llenado de la máquina MonoBlock | 91 |
| 24. | Estaciones de tapado: corcho (izquierda) y screw cap (derecha). | 92 |
| 25. | Foto de la máquina capsuladora Poker F4/6 | 94 |
| 26. | Foto de la máquina etiquetadora MAK 3 -14P Ua14 L4 COC | 95 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 27. | Foto de la máquina encajonadora Accupack 20-3/6 | 96 |
| 28. | Foto de la máquina Selladora SIAT SM11 | 97 |
| 29. | Indicador OEE Enero-Noviembre 2024 | 100 |
| 30. | Resumen análisis ANOVA medición despaletizado | 108 |
| 31. | BoxPlot tiempo cambio de Pallet | 110 |
| 32. | Gráficos de control Xbarra-S y pruebas de normalidad para Despaletizadora . | 113 |
| 33. | Análisis de Capacidad Despaletizadora | 113 |
| 34. | Gráficos Box-Cox de Rendimientos en MonoBlock | 114 |
| 35. | Pruebas de Normalidad de procesos MonoBlock | 115 |
| 36. | Análisis de Capacidad MonoBlock | 115 |
| 37. | Resultados combinados para Capsuladora: (a) Gráfico de control con prueba de normalidad; (b) Análisis de capacidad | 116 |
| 38. | Gráficos de Box-Cox: (a) Botellas con screw cap; (b) Botellas con corcho . . | 117 |
| 39. | Gráficos Xbarra-S proceso de etiquetado | 118 |
| 40. | Comparación de análisis de capacidad para etiquetado: (a) Botellas con screw cap; (b) Botellas con corcho | 118 |
| 41. | Rendimiento BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV | 120 |
| 42. | Rendimiento BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV | 121 |
| 43. | Rendimiento BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS | 122 |
| 44. | Rendimiento BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV | 123 |
| 45. | Rendimiento BOT. BUR 750 PIC28 CONICA BAJA VERDE LIV | 124 |
| 46. | Comparación de la distribución de producciones efectivas en botellas/hora para distintas listas de materiales ligadas a los 5 tipos de botellas mas utilizadas. | 125 |
| 47. | Diagrama de precedencia | 128 |
| 48. | Tiempos de cambios planificados vs. reales | 131 |
| 49. | Desviación Capacidad JUL-NOV 2024 | 132 |
| 50. | Análisis causa-raíz | 136 |
| 51. | Diagrama de Ishikawa para cápsulas mal aplicadas | 138 |
| 52. | Diagrama de Ishikawa para Tiempos de Set-Up | 139 |
| 53. | Diagrama de Ishikawa para planificación | 139 |
| 54. | Diagrama de Ishikawa para capacidad teórica no representativa | 140 |
| 55. | Unidad de etiquetado Autoadhesiva | 146 |
| 56. | Botellas caídas en la cinta de transporte | 154 |
| 57. | Tasa de caídas por formato | 156 |
| 58. | Condición mesa de acumulación despaletizadora | 158 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 59. | Botellas homologables Varietales | 167 |
| 60. | Tiempo de Proceso de Embotellado | 174 |
| 61. | Matriz de Priorización para soluciones | 184 |
| 62. | Representación de rediseño de Layout L1 | 186 |
| 63. | Línea de embotellado modelada a través de SIMIO | 193 |
| 64. | Modelado estación Despaletizadora a través de SIMIO | 194 |
| 65. | Distribución de la producción efectiva de la línea [BPH] obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica) | 197 |
| 66. | Distribución del lead time por tipo de botella | 198 |
| 67. | Rediseño de la línea de embotellado | 200 |
| 68. | Distribución de la producción efectiva de la línea [BPH] obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica) en el entorno simulado con modificaciones | 202 |
| 69. | Distribución de lead time [s] por tipo de botella obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica) en el entorno simulado con modificaciones | 203 |
| 70. | Control de quebrazón y trazabilidad de botellas | 210 |
| 71. | Control de botellas vacías boca Screwcap | 211 |
| 72. | Resumen producción MonoBlock | 212 |
| 73. | Registro control de MonoBlock L1 | 213 |
| 74. | Registro de control de tapado corcho L1 | 213 |
| 75. | Registro de control de tapado ScrewCap L1 P.1 | 214 |
| 76. | Registro de control de tapado ScrewCap L1 P.2 | 214 |
| 77. | Control Capsuladora | 215 |
| 78. | Control Etiquetado Autoadhesivo P.1 | 215 |
| 79. | Control Etiquetado Autoadhesivo P.2 | 216 |
| 80. | Control Armado/ Encajonado de Cajas P.1 | 216 |
| 81. | Control Armado/ Encajonado de Cajas P.2 | 217 |
| 82. | Postura de Tabique y Control de Embalaje | 217 |
| 83. | Control sellado cajas y marca básica | 218 |
| 84. | Gráfico de probabilidad para cambio de tapa | 219 |
| 85. | Histograma con curva de normalidad para cambio de tapa | 219 |
| 86. | Gráfico de probabilidad para cambio de tapa a tapón | 220 |
| 87. | Histograma con curva de normalidad para cambio de tapa a tapón | 220 |
| 88. | Gráfico de probabilidad para cambio de tapón a tapa | 220 |

| | | |
|------|---|-----|
| 89. | Histograma con curva de normalidad para cambio de tapón a tapa | 221 |
| 90. | Gráfico de probabilidad para cambio de etiqueta Borgoña-Borgoña | 221 |
| 91. | Histograma con curva de normalidad para cambio de etiqueta Borgoña-Borgoña | 221 |
| 92. | Gráfico de probabilidad para cambio de etiqueta Cónica B.- Cónica B. | 222 |
| 93. | Histograma con curva de normalidad para cambio de etiqueta Cónica B.- Cónica B. | 222 |
| 94. | Gráfico de probabilidad para cambio de etiquetado a línea completa | 222 |
| 95. | Histograma con curva de normalidad para cambio de etiquetado a línea completa | 223 |
| 96. | Gráfico de probabilidad para cambio de línea completa a etiquetado | 223 |
| 97. | Histograma con curva de normalidad para cambio línea completa a etiquetado | 223 |
| 98. | Gráfico de probabilidad para cambio de caja 6 a 12 | 224 |
| 99. | Histograma con curva de normalidad para cambio de caja 6 a 12 | 224 |
| 100. | Gráfico de probabilidad para cambio de caja 12 a 6 | 224 |
| 101. | Histograma con curva de normalidad para cambio de caja 12 a 6 | 225 |
| 102. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo corcho a burdeo SC . | 225 |
| 103. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo SC a burdeo corcho . | 225 |
| 104. | Histograma con curva de normalidad para cambio formato burdeo SC a burdeo corcho | 226 |
| 105. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo a borgoña | 226 |
| 106. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato burdeo a borgoña | 226 |
| 107. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato borgoña a burdeo | 227 |
| 108. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato borgoña a burdeo | 227 |
| 109. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato cónica a borgoña | 227 |
| 110. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato borgoña a cónica | 228 |
| 111. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo a cónica | 228 |
| 112. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato burdeo a cónica | 228 |
| 113. | Gráfico de probabilidad para cambio de formato cónica a burdeo | 229 |
| 114. | Histograma con curva de normalidad para cambio de formato cónica a burdeo | 229 |
| 115. | Tabla con evaluación de impacto de soluciones | 230 |
| 116. | Tabla con evaluación de esfuerzo de soluciones | 231 |
| 117. | Plan de medición CTQ's en la etapa de diagnóstico de la línea de embotellado. | 232 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Fases y herramientas utilizadas en el modelo DMAIC | 45 |
| 2. | Guía de herramientas por objetivos de investigación y fases DMAIC | 52 |
| 3. | Tiempos de cambio año 2024 línea de embotellado 1 | 82 |
| 4. | Botellas con mayor impacto en volumen (Ene-Nov 2024) | 83 |
| 5. | Valores mensuales de OEE y sus componentes – Línea de Embotellado 1 | 99 |
| 6. | Variables críticas del proceso (CTQ) | 102 |
| 7. | Resumen de variables críticas (CTQ) y alcance del análisis | 103 |
| 8. | Resumen plan de medición | 105 |
| 9. | Componentes de la varianza Despaletizado | 107 |
| 10. | Componentes de la varianza Tabique | 109 |
| 11. | Evaluación cualitativa de estaciones | 111 |
| 12. | Evaluación cuantitativa de estaciones | 111 |
| 13. | Índices de capacidad del proceso para botellas con screw cap y corcho | 116 |
| 14. | Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV | 120 |
| 15. | Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV | 121 |
| 16. | Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS | 122 |
| 17. | Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV | 123 |
| 18. | Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV | 124 |
| 19. | Tabla de Precedencia | 127 |
| 20. | Tiempos de ejecución por estación y tipo de cierre | 128 |
| 21. | Tiempos de cambio estándar | 129 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 22. | Anillos | 130 |
| 23. | Matriz de Formatos de Entrada/Salida | 130 |
| 24. | Relación entre causas identificadas en Ishikawa y oportunidades de mejora . . | 137 |
| 25. | Clasificación de oportunidades de mejora según desperdicios Lean y pérdidas de TPM | 142 |
| 26. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués | 143 |
| 27. | Comparación entre velocidad planificada y velocidad efectiva | 144 |
| 28. | FMEA – Fallas asociadas al montaje del rollo de etiquetas | 147 |
| 29. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (cambios en etiquetadora) . | 149 |
| 30. | Comparación entre tiempos planificados y reales de cambios de formato . . . | 150 |
| 31. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (subutilización del buffer) . | 151 |
| 32. | Costos estimados – Oportunidades #3 y #4 | 153 |
| 33. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (transporte de botellas) . . . | 155 |
| 34. | Tasa de caídas por tipo de botella durante el transporte | 156 |
| 35. | Merma de botellas por tipo en Despaletizadora ENE-NOV 2024 | 156 |
| 36. | Costos estimados – Oportunidad #5 | 157 |
| 37. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (recepción de botellas) . . . | 159 |
| 38. | Costos estimados – Oportunidad #7 | 160 |
| 39. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (variabilidad en cambios de formato) | 162 |
| 40. | Estándares actuales y sugeridos para cambios de formato | 163 |
| 41. | Costos estimados | 164 |
| 42. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (variación por proveedor) . | 165 |
| 43. | Costos estimados – Oportunidad #9 | 166 |
| 44. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (homologación de botellas) | 168 |
| 45. | Comparación entre horas utilizadas y esperadas por grupo | 169 |
| 46. | Costos estimados – Oportunidad #10 | 170 |
| 47. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (cápsulas defectuosas) . . . | 171 |
| 48. | Costos estimados – Estándar de capsulado | 172 |
| 49. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (uso innecesario de lavadora) | 175 |
| 50. | Costos estimados – Oportunidad #12 | 176 |
| 51. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (falta de actualización de tiempos estándar) | 177 |
| 52. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (falta de datos reales de velocidad) | 179 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 53. | Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (subutilización del sistema de conteo) | 181 |
| 54. | Costos estimados – Oportunidad #16 | 182 |
| 55. | Resumen del plan de acción – Nivel Gerencial | 187 |
| 56. | Validación de producción efectiva [bph] por tipo de botella. Promedios reales (jul–nov 2024) vs. promedios simulados y Error Porcentual Absoluto (EPA) . | 199 |
| 57. | Validación de lead time [s] por tipo de botella. Promedios reales (jul–nov 2024) vs. promedios simulados y Error Porcentual Absoluto (EPA) | 199 |

INTRODUCCIÓN

La industria vitivinícola constituye uno de los sectores productivos que mayor relevancia a tomado en la última década en Chile, tanto por su aporte económico como por su posicionamiento en el mercado internacional. Dentro de este contexto, el proceso de embotellado del vino representa una etapa crítica, al concentrar un alto nivel de complejidad operativa y ser la etapa final de un largo proceso que comienza desde la cosecha del vid. La eficiencia en estas líneas varía de acuerdo tanto a las máquinas utilizadas, como a la diversidad de formatos e insumos que deben procesarse para asegurar la competitividad dentro del rubro.

A pesar de su relevancia, persisten importantes desafíos en la gestión de las líneas de embotellado. Observando una alta variación en los tiempos de operación y rendimientos de las estaciones, que producen retrasos, utilización deficiente de recursos y cuellos de botella que afectan la planificación de los productos. Frente a esto, surge la necesidad de implementar metodologías que permitan identificar, analizar y corregir aquellas ineficiencias.

El presente trabajo se plantea como objetivo general proponer un plan de mejora para la eficiencia de una línea de embotellado de vinos, a través de la gestión de procesos y la incorporación de herramientas de Lean Six Sigma. Para cumplir este propósito se han definido objetivos específicos orientados a realizar un diagnóstico de la situación actual de la línea; identificar y analizar oportunidades de mejora en función de datos históricos y el diagnóstico de la línea; diseñar un plan de acciones priorizadas según su impacto y factibilidad en el entorno operacional y validar técnicamente algunas de las propuestas presentadas.

El presente documento está organizado de forma que, en primer lugar, se presentan los antecedentes generales, que contextualizan la industria vitivinícola global, nacional y la empresa que es objeto de estudio. Posteriormente, se desarrolla el marco teórico del trabajo, en el cual se revisan las principales metodologías de eficiencia como Lean Manufacturing, Six Sigma, TPM, Lean Six Sigma y Teoría de restricciones. Luego, se desarrolla el diagnóstico

de la situación actual de la línea de embotellado, incorporando indicadores de desempeño y análisis de capacidad. A continuación, se detallan las oportunidades de mejora y planes de acción propuestos. Finalmente, se validan algunas propuestas presentadas mediante simulación de eventos discretos a partir de un modelo que recrea la lógica de la línea de embotellado, que consolidan los resultados y orientan futuras medidas de acción.

El presente trabajo busca demostrar que la aplicación de herramientas de mejora continua, combinadas con simulación de eventos discretos, permite reducir la variación y mejorar la estabilidad operativa con el fin de aumentar la eficiencia global de una línea de embotellado de vinos, contribuyendo al fortalecimiento competitivo de la organización.

ANTECEDENTES GENERALES

La industria vitivinícola Global

Las últimas dos décadas han sido parte de un crecimiento significativo del comercio internacional de vinos y productos de vid, como se ha revelado en la primera edición del "Foro Mundial del Comercio de la Viña y el Vino", el 3 de octubre del 2023. Donde casi se ha triplicado, aumentando su valor de 17 mil 700 millones de dólares en el año 2000 a 50 mil millones de dólares en 2022 (OIV, 2022). Un sector que cada año mueve más de 150.000 millones de dólares estadounidenses (Orus, 2024). Donde se puede apreciar un dominio y estabilidad general en los viñedos de la Unión Europea, gracias a España, Francia e Italia, los cuales agrupan alrededor de la mitad de la producción anual de vino en el mundo.

En este contexto, el vino embotellado se ha posicionado como el principal producto de valor agregado derivado de la vid, dentro del comercio internacional. A diferencia del vino a granel, que se orienta a segmentos de menor diferenciación, el vino embotellado constituye la vía de acceso a consumidores finales y permite competir en atributos de calidad y marketing. Así, la eficiencia en los procesos de embotellado se ha transformado en un factor crítico para mantener la competitividad de las empresas.

La industria vitivinícola nacional

Chile se ha consolidado un nombre a nivel internacional como uno de los principales exportadores de vino en el mundo y el mayor productor de vino en Latinoamérica. La industria vitivinícola se ha convertido en una de las más importantes para la economía nacional, con un aporte del 0,5 % al PIB nacional, gracias a la evolución en la producción de este y su crecimiento que casi ha triplicado la producción entre los años 1998 y 2023. Representa un 16,5 % de las exportaciones agropecuarias (Statista Research Department, 2024).

A pesar de su éxito y desarrollo, la industria se enfrenta a desafíos significativos, como la necesidad de adaptarse a las condiciones climáticas cambiantes, como altas temperaturas y sequías que alteran las condiciones de crecimiento de la uva. Es por ello que, ante el riesgo de malas cosechas, viñedos han comenzado a migrar sus cultivos hacia la zona sur del país, examinando mejores condiciones para el desarrollo de éstas.

Producción vitivinícola nacional

El SAG informa que la producción total de vinos en Chile alcanzó 1.103 millones de litros durante el año 2023, presentando una disminución del 11,4 % respecto al año 2022 (Palma, 2024), en comparación con el decrecimiento de 9,6 % a nivel mundial en el mismo período (OIV, 2024). Chile corresponde al cuarto exportador más importante del mundo, con el 7,8 % del volumen y 4,9 % del valor total de las exportaciones globales en el año 2021, con 358 millones de litros en volumen de vino con "Denominación de Origen", generando más de 1.100 millones de dólares en utilidades, con Brasil como principal importador con más de 60 millones de litros (Statista Research Department, 2024). Toda esta producción representa en Chile el 5,7 % de las exportaciones no cobre, contribuyendo con alrededor de 205 millones de dólares estadounidenses a partir del pago de impuestos como el IVA e impuestos sobre el alcohol en Chile.

La caída de producción durante el año 2023 significó que la industria vitivinícola nacional tuviera un descenso del 21 % del valor y volumen en comparación al año 2022. Esta caída se ve representada por la disminución de un 20,9 % del volumen de vinos con DO, un 15 % de los vinos a granel y un 5,9 % de los vinos espumosos. Algunas de las variables que influyeron en esta caída son la disminución de hectáreas destinadas a la vid, menores volúmenes de exportación, ajustes de stock y menor consumo de vino, además de acontecimientos naturales como incendios forestales, sequías e inundaciones.

En 2023, Chile fue el mayor contribuyente en la disminución del volumen de vino en el comercio mundial respecto al año 2022 con 1,5 miles de hectolitros menos; así mismo, con la disminución del valor de las exportaciones con -0,4 mil millones de EUR, continuando con el descenso a nivel global del comercio internacional de vino en volumen y valor. A continuación, en la Figura 1 es posible observar la evolución de las exportaciones vitivinícolas nacionales.

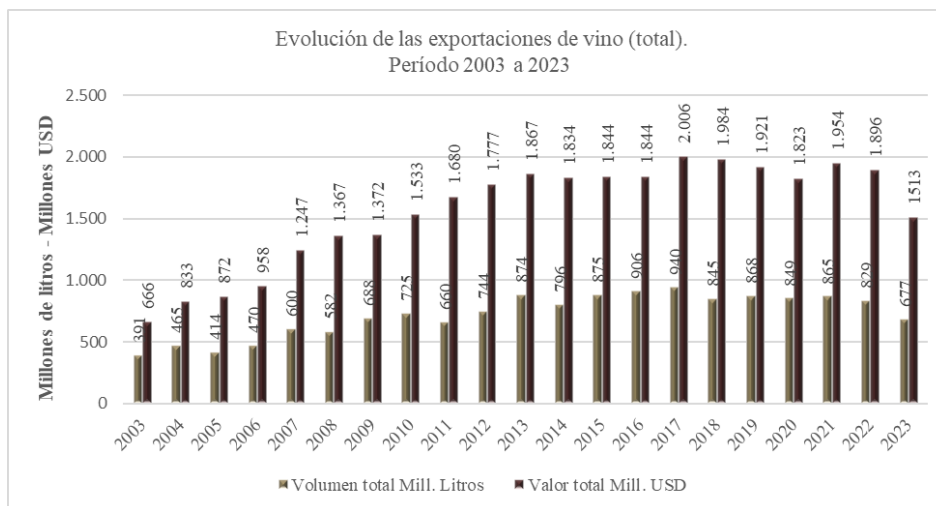


Figura 1: Evolución de las exportaciones de vino (total), 2003-2023

Adaptado de ODEPA, 2023

Al realizar un análisis de las exportaciones de vino embotellado por rango de precio de los últimos 4 años, Figura 2, se observa que el rango entre USD 20 y USD 29,9 por caja mantiene su dominio en términos de volumen de exportación, además es posible apreciar una tendencia para los rangos menores a USD 99,9 por caja en la disminución del volumen y valor de exportaciones. Mostrando que los años 2020 y 2021 fueron de carácter excepcional con altos niveles de exportación en todos los rangos, seguido por una tendencia de disminución en 2022 y 2023 y que la categoría mayor a USD 100 por caja, a pesar de tener un volumen menor, mantiene un valor relativamente constante.

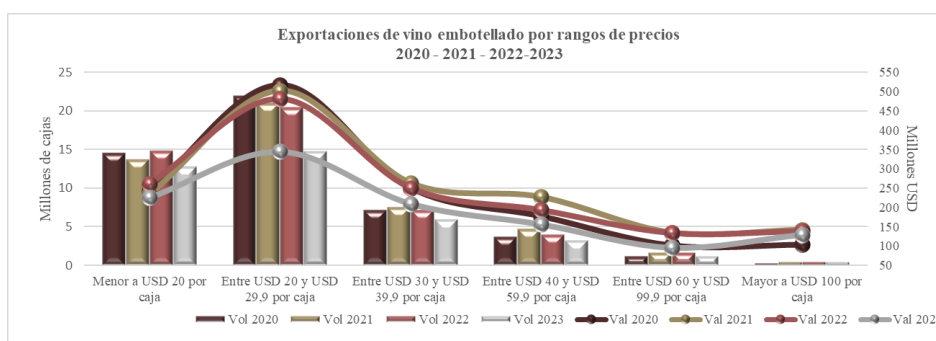


Figura 2: Exportaciones de vino embotellado por rango de precios

Adaptado de ODEPA, 2023

Antecedentes de la empresa productiva

Ventisquero Wine Estates corresponde a una empresa privada, donde se desarrolla el presente trabajo. Esta empresa corresponde a un proyecto del empresario chileno Gonzalo Vial. En 1998 se realiza la primera plantación en el campo Trinidad, ubicado en el Valle Maipo Costa, donde además se levanta la bodega encargada del almacén y embotellado de los productos de Ventisquero Wine Estates. En 2002 se crea dentro del grupo vitícola la marca 'Ventisquero' en honor a los imponentes glaciares de la Patagonia chilena y en 2020 'Viña Ventisquero' adopta el nombre de 'Ventisquero Wine Estates' en una búsqueda de la viña por mostrar internacionalmente el valor del terroir chileno (Diario Financiero, 2020).

Actualmente, de su producción, VWE exporta un 94,3 % a más de 50 países, siendo los más importantes China, Paraguay y Brasil. Solamente un 4,7 % es comercializado en Chile, correspondiente a la vitivinícola chilena con mayor cantidad de vinos premium chilenos exportados a Estados Unidos durante el año 2023. Hoy, VWE, a través de sus más de 10 marcas, exporta en promedio 11 millones de litros de vino embotellado anualmente.

Como es mencionado anteriormente, la bodega de VWE se encuentra ubicada en el campo Trinidad, en la comuna de San Pedro y cuenta con aproximadamente 4,9 hectáreas, donde trabajan alrededor de 150 personas y cumplen las responsabilidades de llevar a cabo los procesos productivos y distribución de los productos. Además, cuenta con 7 viñedos a lo largo de Chile ubicados en las zonas vitícolas claves de nuestro país, como lo son el Valle del Huasco, Valle de Apalta, Valle de Leyda, Valle de Casablanca, entre otros. En la bodega se lleva a cabo todo el proceso productivo de la uva y el vino; esta recibe las cosechas de los 7 viñedos a lo largo del país y realiza el embotellado del mosto en 2 líneas de embotellado, para una amplia gama de productos y formatos.

Modelo de negocio

Durante el año 2024 Ventisquero Wine Estates ha logrado exportar sus productos a más de 40 países. Durante 2023 se logró alcanzar más de 50 países, con el 93,5 % de las ventas concentradas en 10 mercados, incluyendo el nacional, representados en la Figura 3.

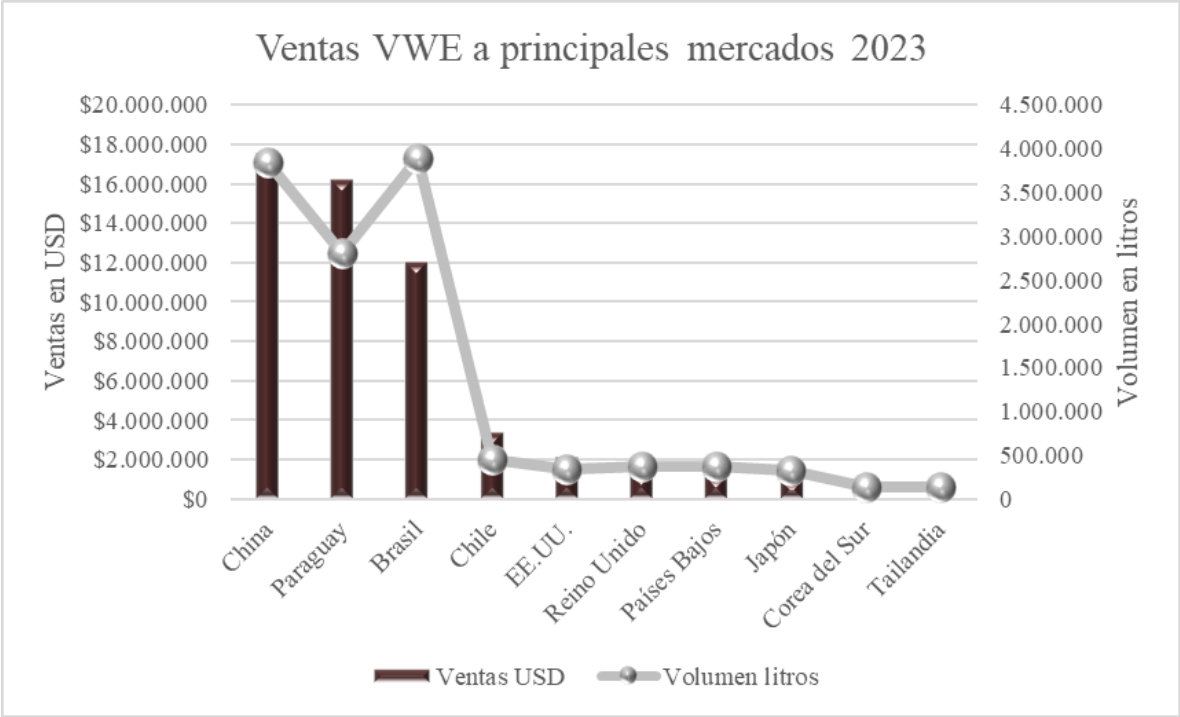


Figura 3: Ventas VWE a principales mercados durante 2023

Elaboración a partir de información de la empresa.

Posteriormente, hasta el mes de septiembre de 2024, los 10 mejores mercados siguen manteniendo un 93,5 % del total de las ventas del año 2024, pero observando cambios en la desaparición del mercado paraguayo, la baja en el mercado chino y la aparición del mercado camboyano.

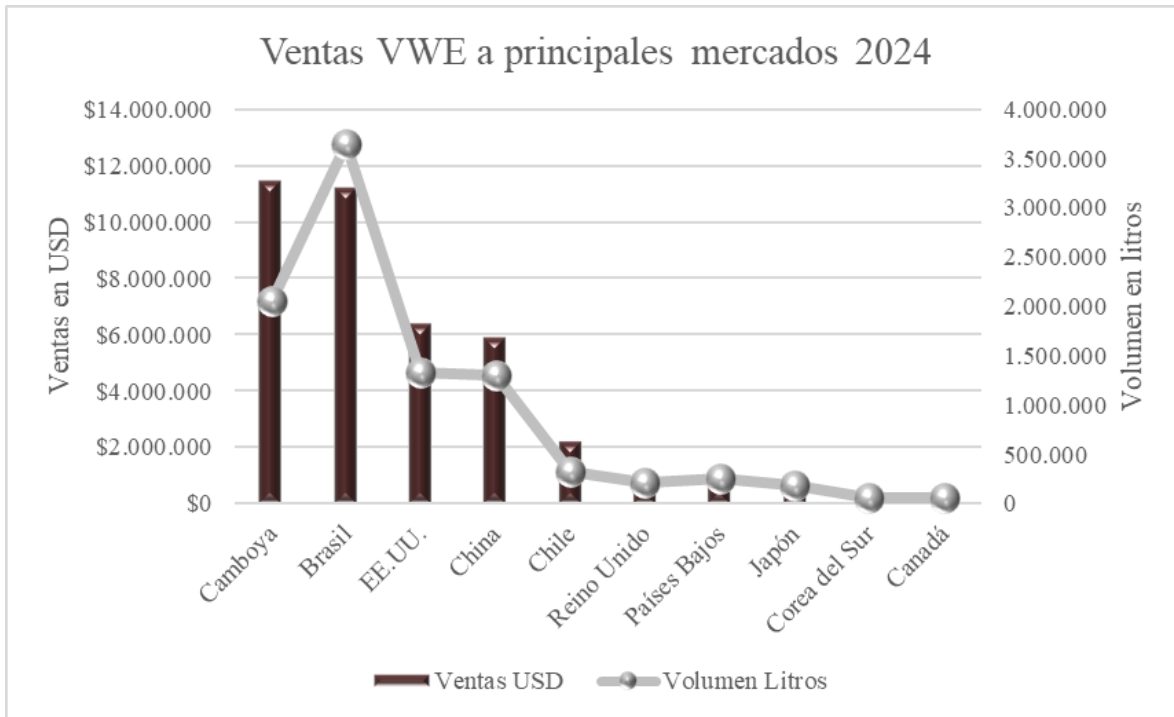


Figura 4: Ventas VWE a principales mercados durante 2024

Elaboración a partir de información de la empresa.

Durante 2023 Ventisquero Wine Estates tuvo una caída de -6,97% en su margen de operación sobre la renta o valor respecto a 2022, lo cual está en concordancia con la situación nacional de la industria vitivinícola, estando por debajo del 11,4% del panorama nacional.

Ventisquero Wine Estates presenta 3 modelos de negocios para la venta de sus productos: Ventisquero (D080) referido al modelo de negocios encargado de la venta de productos por valor o referidos a la propia marca de la empresa; VYF (D130), a cargo del modelo de negocios de ventas por volumen; y ANUN (D082) correspondiente a la venta de productos personalizados de VWE.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La bodega de Ventisquero Wine Estates ubicada en el campo Trinidad, Valle del Maipo Costa, en la comuna de San Pedro, corresponde a una de las marcas de la compañía Agrosuper Comercializadora de Alimentos Limitada, cuyo objetivo es la producción de vinos a partir de viñedos propios ubicados en diversas zonas vitivinícolas de Chile. Esta bodega cuenta con 2 líneas de embotellado de vinos para cubrir toda la demanda existente de la empresa.

Actualmente, la línea 1 que cubre el 80 % presenta niveles de eficiencia inferiores a los esperados, lo cual repercute directamente en el cumplimiento de los planes de producción, el uso óptimo de los recursos disponibles y la capacidad de respuesta frente a la demanda. Esta condición operativa genera desviaciones en los programas establecidos y volúmenes planificados, aumento de costos indirectos y tensión sobre las áreas de operaciones, calidad, desarrollo y ventas.

A pesar de contar con infraestructura adecuada y haberse incorporado recientemente nueva maquinaria a la línea, no se ha logrado revertir la baja eficiencia observada. La ausencia de una caracterización rigurosa del proceso impide la identificación de los factores que limitan el rendimiento de la línea y dificulta la implementación de mejoras sustentadas en evidencia cuantitativa. El principal problema identificado corresponde a la alta variabilidad y falta de consistencia en la eficiencia de la línea, particularmente al procesar distintos formatos de botella. Esta situación limita la capacidad de producción efectiva y genera retrasos frecuentes en la programación operativa. Esta ineficiencia se relaciona, en parte, con la falta de información sobre las capacidades de las estaciones, la ausencia de actualización en el diseño de la línea, y la obsolescencia de los tiempos estándar de proceso. La incorporación reciente de una nueva máquina ha modificado el balance operativo, exigiendo una reevaluación del desempeño general del sistema. Optimizar la eficiencia de la línea, es fundamental para mantener a la empresa de manera competitiva en el mercado internacional en el que opera Ventisquero Wine Estates.

El problema se debe desarrollar con el objetivo de utilizar los recursos ya existentes

dentro de la empresa, poniendo énfasis en los métodos, procesos y tiempos en los que se lleva a cabo la producción, así como descubrir y solucionar problemas específicos de acuerdo a los formatos de botella. Otro aspecto crítico identificado es el desconocimiento de la capacidad actual de las estaciones y de la línea en general, así como cuáles son los puntos que corresponden a 'cuellos de botella' en la línea de producción.

La mejora de la línea de embotellado no es únicamente un objetivo operativo, sino que afecta a la empresa en general. En un sector dinámico y globalizado como lo es el sector vitivinícola, donde la demanda por eficiencia, calidad y rapidez es constante y fundamental, una línea de embotellado optimizada permite no solo cumplir con los objetivos de producción, sino también mantener los estándares de calidad y eficiencia que caracterizan a la empresa.

Existen múltiples factores que inciden en la variabilidad de la eficiencia de la línea: desde la falta de sincronización entre estaciones, tiempos de espera por fallas en las máquinas, infrautilización de recursos o sistemas presentes en la línea. Además, los diferentes tipos de botellas procesadas en esta implican una variabilidad en los tiempos de cambio y ajuste en las máquinas que deben ser óptimos para reducir al mínimo las pérdidas de tiempo entre cambios. Estos hechos evidencian la complejidad técnica del problema, ya que requieren un enfoque integral en la gestión de procesos y un ajuste fino en la coordinación de las estaciones de trabajo.

En un esfuerzo por mejorar por parte de la empresa, es necesario abordar el problema con un enfoque sistemático que permita comprender las dinámicas internas del proceso productivo, establecer criterios objetivos de evaluación y generar propuestas que contribuyan a elevar los niveles de eficiencia en forma sostenida, donde se evalúen tanto los aspectos técnicos de la línea de producción como los procesos operativos. La solución debe ir más allá de la simple identificación de fallas técnicas y centrarse en la optimización de los flujos de trabajo, la implementación de procedimientos estandarizados y una forma de control y mejora constante.

A partir de esto, es necesaria la identificación de oportunidades que permitan mejorar la eficiencia de la línea y cumplir con lo solicitado por la contraparte; estas deben ser examinadas en conjunto con los datos de producción actuales y los procedimientos operativos. Los tiempos de paradas y falta de sincronización entre las estaciones son síntomas de un problema más amplio que involucra tanto la capacidad técnica de las máquinas como la gestión operativa del personal, el diseño actual de la línea y los procesos de éstas.

Frente a este escenario, se hace necesario caracterizar el comportamiento de la línea, identificar sus limitaciones operativas y proponer mejoras basadas en datos que permitan optimizar su desempeño de forma sostenible.

OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es proponer un plan de mejora de la eficiencia de la producción en una línea de embotellado de vino en una empresa por medio del enfoque de gestión de procesos y herramientas Lean Six Sigma para la mejora continua.

Para lograr el propósito anteriormente mencionado, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la línea de embotellado para determinar la capacidad real de la línea y el desempeño de las variables críticas del proceso de acuerdo con los formatos de botella.
2. Determinar las oportunidades de mejora en los procesos de la línea de embotellado, considerando aspectos técnicos de los equipos, de operación y mantenimiento, analizando los efectos en la eficiencia y relaciones costo vs beneficio.
3. Proponer un plan de mejora para la línea de embotellado con la finalidad de mejorar el desempeño y la eficiencia de los procesos.
4. Desarrollar a modo de plan piloto la implementación de un subconjunto de acciones, propuestas en el Plan de Mejora y factibles de lograr en el plazo del trabajo, con la finalidad de evaluar su efectividad y validar el plan propuesto.

ALCANCE DEL TRABAJO

Este estudio se enfoca en la mejora de la eficiencia operativa de la línea de embotellado número 1 de la bodega de Ventisquero Wine Estates, con un enfoque en la optimización de los recursos disponibles y la identificación de oportunidades para aumentar la productividad. El trabajo incluye un análisis exhaustivo de los procesos productivos presentes en la línea, la gestión de tiempos a partir de indicadores presentes en la empresa y la utilización de recursos disponibles. El trabajo abarca desde la determinación de capacidades en diversas estaciones de la línea, la identificación de cuellos de botella, la implementación de mejoras en los flujos de trabajo, hasta el análisis de los formatos de botella procesados en la línea.

La necesidad de este estudio radica en aumentar la competitividad de la empresa en un mercado globalizado, donde la eficiencia de la producción es clave para cumplir con las demandas y expectativas de los clientes. Mejorar la eficiencia de la línea de embotellado número 1 permitirá a Ventisquero Wine Estates reducir horas extras de trabajo, aumentar su capacidad de producción, minimizar paradas por fallos, cambios de formato o ajustes en las máquinas y optimizar la utilización de los recursos existentes. Esto no solo tendrá un impacto positivo en los costos operativos y los márgenes de ganancia al reducir los costos directos por materias primas, sino también costos indirectos por mano de obra y energía; además, ayudará a la empresa a mantener su liderazgo en el mercado internacional de vinos, contribuyendo a su sostenibilidad a largo plazo. Mediante la implementación de técnicas de mejora continua, se garantizará que la empresa pueda adaptarse a futuras demandas y cambios del mercado, como el aumento de volúmenes de producción.

El estudio se encuentra sujeto a varias limitaciones que deben considerarse al evaluar los resultados y las recomendaciones propuestas:

1. Restricciones en el presupuesto: El presente trabajo se enmarca dentro de la necesidad de la optimización de recursos ya existentes, por lo que no se contempla la adquisición de nuevas máquinas o contratación de servicios. Esto implica que las mejoras deberán enfocarse en el ajuste de los procesos y métodos actuales, sin modificar la capacidad

instalada en las estaciones de la línea.

2. Tiempo limitado: El análisis y las mejoras propuestas deben implementarse en un período de tiempo determinado para no afectar significativamente el ritmo de producción regular de la empresa. Esto puede limitar el alcance de pruebas o registro y medición de datos necesarios para un análisis exhaustivo, obligando a priorizar ciertos aspectos del proceso en función de su impacto inmediato.
3. Dependencia de los datos históricos: La validez de las conclusiones y recomendaciones estará condicionada por la calidad y cantidad de los datos operativos disponibles durante la etapa de análisis. Cualquier falta de información precisa sobre las distintas categorías de tiempos involucrados en la línea y sus respectivas clasificaciones o volúmenes de elementos conformes o no conformes puede limitar la exactitud del diagnóstico y la efectividad de las soluciones propuestas.
4. Factores externos: Factores como el comportamiento del mercado internacional, la demanda de productos durante el tiempo de estudio y los cambios en las normativas del comercio exterior pueden influir en los resultados a largo plazo. Aunque el estudio se centra en mejorar la eficiencia de la línea de producción, los factores externos no controlables pueden impactar en el estudio o recopilación de datos así como los resultados esperados.
5. Resistencia al cambio: La implementación de nuevos procesos o ajustes en la operación puede encontrar resistencia por parte del personal, lo que podría retrasar o limitar la adopción de las mejoras. Es esencial realizar una capacitación adecuada y fomentar la participación del personal para minimizar esta resistencia.

PLAN DE TRABAJO

El desarrollo del presente trabajo se estructura en cinco etapas principales, las cuales conforman los capítulos centrales del documento. Cada etapa esta desarrollada en base a una lógica de avance progresivo, donde los resultados obtenidos de cada una permiten dar continuidad y sustento a la etapa siguiente. A continuación, se describen las etapas que permitirán transformar los objetivos en acciones concretas dentro del proyecto.

1. Marco Teórico.

Esta primera etapa corresponde al estudio y revisión de los principales conceptos, metodologías y herramientas que sustentan el trabajo. Su objetivo es establecer una base teórica sólida que permita comprender los fundamentos de la eficiencia en líneas de producción y las metodologías aplicadas en la investigación, tales como Lean Manufacturing, Six Sigma, TPM, Lean Six Sigma y la Teoría de las Restricciones, además de los enfoques asociados al diseño y simulación de procesos productivos. Con ello se busca entregar el marco conceptual necesario para sustentar las etapas de diagnóstico, análisis y propuesta de mejora.

2. Diagnóstico de la situación actual de la línea de embotellado.

Mediante esta segunda fase, se responde directamente al primero objetivo específico para lograr caracterizar las condiciones iniciales de la Línea. Para ello, se desarrolla un levantamiento de información que incluye modelo de negocio de la empresa, caracterización de productos, flujos de procesos, descripción de equipos y estrategias de mantención, junto con los principales KPI's reportados por la empresa. Con el fin de comprender las fortalezas y principales debilidades u áreas de mejora de la operación actual. Para lograr obtener una visión integral de la línea de embotellado que sirva como base para el análisis cuantitativo posterior.

3. Análisis técnico, medición del desempeño e identificación de oportunidades.

Esta fase logra vincular los objetivos específicos 1 y 2 al identificar cuantitativamente

las limitaciones de eficiencia y las primeras oportunidades de mejora. Al entregar evidencia objetiva necesaria para fundamentar las propuestas de soluciones. El desarrollo de esta etapa considera la definición de variables críticas del proceso (CTQ's), la aplicación de planes de medición para estas variables y un posterior análisis de capacidades de las diferentes estaciones que conforman la Línea, fundamentados en estudios de repetibilidad y reproducibilidad, gráficos de control y evaluaciones dirigidas a la variación de rendimientos en la Línea a causa de los diferentes insumos utilizados para la producción y tiempos de cambio de formato. El resultado esperado es la identificación de los cuellos de botella, desviaciones y factores críticos en la eficiencia de la Línea que requieren intervención, lo que permitirá enfocar las mejoras en las áreas más relevantes.

4. Diseño y priorización de las oportunidades de mejora.

Esta cuarta etapa, responde al segundo y tercer objetivo específico con el propósito de transformar los hallazgos del diagnóstico y análisis en propuestas concretas que permitan optimizar la línea de embotellado. Se contempla la aplicación de herramientas de análisis de causa raíz, como diagramas de Ishikawa y 5 ¿Porqués?, para un mejor entendimiento de los problemas detectados. A partir de este análisis, se plantean las distintas oportunidades de mejora, que posteriormente serán evaluadas y priorizadas en función de su impacto, factibilidad y relación costo-beneficio. Para conseguir conformar un plan de mejora integral, acompañado de un plan piloto que reúna acciones específicas que permitan evaluar su efectividad en un horizonte de corto plazo en base a su jerarquización.

5. Validación de mejoras mediante simulación.

Finalmente, la última fase, se relaciona al cuarto objetivo y es clave para asegurar la viabilidad de algunas acciones propuestas de antes de su implementación real. Para reducir la incertidumbre y anticipar el impacto de las oportunidades de mejora sobre la eficiencia de la línea de embotellado N°1. En esta etapa, se valida un modelo de simulación de la Línea en el software Simio, que reproduce la operación actual de la Línea y se realizan variaciones que proyectan escenarios con la aplicación de las mejoras. El desarrollo incluye la comparación de indicadores como eficiencia global, tiempos de cambio y capacidad efectiva, tanto en el escenario base como en el escenario mejorado. A fin de validar de forma virtual la factibilidad y efectividad del plan de mejora, además de establecer lineamientos para su implementación y control en la operación real de la Línea.

1. Marco Teórico

El presente capítulo tiene por propósito lograr establecer los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo de este trabajo de memoria. En este se revisan y describen las principales metodologías y enfoques aplicables a la gestión de operaciones en procesos industriales, en particular aquellos que poseen relación con la eficiencia en líneas de producción. Se abordan herramientas de mejora continua como Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma, Mantenimiento Total Productivo (TPM), además de conceptos complementarios y específicos como la Teoría de Restricciones (TOC) y la simulación de eventos discretos. Esto, permite estructurar un marco para la interpretación de resultados en las etapas de diagnóstico y análisis, pues otorga una base sólida para la formulación de planes de acción y su validación.

1.1. Eficiencia en una línea de producción

La eficiencia es un concepto fundamental en la gestión de procesos productivos, en especial para la industria manufacturera. Pues este concepto "significa realizar bien el trabajo, con un mínimo de recursos y/o desperdicios" (Heizer y Render, 2015). En este sentido, la eficiencia no solo refiere a realizar las actividades de manera correcta, sino a hacerlo de manera óptima. Es necesario esclarecer la diferencia entre ser eficiente, que refiere a realizar de manera correcta la actividad, y ser eficaz, que establece lograr lo planificado. Para lograr evaluar de manera completa los procesos industriales es necesario establecer la relación entre estos conceptos, con otros como lo son el rendimiento y la productividad.

El rendimiento está vinculado a la eficiencia debido a que este es utilizado como una métrica que mide la cantidad de trabajo realizado en relación con los recursos utilizados, o como lo define la RAE "Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados" (Real Academia Española, 2014). Por su parte, el concepto de productividad logra combinar tanto el rendimiento como la eficiencia, reflejando la capacidad general del sistema

productivo para convertir los recursos en productos terminados a través de ciertos medios. Es por ello que "mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia" (Heizer y Render, 2015).

En este marco conceptual, la eficiencia involucra en gran medida la optimización de los recursos y la minimización de desperdicios en los procesos productivos continuos. La eficiencia de los procesos productivos comenzó a tomar forma en el contexto de la revolución industrial, con la aparición de líneas de producción en serie y el crecimiento de la manufactura. Las primeras teorías en torno a la gestión del tiempo y el uso de la maquinaria están disponibles en recursos como 'Los principios de la gestión científica', presentado por Frederick Winslow Taylor, quien buscó maximizar la eficiencia operativa mediante el análisis y la mejora de los métodos de trabajo.

A medida que la industria productiva continuó avanzando, en un contexto global de cambios continuos y una creciente competencia a nivel global, el concepto de eficiencia comenzó a incorporar no solo el uso óptimo de las máquinas, sino que además el uso debido de tiempos, insumos y mano de obra. Es así como en 1988, Seiichi Nakajima, presenta la Eficiencia Global del Equipo (OEE), en conjunto del sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Donde el OEE se ha transformado en un indicador clave y transversal en muchas organizaciones con el fin de incrementar la eficiencia operativa con resultados visibles en la mejora de procesos, reducción de costos e incremento de productividad, causando un aumento en los márgenes de beneficio. El impacto de medir la eficiencia en los procesos productivos tuvo un rol significativo, pues no solo permitió mejorar la rentabilidad de las empresas, sino también logró optimizar los recursos, reducir los desperdicios y mejorar la calidad de los productos.

1.2. Filosofías de gestión

Los procesos forman parte de cada organización, atravesando por distintas áreas de la empresa ya sean internas o externas, creando un flujo de trabajo entre diferentes estaciones. Este flujo de trabajo no solo conecta la mano de obra de la empresa, sino que también interactúa con los insumos, productos y servicios, es por ello que el esfuerzo de muchas organizaciones en las últimas décadas ha sido centrado en que los procesos sean cada vez más eficientes y eficaces en función de las estrategias de cada empresa. Es así como este flujo de trabajo convierte a las organizaciones en un sistema dinámico y complejo que tiene por objetivo producir ganancias, ser competitivo y garantizar la sostenibilidad operativa. Debido

a esto, el estudio enfocado en la optimización de procesos y la mejora continua ha permitido el desarrollo de diversas filosofías de gestión que se han transformado en herramientas clave para las empresas que desean mejorar la eficiencia de sus procesos. Estas filosofías ofrecen una serie de herramientas en sus marcos metodológicos para resolver problemas, proporcionando estructuras sistemáticas para analizar, medir y transformar los procesos con el objetivo de generar valor. Entre las más destacadas se encuentran Lean Manufacturing, Six Sigma, Total Productive Maintenance (TPM) y Lean Six Sigma, cada una con enfoques y objetivos distintos, pero con un objetivo en común: maximizar el valor entregado al cliente mediante la reducción de desperdicios, la mejora de la calidad y el eficiente uso de recursos.

1.2.1. Filosofía de Lean Manufacturing

”Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo,..., que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios” (Matías y Idoipe, 2013), Lean es una filosofía de la mejora continua donde el enfoque consiste en identificar las principales mudas de los procesos y crear soluciones en base a datos e indicadores. Muda corresponde a una palabra de origen japonés que significa ”desperdiciar”, en la filosofía Lean existen 3 grupos de desperdicios, creados por Taiichi Ohno refiriéndose a ellos como ’Las tres Mu’. Mura, refiere a la falta de uniformidad donde equipos se encuentran ahogados o están a la espera de trabajo debido a tiempos de ciclo desequilibrados. Muri, refiere a la sobrecarga de trabajo en una máquina o operador, por lo cual la capacidad no alcanza a cubrir la demanda. Muda, refiere a todo aquello que consume recursos de manera innecesaria y no agrega valor al producto. (del Cerro Lavín, 2022)

Para lograr identificar y reducir estos desperdicios, es necesario vincular a todo el equipo o organización, desde operarios hasta la alta dirección, con el propósito de un cambio cultural de la empresa y la integración de todos los estratos de la empresa, donde la comunicación y el trabajo en equipo supongan un verdadero cambio en la organización del Cerro Lavín, 2022. Entre los objetivos específicos de Lean Manufacturing están:

1. Eliminar desperdicios.
2. Mejorar la eficiencia operativa a través de la optimización de recursos.
3. Reducir tiempos de ciclo.
4. Incrementar la calidad.
5. Fomentar la mejora continua.
6. Satisfacer al cliente.

Para alcanzar los objetivos mencionados, Lean Manufacturing establece un total de 14 principios que guían la implementación de esta filosofía en cualquier organización (Liker, 2004). Estos principios orientan las acciones hacia la mejora continua, y son:

1. Basar las decisiones de una gestión a largo plazo, a expensas de lo que suceda con los objetivos financieros a corto plazo.
2. Crear procesos en flujo continuo para hacer que los problemas salgan a la superficie.
3. Utilizar sistemas Pull para evitar producir en exceso.
4. Nivelar la carga de trabajo.
5. Crear una buena cultura de parar a fin de resolver los problemas, para lograr una buena calidad a la primera.
6. Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado.
7. Utilizar el control visual de modo que no se oculten los problemas.
8. Usar solo tecnología fiable y absolutamente probada que de servicio a su gente y a sus procesos.
9. Hacer crecer a líderes que comprendan el trabajo, vivan la filosofía y el enseñe a otros.
10. Desarrollar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
11. Respetar a la red de socios y proveedores, desafiándolos y ayudándolos a mejorar.
12. Resolver problemas observando y comprendiendo la fuente.
13. Tomar decisiones por consenso lentamente, considerando todas las opciones e implementandolas rápidamente.
14. Convertirse en una organización que aprenda mediante la reflexión y la mejora continua.

Estructura Lean Manufacturing

El impacto de esta filosofía está en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que existen en la organización, puesto que siempre existirán desperdicios que pueden ser suprimidos, a través de las distintas herramientas sistemáticas. Lean Manufacturing considera un cambio cultural en la organización. La "Casa del sistema de producción Toyota" Figura 5, entrega un esquema que visualiza las técnicas disponibles para la aplicación de

esta metodología de forma estructurada, asimilando la construcción de una casa como su estructura de aplicación (Matías y Idoipe, 2013).

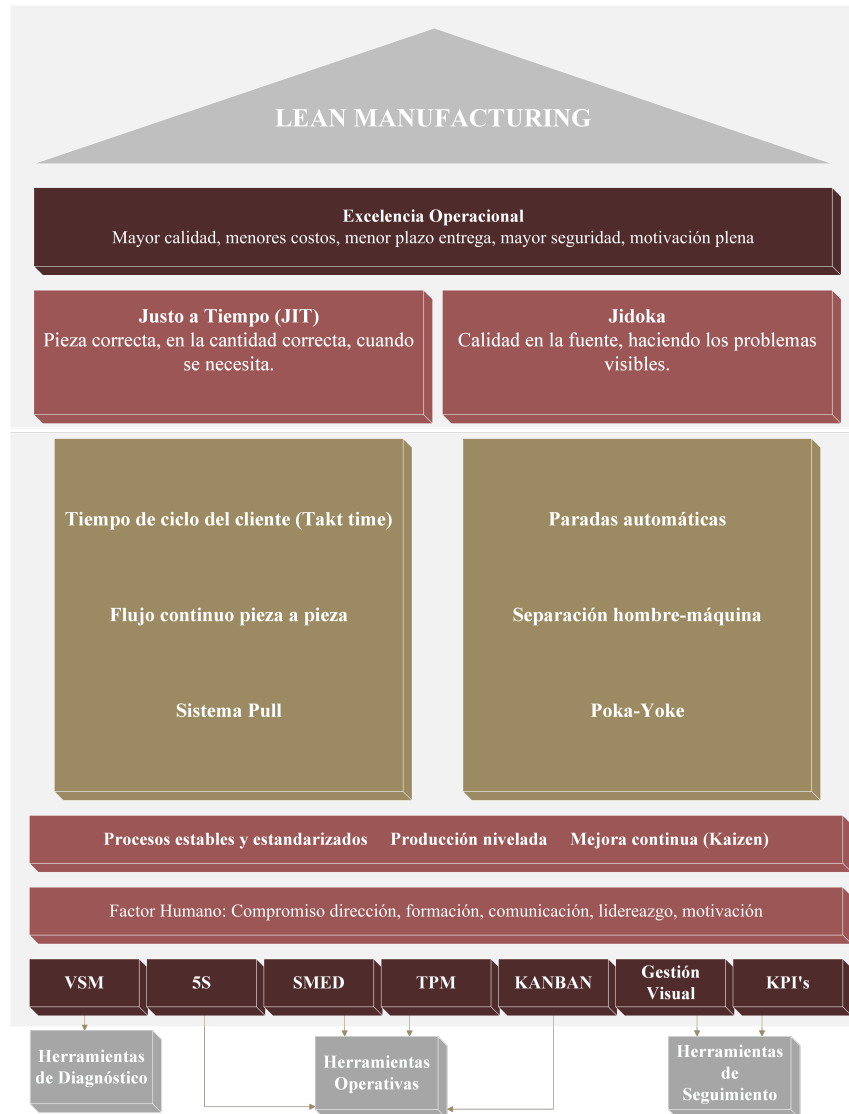


Figura 5: Casa de la Calidad Toyota

Adaptado de Yépez et al., 2017

Este esquema propone distintas herramientas para las diversas etapas de la filosofía Lean Manufacturing, desde la etapa de diagnóstico con herramientas como Value Stream Mapping (VSM) que ayuda a identificar el alcance del proyecto y primeros indicios de desperdicios de los procesos, a herramientas de control o seguimiento como la gestión visual y KPI's para el control de las mejoras.

La parte superior del esquema está formada por las metas o objetivos de esta filosofía, siguiendo la estructura se encuentran dos columnas que sustentan el sistema, formadas por JIT y JIDOKA, mientras que los cimientos del esquema representan la estandarización y estabilidad de los procesos en conjunto de factores humanos como variable para la implementación de estas metodologías. Todos estos elementos son construidos a través de las diferentes herramientas que hay en la parte inferior del esquema, útiles para las cuales participan durante todo el proceso de diagnóstico, implementación y monitoreo de Lean Manufacturing.

Como se establece en la Figura 5, el primer bloque corresponde al factor humano, es por ello que el cambio cultural de la organización toma relevancia. El trabajo con las personas, su participación y comprensión son puntos clave en la implementación de esta filosofía, puesto que todos deben asumir un rol activo en la mejora continua para que esta sea significativa y sostenible a largo plazo. Lean Manufacturing enfatiza que la calidad en los procesos y productos no puede lograrse sin primero desarrollar calidad en las personas, "para poder pensar en la calidad de nuestros productos primero se necesita la calidad en las personas; con ello habrá calidad en los departamentos y, en consecuencia, en los procesos" (Socconini, 2019). Este enfoque subraya la importancia de generar un cambio cultural que promueva no solo la capacidad técnica, sino también el entusiasmo, la creatividad y el compromiso de cada miembro de la organización. De este modo, Lean Manufacturing se convierte en una herramienta no solo técnica, sino también para la gestión de las personas, que busca transformar a las organizaciones desde su base hacia un desempeño óptimo en todos los niveles.

Desperdicios

Los conceptos de Lean están enfocados en el flujo de procesos y la reducción de "desperdicios", los cuales corresponden a cualquier cosa o actividad que genera costos pero no agrega valor al producto (Pulido, 2010). Esta definición será el principal factor para determinar si una actividad o proceso corresponde a un desperdicio. La identificación de desperdicios en un proceso estará basada en los principios propuestos a continuación (Jones y Womack, 2012):

1. Especificar el valor para cada producto desde el punto de vista del cliente final, de manera objetiva.
2. Identificar el flujo de valor y eliminar desperdicios.
3. Agregar valor en flujo continuo a través de las diversas etapas del proceso.

4. Establecer el proceso para que genere solo cuando el cliente lo solicita.
5. Continuar buscando oportunidades de mejora y la perfección.

A través de aplicar los principios mencionados anteriormente, se logra descubrir qué es lo valioso para el cliente, en busca de alinear las mejoras con la creación de valor como antídoto a las actividades que generan desperdicios. Estos se han clasificado en un total de 7 grupos (Matías y Idoipe, 2013), definidos a continuación:



Figura 6: Grupos de desperdicios

1. Sobreproducción.

Corresponde al resultado de fabricar más cantidad de la requerida de productos elaborados o productos semielaborados o de invertir en maquinaria con una capacidad mayor a la necesaria. El problema de este desperdicio en una organización es la utilización de recursos en productos que no poseen una demanda, lo que representa un consumo inútil, lo que genera consecuencias como costos de stock inmovilizado, reducción del espacio en almacén, deterioros, mermas, suciedad (del Cerro Lavín, 2022). Este tipo de desperdicios suelen ocultar problemas como ineficiencias, cuellos de botella o tiempos de espera elevados entre estaciones al generar productos que no generan un valor inmediato al cliente.

2. Tiempos de espera.

Los tiempos de espera aparecen a partir de la falta de una secuencia de trabajo optimizada o un proceso poco eficiente, que generan estaciones (máquina o operador)

detenidas, mientras otras se encuentran con un exceso de carga. Pueden ser provocadas por fallas o ajustes de los equipos, micro paradas, cambios de formato o paradas planificadas. Generando una incorrecta utilización de los recursos, afectando a la eficiencia y productividad del sistema y los tiempos de entrega al cliente. Estos tiempos de espera además pueden generar un aumento en los costos operativos, desmotivación del personal, accidentes (Matías y Idoipe, 2013). Por ejemplo, si una estación se ve obligada a detenerse debido a formatos incorrectos para cierto insumo, las estaciones previas deberán detener su producción o acumular producto semielaborado, mientras que las estaciones posteriores estarán encendidas a la espera. Un enfoque efectivo es la utilización de herramientas como Kanban para el flujo de insumos, SMED para la reducción de tiempos de cambios de formato, análisis causa-raíz para la identificación de causas recurrentes de fallas o ajustes y un análisis de balanceo de línea.

3. Transporte.

El desperdicio asociado a este grupo radica en la utilización de tiempo y recursos en el desplazamiento de insumos o productos cuando esta acción no genera valor al cliente. Esto puede involucrar desplazamientos de insumos, productos dentro de la planta o transporte entre almacenes, debido a una mala distribución de la planta, lo que incrementa los recorridos y el tiempo dedicado al transporte. Un buen diseño del layout puede lograr una mejor utilización del personal y la maquinaria para evitar este tipo de desperdicios.

4. Sobreprocesos.

Desperdicios asociados a procesos que no generan un valor agregado a los productos ni satisfacen las necesidades del cliente, causando un aumento de los costos y una disminución de la eficiencia del proceso. Estos sobreprocesos pueden generarse por decisiones mal fundamentadas, controles de calidad excesivos, reprocesos innecesarios. Impactando en el aumento de costos operativos, y probabilidades de accidentes debido al desgaste de equipos o sobrecarga del personal.

5. Inventario.

Presenta la forma de desperdicios más clara pues esconde ineficiencias y problemas crónicos (Matías y Idoipe, 2013). Estos desperdicios se manifiestan en la acumulación de stock inmovilizado, productos elaborados o semielaborados en exceso o insumos que no están siendo utilizados de manera eficiente o se encuentran obsoletos. Produciendo en consecuencia costos como:

- a) Costos administrativos: Para gestionar, registrar y controlar grandes volúmenes de inventario y poseer la trazabilidad de estos.
- b) Mano de obra: Utiliza recursos para manipular, mover, almacenar o desechar elementos del inventario.
- c) Mermas y suciedad: Pérdidas materiales de productos debidos a deterioro, golpes por movimientos dentro del almacén, degradación del contenido.

Para reducir este tipo de desperdicios, la aplicación del sistema Just-in-Time (JIT) logra mantener una coordinación más inmediata entre proveedores y la línea de producción, reduciendo la cantidad de elementos presentes en el inventario al consumirlos de manera más inmediata (Pulido, 2010).

6. Movimientos.

Este desperdicio es propio de las personas, suponiendo costos de tiempo que son convertidos en costos monetarios o incluso riesgos a la salud de las personas, debido a movimientos o manipulaciones de insumos, herramientas o maquinaria innecesarios. Para este tipo de desperdicios, la utilización de técnicas como 5S, SMED o un estudio sobre la disposición de los puestos de trabajo son de una mayor utilidad (Matías y Idoipe, 2013).

7. Defectos.

Hace referencia a aquellos productos que no se adecúan a las especificaciones técnicas y necesidades del cliente, provocando gastos de recursos, dinero y tiempo debido a que se encuentran asociados a rechazos o reprocesos. Para el caso de una organización que debe cumplir con la normativa alimentaria, estos desperdicios son de una mayor importancia debido a que estos errores no solo representan un costo económico, sino que además un riesgo de incumplir con el reglamento sanitario o normas de exportación.

Lean comienza como un sistema de producción en la industria automotriz por los ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno en la fábrica de autos de Toyota, una compañía japonesa. Para luego ser integrado como un sistema de mejora de procesos a nivel cultural y tecnológico, cuyo principal objetivo era eliminar desperdicios y actividades que no agregaran valor al cliente, obteniendo mejores resultados en la productividad (Jiménez et al., 2011). Sin embargo, este sistema de producción ha logrado ser integrado e implementado con éxito

en diversos sectores productivos, desde la manufactura hasta los servicios. Sin embargo, la industria vitivinícola sigue siendo un sector poco explorado en cuanto a la aplicación de esta filosofía. Dada la singularidad del proceso de producción del vino, que involucra etapas agrícolas, de manufactura, almacenamiento y distribución, la implementación de los principios Lean se presenta como un reto a la vez que como una oportunidad significativa.

Se establecen algunas características de las organizaciones (Beata Mrugalska, 2017), donde Lean Manufacturing ha sido implementado:

1. Equipos de trabajo organizados por operadores flexibles, con múltiples habilidades y con una alta responsabilidad en el trabajo de sus áreas.
2. Estructuras activas de resolución de problemas, centradas en actividades de mejora continua o Kaizen.
3. Operaciones basadas en Lean, con exposición y corrección de problemas, bajos niveles de inventario, gestión de calidad, prevención en lugar de detección y corrección, producciones JIT.
4. Alto compromiso de las políticas de recursos humanos enfocadas a compartir objetivos con la organización.
5. Relaciones cercanas con proveedores.
6. Equipos de desarrollo multifuncionales.
7. Canales de venta y distribución con enlaces cercanos a los clientes.

Lean Manufacturing en la industria vitivinícola

El estudio de Jiménez et al. (2011) ha demostrado que la aplicación de Lean Manufacturing en la industria vitivinícola representa una oportunidad que trasciende la simple optimización de procesos. Lean ha demostrado beneficios en la reducción en un 60 % del tiempo total de producción, una reducción del 13 % en materias primas, eliminación de pérdidas y deterioro del material durante el proceso, permitir un mejor uso de espacios físicos y maquinaria, y adquirir una mejor distribución de trabajo entre operadores. A través de la simulación de esta filosofía en otras 10 viñas reales, las mejoras en cuanto a reducción de materias primas se encuentran entre un 8 % y un 16 %; así mismo, el tiempo de producción sufrió una disminución del 50 % al 60 % para confirmar los resultados obtenidos (Jiménez et al., 2011). Estas mejoras se lograron a través de la utilización de las distintas herramientas de Lean, como VSM, JIT, Kanban, ha permitido identificar y abordar cuellos de botella específicos en el proceso productivo de la organización. Estos resultados no solo potencian

la eficiencia, sino que también mejoran la sostenibilidad, la rentabilidad y competitividad de un sector que posee un gran potencial.

1.2.2. Filosofía Six Sigma

'Sigma, σ , es una letra en el alfabeto griego utilizada por estadísticos para medir la variabilidad en cualquier proceso' (Pyzdek y Keller, 2010). Six Sigma corresponde a un conjunto de técnicas y principios muy eficaces, con el objetivo de mejorar procesos continuamente a través del uso principal de métodos estadísticos.

Six Sigma surge como una medida de mejora en la calidad de productos manufacturados por Motorola en Estados Unidos en la década de 1970, debido a la comparación existente entre una fábrica gestionada por una empresa japonesa y la planta de Motorola que poseían tecnología y fuerza laboral similares. Este suceso evidenció que el problema radicaba en la gestión y no en los recursos. Así es como Motorola comenzó el desarrollo de una filosofía para transformar los estándares de calidad y eficiencia en la empresa. Six Sigma se centra en la reducción de productos defectuosos, optimizando procesos y aumentando el valor agregado a través de la eficiencia operativa (Vásquez, 2004), se centra en ayudar a las organizaciones a generar más dinero a través de la mejora de la eficiencia y el valor agregado al cliente, definiendo calidad como el valor agregado por esfuerzo productivo. Esta métrica puede expresarse como 'calidad potencial' y 'calidad real'. Calidad potencial; corresponde al máximo valor agregado posible conocido por unidad de insumo. Calidad real; es el valor agregado actual por unidad de insumo. La diferencia entre potencial y real es el desperdicio (Pyzdek y Keller, 2010).

La relevancia de esta filosofía radica en la capacidad comprobada que posee para transformar las operaciones organizacionales al reducir tiempos de ciclo, prevenir defectos, aumentar la satisfacción del cliente y generar significativos ahorros de costos. En un entorno competitivo a nivel global, donde las organizaciones deben disminuir su tasa de errores, esta metodología ha demostrado ser una herramienta objetiva para alcanzar la excelencia operacional (6σ) y una competitividad global.

Estructura Six Sigma

La estructura de aplicación de Six Sigma está basada en el ciclo Shewhart/Deming, Figura 7. La cual es una herramienta versátil que busca mejorar los procesos operativos de una organización de manera continua, proporcionando un método estandarizado para la resolución de problemas y fomentando el trabajo en equipo.

Ciclo de Deming

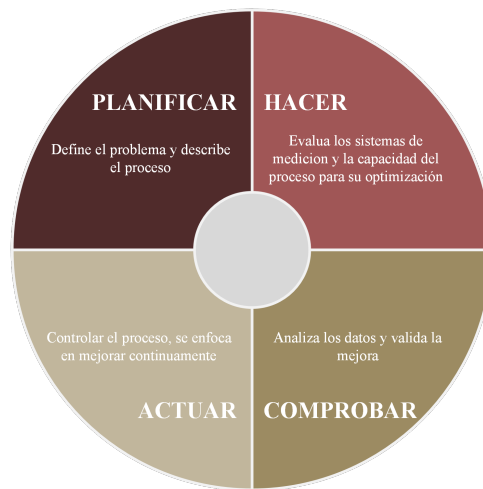


Figura 7: Ciclo Shewhart/Deming

Adaptado de Pyzdek y Keller, 2010

Otra forma de visualizar la metodología de Six-Sigma es a través del uso de la metodología DMAIC formada en base al ciclo Shewhart/Deming, utilizado para la resolución de problemas en base a datos con el objetivo de mejorar los procesos, creando una iniciativa de cambio e incentivos a través de la comunicación y trabajo en equipo.

DMAMC

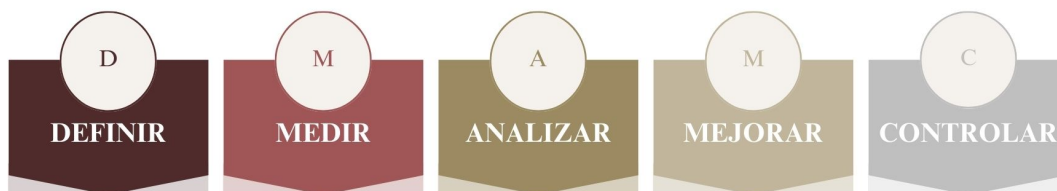


Figura 8: DMAIC

Adaptado de Pyzdek y Keller, 2010

- Definir.

Definir el problema, establecer los objetivos del proyecto y el alcance del cambio. Se identifican los grupos de interés clave (clientes, accionistas, empleados, proveedores), en conjunto de definir el equipo y las métricas claves para evaluar la calidad actual del proceso.

- Medir.

Corresponde a la recopilación de datos relevante con el fin de establecer una línea base de calidad del proceso actual y realizar una descripción del proceso para identificar áreas críticas que requieran atención, además se evalúan los sistemas de medición por medio de estudios de repetibilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad (Vásquez, 2004).

- Analizar.

Corresponde al estudio y análisis de las variables críticas definidas con anterioridad, para evaluar la capacidad y estabilidad del proceso con el fin de identificar las causas raíz de los problemas, permitiendo priorizar los problemas críticos y buscar soluciones viables, teniendo en cuenta los diferentes factores que afectan a la calidad de un proceso.

- Mejorar.

Esta etapa se encarga de optimizar los procesos a través del diseño e implementación de soluciones dirigidas a resolver las causas raíz identificadas en la etapa anterior. La mejora está destinada a reducir la variación de los procesos, a superar la resistencia al cambio y validar las mejoras realizadas. Herramientas como simulaciones, diseño de experimentos, análisis de regresión ayudan a garantizar que las mejoras propuestas sean efectivas y sostenibles (Vásquez, 2004).

- Controlar.

Se centra en mantener y monitorizar las mejoras alcanzadas y garantizar que el cambio sea sostenible a largo plazo. Esto incluye el desarrollo de estrategias destinadas a este fin que permitan capacitar agentes de cambio y la implementación de sistemas de control para continuar buscando oportunidades de mejora y realizar los ajustes necesarios a los procesos operativos.

La Tabla 1 de Esmaili et al. (2024) presenta un desglose de las fases del modelo DMAIC, incluyendo actividades, herramientas y resultados asociados.

Tabla 1

Fases y herramientas utilizadas en el modelo DMAIC

| Fase | Actividad | Herramientas de calidad utilizadas | Resultado |
|------------------|--|--|---|
| Definir | Identificación del proyecto, asignación de responsables. Determinación de necesidades del cliente. Definición del problema, objetivos y recursos del proyecto. Identificación de beneficiarios. Creación de un mapa del proceso. | Acta del proyecto, análisis de partes interesadas, esquema del proceso, voz del cliente, diagrama de dependencias. | Identificación de la importancia del proyecto, apoyo, consultores y líderes. Identificación del tipo y nivel de eficiencia del proceso. |
| Medir | Determinación de entradas y salidas del proyecto. Definición operativa de variables. Establecimiento de estándares de rendimiento y desarrollo de un plan de muestreo y recopilación de datos. | Programas y formularios de recopilación de datos, gráficos de control, diagramas de Pareto, matriz de priorización, capacidad del proceso. | Identificación de problemas del proceso, patrones de datos y capacidad actual del proceso. |
| Analizar | Modelado del proceso. Establecimiento de relaciones causales usando datos. Análisis del mapa del proceso para determinar las causas raíz de los problemas. | Diagramas de causa y efecto, de dependencias, de control, de flujo y de Pareto, lluvia de ideas. | Identificación de causas potenciales, priorización de las causas principales y análisis de cambios en los datos. |
| Mejorar | Desarrollo de soluciones, evaluación de riesgos y éxito de las soluciones. Validación e implementación de soluciones y determinación de su efectividad. | Diseño de experimentos, pruebas de hipótesis, análisis de partes interesadas, sesiones de lluvia de ideas, consenso. | Identificación de soluciones, criterios para selección e implementación de soluciones. |
| Controlar | Determinación de controles y mediciones necesarias. Implementación de controles, demostración de beneficios, cierre del proyecto y transferencia de resultados. | Control estadístico del proceso, gráficos de control, programas ejecutivos para límites fuera de control, cambios en el diseño para eliminar defectos. | Estandarización de nuevos métodos, monitoreo y mejora continua de los procesos. |

Adaptado de Esmaili et al., 2024

La clave para conseguir que la metodología DMAIC se aplique de forma adecuada según Acosta y Herrera (2000) es:

1. Trabajar con un enfoque centrado en las necesidades y los requerimientos del cliente.
2. Una clara identificación de las causas de los problemas que atentan contra la calidad del producto final o del servicio prestado, evitando las soluciones apresuradas que generen decisiones erradas sin fundamentos estadísticos.
3. Realización de mediciones de todas las variables críticas del proceso, lo que implica el conocimiento profundo de cada uno de los procesos que conforman el flujo de trabajo de la organización.
4. Utilización de herramientas estadísticas apropiadas que conduzcan a soluciones viables y efectivas.
5. Control mediante un seguimiento constante que evaluará las diferentes actividades que se encaminen a la solución de un problema de calidad.

1.2.3. Lean Six Sigma

Lean Six Sigma es una metodología que integra en ella características de Lean Manufacturing y de Six Sigma, lo que se traduce en una metodología enfocada en reducir la variación de los procesos, reduciendo la cantidad de desperdicios y promoviendo el trabajo continuo y estandarizado. La fusión de Lean y Six Sigma como métodos de mejora según George (2003) es debido a:

- Lean no puede llevar un proceso a un control estadístico.
- Six Sigma por si solo no puede mejorar la velocidad del proceso ni reducir el capital invertido.
- Ambos permiten la reducción de los costos asociados a la complejidad.

La implementación efectiva de Lean Six Sigma requiere una combinación de habilidades técnicas y humanas. Los 7 principios de esta metodología según Morgan y Brenig-Jones (2012) son:

- Enfoque en el cliente.

Los elementos críticos para la calidad (CTQ's) describen los aspectos que el cliente considera fundamentales para la calidad. Con esto en mente, se definen las métricas

del proceso necesarias para evaluar que tan bien cumplen estos elementos críticos. Centrarse en el cliente y el 'valor agregado' es fundamental, debido a que por lo general, solo entre un 10 % a 15 % de las etapas de un proceso aportan valor, lo cual representa a menudo un 1 % del tiempo total del proceso. Por lo cual al mejorar el desempeño de los CTQ's aumentan las probabilidades de retener cliente, ganar nuevos negocios y aumentar la participación de la organización en el mercado.

- Identificar y comprender como se lleva a cabo el trabajo.

El flujo de valor describe todos los pasos de un procedimiento, en virtud de esto, al crear un mapa de flujo de valor, es posible identificar pasos que no agregan valor al cliente, áreas de desperdicio y garantizar el enfoque del proceso en los CTQ's.

- Gestionar, mejorar y suavizar el flujo del proceso.

Este concepto fomenta la utilización del flujo continuo y de una pieza, con la necesidad de identificar los pasos que no agregan valor al proceso y la intención de quitar a estos pasos del proceso. Se recurre al concepto de *Pull* (producir bajo demanda) para comprender y mejorar el flujo con el objetivo de evitar cuellos de botella en los procesos.

- Eliminar desperdicios y pasos que no agregan valor.

Necesario para mejorar el flujo y eficiencia en general. Haciendo referencia a los 3 tipos de Muda y sus siete categorías.

- Gestionar con base en datos y reducir la variación.

La gestión basada en datos precisos asiste al análisis y desarrollo de conclusiones y soluciones correctas. Esto implica medir las cosas correctas de la manera adecuada. Utilizando gráficos de control que permitan interpretar de manera correcta comprendiendo la variación de los procesos y señalando de manera clara cuando es necesario actuar.

- Involucrar y capacitar a las personas en el proceso.

Es necesario comprometer a las personas en el proceso, equipando al personal con herramientas que les permitan cuestionar y ser capaces de mejorar tanto sus procesos, como su forma de trabajar. La participación efectiva requiere de un cambio de mentalidad y de cultura organizacional para provocar verdaderos cambios en la empresa.

- Realizar actividades de mejora en una forma sistemática.

Entran en juego las diferentes herramientas de Six Sigma, como DMAIC o el ciclo Deming, que proporcionan una estructura de trabajo a las distintas herramientas de Lean.

Lean Six Sigma en la industria vitivinícola

Existen aplicaciones documentadas de Lean Six Sigma en la industria vitivinícola que demuestran su potencial. Un ejemplo destacable es el caso de una bodega de alta gama en la Toscana, Italia, donde la aplicación de Lean Six Sigma permitió optimizar el proceso de trasvase de vino, reduciendo significativamente errores operativos como tiempos de descarga en línea de piping (-33,4 horas), pérdidas de vino (-5.880 litros), y pérdidas de ventas asociadas a las pérdidas de productos (-98 %) (Bettini et al., 2010).

En Chile, la adopción de Lean Six Sigma en la industria vitivinícola nacional se enfrenta a desafíos derivados de las particularidades geográficas y económicas. Como destacado productor de vinos a nivel internacional, debe lidiar con problemas como la adaptación al cambio climático, las fluctuaciones de la demanda global sujetas a contextos políticos entre diferentes países, y en particular de este caso, la necesidad de elaborar productos en función de pedidos específicos siguiendo un modelo de fabricación a contra pedido.

A pesar de estos retos, Lean Six Sigma ofrece un marco robusto para enfrentar estas limitaciones, pues estos sectores poseen un amplio campo de mejora (Bettini et al., 2010). La metodología permite identificar ineficiencias en áreas críticas como la producción, distribución y gestión de inventarios, todas áreas clave para la reducción del *leadtime* en una organización con un modelo de fabricación a contra pedido. La experiencia internacional demuestra que esta metodología puede implementarse con éxito, mejorando la calidad, reduciendo desperdicios y fortaleciendo la competitividad a nivel global.

Indicadores de desempeño en Lean Six Sigma

En Lean Six Sigma, los indicadores de desempeño son de carácter importante dentro de la fase de Medición del ciclo DMAIC, ya que permiten establecer una línea base del proceso, identificar brechas de eficiencia y cuantificar el impacto de los planes de acción implementados. En el caso de procesos productivos, como la línea de embotellado, estas métricas son fundamentales para garantizar la alineación entre los objetivos de la organización y los resultados obtenidos. Para la definición del plan de mejora y el sistema de medición asociado, se emplearán los siguientes indicadores:

■ Capacidad.

La capacidad estará relacionada al número de unidades que la línea o a lo que cada estación que conforma la línea es capaz de entregar, tomando en cuenta un determinado período de tiempo (Heizer y Render, 2015). En este concepto, se pueden diferenciar dos alternativas: capacidad proyectada y capacidad efectiva; la capacidad proyectada refiere a la producción máxima teórica que puede realizar un sistema en un periodo de tiempo determinado en condiciones indicadas por el fabricante (ideales). Mientras que la capacidad efectiva refleja la capacidad de producción que se pueden esperar alcanzar bajo las condiciones normales de cada organización, después de considerar limitaciones y pérdidas. En términos generales, esta se obtiene a partir de determinar el tiempo disponible $T_{Disponible}$, en el caso de la capacidad proyectada, este $T_{Disponible}$ no posee pérdidas ligadas a la operación; por otro lado, la capacidad efectiva posee limitaciones por lo cual el tiempo disponible es menor, debido a actividades que se involucran en el contexto de operación normal de una organización como:

- Falta de programación de producción.
- Planta cerra por días no laborales o feriados legales.
- Tiempos de mantenciones planificadas.
- Tiempos planeados (horarios de colación, pruebas en línea, aseo planta, entrega de turno, reuniones, descarga de línea)

Dando forma al tiempo disponible.

$$T_{Disponible} = T_{Base} - T_{NoDisponible} \quad (1.1)$$

En base a esto, es posible calcular la capacidad efectiva de su proceso en base a la velocidad teórica de la línea o estación de interés.

$$\text{Capacidad Efectiva} = v_{teorica} \cdot T_{Disponible} \quad (1.2)$$

- Eficiencia Corresponde al porcentaje de la capacidad efectiva alcanzado realmente (Heizer y Render, 2015). Para alcanzar altos niveles de eficiencia es necesario realizar de manera óptima los procesos con un mínimo de desperdicios, asegurando que los recursos utilizados se conviertan en productos o resultados útiles para el cliente. Este indicador refleja la gestión de los tiempos y recursos en relación con las condiciones

operativas reales. Esto permitirá conocer de qué manera se desempeñan los diferentes tipos de productos e insumos en las diferentes estaciones y a lo largo de la línea.

$$\text{Eficiencia} = \text{Producción Real} / \text{Capacidad Efectiva} \quad (1.3)$$

■ OPI

Indicador de Rendimiento Operacional (OPI) corresponde a un indicador que cuantifica el rendimiento operacional de un producto o proceso (Liew et al., 2018), este proporciona una visión global del rendimiento del sistema. Con una serie de clasificaciones del tiempo comienza a desglosarse a partir del T_{Base} , el cual considera todo el tiempo disponible en un período de tiempo. Este es obtenido a partir de.

$$\text{OPI} = \text{Tiempo Teórico Producción} / \text{Tiempo Personal} \quad (1.4)$$

El tiempo teórico de producción hace referencia al tiempo que teóricamente se destinó solo a producir, luego de restarle pérdidas de tiempo por paradas menores, debido a productos no conformes, por cambios de formato, o cualquier otra actividad que hubiese afectado al estado de operación del operador y máquina en conjunto, mientras que el tiempo con personal incluye únicamente el tiempo que hubo personal en la planta. Se decide utilizar el OPI, pues este ya se encuentra en aplicación dentro de la empresa; esto disminuye la resistencia al cambio en todo nivel de la organización, pues se adopta la cultura presente, así como el lenguaje a lo largo del desarrollo del trabajo.

■ OEE

Eficiencia general de los equipos (OEE), corresponde a otro indicador del cual es encargado el área de programación con el fin de identificar el porcentaje del tiempo de producción planificado que realmente corresponde a tiempo productivo. Es una métrica indicada para identificar pérdidas, comparar el progreso y mejorar la productividad de los equipos de fabricación (Vorne Industries, 2011). Obtenida a partir de 3 factores .

- Factor de Disponibilidad.

Corresponde al tiempo que toma en cuenta las paradas planeadas y no planeadas. Una disponibilidad del 100 % significa que el proceso esta siempre en operación

durante el tiempo productivo planeado.

$$\text{Factor de Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo de producción planificado}} \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de ejecución} & \quad (1.6) \\ &= \text{Tiempo de producción planificado} \\ &\quad - \text{Tiempo de parada} \end{aligned}$$

- Factor de Rendimiento.

Este factor tiene en cuenta todos los eventos que producen retrasos o una disminución de velocidad en el proceso. Un rendimiento del 100 % indica que el proceso esta funcionando, tan rápido como es posible dentro de los límites de la organización.

$$\text{Factor de Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ejecución neto}}{\text{Tiempo de ejecución}} \quad (1.7)$$

$$\text{Tiempo de ejecución neto} = \text{Unidades totales} \cdot \text{Tiempo de ciclo ideal} \quad (1.8)$$

El tiempo de ciclo ideal, corresponde al menor tiempo de ciclo que el proceso podría lograr en circunstancias óptimas para el contexto de la empresa, el factor de rendimiento también se puede calcular como.

$$\text{Factor de Rendimiento} = \frac{(\text{Unidades totales}/\text{Tiempo de ejecución})}{\text{Tiempo de ejecución ideal}} \quad (1.9)$$

- Factor de Calidad

El factor de Calidad permite incorporar la cantidad de piezas fabricadas no conformes según los estándares de calidad, incluyendo piezas que necesitan reparaciones o reprocesos. Es obtenido a partir de.

$$\text{Factor de Calidad} = \frac{\text{Unidades buenas}}{\text{Unidades totales}} \quad (1.10)$$

Para complementar la información de los indicadores, es imperativo recurrir a herramientas y métodos que permitan realizar un diagnóstico, análisis e implementación de mejoras en los procesos productivos evaluados. Estas herramientas proporcionan una guía estandarizada para el desarrollo de los objetivos propuestos. A través de la revisión de la

literatura sobre Lean Six Sigma, en la Tabla 2 se detalla una guía de herramientas útiles con base en el campo de estudio de la industria alimentaria.

Tabla 2

Guía de herramientas por objetivos de investigación y fases DMAIC

| Referencias | Definir (D) | Medir (M) | Analizar (A) | Mejorar (M) | Controlar (C) | Objetivo de la investigación |
|----------------------------|--|--|--|---|---|--|
| Jamil et al., 2020 | Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) | Diagrama de Pareto, métricas de sostenibilidad | de Ratio de Agregado | de Valor Futuro Mapeo de la Cadena de Valor (FVSM) | de Monitoreo | Mejora continua, creación de operaciones de manufactura sostenibles |
| Kumar et al., 2019 | Carta del proyecto, diagrama SIPOC, diagrama de Pareto | Rendimiento Acumulado (RTY), Análisis de Causa Raíz (RCA), capacidad del proceso | Análisis de regresión, prueba de hipótesis | Diseño de Experimentos (DOE), kaizen, análisis de riesgos y mitigación | de Gráficos de control | Mejorar el rendimiento y la productividad, minimizar rechazos |
| Hidayat et al., 2021 | Crítico para la Calidad (CTQ) | Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO), cálculo del rendimiento, SQL | Diagrama de Pareto | Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA) | Propuesta | Minimizar defectos y proponer recomendaciones utilizando DMAIC y FMEA |
| Hasbullah y Febriana, 2021 | Diagrama SIPOC, diagrama de Pareto | Proceso de capacidad | Análisis de Árbol de Fallos (FTA), FMEA, análisis de correlación | Simulación, poka-yoke, actualización de FMEA | Control estadístico del proceso | Mejora de la calidad y reducción de desperdicios |
| Adeudu et al., 2020 | Diagrama de Pareto | Eficiencia General de los Equipos (OEE) | RCA | Cambio de Herramientas Operativas (SMED), 5S (Clasificar, Organizar, Limpiar, Estandarizar, Mantener) | Rápido Procedimientos Operativos Estandarizados (SOP) | Optimizar el proceso de producción, minimizar el tiempo de inactividad de las máquinas |
| Setiawan y Setiawan, 2020 | SIPOC | CTQ, gráfico de control, DPMO | de RCA | 5W + 1H (Qué, Dónde, Cuándo, Por qué, Quién, Cómo) | Gráficos de control, DPMO, nivel sigma | Minimizar defectos para alcanzar la perfección y mejorar la calidad |
| Widiwati et al., 2024 | VSM | RTY, diagrama de Pareto, gráfico de control, DPMO | de RCA, FMEA | Plan de recomendaciones, 5S, FVSM | de Monitoreo | Analizar el rendimiento y minimizar desperdicios en las operaciones de manufactura |

Adaptado de Widiwati et al., 2024

Herramientas para el diagnóstico

La etapa de diagnóstico considera las fases de Definir y Medir de DMAIC, como referencia se describirán las herramientas mencionadas en la Tabla 2 en conjunto con las herramientas incorporadas a partir de las diferentes metodologías descritas para lograr una mayor descripción cualitativa y cuantitativa de los procesos productivos.

La primera herramienta a utilizar corresponde a Value Stream Map (VSM) o su traducción como mapa de flujo de valor, este representa todos los pasos del proceso relacionados con convertir la necesidad del cliente en un producto o servicio entregado. Donde cualquier actividad que crea valor para el cliente se denomina 'de valor agregado' en contraste, aquellas

que no lo hacen se definen como 'sin valor agregado'. El mapa del flujo de valor, según George (2002) proporciona un esquema para la comprensión del proceso actual mediante.

- Visualización de múltiples niveles del proceso.
- Destacando los desperdicios y sus fuentes.
- Haciendo evidentes aquellos puntos de decisión 'ocultos'.

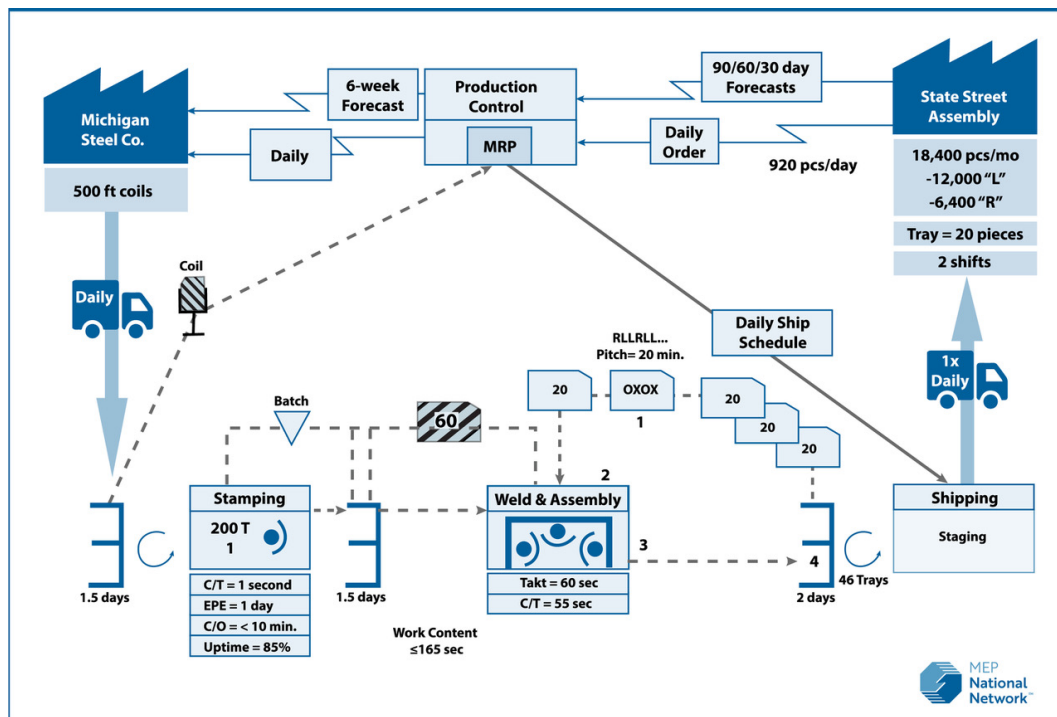


Figura 9: Ejemplo mapa flujo de valor

Adaptado de Dill, 2022

El esquema entrega una comprensión integral del proceso, el diseño de un plan de medición se vuelve lógico. Puesto que el VSM revela áreas críticas donde la recolección de datos es necesaria para evaluar el proceso actual y mantener una monitorización y control del impacto de las mejoras propuestas. De este modo, un plan de medición se fundamenta en las oportunidades de mejora descubiertas, para garantizar que los indicadores se alineen a los objetivos propuestos. Gestionar en base a hechos es uno de los principios clave de Lean Six Sigma; es necesario contar con datos precisos y consistentes para cumplir con este criterio (Morgan y Brenig-Jones, 2012). Una buena fuente de información permite impulsar

la implementación de oportunidades de mejora que resalten el desempeño deficiente frente a los CTQ's o señalar el impacto de las oportunidades a abordar para un desperdicio, permite comprender el nivel actual del proceso operativo y, a la vez, proporciona un medio para comparar ese desempeño y priorizar ciertas acciones sobre otras.

Al desarrollar soluciones que aborden la causa raíz de los problemas, será necesario poseer buenos datos que permitan determinar la forma más efectiva de gestionar estas soluciones. Para ello, es necesario determinar un correcto plan de medición e identificar los elementos clave que se necesitarán evaluar en este. Morgan y Brenig-Jones (2012) establecen que la recolección de información involucra 5 pasos.

1. Acordar los objetivos y metas vinculados a los resultados claves del proceso para cumplir con los CTQ's.
2. Desarrollar definiciones y procedimientos operativos que ayuden a garantizar claramente lo que se está midiendo y porqué.
3. Acordar reglas básicas para garantizar una recopilación válida y coherente de datos.
4. Recopilación de datos.
5. Continuar con la recopilación e identificar formas de mejorar esta medición.

La consistencia de la información recopilada es fundamental para garantizar la efectividad de los planes de mejora. Lean Six Sigma ofrece un marco de técnicas para asegurar la validez y consistencia de los datos, como lo son el análisis del sistema de medición (MSA), incluyendo métodos como Gauge R&R y análisis de concordancia de atributos. Estos distintos enfoques permiten evaluar la variación introducida por el sistema de medición y aseguran que los datos sean confiables. Es inevitable que dentro de los procesos operativos exista variabilidad producto de los distintos factores que los afectan. Se establecen 2 tipos comunes de variación:

1. Variación natural. Son variaciones resultantes de eventos esperados a partir del diseño y operación de los procesos.
2. Variación por causas especiales. Corresponden a variaciones no esperadas las cuales surgen a partir de factores externos o internos poco comunes que afectan los resultados del proceso, debido a esto el proceso pierde estabilidad y su desempeño se vuelve impredecible.

Para un correcto desarrollo de la fase de diagnóstico se incorporan un conjunto de herramientas ilustradas a través de la Figura 10 para desarrollar la información necesaria a lo largo del proyecto, como:

- Gemba Walk.
- Hoja de Verificación/Autocontrol.
- Diagrama de flujos.
- 5W+2H
- Diagrama de Ishikawa

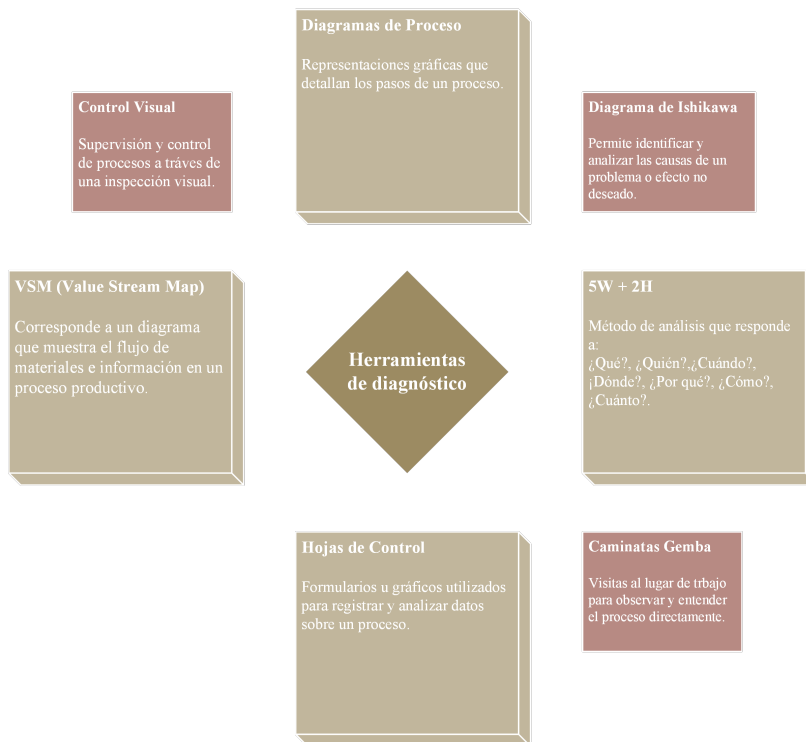


Figura 10: Herramientas de diagnóstico

Herramientas y métodos para el análisis

La fase de análisis dentro de la metodología DMAIC se centra en la determinación de variables significativas, evaluar la estabilidad y capacidad del proceso (Vásquez, 2004), en conjunto con identificar las causas raíz de las oportunidades de mejora detectadas durante la etapa de diagnóstico. En este contexto es que se utilizan herramientas que permiten explorar los datos recopilados luego de haber definido los procesos operativos, interpretar las variables críticas y evaluar cómo estas influyen en el desempeño del proceso (Pyzdek y Keller, 2010). Estas herramientas buscan confirmar las hipótesis sobre las fuentes de ineficiencia

o desperdicio, además de proporcionar una base para la priorización de acciones. Estas herramientas corresponden a:

- Gráficos de control.
- Diagrama Causa-Efecto.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama 5 porqué.
- 7M ("M" por "Management")

Métodos de implementación

Por último, durante la implementación se enfocarán las herramientas en ejecutar las soluciones diseñadas y garantizar la sostenibilidad y control de estas. Con el objetivo de gestionar el cambio de manera efectiva y establecer mecanismos para mantener las mejoras en el largo plazo. Estas herramientas, además, permiten validar los resultados obtenidos, estandarizar las nuevas prácticas y prevenir la recurrencia de problemas y se encuentran conformadas por.

- Estandarización de procesos.
- SMED (Single Minute Exchange of Die).
- Kanban.
- Capacitación de personas.

1.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total es una filosofía de gestión desarrollada por Seiichi Nakajima, la cual corresponde a un 'enfoque ... para el mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo, elimina las averías y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios' (Nakajima, 1988). Esta metodología surge como una evolución del mantenimiento preventivo tradicional, incorporando principios de calidad total y mejora continua. Según el modelo propuesto por Nakajima en 'mantenimiento productivo total' la palabra 'total' tiene 3 significados que describen las características principales del TPM (Nakajima, 1988):

1. Efectividad total. Indica que el TPM persigue la eficiencia económica o rentabilidad.

2. Sistema de mantenimiento total. Incluye prevención del mantenimiento (MP) y mejora del mantenimiento (MI) así como mantenimiento preventivo.
3. Participación total de todos los empleados. Incluye mantenimiento autónomo por los operarios a través de las actividades de pequeños grupos.

El objetivo principal del TPM es que las actividades realizadas mejoren la producción al incrementar la productividad a través de minimizar las 'entradas' y maximizar las 'salidas' de los procesos (Nakajima, 1988). Entendiendo las 'entradas' como el personal, máquinas y materiales, mientras que las 'salidas' corresponden a la producción, calidad, costo, entrega, seguridad, salud, entorno y moral. Estas pueden ser representadas mediante una matriz presente en la Figura 11.

| Relación entre "Entrada" y "Salida" en actividades de producción | | | | |
|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|
| Entrada \ Salida | Dinero | | | Técnica |
| | Mano de Obra | Máquina | Material | |
| Producción | ↓ | ↓ | ↓ | Control de Producción |
| Calidad | ↓ | ↓ | ↓ | Control de Calidad |
| Costo | ↓ | ↓ | ↓ | Control de Costo |
| Entrega | ↓ | ↓ | ↓ | Control de entrega |
| Seguridad | ↓ | ↓ | ↓ | Seguridad y control de la contaminación |
| Moral | ↓ | ↓ | ↓ | Relaciones Humanas |
| Salida \ Método | Gestión Mano de Obra | Equipos de Planta y Mantenimiento | Control de Inventario | Productividad = Salidas/Entradas Objetivo final de la Producción |

Figura 11: Matriz Salida/Entrada TPM

Adaptado de Nakajima, 1988

Una de las contribuciones más importantes de TPM es la definición de las llamadas 'seis grandes pérdidas', las cuales representan las principales causas de ineficiencia en los equipos productivos. Estas pérdidas están alineadas con los factores involucrados en el OEE: disponibilidad, desempeño y calidad. Estas pérdidas son obstáculos para maximizar la efectividad del equipo y son (Nakajima, 1988):

- Tiempo de parada:
 1. Fallos del equipo y averías.
 2. Cambios de insumos y ajustes de cambio de moldes en las máquinas.
- Pérdidas de velocidad:
 1. Tiempos en vacío y paradas menores debidos a operación anormal de sensores, bloque de insumos, etc.
 2. Reducción de velocidad debido a discrepancias entre la velocidad de diseño y la actual del equipo.
- Defectos:
 1. Defectos de procesos debido a desechos y defectos de calidad a reparar.
 2. Reducción de rendimiento desde el arranque de la máquina a la producción estable.

Como es apreciable, estas pérdidas permiten un diagnóstico detallado de las ineficiencias operativas y guían las acciones correctivas dentro del plan de mantenimiento.

1.3.1. Integración entre TPM y Lean Manufacturing

Según Ulibas, 2020, “la mejora continua y el esfuerzo por la perfección vinculan fuertemente la TQM y el LP cuando se implementan simultáneamente. Esto se refuerza aún más mediante equipos multifuncionales, círculos de calidad y la facilitación de un sistema de sugerencias. De esta manera, se mejora la participación y el compromiso de los empleados para impulsar las actividades de mejora continua”.

Diversos autores coinciden en que las filosofías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Lean comparten principios fundamentales orientados a la mejora continua, la eficiencia operativa y la participación activa del personal en procesos productivos. Investigaciones recientes (Ulibas, 2020; Ricondo y Viles, 2005; Anvari et al., 2011) señalan

que ambas metodologías pueden complementarse eficazmente cuando su implementación es planificada e integrada desde una base de compatibilidad metodológica, más que como sistemas independientes o excluyentes.

Aunque existen diferencias conceptuales en los focos de mejora de cada filosofía, como Ricondo y Viles, 2005 lo establece en la siguiente oración, "TPM y Six Sigma están basados en reducir la variabilidad, mientras que Lean está centrado en eliminar los desperdicios y agregar valor", las tres metodologías comparten como objetivo central la mejora continua del desempeño del sistema.

En ese sentido, utilizar los conceptos de pérdidas (definidas en TPM) y mudas (definidas en Lean) como instrumentos complementarios para analizar las ineficiencias en la línea de embotellado. A pesar de que no se ha establecido en la literatura una correspondencia directa entre ambas categorías, su naturaleza funcionalmente equivalente permite abordar las trabas al rendimiento ideal desde una mirada unificada. Las pérdidas del TPM, como las paradas no programadas, defectos o velocidades reducidas, pueden ser interpretadas como formas operativas de muda en el marco Lean. Este enfoque no busca plantear una nueva hipótesis teórica, sino aprovechar la sinergia existente entre ambas metodologías para fortalecer el diagnóstico del proceso productivo y facilitar la priorización de oportunidades de mejora, "al tener una perspectiva del alcance detallado y holístico de la relación entre TPM y Lean, es posible desarrollar un programa integral de implementación simultánea con técnicas de mejora continua integradas" (Ulibas, 2020).

1.4. Teoría de las restricciones (TOC)

La teoría de las restricciones corresponde a un 'conjunto de conocimientos que se ocupa de cualquier cosa que limite o restrinja la capacidad de una organización para alcanzar sus objetivos' (Heizer y Render, 2015). Estas restricciones pueden tener diferentes características entre sí, y de acuerdo a esta teoría siempre existe un elemento limitante principal en cualquier sistema denominado 'cuello de botella'. La identificación y gestión de estas restricciones son necesarias para la optimización del desempeño general del sistema. El libro *La Meta*, de Eliyah M. Goldratt, introduce la idea de que la productividad del sistema está regida por el cuello de botella más restrictivo, y que la mejora continua debe enfocarse en gestionar y habilitar estas restricciones. A través de su narrativa, destaca la importancia de sincronizar la utilización de recursos y enfocarse en optimizar la continuidad del flujo. Esta teoría puede llevarse a cabo a través de un procedimiento de 5 pasos (Heizer y Render, 2015).

1. Identificar las restricciones.
2. Elaborar un plan para superar las restricciones identificadas.
3. Concentrar los recursos en lograr el paso anterior.
4. Reducir los efectos de las restricciones reduciendo la carga de trabajo o aumentando la capacidad. Asegurarse que las restricciones sean identificadas por todos aquellos que tengan participación sobre la misma.
5. Una vez superado el conjunto de restricciones, volver al inicio del procedimiento.

Un cuello de botella puede ubicarse en cualquier parte de un proceso productivo, desde una estación de trabajo hasta un criterio de programación. Una cadena de producción posee un cuello de botella cuando una parte del proceso productivo es más lenta que los demás y la productividad del sistema se ve limitada a causa de ella; es así como la falta de capacidad de un proceso restringe la productividad de una organización. La aplicación de la Teoría de las restricciones se aplica a través de la metodología DBR (Drum, Buffer, Rope), el cual es un método de gestión, programación y ejecución que permite aplicar TOC a la programación de procesos de una empresa. 'La Meta' (Goldratt, 2024) introduce por primera vez estos conceptos a través de ejemplos metafóricos. Drum, corresponde al cuello de botella del proceso productivo y se debe trabajar a su máxima capacidad para lograr marcar el ritmo de la producción. Para asegurar que el proceso productivo no se interrumpa, se utilizan buffers de tiempo, para lograr que, en caso de efectuarse algún problema o retraso en pasos anteriores al cuello de botella, haya tiempo para subsanarlo. Con esto, el buffer actúa como un amortiguador, absorbiendo la variación que pueda producirse y manteniendo el flujo uniforme de la producción y el tambor funcionando a plena capacidad sin interrupciones. Finalmente, rope, representará los enlaces o comunicación entre el cuello de botella y las fases anteriores. Este sistema es el método con el cual la teoría de las restricciones logra implementar un sistema Pull de producción, reduciendo las necesidades de inventario y proporcionando respuestas más fiables y estables ante las variaciones de la demanda, permitiendo incrementar la productividad y reduciendo costos operativos.

Esto expresa la necesidad de gestionar estas restricciones de manera adecuada; Heizer y Render, 2015 establece 4 principios para esta gestión.

1. Liberar órdenes de trabajo en el sistema al ritmo marcado por la capacidad del cuello de botella (Drum), otorgando el ritmo de producción al proceso productivo.
2. El tiempo perdido en el cuello de botella representa capacidad perdida para todo el sistema, por lo cual es necesario mantener constantemente con un flujo uniforme ocupado al cuello de botella.
3. Incrementar la capacidad de una estación de trabajo que no sea un cuello de botella no es más que un espejismo. Pues no tienen impacto en la capacidad total del sistema. Esto puede simplemente crear inventario adicional, con los efectos negativos que esto tiene.
4. Incrementar la capacidad del cuello de botella aumenta la capacidad de todo el sistema.

Mientras la teoría de las restricciones está centrada en identificar las restricciones y cuellos de botella para su eliminación u optimización desde una perspectiva de la misma organización. Lean Six Sigma se basa en la eliminación de desperdicios a través de la mejora continua de los procesos en base a datos y con una perspectiva en agregar valor al cliente. Es así como ambas metodologías pueden trabajar en conjunto en diversas áreas de trabajo en busca de una mejora continua de los procesos productivos. Pues ambas teorías buscan el aumento de ganancias y rentabilidad a partir de la identificación y eliminación de desperdicios, lo que transforma en una optimización de los procesos que se ven reflejados a través del rendimiento y la productividad de estos (Soto-Chavez et al., 2021).

1.5. Diseño de líneas

Un diseño de layout es un proceso clave para determinar la eficiencia y la gestión de los procesos productivos a largo plazo. Un layout eficiente no solo busca organizar el espacio y los recursos, también tiene un impacto en el flujo de materiales, la reducción de desperdicios, la sincronización entre distintos procesos y el valor agregado que requiere el cliente. 'El objetivo de la estrategia de layout es desarrollar un layout eficaz y eficiente que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa' (Heizer y Render, 2015). Layout corresponde al proceso de orden y planificación de los elementos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, con el fin de alcanzar los objetivos de producción de la forma más adecuada y eficiente posible (Jacobs y Chase, 2011).

Los layouts orientados al producto destacan por organizar los elementos en torno a sus productos debido a los altos volúmenes de producción y baja variedad entre estos. Se basan en una producción progresiva unida por algún método de transporte entre máquinas o estaciones, donde los recursos se ordenan en base a la secuencia de tareas, según Garcia-Sabater, 2020 y Heizer y Render, 2015, existen 2 tipos de líneas de producción.

- Línea de fabricación.

Corresponde a una instalación cuyo objetivo es la elaboración de componentes, donde ocurre una transformación sucesiva de la materia prima hasta la obtención del producto dirigida por el ritmo de las máquinas.

- Línea de ensamblaje.

Un enfoque donde las piezas fabricadas se ensamblan a través de una serie de estaciones de trabajo, a través de procesos repetitivos. La actividad fundamental durante el diseño de estas líneas corresponde al balanceo de estas.

Una línea puede especializarse en distintas áreas en función de cómo opera. Si los productos se mueven entre estaciones de forma que el operador es quien mueve el producto, corresponde a una línea manual; si este proceso es realizado a través de mecanismos que se encargan de mover el producto, es automática. De acuerdo a la forma en que se dirige el ritmo de trabajo, la línea puede estar bajo una velocidad constante bajo un flujo de productos sincronizados mediante un transportador que mueva los artículos, o unpaced refiriéndose a que las estaciones operan de manera independiente. Posteriormente, enfocándose en la variedad de productos que se pueden fabricar en una sola línea, se tienen líneas monomodelos donde únicamente se fabrica un tipo de producto o multimodelos donde se permite la fabricación de varios tipos de productos que se pueden llevar a cabo a través de.

- Trabajar con un producto y dejando que este finalice su proceso para fabricar el siguiente.

- Descargando la línea con los productos semielaborados preparándose para el siguiente producto.

Un problema común en el diseño de líneas de montaje corresponde al denominado Balance de Líneas (Boysen et al., 2007), una línea de montaje que posea un equilibrio entre la carga de sus estaciones posee una alta utilización de su personal e instalaciones (Heizer y Render, 2015), equipos y métodos de trabajo utilizados junto con el flujo de procesos y

relaciones entre las diferentes actividades que la conforman. Para ello, se utilizan diagramas de precedencia para visualizar la secuencia que se sigue desde el ingreso de la materia prima hasta la salida del producto y los tiempos de realización de cada estación, con el fin de asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no reciba más de lo que puede realizar en su tiempo de ciclo (Jacobs y Chase, 2011).

El tiempo de ciclo se refiere al tiempo máximo en el cual un producto puede permanecer en la estación para lograr la tasa de producción requerida.

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Demanda diaria de unidades}} \quad (1.11)$$

Posteriormente se necesita determinar la cantidad mínima de estaciones de trabajo N_t para cumplir con el tiempo de ciclo de la estación evaluada, esto con el fin de determinar si una estación está siendo sobrecargada y en qué magnitud, mediante.

$$N_t = \frac{\text{Suma de tiempos de las tareas}}{\text{Tiempo de ciclo}} \quad (1.12)$$

Equilibrar la línea, asignando reglas principales para lograr asignar las tareas a cada estación de trabajo, puede convertirse en un proceso iterativo, a partir de la eficiencia del balanceo obtenido a partir de.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Número real de estaciones de trabajo} \cdot \text{Tiempo de ciclo}} \quad (1.13)$$

A partir de esto, si la eficiencia no es el valor esperado, se realiza nuevamente el balanceo de la línea en base a otra regla de decisión.

1.6. Gestión de cadena de suministros y planificación

La gestión de la cadena de suministros y la planificación productiva es la coordinación estratégica de las funciones dentro de una organización ligadas a la integración de la oferta y la demanda de una empresa. Participando en actividades que incluyen el abastecimiento, adquisición de materiales y servicios, hasta actividades de transformación y logística (Stevenson, 2015). Cada empresa es parte de al menos una cadena de suministros, una cadena de suministros típica de una empresa de manufactura está ilustrada en la Figura 12

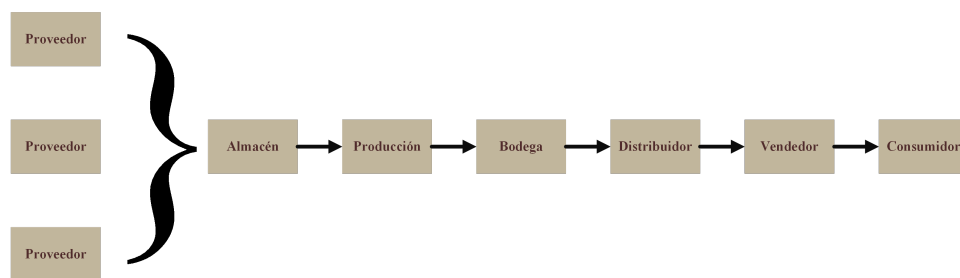


Figura 12: Modelo de cadena suministros en manufactura

La importancia de una cadena de valor radica en que esta "conecta a los proveedores con productores y, finalmente, consumidores en una red de creación y entrega de bienes y servicios" según Stevenson, 2015. En el caso particular de la industria vitivinícola, la coordinación de suministros con la programación de producción representa un desafío estratégico, debido a factores como la estacionalidad agrícola, la variabilidad del producto, la coexistencia de formatos diversos y la creciente orientación hacia modelos de fabricación a contra pedido. Por ello, una gestión efectiva de la cadena de suministros debe integrar herramientas que permitan mejorar la visibilidad, reducir los tiempos de respuesta y facilitar decisiones más robustas sobre compras, almacenamiento, planificación y producción.

Un aspecto importante de la gestión de la cadena de suministros es la capacidad para anticipar, mitigar y responder ante eventos disruptivos que puedan comprometer la continuidad operativa. Stevenson, 2015 establece que la gestión de riesgos implica la identificación de riesgos potenciales, la evaluación de su probabilidad e impacto, y el diseño de estrategias para abordarlos, tales como eludir el riesgo, la reducción de este o la distribución de la ventura con socios estratégicos de la cadena de suministro.

Un concepto clave relacionado es la resiliencia de la cadena de suministro, entendida

como la capacidad de recuperación del sistema frente a eventos no planificados. Esta capacidad depende tanto de la gravedad del impacto como de la existencia de planes de contingencia eficaces. La resiliencia puede mejorarse mediante:

- Conocimiento y mapeo de proveedores. Ser capaz de visualizar los niveles de dependencia y concentraciones críticas en la red de abastecimiento permite reducir la vulnerabilidad ante fallos localizados.
- Visibilidad en la cadena. Disponer de información en tiempo real sobre niveles de inventario, estado de embarques o capacidad de respuesta de los proveedores facilita la toma de decisiones oportuna.
- Capacidad de respuesta ante eventos. Los sistemas de gestión de eventos deben monitorear alertas, simular escenarios y evaluar el desempeño de los socios logísticos ante contingencias.
- Simplificación estructural. Disminuir o diversificar la cadena cuando sea necesario puede disminuir los tiempos de respuesta y la exposición al riesgo.

Incorporar herramientas de análisis de riesgos y planes de contingencia en la planificación productiva forma parte esencial del diseño de un sistema más robusto, eficiente y alineado con los desafíos de un entorno competitivo y volátil como el que enfrenta la industria vitivinícola chilena.

1.6.1. Estrategias de planificación

Las estrategias de planificación definen cómo se responde operativamente a la demanda de los clientes, considerando el equilibrio entre tiempos de entrega, utilización de recursos, flexibilidad y nivel de inventario. De acuerdo con las organizaciones manufactureras, adoptan distintas estrategias en función del tipo de producto, los volúmenes de producción y la predictibilidad del mercado. Entre las más relevantes se encuentran:

- Make-to-Stock (MTS): Producción basada en pronósticos, donde los productos se fabrican y almacenan antes de recibir pedidos. Esta estrategia es adecuada para productos estandarizados de alta demanda. Permite tiempos de entrega inmediatos, pero conlleva el riesgo de sobreinventario y obsolescencia si los pronósticos no son precisos.
- Make-to-Order (MTO): Producción iniciada solo después de recibir una orden específica del cliente. Es común en productos de alto valor o personalización. Minimiza

inventarios, pero exige una planificación ágil y sincronizada, dado que los plazos de entrega dependen del tiempo de procesamiento completo.

- Assemble-to-Order (ATO): Estrategia intermedia donde los componentes están en inventario, pero el ensamblaje final se realiza tras recibir el pedido. Esto permite cierto grado de personalización y tiempos de entrega razonables.

La elección entre estas estrategias impacta directamente en la programación de la línea de embotellado, en la política de inventarios, en la gestión de compras y en el diseño del flujo de trabajo. La alineación entre el modelo productivo y la estrategia de planificación es crucial para minimizar despilfarros y pérdidas operativas, dado que un sistema planificado incorrectamente genera paradas, sobreproducción o falta de materiales en puntos críticos de la línea.

1.7. Simulación de procesos

En el contexto de la mejora continua y el análisis de procesos productivos, la simulación de procesos se ha consolidado como una herramienta clave para evaluar el desempeño de sistemas complejos, realizar pruebas de cambios antes de su implementación y complementar la información disponible para la toma de decisiones sin incurrir en la interrupción de la operación real. Su principal objetivo es recrear virtualmente el comportamiento dinámico de un sistema bajo diferentes condiciones operativas, permitiendo observar, medir y predecir el impacto de diversas decisiones estratégicas o tácticas sin asumir riesgos sobre la producción real y sin la espera del tiempo real.

Existen distintos tipos de modelos, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Hay modelos físicos, que proveen un sentido de realidad a la interacción de los modelos con el entorno físico. Modelos analíticos en los cuales se utilizan representaciones matemáticas para aplicarse en problemas específicos.

La simulación computacional imita la operación de un sistema y sus procesos internos en el tiempo, con un grado apropiado de detalle, y permite obtener conclusiones sobre el comportamiento del sistema. Modelos de simulación son creados a través de la utilización de software diseñados para representar componentes comunes de los sistemas y observar cómo se comportan en el tiempo. La simulación es usada para predecir los efectos de cambios en sistemas reales y el rendimiento de nuevos sistemas. Estas pueden ser simulaciones estocásticas o deterministas. En una simulación estocástica, se introduce aleatoriedad para representar la variación presente en la mayoría de los sistemas, como el trabajo de operadores,

el movimiento de insumos, fallas, etc. Mientras que los modelos deterministas no presentan variación, por lo cual son poco comunes en situaciones reales, pero útiles en el apoyo de decisiones para la programación (Smith y T.Sturrock, 2025).

Existen 3 paradigmas del modelado de variables discretas. Los eventos modelan los puntos en el tiempo cuando un sistema cambia de estado (ejemplo: una botella llega a la estación o sale de esta). Los procesos modelan una secuencia de acciones que tienen lugar en un tiempo transcurrido (ejemplo: el despaletizado de una botella detiene a un trabajador para llevar a cabo el trabajo). Los objetos permiten un modelado más intuitivo al representar cuerpos presentes en el modelado. El modelado basado en agentes (ABM: Agent-based modeling) es un caso especial del paradigma de objetos, en el que el comportamiento del sistema surge de la interacción de un gran número de objetos inteligentes autónomos (Smith y T.Sturrock, 2025).

Según Banks et al., 2010 y Smith y T.Sturrock, 2025, la simulación de eventos discretos es una técnica que modela el comportamiento de un sistema a través de la secuencia cronológica de eventos que alteran sus estados; estos modelos son analizados por métodos numéricos en lugar de métodos analíticos. Esta técnica permite capturar la lógica operativa, las restricciones de recursos y las variabilidades inherentes al sistema real.

En este enfoque, el tiempo avanza de un evento significativo a otro, y no de forma continua. Cada evento ocurre en un instante específico del tiempo y genera cambios en los estados del sistema. Es por ello que la simulación de eventos discretos permite modelar de buena forma los procesos con interacciones dinámicas entre recursos (personas, máquinas, materiales), sistemas sujetos a incertidumbre o variabilidad estocástica (tiempos de proceso, tiempos de traslados, fallas) y restricciones lógicas y reglas operativas que cambian el comportamiento del sistema según condiciones específicas.

1.7.1. Metodología de modelación y experimentación

SIMIO (Simulation Modeling framework based on Intelligent Objects) corresponde a un software de simulación de eventos discretos que utiliza objetos autónomos e inteligentes en conjunto con una interfaz gráfica para la construcción de modelos realistas y flexibles. Permite combinar el modelo visual con la programación orientada a objetos para reducir la complejidad del desarrollo de un modelo. El desarrollo de modelos de simulación de eventos discretos no solo implica el uso de herramientas computacionales, sino también la aplicación de una metodología estructurada que permite representar el sistema real con fidelidad, validar los resultados obtenidos y utilizarlos para responder a las preguntas críticas que afecten a la toma de decisiones. El proceso básico de simulación está representado en la Figura 13.

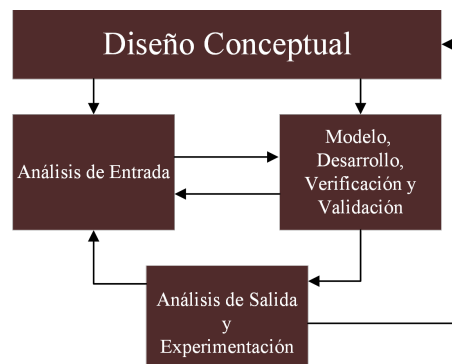


Figura 13: Proceso básico de simulación

Adaptado de Smith y T.Sturrock, 2025

Este proceso a menudo no es estrictamente secuencial; en general, corresponde a un proceso iterativo. El diseño conceptual requiere un entendimiento detallado del sistema que será modelado, y debe responder a preguntas específicas. Por ello, una parte esencial del diseño conceptual es verificar que la estructura propuesta permitirá obtener los indicadores o resultados requeridos.

Una vez definido el sistema, es necesario caracterizar estadísticamente las variables de entrada del modelo: tiempos de procesamiento, tasas de falla, probabilidades de llegada, disponibilidad de recursos, entre otras. Estas variables deben ser obtenidas a partir de datos históricos o estimaciones empíricas. La sensibilidad del modelo a la información de entrada es un aspecto crítico, ya que decisiones basadas en simulación deben considerar la incertidumbre inherente de los datos y sus efectos en los indicadores del sistema. Desarrollar un modelo eficaz requiere conocimiento de la lógica de simulación y del comportamiento del

software. Además, se deben incorporar todos los elementos definidos en la etapa conceptual: entidades, recursos, colas, reglas, prioridades, restricciones y lógica de eventos.

Una vez construido el modelo, es necesario asegurarse de que funciona correctamente (verificación) y de que representa adecuadamente el sistema real (validación). La verificación implica revisar que el modelo se comporta tal como fue diseñado, sin errores de lógica ni programación. Por otro lado, la validación implica comparar el comportamiento del modelo con datos reales o con el conocimiento experto del sistema para determinar si sus resultados son creíbles. Es importante notar que rara vez se puede “probar” la validez absoluta de un modelo complejo, por lo que se busca reunir suficiente evidencia para considerar que es adecuado para su propósito.

Una vez verificado y validado, el modelo puede ser ejecutado para obtener información sobre el sistema. Esto incluye la estimación de indicadores de desempeño como tiempos de espera, utilización de recursos, rendimiento (throughput), niveles de inventario, etc. El análisis de salida implica procesar estadísticamente los resultados generados en múltiples ejecuciones del modelo, considerando que muchas variables son aleatorias y pueden variar en cada corrida. Se suelen utilizar técnicas como promedios, percentiles, intervalos de confianza y análisis de varianza para evaluar el comportamiento esperado del sistema bajo diferentes condiciones. Banks et al., 2010 presenta el siguiente flujo (Figura 14) para representar la realización de una simulación de eventos discretos.

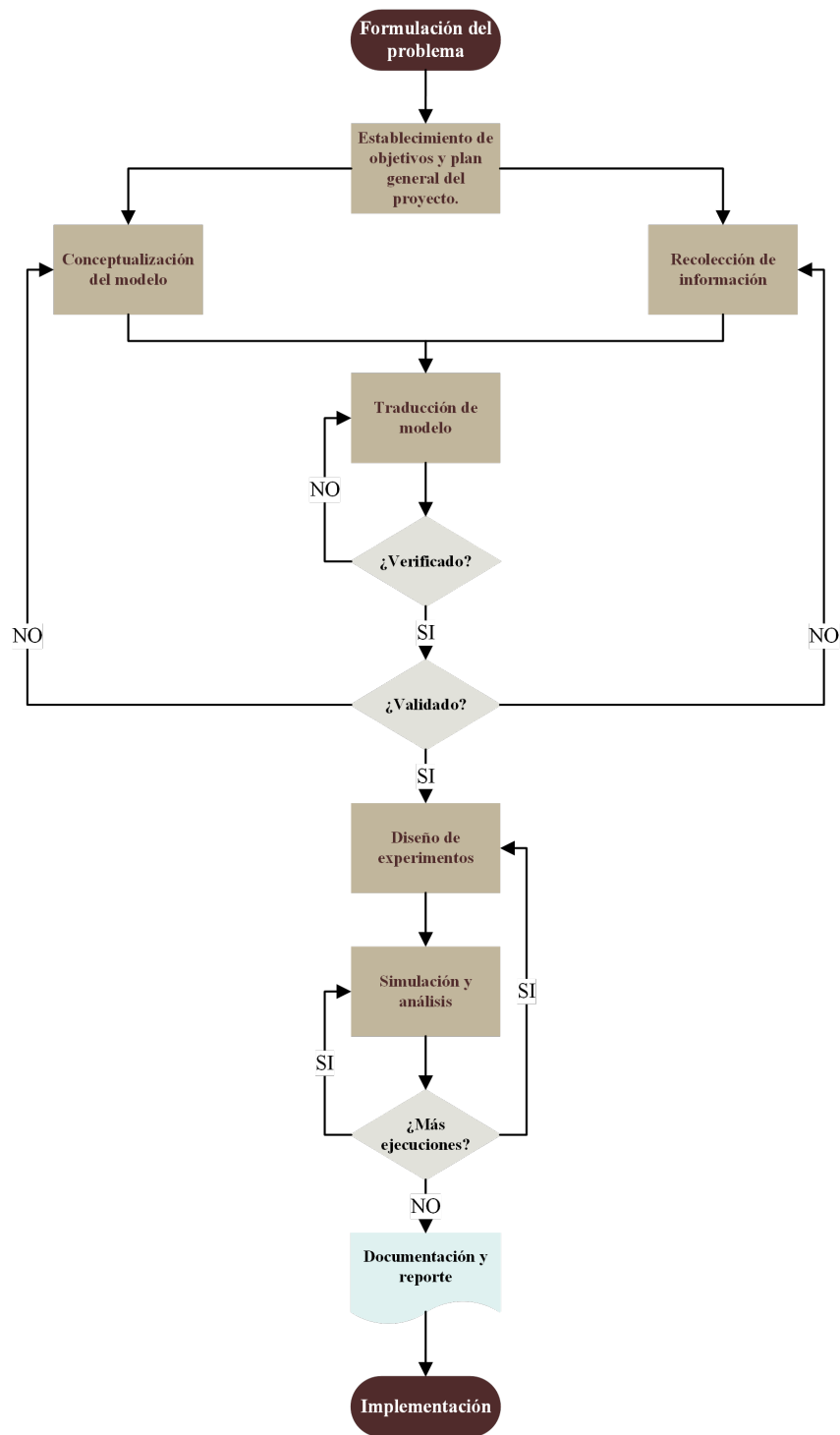


Figura 14: Flujo de proceso para la simulación

Fuente: Adaptado de Smith y T.Sturrock, 2025

2. Diagnóstico de la situación actual de la línea de embotellado

El diagnóstico corresponde a una etapa clave del trabajo para comprender con mayor detalle la situación actual de la línea de embotellado. En este capítulo se caracteriza la línea de embotellado, junto con la descripción de los procesos claves de embotellado y etiquetado, los equipos y productos más frecuentes involucrados, además de los indicadores empleados para medir el estado de la operación. El propósito es entregar una visión completa de las condiciones bajo las cuales opera la línea, para establecer variables cuantitativas y planes de medición que establezcan el panorama inicial de la línea de embotellado y sus estaciones para la identificación de oportunidades de mejora; asimismo permitirá disponer de una base sólida para el análisis técnico desarrollado en capítulos posteriores.

2.1. Descripción línea de embotellado

En la bodega existen 3 líneas en total, 2 líneas destinadas al embotellado y etiquetado de vino y una línea dedicada al agregado de valor a los productos, entre las líneas de embotellado, sus capacidades y objetivos son distintos por lo cual varían considerablemente sus volúmenes de producción. Mientras que la línea 1 se dedica en su mayoría a la realización de órdenes de granel o grandes cantidades, la línea 2 se centra en realizar encargos de menor volumen.

La línea de embotellado número 1 cubre en promedio un 80 % de la producción total de la bodega durante un año. A partir de esto, se refleja la importancia e impacto en la empresa de la mejora en la eficiencia de la línea 1. Esta línea está dividida en 11 estaciones o etapas por las que atraviesan las materias primas y productos semielaborados hasta llegar al producto final.

El área de operaciones de la bodega posee en la línea de embotellado diversos controles y

autocontroles implementados en cada estación que permiten supervisar la calidad y eficiencia del proceso productivo. Estos controles tienen por objetivo que cada estación y proceso se lleve a cabo de manera correcta y que los productos cumplan con los estándares establecidos. La misión de los autocontroles es capacitar a los operadores para que realicen verificaciones constantes sobre el estado de la maquinaria y los productos, asegurando la continuidad operativa y reduciendo los errores o defectos, permitiendo al operador monitorizar y ajustar los parámetros críticos de su estación de trabajo, con la intención de identificar posibles problemas de manera temprana.

2.1.1. Autocontrol Despaletizado

El control en esta estación tiene por objetivo llevar un control de desperdicios de materias primas, Figura 70 del Anexo 4.4. Enfocado en la cantidad de botellas quebradas y una trazabilidad de la cantidad de botellas ingresadas a la línea. En primer lugar, este control considera la fecha, turno y en qué línea se está llevando a cabo; posteriormente, las horas de inicio de cada orden de la línea, presenta una descripción de la botella con su respectivo código en SAP, el proveedor de estas y la hora de término del proceso. Estos datos son ingresados cada vez que se inicie una producción o se realicen cambios en esta. Posteriormente, se registran las entradas de cada pallet y los desperdicios a través de los siguientes registros:

1. Hora
2. Nombre Operador
3. Lote / N° Pallet
4. Fecha Fabricación
5. Fecha de Recepción
6. Cantidad
7. Devolución
8. Cantidad de Quiebres
9. Observaciones

2.1.2. Autocontrol MonoBlock

Para el caso de la estación de la MonoBlock existen un total de 5 controles, los cuales serán descritos a continuación:

Control de botellas vacías boca screwcap, Figura 71 del Anexo 4.4.

Resumen producción MonoBlock, Figura 72 del Anexo 4.4. Enfocado en el control de consumo de vino y el registro de la producción en esta estación, permitiendo a los operadores y supervisores verificar que la cantidad de litros embotellados coincida con lo planificado, identificar inconsistencias en el proceso o controlar la cantidad de botellas rechazadas y no contabilizadas para asegurar la trazabilidad del vino embotellado y minimizar desperdicios. Este control incluye aspectos como:

1. Registro de producción:
 - a) Número de orden de trabajo
 - b) Tipo de vino, cosecha, botella y corcho/tapa utilizados en cada lote.
2. Consumo de vino en producción:
 - a) Contador de botellas OK
 - b) Contador de botellas rechazadas
 - c) Botellas llenas que no pasaron por el contador
 - d) Muestras de calidad
 - e) Botellas liberadas
 - f) Total de litros embotellados y procesados

Registro control MonoBlock L1, Figura 73 del Anexo 4.4. El objetivo de este control involucra la operación de la MonoBlock; considera los datos generales de la producción como fecha y turno, y posteriormente se enfoca en los parámetros de operación de la máquina para verificar que su operación se mantiene dentro de los estándares. Para ello, se registran los siguientes datos:

1. Hora
2. Verificación de insumos de procesos anteriores
3. N° de orden
4. Enjuagadora
 - a) Presión de agua de enjuague (Bar)
5. Llenadora
 - a) Flujo de gas inerte
6. Taponadora
 - a) Presión taponadora delta (5 - 6 Bar)
 - b) Presión de gas inerte en taponado (0,2 - 0,3 Bar)

c) Presión taponadora sigma (5 - 6 Bar)

7. Verificación sensor inspector electrónico

a) PRUEBA 1: Botella con vino y sin corcho o tapa

b) PRUEBA 2: Botella sin vino y con corcho o tapa

c) PRUEBA 3: Botella con vino y trozo de corcho a 1 cm de profundidad

Además, este control también opera sobre el lavado interno o estado de la enjuagadora, revisando el estado de las boquillas y su orientación de enjuague.

Registro control de tapado boca corcho L1, Figura 74 del Anexo 4.4. Centrado en el control de los productos de la MonoBlock que posean corcho, donde se registran los antecedentes en un primer cuadro, posteriormente la presión en vacío de la botella con vino en su interior sellada, si el tapón se encuentra hundido, y la fuerza de extracción necesaria para retirar el tapón. Para finalizar, con un tercer cuadro donde se mide la volumetría de los productos. Estas pruebas son realizadas en botellas seleccionadas al azar, al inicio del embotellado y luego cada 1 hora, y para la volumetría se seleccionan 9 botellas para realizar las pruebas.

Registro control de tapado ScrewCap L1, Figura 75 del Anexo 4.4. Similar al registro de control de tapado boca corcho L1, pero aplicado a screw caps, en primer lugar se registran antecedentes generales como N° de orden, mezcla comercial, cosecha, código botella, código de tapa, lote del proceso, hora inicio por proceso, hora término por proceso, posteriormente se realiza un control de presión de moletas en Hilo y Falda, luego se procede con un control de torque donde se registran datos como:

1. Hora
2. N° Molde
3. ¿Se levanta la tapa? (si / no)
4. Verificación de hilo
5. Puentes Cortados (sí / no)
6. Verificación de Linner
7. Control de Torque
 - a) Torque Remoción
 - 1) Cab. 1
 - 2) Cab. 2
 - 3) Cab. 3

- 4) Cab. 4
- b) Torque Apertura
 - 1) Cab. 1
 - 2) Cab. 2
 - 3) Cab. 3
 - 4) Cab. 4
- c) Torque Retape
 - 1) Cab. 1
 - 2) Cab. 2
 - 3) Cab. 3
 - 4) Cab. 4

8. Calidad - Rebaba (Sí/No)

9. Hermeticidad Cabezales (mayor a 2,4 bar)

Para finalizar por un control de cámara y volumen, Figura 76 del Anexo 4.4, en los productos de la misma forma que se realiza para corchos.

2.1.3. Autocontrol Encapsuladora

Este control, Figura 77 del Anexo 4.4. Está centrado en verificar y asegurar que los parámetros de la encapsuladora se mantengan dentro de los estándares establecidos para cada lote de producción. En particular, el control se enfoca en aspectos críticos como la correcta colocación de la cápsula, el secado de botellas, la lubricación de los rodillos y la integridad de las botellas tras el encapsulado, basado en verificaciones periódicas a intervalos de una hora o por lote, garantizando un monitoreo continuo y la detección oportuna de fallas que pudieran afectar el resultado final de encapsulado.

2.1.4. Autocontrol Etiquetadora

El control para el etiquetado autoadhesivo se separa en 2 partes, la primera parte es la Figura 78 del Anexo 4.4, que registra datos generales sobre los insumos utilizados y control de altura de la etiqueta a través de los siguientes registros:

1. Hora Inicio Proceso
2. Verificación de Productos o Insumos de procesos anteriores
3. N° OP

4. N° PT
5. Lote Juliano
6. Altura definida
 - a) Etiqueta
 - b) C/Etiqueta
7. Código SAP
 - a) Etiqueta
 - b) Contraetiqueta
 - c) Medalla/ Sticker/ TAG
8. Anillo centrador (SI/NO)

Esto con la finalidad de verificar la utilización de los insumos correctos, recordando que un mismo producto puede ir dirigido a diferentes países por lo cual su Etiqueta o Contra Etiqueta puede ir variando respecto a la orden del producto. En segundo lugar, se realiza un control complementario (Figura 79 del Anexo 4.4) al primero, donde además se verifican parámetros como la separación entre Etiqueta y C/Etiqueta y mermas de insumos durante el proceso, por:

1. Regulación
2. Corte de Rollo
3. Quiebre

2.1.5. Autocontrol Armadora de Cajas / Encajonadora

El objetivo de este control (Figura 80 del Anexo 4.4) es asegurar la calidad de la operación de sellado y encajonado de las botellas durante el proceso productivo. Las verificaciones que se realizan deben llevarse a cabo cada hora, las cuales son:

1. Temperatura °C
 - a) Estanque
 - b) Conducto
 - c) Inyector
2. Presión Entrada Aire (≥ 4 bar)
3. Prueba de adherencia y posición de chorro.

4. Fondo bien pegado (sí/no)
5. Merma de Cajas
 - a) Por operación
 - b) Por defectos de calidad
 - c) Por defectos de almacenaje
6. ¿Hubo quiebres? (cantidad de botellas)
7. Observaciones / Detenciones

Posteriormente existe un control de trazabilidad de cajas, Figura 81 del Anexo 4.4, donde se registran las horas de inicio y fin del proceso, cantidad de cajas programadas y total de cajas producidas, con el N° de Mermas producido con el fin de llevar un registro sobre la cantidad de insumos utilizados durante el proceso.

2.1.6. Control Tabique, Selladora, Paletizado

Para el control de tabiques, Figura 82 del Anexo 4.4, se realiza un control de defectos o mermas de productos que no han sido identificados con anterioridad en las demás estaciones; para ello, se registran los siguientes valores:

1. N° OP
2. Hora Inicio
3. Hora Término
4. Código SAP
5. Defectos
 - a) Faltante de Botellas
 - b) Faltante de Cápsulas
 - c) Cápsulas Rojas
 - d) Otros
6. Hubo quiebres (cantidad)
7. Anotar N° de mermas
8. Nombre operador

Para el control de sellado, cajas y marca básica, Figura 83 del Anexo 4.4, el objetivo es garantizar la correcta codificación, paletización y calidad del embalaje de las cajas en la línea de producción durante los turnos. Las principales verificaciones son:

1. Configuración del Pallet (Cajas base X Cajas altura)
2. Mermas cajas
3. Codificado legible
4. DUN correcto
5. ¿Hubo quiebres? (Cantidad)
6. Verificar estado del Pallet
 - a) Hongos
 - b) Rotos
 - c) Manchadas con Vino
 - d) Humedad
7. Observaciones / Detenciones

2.2. Mapa de flujo de valor y alcance

Para lograr entender el comportamiento de la línea de embotellado se desarrolla el plan de mejora y se determina a partir del marco estratégico de la empresa el foco del plan de mejora, es necesario estudiar el flujo de valor que atraviesa la línea de embotellado, el cual se ve planteado en la Figura 15 donde se observa un bajo nivel de valor agregado (1.19 %) a los productos concurrentes a la línea de embotellado 1, en comparación 84 a los tiempos de traslado, almacenaje de insumos y productos que están en la bodega. En la Figura 16 se representan visualmente las áreas y procesos dentro del alcance de este trabajo en las cuales se puede esperar un impacto, dado que el presente trabajo se realiza en el área de operaciones (abastecimiento, planificación y producción), el alcance de las mejoras está destinado a cubrir los procesos involucrados en estas áreas.

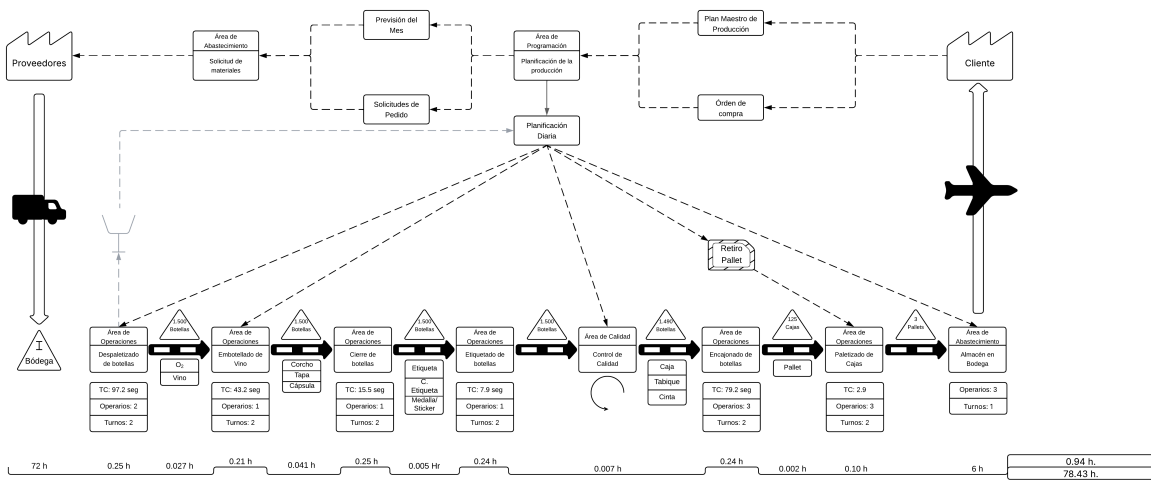


Figura 15: VSM general de un producto calidad Varietal

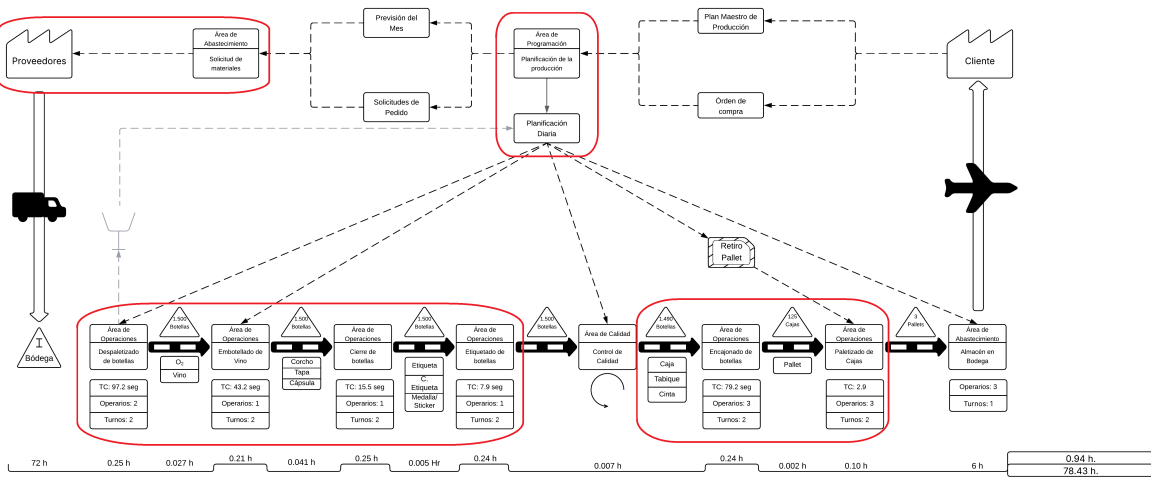


Figura 16: Alcance del trabajo representado en el VSM

2.3. Caracterización de Productos Fabricados

Los productos obtenidos a partir de las diversas materias primas que atraviesan los procesos de la línea de embotellado 1 forman una gama extensa y diversa, diseñada para satisfacer múltiples requerimientos de clientes nacionales e internacionales. En esta sección se presenta un análisis detallado de los principales productos procesados en la línea, considerando su volumen de producción, su composición y las múltiples combinaciones de insumos involucradas. Esta descripción y análisis permitirá identificar aquellos productos con mayor impacto para la línea y, por ende, para la empresa, tanto a nivel de volumen como de costo.

La línea de embotellado 1 es capaz de generar productos semielaborados y elaborados; aquellos productos semielaborados son almacenados para ser finalizados después de un período de tiempo. Mientras que los productos elaborados son productos listos para comercializar, estos se componen de:

- Botella
- Mezcla enológica de vino
- Cápsula o screw cap
- Etiqueta
- Contraetiqueta
- Medalla (opcional)
- Sticker (opcional)

2.4. Volumen de producción y variedad de productos

Durante el período comprendido entre enero y noviembre del año 2024, la línea de embotellado 1 procesó un total de 13.224.078 botellas, correspondientes a una extensa gama de productos finales y semielaborados. Este volumen no solo da cuenta de una alta demanda, sino también de una importante versatilidad operativa necesaria para responder a los distintos mercados tanto nacionales como internacionales a los que se orienta la producción de la Viña.

Uno de los principales retos que enfrenta esta línea es la alta diversidad de configuraciones de producto, lo que genera una complejidad significativa en la operación. A continuación, se presentan los principales grupos de insumos que participan en esta variedad:

- Formatos de botella: Se utilizan más de 25 modelos distintos, muchos de ellos con hasta 3 símiles por tipo (variaciones sutiles en altura, diámetro del cuello o peso del

vidrio). Los formatos más comunes incluyen Burdeos recta, Burdeos cónica y Borgoña, cada uno con requerimientos técnicos específicos de manipulación en las estaciones de la línea, por cada símil de botella varía la eficiencia de esta en la línea de embotellado, además aumenta la cantidad de trabajo para el área de compras y bodega así como en el resto de insumos. La utilización de símiles incrementa el tiempo de cambio en la realización de un SKU, pues si para un producto atraviesan dos botellas similares, aunque para el cliente no exista una mayor diferencia en el producto, la línea de embotellado de igual manera requiere de ajustes y tiempo para realizar ese cambio.

- **Sistemas de cierre:** La línea debe adaptarse a 63 tipos de sistemas de cierre, entre corchos naturales, corchos técnicos y screw caps. Esta diversidad exige ajustes específicos en las estaciones de tapado y encapsulado, afectando tanto los tiempos de cambio, los tiempos de ajustes en buscar la presión y torque que mejor se adapte a cada insumo, así como el trabajo de control de calidad al asegurar las condiciones necesarias de cada cierre.
- **Cápsulas:** Se manejan 48 tipos de cápsulas distintas, las cuales varían en material (PVC, complex, aluminio), longitud, diseño decorativo y color. Su correcta selección y colocación es crítica para mantener la imagen de marca y cumplir con normativas del mercado.
- **Etiquetas y contraetiquetas:** Existen 268 tipos de etiquetas frontales y 328 contraetiquetas, en múltiples idiomas y versiones por país de destino. Estas deben ser gestionadas con alta precisión, ya que un error en este insumo implica rechazo del producto final. Además, el sistema de alimentación de etiquetas debe ser constantemente ajustado para evitar paradas por incompatibilidades.

La coexistencia de esta gran variedad de elementos implica una alta frecuencia de cambios de formato (setups), generando desafíos en términos de eficiencia, sincronización de estaciones y logística interna. Además, los cambios entre productos suelen implicar no solo sustitución de insumos, sino también ajustes finos en los parámetros de llenado, presión, torque, velocidad de cinta, entre otros.

Esta complejidad operativa es un reflejo de la capacidad de la línea para adaptarse a las exigencias del negocio, pero también es una fuente importante de variabilidad y pérdida de eficiencia, si no se gestiona adecuadamente a través de estrategias como la estandarización, programación y mejora continua. Durante 2024, fueron programadas alrededor de 333.02 horas para la realización de cambios de formato entre los distintos SKU de la línea de embotellado. En la realidad, se utilizaron 429.85 horas para realizar todos estos cambios.

Lo que representa un 16.7 % del tiempo de producción programado. En la siguiente Tabla 3 se expresa el detalle de los tipos de cambio y sus tiempos reales.

Tabla 3

Tiempos de cambio año 2024 línea de embotellado 1

| Clasificación | Tiempo [h] |
|----------------------|-------------------|
| Cambio de Formato | 213,35 |
| Aseo CIP | 2,52 |
| Avinado | 31,85 |
| Carga de Línea | 46,10 |
| Cambio de Etiqueta | 136,03 |

En cuanto a la composición de la producción, los productos embotellados por esta línea se agrupan en tres calidades enológicas, las cuales se visualizan en la Figura 17.

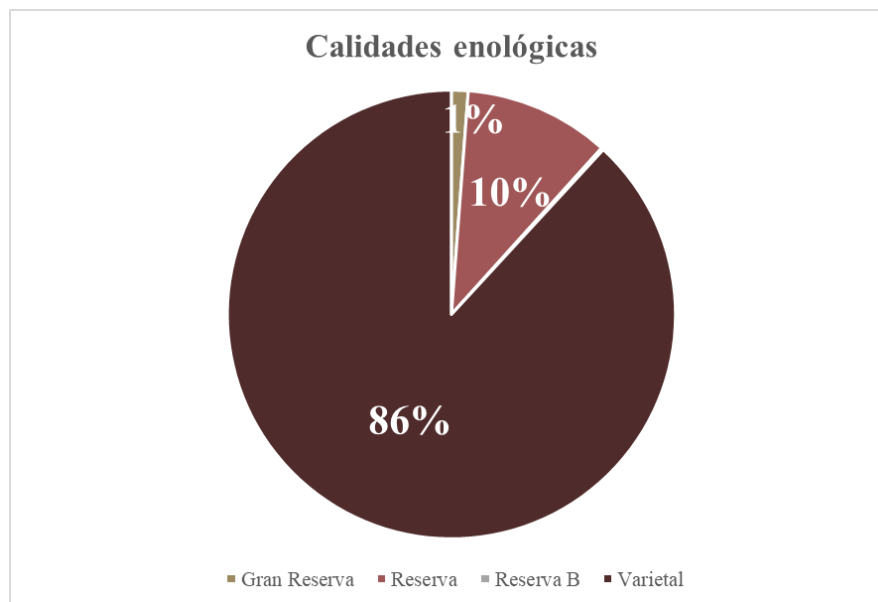


Figura 17: Botellas procesadas ene-nov 2024 según calidades enológicas

Fuente: Elaborado a partir de información de la empresa.

Dentro del amplio universo de productos gestionados, existe una concentración significativa en ciertos formatos. Durante el período enero-noviembre de 2024, cinco tipos de botella representaron el 82 % del total de unidades procesadas, como se muestra en

la Figura 4 la cual muestra la cantidad de unidades procesadas de los 5 tipos más utilizadas durante el período de estudio del presente trabajo. Esto sugiere una posible oportunidad para focalizar acciones de mejora en dichos formatos, optimizando tiempos de cambio y flujos logísticos, dado su alto impacto en la carga productiva.

Tabla 4

Botellas con mayor impacto en volumen (Ene-Nov 2024)

| Botella | Consumo de botellas Ene-Nov 2024 [unidad] | % Total | % Acumulado |
|--|--|----------------|--------------------|
| BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV | 4.718.940 | 36 % | 36 % |
| BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV | 3.142.051 | 24 % | 59 % |
| BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS | 1.097.326 | 8 % | 68 % |
| BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV | 971.528 | 7 % | 75 % |
| BOT. BUR 750 PIC28 CONICA BAJA VERDE LIV | 852.296 | 6 % | 82 % |

El conocimiento detallado de los volúmenes y la variedad de productos es esencial para establecer un plan de mejora eficaz. Priorizar la optimización de formatos de alto impacto permite obtener beneficios tangibles en menor tiempo y facilitar la implementación gradual de cambios en una línea altamente demandada y compleja.

2.5. Estrategia de mantención para la línea de embotellado

La estrategia de mantenimiento implementada en la bodega se orienta hacia un enfoque preventivo, con el objetivo de evitar fallas mediante intervenciones planificadas. No obstante, en la práctica, la Línea 1 evidencia una alta proporción de mantenimientos correctivos. Durante el período analizado, se registraron aproximadamente 104 intervenciones de este tipo, acumulando un total de 33,32 horas de detención operacional asociadas a fallas en

estaciones de trabajo.

Esta situación se relaciona, principalmente, con la ausencia de un sistema formal de análisis de fallas (ADF), la falta de personal especializado en los equipos específicos de la línea y la limitada disponibilidad de repuestos, atribuida a la antigüedad del equipamiento. Como consecuencia, las acciones de mantenimiento tienden a ejecutarse una vez ocurrido el fallo, y en muchos casos, mediante soluciones parciales que no abordan el origen del problema. Esta condición incrementa los tiempos de detención no programada y afecta negativamente el rendimiento operativo de la línea.

2.6. Situación inicial de la línea de embotellado

La línea de embotellado está definida por un subconjunto de características que, si bien permiten en gran parte el cumplimiento de los volúmenes de producción previstos, evidencian áreas de oportunidad en términos de eficiencia. A continuación, se expone un diagnóstico integral del estado actual. La línea cuenta con varias estaciones que abarcan desde el despaletizado hasta el etiquetado y packing. Cada una de estas etapas opera bajo protocolos establecidos, aunque un gran número y variabilidad en formatos de botellas y la incorporación reciente de una nueva maquinaria han generado desequilibrios en el flujo continuo de la producción. Se han identificado indicadores como el OPI y el OEE, tiempos de ciclo, tiempos de inactividad, los cuales reflejan variaciones importantes en el rendimiento de la línea. Las mediciones actuales evidencian que, en ciertos momentos y para ciertos productos, los tiempos de producción y de parada planificadas superan lo previsto, afectando a la continuidad del proceso.

La variabilidad en la eficiencia de la línea se traduce en un rendimiento que, aunque capaz de lograr un alto cumplimiento de pedidos, incrementa los costos operativos y genera presión sobre el cumplimiento de los tiempos de entrega y planificación de productos.

2.7. Diagnóstico de procesos de la línea de embotellado

A partir de los antecedentes establecidos en conformidad a la empresa, para visualizar la situación general de la planta, los productos, organización y línea de embotellado, se procede a realizar un diagnóstico detallado de esta. Cada proceso será descrito y caracterizado para su comprensión a través de herramientas que permitan explicar el flujo de procesos, tiempos de ciclos, importancia de las actividades, así como su impacto dentro de la cadena productiva y

las oportunidades de mejora en cada una. Para ello, es necesario conocer en primera instancia el layout de la línea como se muestra en la Figura 18 presente a continuación, para establecer la interacción entre las diferentes estaciones de la línea.

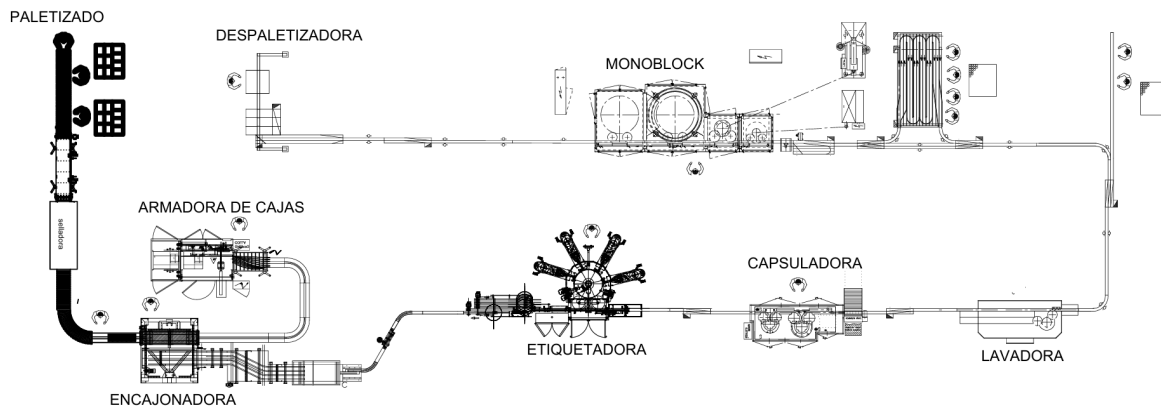


Figura 18: Layout de la línea de embotellado 1

La línea de embotellado 1 cuenta con un total de 11 estaciones de trabajo, las cuales varían su ocupación de acuerdo con el producto que el cliente solicita.

1. Despaletizado
2. MonoBlock
3. Despaletizado de guardabotellas (bodega)
4. Lavasecadora
5. Capsuladora
6. Etiquetadora
7. Armadora de cajas
8. Encajonadora
9. Colocación de tabiques
10. Selladora
11. Paletizado

Los procesos que más se repiten para la fabricación de productos son el proceso de embotellado, el proceso de etiquetado y los cambios de formato realizados entre distintos productos, de los cuales depende la eficiencia con la que se realizan los distintos productos en la línea.

- **Proceso de embotellado.** El proceso de embotellado inicia en la estación de despaletizado y finaliza a la salida de la MonoBlock, durante este proceso el objetivo principal es envasar el vino desde la zona de barricas y sala de filtros en cada botella de acuerdo a lo solicitado por el cliente y ser tapada para su conservación. Desde esta etapa el producto semielaborado puede tomar dos rutas. En primera instancia puede ser dirigido al almacén de guardabotellas para la maduración del vino en botella en post de adquirir cambios positivos que agregan valor a este producto semielaborado en función de la calidad actual del vino y la calidad del producto que se desea obtener, o pueden inmediatamente comenzar el proceso de etiquetado.

- **Proceso de etiquetado.** El proceso de etiquetado comienza a la salida de la MonoBlock o en la zona de despaletizado de guardabotellas, dependiendo de la procedencia del producto semielaborado necesario para iniciar este proceso (Figura 20) y finaliza a la salida del paletizado con un producto listo, con trazabilidad y comerciable.

- **Cambios de formato.** Estos son llevados a cabo en las diversas estaciones de trabajo de la línea, y dependen exclusivamente de los programas productivos de la línea, cada cambio de formato abarca distintas variables y parámetros que deben ser llevados a cabo en conformidad del actual pedido en producción y del siguiente pedido a realizar.

2.7.1. Proceso de embotellado

El proceso de embotellado constituye una etapa fundamental en la producción del vino, ya que garantiza la integridad, calidad y trazabilidad del producto final. Este grupo de procesos interrelacionados permite transformar los distintos insumos y materias primas en un producto comercializable, agregando valor durante cada etapa del proceso. Para lograr esclarecer las entradas y salidas de insumos, materias primas e información, y cómo estas interactúan con cada parte del proceso a través de un diagrama SIPOC del proceso de embotellado en la Figura 19 se aprecian los componentes que forman parte de este proceso; en la Figura 20 se observa la interacción entre las distintas estaciones y procesos de la línea a través del flujo de materiales de esta.



Figura 19: Diagrama SIPOC del proceso de embotellado

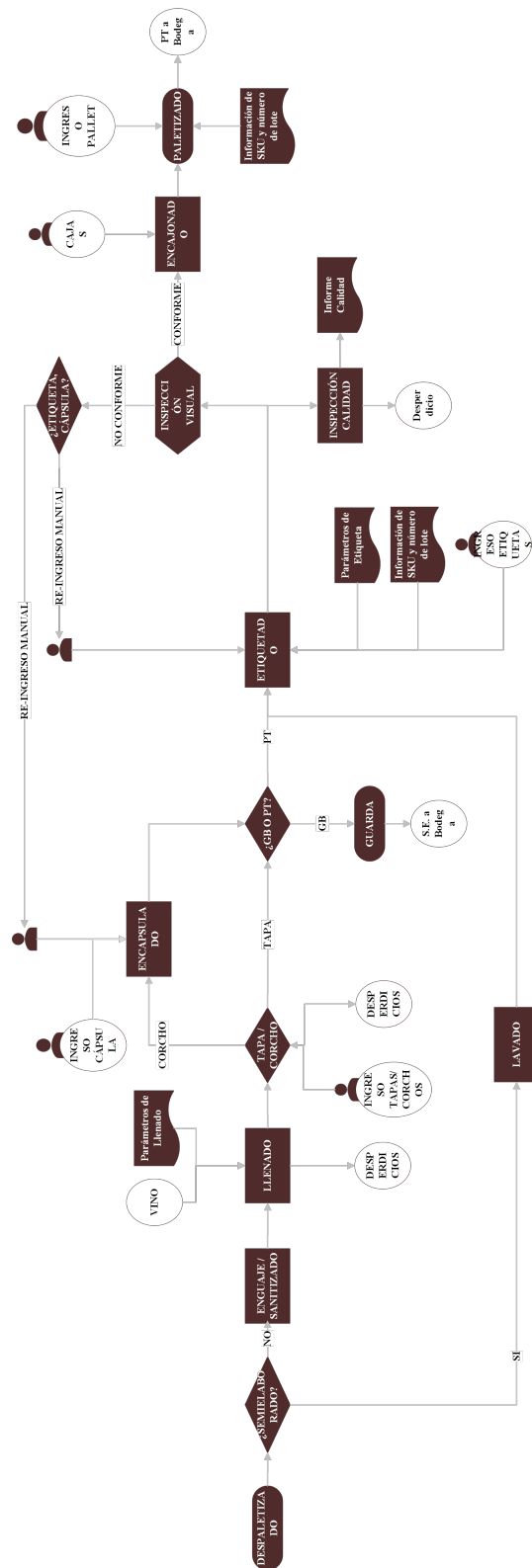


Figura 20: Flujo de materiales de la línea de embotellado 1

La línea 1 de embotellado comienza en la despaletizadora de la Figura 21, compuesta por una plataforma móvil gracias a un riel en la zona superior de esta, la cual toma un nivel completo de botellas de cada pallet de botellas proveniente de los distintos proveedores y las deposita en una mesa de acumulación, la cual da inicio a la línea de embotellado. La plataforma móvil funciona con un sistema neumático, el cual llena unas cámaras de aire con el fin de comprimir los cuellos de las botellas para ser trasladadas desde el pallet a la mesa de acumulación, a través del riel que traslada la plataforma para ubicar las botellas sobre la mesa. Esta despaletizadora es una construcción propia de la bodega, por lo cual no se posee una capacidad nominal para ningún tipo de botella.



Figura 21: Foto de la despaletizadora de la línea de embotellado 1

Fuente: Información de la empresa.

Una vez las botellas son depositadas en la mesa de acumulación, se da inicio a la marcha de las cintas transportadoras de esta. La mesa de acumulación está compuesta por 3 cintas transportadoras de igual medida, para pasar a otras 3 cintas transportadoras con distintas velocidades entre ellas que dirigen las botellas a través de una confluencia de 3 carriles a uno solo; por medio de esta única cinta, las botellas se trasladan en orden a la estación donde se encuentra la MonoBlock. La MonoBlock corresponde a una máquina con una capacidad nominal de 8.000 bph que, a su vez, está compuesta por 3 estaciones en serie, correspondientes a:

- Enjuague. Esta primera etapa del proceso de embotellado tiene como objetivo garantizar la limpieza y desinfección del interior de las botellas antes de su llenado.

Para ello, se emplea un sistema de aplicación de ozono (O_3), un agente oxidante altamente efectivo que elimina microorganismos y posibles residuos sin dejar trazas químicas, lo cual es fundamental en la industria alimentaria y enológica. La unidad encargada de esta operación está integrada dentro del sistema MonoBlock y cuenta con un conjunto de 32 pinzas como se puede observar en la Figura 22, cada una diseñada para sujetar firmemente las botellas durante el tratamiento. Estas pinzas realizan un doble proceso: primero giran la botella para facilitar el acceso al interior, y luego la exponen a un chorro de ozono a través de boquillas móviles, que se introducen suavemente en cada botella para asegurar una desinfección completa. Una vez finalizado el ciclo de enjuague, las botellas son liberadas y depositadas con precisión sobre la línea de transporte, listas para ingresar a la siguiente etapa del proceso: el llenado.



Figura 22: Estación de enjuague de la máquina MonoBlock

Fuente: Información de la empresa.

- Llenado. En la segunda etapa del proceso, una vez que las botellas han sido correctamente desinfectadas, estas avanzan hacia la estación de llenado de la Figura 23. Esta unidad cuenta con un estanque interno que recibe la mezcla enológica

correspondiente al pedido específico, la cual es suministrada directamente desde la sala de filtros mediante un sistema cerrado que asegura la calidad, temperatura y estabilidad del producto. El llenado se realiza por gravedad, un método comúnmente utilizado en la industria del vino para evitar la formación de espuma y minimizar la agitación del líquido, lo cual podría alterar sus propiedades. Para ello, la máquina dispone de 32 válvulas de llenado que se alinean con precisión sobre cada botella, permitiendo el envasado de la cantidad exacta de mililitros definidos en la receta del producto. Este sistema garantiza una alta eficiencia operativa, manteniendo al mismo tiempo el respeto por las características organolépticas del vino, como su aroma, cuerpo y sabor, que podrían verse comprometidos por un llenado inadecuado.



Figura 23: Estación de llenado de la máquina MonoBlock

Fuente: Información de la empresa.

- Tapado (Screw Cap / Corcho). En esta tercera etapa del proceso de embotellado, se realiza el sellado de las botellas mediante uno de los dos sistemas disponibles: tapado con corcho o con tapa rosca (screw cap) las cuales se observan en la Figura 24. Ambas tecnologías coexisten en la misma estación de la MonoBlock, permitiendo a la planta adaptarse a los distintos requerimientos del mercado y a las especificaciones definidas

en cada pedido. La sección destinada al tapado con corcho cuenta con 6 cabezales diseñados para insertar corchos rectos, los cuales son previamente humedecidos y comprimidos antes de ser introducidos en la botella, garantizando un cierre hermético que favorece la guarda del vino. Por otro lado, la sección de screw cap incorpora 4 cabezales de rosca que aplican tapas metálicas mediante un sistema de presión y giro, comúnmente utilizado en vinos de calidad "Varietal" o para exportaciones que exigen practicidad en la abertura de la botella.



(a) Estación de tapado con corcho



(b) Estación de tapado con screw cap

Figura 24: Estaciones de tapado: corcho (izquierda) y screw cap (derecha).

Fuente: Información de la empresa.

Para suministrar de corchos y screw caps a la MonoBlock, existen 2 elevadores, uno para cada insumo que son capaces de cubrir una demanda de 10.000 bph. Una vez los productos semielaborados dejan la MonoBlock se da por finalizado el proceso de embotellado; posteriormente, las botellas son dirigidas nuevamente a una cinta de transporte. En esta se trasladan hasta un buffer de ser necesario o continúan directamente a la Lavasecadora.

2.7.2. Proceso de etiquetado

El proceso de etiquetado representa una fase crítica dentro de la línea de embotellado, ya que otorga la identidad visual y comercial al producto terminado, asegurando tanto la trazabilidad como el cumplimiento normativo del etiquetado de vinos. Este proceso comprende una serie de etapas donde el producto semielaborado, proveniente de la MonoBlock o del almacén de guardabotellas, es transformado en un producto final listo para su distribución.

Dependiendo del flujo productivo, las botellas que llegan directamente desde la estación MonoBlock continúan de manera ininterrumpida hacia la estación de etiquetado, mientras que aquellas que han sido guardadas temporalmente para procesos de maduración en bodega deben ser reintroducidas en la línea mediante un segundo despaletizado específico para guardabotellas. Esta bifurcación en la logística genera desafíos en la sincronización y balance de línea, especialmente cuando coexisten productos de distinta procedencia en una misma jornada productiva. El proceso de etiquetado en la línea 1 está conformado por las siguientes estaciones:

1. Despaletizado de guardabotellas. Esta estación permite reincorporar a la línea las botellas que han sido previamente almacenadas en bodega tras el embotellado. Al igual que el despaletizado inicial, utiliza un sistema semiautomático de extracción por nivel para posicionar las botellas sobre una mesa de acumulación.
2. Lavasecadora. Su función principal es asegurar que la superficie externa de la botella esté limpia y seca para una correcta adherencia de las etiquetas. Se utilizan cepillos giratorios y aire a presión caliente para eliminar polvo, humedad o impurezas que puedan interferir con el proceso posterior.
3. Capsuladora. Esta estación se encarga de aplicar la cápsula sobre el cuello de la botella, cumpliendo una función estética y de protección, ya que resguarda el corcho del contacto externo y refuerza la percepción de calidad del producto final. La cápsula solo se utiliza en botellas que poseen cierre con corcho, por lo que esta estación no opera en líneas con tapones de rosca o otros sistemas de cierre. El proceso varía según el material de la cápsula, ya sea PVC, Complex o Aluminio, lo cual también incide en la capacidad de producción. Específicamente, la estación de la Figura 25 alcanza una capacidad de hasta 7.000 bph al trabajar con cápsulas de PVC, mientras que al utilizar cápsulas Complex, la capacidad disminuye a 6.000 bph. La capsuladora está conformada por tres secciones principales: la unidad de ubicación de cápsulas, donde se posicionan las cápsulas sobre el cuello de la botella; un conjunto de cuatro cabezales

térmicos encargados de aplicar calor para contraer cápsulas termocontraíbles; y seis cabezales de rosca diseñados para fijar adecuadamente cápsulas de tipo metálico o Complex, mediante presión o roscado, dependiendo del formato.



Figura 25: Foto de la máquina capsuladora Poker F4/6

Fuente: Información de la empresa.

4. Etiquetadora. Es la estación principal del proceso de etiquetado, ya que en ella se configura la identidad visual definitiva del producto terminado. Su función consiste en aplicar distintos tipos de etiquetas sobre la botella de vino, de acuerdo con el diseño comercial establecido para cada SKU. Esta estación está compuesta por un sistema automatizado de alta precisión que permite una aplicación rápida y eficiente de los distintos elementos visuales. La etiquetadora de la línea 1 se puede observar en la Figura 26 y cuenta con cuatro cabezales etiquetadores independientes, cada uno de los cuales puede ser configurado para un propósito específico:

- Cabezal 1: Aplicación de la etiqueta frontal, que corresponde al elemento principal de presentación del producto.
- Cabezal 2: Aplicación de la contraetiqueta, ubicada en la parte posterior de la botella e integrada con información técnica y legal, como el volumen, origen, advertencias sanitarias, entre otros.
- Cabezal 3: Aplicación de medallas, distintivos o galardones, los cuales suelen utilizarse como elementos de marketing para destacar premios o certificaciones obtenidas.
- Cabezal 4: Aplicación de stickers adicionales o elementos especiales, tales como códigos QR, sellos promocionales o etiquetas para trazabilidad interna.



Figura 26: Foto de la máquina etiquetadora MAK 3 -14P Ua14 L4 COC

Fuente: Información de la empresa.

Cada cabezal trabaja de forma sincronizada mediante un sistema de control centralizado que coordina la activación de los motores de arrastre y la dispensación del adhesivo, todo esto en función del paso de las botellas por la estación. Para asegurar la correcta ubicación de cada etiqueta, la etiquetadora cuenta con sensores ópticos de alta precisión que detectan la posición angular de la botella y activan la aplicación en el momento justo, garantizando uniformidad en la presentación del producto. La capacidad nominal de esta estación es de 12.000 botellas por hora (bph), aunque esta puede variar en función de múltiples factores, tales como el formato de botella, la cantidad y tipo de etiquetas a aplicar, la viscosidad del adhesivo y las condiciones de humedad de la superficie. Además, la máquina permite realizar un control de calidad automático gracias a su sistema de visión que permite separar aquellos productos que no cuenten con las especificaciones técnicas correctas según el SKU de cada pedido en la colocación de sus etiquetas.

5. Armadora de cajas. Es la estación encargada de formar automáticamente las cajas de cartón corrugado que serán utilizadas para embalar 6 o 12 botellas, según el formato del producto. A partir de planchas planas de cartón, el equipo realiza el plegado y aplicación de adhesivo en las solapas, dejando las cajas listas para ser alimentadas a la encajonadora. El proceso comienza con la extracción de las planchas desde un magazín mediante ventosas o pinzas mecánicas. Luego, estas son posicionadas en el

área de trabajo, donde se les aplica adhesivo y se pliegan mediante un sistema mecánico controlado por PLC. Una vez conformadas, las cajas son expulsadas hacia la línea para su llenado. La armadora posee una capacidad máxima de 30 cajas por minuto, aunque esta puede verse afectada por variables como el tipo de cartón, el formato de caja o la calidad del adhesivo. Es una estación altamente automatizada, cuya operación requiere una supervisión básica para la carga del cartón, reposición de pegamento y resolución de atascos ocasionales.

6. Encajonadora. Se observa en la Figura 27 y es la encargada de introducir automáticamente las botellas etiquetadas en cajas vacías. Opera mediante un sistema de cabezales que toma las botellas agrupadas y las deposita dentro de las cajas abiertas. Este proceso se realiza de forma sincronizada con el avance de la línea. Tiene una capacidad máxima de 12.000 botellas por hora, pudiendo encajonar por ciclo 3 cajas de 12 botellas o 6 cajas de 6 botellas, dependiendo del formato requerido. El sistema incluye sensores que aseguran la correcta colocación de las botellas y detienen la máquina ante cualquier desajuste.



Figura 27: Foto de la máquina encajonadora Accupack 20-3/6

Fuente: Información de la empresa.

7. Colocación de tabiques. Tras el proceso de encajonado, una persona se encarga manualmente de insertar los tabiques de cartón dentro de las cajas, separando las botellas para evitar que se golpeen entre sí durante el transporte. Esta operación consiste en desplegar y posicionar los separadores entre las botellas ya encajadas, asegurando una distribución uniforme y estable. Al tratarse de una tarea completamente manual, no se dispone de una capacidad nominal fija para esta estación.
8. Selladora. Esta estación de la Figura 28 es automatizada y se encarga del cierre final de las cajas, aplicando cinta adhesiva en la parte superior e inferior para asegurar su contenido. La caja, ya encajada con botellas y tabiques, ingresa al equipo, donde un sistema de rodillos y guías alinea las solapas y aplica la cinta de forma uniforme. La selladora posee una capacidad máxima de 1.200 cajas por hora.



Figura 28: Foto de la máquina Selladora SIAT SM11

Fuente: Información de la empresa.

9. Paletizado. Es la etapa final del proceso de etiquetado, donde se agrupan y organizan manualmente las cajas ya selladas sobre pallets para su posterior traslado y almacenamiento. Esta tarea es realizada por un equipo promedio de tres operarios, quienes retiran las cajas desde la línea transportadora y las disponen en una configuración determinada según el formato del pallet; no cuenta con una capacidad nominal fija.

Para llegar a un producto listo y comerciable, la materia prima e insumos deben atravesar por el proceso de embotellado y etiquetado. Luego de establecer un procedimiento claro de cómo funciona la línea de embotellado, comprender la forma en que se comunican entre ellos estos procesos y cuáles corresponden a sus principales actividades, es posible realizar un estudio de tiempo y balance de línea para hallar áreas y oportunidades de mejora en los procesos. Como primer paso, es fundamental determinar los tiempos de ciclo de cada operación, dado que estos constituyen la base para calcular capacidades, identificar cuellos de botella, aplicar métodos de balanceo (Garcia-Sabater, 2020) y optimización del flujo (Heizer y Render, 2015). La correcta medición y análisis de estos tiempos posibilitan decisiones informadas sobre distribución de cargas, rediseño de tareas y reducción de desperdicios.

2.7.3. KPI's de la línea de embotellado

Como parte del diagnóstico inicial del desempeño de la línea de embotellado 1, se analizaron los registros históricos del indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), calculado mensualmente por el equipo de producción. Este indicador busca representar la eficiencia global del proceso y qué porcentaje del tiempo es realmente productivo; se construye a partir de los registros de incidentes ingresados manualmente por los operadores de la línea en una planilla Excel, donde se consignan eventos como fallas, ajustes o regulaciones, cambios de formato, tiempos planificados, tiempos de operación, tiempos de reprocesos, detenciones por falta de insumos, detenciones por incidentes en estaciones, etc. Los registros son presentados a continuación en la Tabla 5 que presenta los datos de la Línea 1 y son calculados en base a los tiempos y cantidades registradas manualmente por los operadores en el registro interno de la empresa; en complemento de la Figura 29.

Tabla 5

Valores mensuales de OEE y sus componentes – Línea de Embotellado 1

| Mes | Disponibilidad | Rendimiento | Calidad | OEE |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Enero | 63 % | 84 % | 100 % | 53 % |
| Febrero | 72 % | 79 % | 100 % | 57 % |
| Marzo | 80 % | 84 % | 100 % | 68 % |
| Abril | 78 % | 89 % | 100 % | 69 % |
| Mayo | 81 % | 94 % | 99 % | 76 % |
| Junio | 82 % | 77 % | 98 % | 62 % |
| Julio | 77 % | 84 % | 98 % | 64 % |
| Agosto | 82 % | 88 % | 99 % | 72 % |
| Septiembre | 82 % | 93 % | 99 % | 76 % |
| Octubre | 84 % | 92 % | 100 % | 77 % |
| Noviembre | 72 % | 91 % | 100 % | 66 % |
| Noviembre Acumulado | 78 % | 88 % | 99 % | 69 % |

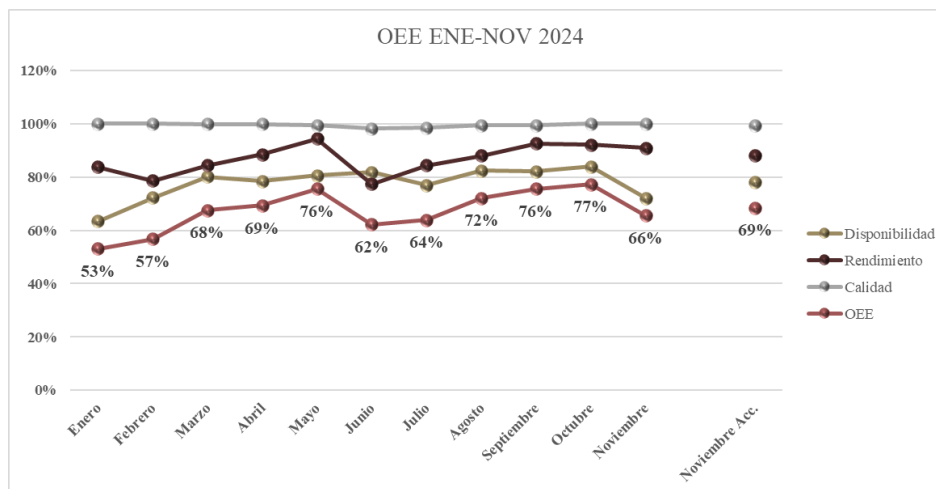


Figura 29: Indicador OEE Enero-Noviembre 2024

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa.

Los valores de OEE reportados entre Enero y Noviembre de 2024 muestran un porcentaje acumulado de un 69 % para este período. No obstante, este resultado debe ser interpretado con cautela, ya que el método actual de cálculo presenta importantes limitaciones:

- El rendimiento ¹ no considera la velocidad real de producción por estación, sino que se asume una producción constante durante el tiempo operativo registrado, para obtener las pérdidas a causa de microparadas y velocidad, se calcula el tiempo de ejecución planificado a partir de la velocidad de línea planificada y la cantidad de botellas reales, menos el tiempo de producción registrado por los operadores.
- Por lo mismo no se registran microdetenciones, ralentizaciones menores ni pérdidas por baja velocidad, lo cual tiende a sobreestimar la disponibilidad y el rendimiento de la línea, y de cada estación en particular.
- No se contabilizan unidades reprocesadas, rechazadas ni procesos parciales, lo que impide evaluar adecuadamente la calidad.
- La información es capturada de forma manual, sin automatización ni integración con sensores o sistemas SCADA, lo que puede generar omisiones o subregistros.

Debido a estas condiciones, el OEE actual refleja principalmente las detenciones visibles o mayores, y omite una parte significativa de las pérdidas operativas que afectan la eficiencia

¹El término rendimiento se refiere específicamente a la velocidad de operación comparada con la velocidad ideal, según el indicador de OEE.

real del proceso. Esta situación genera una brecha entre los indicadores reportados y el desempeño efectivo observado en el terreno.

En consecuencia, aunque el indicador obtenido de OEE es útil como punto de partida, se hace necesario complementar este indicador con un análisis más detallado de la capacidad efectiva, la variabilidad operativa y la identificación de cuellos de botella, tal como se desarrollará en las secciones siguientes.

2.8. Variables críticas del proceso: CTQ's

A continuación se identifican las variables críticas del proceso (Critical to Quality, CTQ), entendidas como aquellos parámetros operativos que tienen un impacto directo en la calidad del producto final y en la eficiencia del proceso. La identificación de estas variables permite enfocar los esfuerzos de mejora sobre los aspectos más sensibles y relevantes del sistema productivo.

Estas variables críticas fueron determinadas mediante observaciones directas en terreno, conversaciones con operadores, maquinistas, supervisores y jefe de área, además de la revisión de registros históricos de autocontrol y análisis de fallas más frecuentes detectadas en la línea. Se consideraron tanto variables de entrada (X) como de salida (Y), entendiendo que muchas de ellas presentan una relación causa-efecto con el desempeño general de la línea.

Listado de variables críticas

A continuación, en la Tabla 6 se presenta el listado de las principales variables CTQ's identificadas en la Línea 1, junto con su definición operativa, unidad de medida y relevancia en el proceso, solo se muestran las variables consideradas dentro del alcance del estudio por disponibilidad de datos.

Tabla 6

Variables críticas del proceso (CTQ)

| Variable | Definición Operativa | Unidad de medida | Impacto en el proceso |
|--|--|-------------------------|---|
| Velocidad de línea | Número de botellas por minuto procesadas por la línea completa | bpm | Afecta directamente el rendimiento y la eficiencia global del proceso |
| Presión de inserción del corcho | Fuerza ejercida por la estación de tapado para introducir el corcho dentro del cuello de la botella | bar | Afecta a la preservación del contenido de la botella, su volumen final y consistencia entre productos de un SKU |
| Torque de cierre | Fuerza aplicada por el equipo de tapado para cerrar la botella | Nm | Relacionado con fugas, calidad del sellado y cumplimiento de normas del mercado |
| Presión de llenado | Presión aplicada en la estación de llenado | bar | Afecta volumen final y consistencia entre botellas |
| Temperatura de encapsulado | Corresponde a la temperatura aplicada a las cápsulas para el sellado de las botellas con corcho | °C | Relacionado con calidad del sellado, estética y cumplimiento de normas del mercado |
| Temperatura de sellado de cajas | Corresponde a la temperatura aplicada en el pegamento que se utiliza para sellar las cajas de los SKU | °C | Relacionado con calidad del sellado, estética y cumplimiento de normas del mercado |
| Presión de sujeción de botellas encajonado | Fuerza ejercida sobre el cuello de la botella para sujetarla y depositarla en el interior de las cajas | bar | Afecta directamente la tasa de rechazos y la seguridad del proceso final de encajonado |
| Tiempo de ciclo | Tiempo total requerido para procesar un SKU | min/SKU | Afecta la planificación y la capacidad de producción diaria |
| Tiempo de cambio de formato | Tiempo requerido para ajustar la línea a un nuevo SKU o presentación | min | Afecta la disponibilidad de línea y eficiencia operacional |
| Porcentaje de botellas conformes | Porcentaje de botellas que cumplen todos los parámetros de calidad al final del proceso | % | Indicador clave de calidad y cumplimiento del estándar |

Si bien el presente estudio reconoce una serie de variables críticas en distintas etapas del proceso (como torque de cierre, presión de llenado o temperatura), el enfoque del análisis se centra en aquellas que fueron posibles de medir y analizar directamente dentro del alcance del trabajo, dadas las condiciones de acceso a datos y tiempo disponible. Las variables efectivamente consideradas en el diagnóstico se detallan a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7

Resumen de variables críticas (CTQ) y alcance del análisis

| Variable | Estación asociada | ¿Analizada en el estudio? |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| Velocidad de línea | Línea completa / Estaciones | Sí |
| Tiempo de ciclo | Línea completa / Estaciones | Sí |
| Tiempo de cambio de formato | Línea completa / Estaciones | Sí |
| Torque de cierre | MonoBlock (tapadora) | No |
| Presión de llenado | Monoblock (llenado) | No |
| Fuerza de inserción de corcho | MonoBlock (tapadora) | No |
| Presión de sujeción de botellas encajonado | Encajonadora | No |
| Porcentaje de botellas conformes | Línea completa / Control de calidad | No |

Análisis de comportamiento por tipo de producto

Estas variables pueden variar significativamente dependiendo del tipo de botella, sistema de cierre, variedad de vino y mercado de destino. Por ejemplo, las botellas con cuello cónico suelen requerir ajustes distintos en la estación de llenado, y las screw caps demandan parámetros de torque diferentes de acuerdo a su material o longitud, lo que impacta directamente en los tiempos de ajuste y las tasas de defectos.

- En el caso de la velocidad de línea, se observaron diferencias de hasta un 17,4 % entre botellas de un mismo formato, pero diferente proveedor.
- Los tiempos de ciclo varían en función de la cantidad de botellas programadas y los insumos a utilizar para cada SKU, dependiendo, por ejemplo, de si la cápsula es necesaria para ese SKU o si la lavadora activa algún ciclo de limpieza interna.

- El tiempo de cambio de formato aumenta proporcionalmente con la complejidad del SKU: presencia de símiles de botella, múltiples etiquetas o cápsulas especiales.

Relación con puntos de control de calidad

Estas variables están directamente relacionadas con los puntos de control definidos por el sistema de autocontrol y calidad de la planta. Por ejemplo:

- Los tiempos de cambio de formato son registrados en la línea a través del registro de detalle de línea, donde el operador o monitor digita la hora de inicio y fin, incluyendo a que tipo de cambio corresponde el trabajo realizado en la línea.
- El porcentaje de botellas conformes se valida a través de los autocontroles realizados en las distintas estaciones, aunque se registra el total de botellas procesadas, no existe un detalle de cuantas botellas se retiraron para examinar en laboratorio o cuantas fueron reprocesadas por asuntos exclusivos de calidad.
- La velocidad de línea no posee un procedimiento o control existente en la línea, pero es posible de calcular a través de los autocontroles de acuerdo a las horas de inicio y fin y la cantidad total de botellas procesadas que registran las máquinas en cada estación.

El monitoreo sistemático de estas variables permite establecer un control estadístico del proceso (SPC) y sentar las bases para la futura implementación de sistemas de alerta temprana o de control automático en puntos clave de la línea.

2.9. Plan de medición del proceso

Con el fin de caracterizar el estado actual de la línea de embotellado y establecer una línea base para el análisis de eficiencia y desempeño, se desarrolla un plan de medición estructurado según los lineamientos de la metodología Lean Six Sigma (etapas definir y medir de DMAIC). Este plan permite asegurar la validez y consistencia de los datos recolectados en la etapa de diagnóstico y establecer un marco común para el análisis posterior.

El objetivo del plan es identificar las métricas clave que describen tanto el comportamiento del proceso (variables X) como sus resultados (variables Y), detallando su definición operativa, tipo de dato, fuente, método de obtención y forma de visualización. La siguiente Tabla 8 resume los elementos considerados.

Tabla 8

Resumen plan de medición

| Métrica | X/Y | Tipo de Dato | Fuente | CTQ |
|-----------------------------------|------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| Eficiencia de la línea | X | Continuo | Datos del período analizado | Sí |
| Producción real | Y1 | Discreto | Total de botellas producidas | No |
| Tiempo de Producción | Y2 | Continuo | Tiempo operativo del período | Sí |
| Capacidad efectiva | Y2 | Discreto | Cantidad semanal | No |
| Cantidad de botellas embotelladas | Y3 | Continuo | Total de botellas producidas | No |
| Velocidad de línea | Y3 | Discreto | Total de botellas procesadas | Sí |
| Tiempo Total | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Tiempos de No Uso | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Tiempos sin asignación | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Tiempos Planeados | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Tiempos de Cambio | Y3 | Discreto | Tiempo del período | Sí |
| Paradas Externas | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Fallas de Equipos | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Ajuste o Regulación | Y3 | Discreto | Tiempo del período | No |
| Producción programada | Y1 | Discreto | Total programado | No |
| Capacidad esperada de la línea | Y2 | Discreto | Total de botellas programadas | No |
| Tiempo de Producción Teórica | Y2 | Discreto | Tiempo programado | No |
| Capacidad nominal | Y3 | Continuo | – | Sí |

El detalle completo del plan de medición presente en la Tabla 8, con definición operativa, tipo de dato y forma de análisis, se presenta en la Figura 117 del Anexo 4.4. Este plan de medición constituye la base para los análisis de capacidad y eficiencia que serán desarrollados a continuación.

2.10. Capacidades del proceso

Para evaluar el desempeño real de la línea de embotellado 1, se realizó un levantamiento de la capacidad efectiva de cada estación involucrada en el proceso. Para ello se definieron las capacidades nominales de cada estación a partir de la información entregada por proveedores, y la capacidad efectiva de cada estación en base a la información histórica recaudada de los autocontroles de cada estación (despaletizadora, MonoBlock, encapsuladora, etiquetadora, encajonadora). En complemento de un estudio de tiempos, el cual se efectúa bajo condiciones de operación normales, utilizando cronómetro manual y observación directa durante turnos productivos regulares. El objetivo fue determinar la velocidad real (en botellas por minuto) de cada etapa del proceso, con mayor énfasis en las etapas de colocación de tabiques y paletizado, con el objetivo de establecer si existe alguna estación que actúe como cuello de botella bajo diferentes configuraciones de producto y la realización de un balanceo de la línea.

A partir de los registros de autocontrol fue posible obtener la información necesaria para establecer la hora de inicio y fin de cada SKU que atravesó las distintas estaciones y la cantidad real de botellas que fueron procesadas. Además de tener una trazabilidad de a qué botella correspondía y el proveedor de esta. Con esto, fue factible analizar las capacidades efectivas en general de la estación y particulares de cada insumo.

Previo al análisis cuantitativo de la capacidad del proceso, es fundamental asegurar la confiabilidad de las mediciones realizadas, especialmente en aquellas variables que fueron registradas mediante métodos manuales. Dado que algunas de las capacidades efectivas fueron determinadas a partir de la observación directa y el uso de cronómetro, se vuelve necesario evaluar si el sistema de medición utilizado presenta una variabilidad significativa que pueda afectar la validez de los resultados. Para ello, se procede a realizar una evaluación del sistema de medición bajo los lineamientos del estudio Gage R&R.

2.10.1. Evaluación del sistema de medición: Gage R&R

La validación del sistema de medición se realiza mediante un análisis de aplicabilidad del estudio Gage R&R. Se concluye que la mayoría de las métricas utilizadas en este estudio fueron obtenidas desde sistemas automáticos o registros estandarizados (OPI L1), lo que descarta la necesidad de un estudio de variabilidad por operador.

Sin embargo, en el caso de métricas obtenidas mediante observación directa y cronometraje, como el tiempo de cambio de formato en la despaletizadora, o la reposición de pallets en esta, o para la capacidad efectiva en estaciones como para la colocación de tabiques y los procesos despaletizadora, se identificó la posibilidad de variación por repetibilidad y reproducibilidad. Para asegurar la confiabilidad de las mediciones realizadas manualmente, especialmente aquellas referidas al tiempo de cambio de formato y a la capacidad efectiva en estaciones específicas, se realizó el análisis mediante el software de Minitab Statistical 22.

Aunque las mediciones fueron realizadas por un único operador, se considera apropiado realizar un Gage R&R simplificado para estas variables críticas, con el fin de estimar el impacto potencial de la variabilidad del sistema de medición y dar mayor robustez al análisis posterior de capacidad (C_p , C_{pk}). Pues el estudio se limita a la evaluación de la repetibilidad, es decir, para comprobar la consistencia del mismo operador al realizar múltiples mediciones sobre diversas partes o eventos.

Para la despaletizadora se consideraron 5 partes, con 15 registros por medición, cada una en condiciones equivalentes. A continuación se muestra el estudio de repetibilidad realizado para las etapas de despaletizado y la reubicación de la plataforma correspondiente de la despaletizadora. En primera instancia, la Tabla 9 muestra los componentes de la varianza.

Tabla 9

Componentes de la varianza Despaletizado

| Fuente | CompVar | % Contribución |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| Gage R&R | 27,2696 | 74,81 |
| Repetibilidad | 27,2696 | 74,81 |
| Parte a Parte | 9,1808 | 25,19 |
| Variación Total | 36,4504 | 100 |

Cabe señalar que el alto porcentaje de contribución del sistema de medición podría estar influido por la baja variabilidad entre las partes analizadas. Al tratarse de eventos muy similares entre sí en duración, las diferencias reales entre mediciones fueron pequeñas, lo cual

provoca que cualquier leve desviación durante el cronometraje represente una proporción significativa de la variación total. Cabe mencionar que el ndc fue de 2, muy lejano a las 5 partes con las que se realizó el estudio. Por tanto, el resultado del Gage R&R debe interpretarse con cautela, ya que podría sobreestimar la contribución del sistema de medición debido a la falta de variabilidad en las partes evaluadas, como es posible apreciar en el gráfico de Duración [s] por Partes de la siguiente Figura 30.

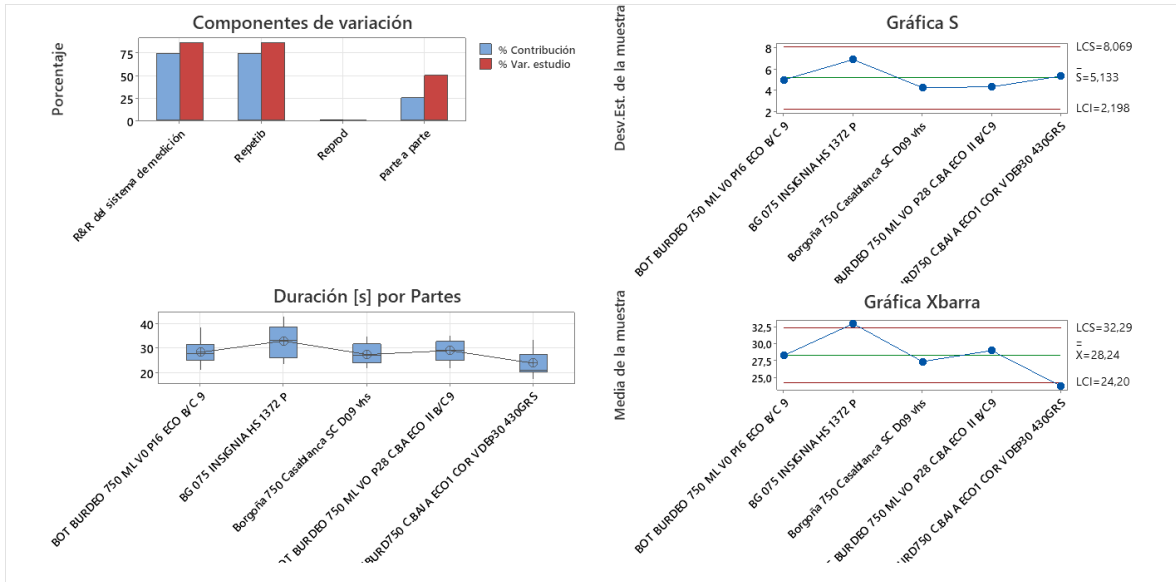


Figura 30: Resumen análisis ANOVA medición despaletizado

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

A partir de esto, se decide que para la realización del análisis de capacidad, la fuente de información elegida será la proveniente de los autocontroles de la despaletizadora, y en base a las distintas velocidades calculadas se realizará este análisis.

A continuación, para la colocación de tabiques se considera 2 partes (tabique para caja de 6 o tabique para caja de 12 botellas), ambas con 20 registros por medición cada una, en condiciones equivalentes. En la Tabla 10 se muestra el Gage R&R para la colocación de tabiques.

Tabla 10

Componentes de la varianza Tabique

| Fuente | CompVar | % Contribución |
|-----------------|----------------|-----------------------|
| Gage R&R | 18,3169 | 18,37 |
| Repetibilidad | 18,3169 | 18,37 |
| Parte a Parte | 81,3758 | 81,63 |
| Variación Total | 99,6927 | 100 |

De modo que esta evaluación del estudio R&R diferencia claramente 2 categorías distintas para ambos tabiques, y el valor del Gage R&R es menor a un 30 %, por lo cual, según los criterios de Six Sigma (Acosta y Herrera, 2000), corresponde a un valor marginalmente aceptable; por lo cual el sistema de medición es adecuado para un estudio de capacidad del proceso y los datos son válidos para un análisis estadístico.

Finalmente, para los tiempos de cambio de Pallet realizados en la estación de Despaletizado, se considera únicamente una sola parte, por lo cual el estudio de Gage R&R ya no es factible, debido a que no se puede analizar la reproducibilidad al únicamente haber registrado los tiempos una única persona, y tampoco es factible analizar la variabilidad entre partes. Por ello, se llevó a cabo un análisis de repetibilidad simple para evaluar la consistencia de las mediciones.

Se realizaron 15 mediciones consecutivas bajo condiciones normales de operación, obteniéndose una duración promedio de 87,9 segundos y una desviación estándar de 19,7 segundos, lo que representa un coeficiente de variación del 22,4 %. Si bien existe una dispersión moderada, esta es atribuible a factores operacionales propios del proceso más que a errores del sistema de medición, por lo cual se concluye una validez respecto a estas mediciones.

La Figura 31 muestra la distribución de los tiempos registrados. En base a estos resultados, se concluye que la medición es aceptable para fines de diagnóstico y análisis de eficiencia.

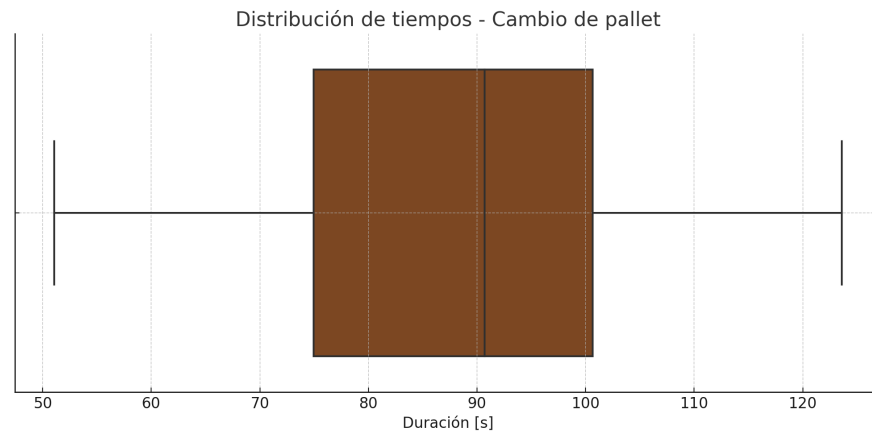


Figura 31: BoxPlot tiempo cambio de Pallet

Fuente: Elaboración propia.

2.10.2. Análisis de capacidad del proceso C_p , C_{pk}

Criterios de selección de estaciones

Para llevar a cabo el análisis de capacidad del proceso (C_p , C_{pk}), se definieron distintos criterios que permiten seleccionar las estaciones más representativas en base a la situación actual de la línea. Estos criterios son:

- Criticidad operativa. Se priorizaron las estaciones que tienen un rol clave en el flujo del proceso, pudiendo llegar a limitar el desempeño global de la línea en caso de bajo rendimiento.
- Variabilidad de operación. Se consideró la frecuencia e impacto de ajustes, cambios de formato y sensibilidad a variaciones de insumos de la estación que pudieran afectar al flujo del proceso.
- Impacto en la eficiencia global de la línea. Se seleccionaron aquellas estaciones cuyo rendimiento influye directamente en indicadores como la eficiencia, la tasa de rechazo o la velocidad promedio de producción.
- Disponibilidad de datos confiables. Se incluyeron estaciones para las cuales fue posible obtener registros suficientes de desempeño real bajo condiciones de operación real.

Luego, a fin de realizar la selección de las distintas estaciones en base a estos criterios, se construyó una matriz de decisión, a partir de las "7M" (Pyzdek y Keller, 2010), con la cual se evaluó la Tabla 11, de manera que permite, a partir de criterios cualitativos, obtener una medición cuantitativa (Tabla 12) para la selección de las estaciones.

Tabla 11

Evaluación cualitativa de estaciones

| Estación | Criticidad operativa | Variabilidad | Impacto en eficiencia | Datos disponibles |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|
| Despaletizadora | Alta | Alta | Alta | Alta |
| MonoBlock | Alta | Alta | Alta | Alta |
| Lavadora | Baja | Baja | Baja | Baja |
| Capsuladora | Media | Media | Media | Alta |
| Etiquetadora | Media | Media | Alta | Alta |
| Selladora cajas | Baja | Baja | Baja | Media |
| Encajonadora | Baja | Baja | Baja | Media |
| Tabique | Baja | Baja | Baja | Media |
| Paletizadora | Baja | Baja | Baja | Baja |

Tabla 12

Evaluación cuantitativa de estaciones

| Estación | Crit. operativa | Variabilidad | Impacto eficiencia | Datos | Total |
|-----------------|------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|--------------|
| Despaletizadora | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| MonoBlock | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Lavadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Capsuladora | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 |
| Etiquetadora | 3 | 2 | 3 | 3 | 11 |
| Selladora cajas | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| Encajonadora | 2 | 2 | 1 | 2 | 7 |
| Tabique | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| Paletizadora | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 12, se observa que las estaciones de Despaletizadora, MonoBlock, Etiquetadora y Capsuladora presentan los puntajes más altos, con valores entre 10 y 12, sobre un máximo de 12. Estas estaciones destacan por su alta criticidad operativa, impacto directo en la eficiencia global del proceso y disponibilidad de datos confiables para el análisis.

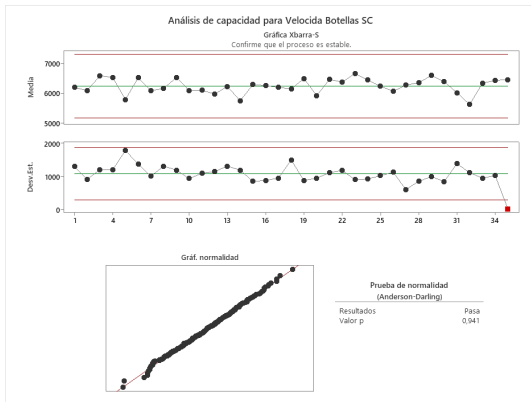
En contraste, las demás estaciones presentan puntuaciones significativamente más bajas, evidenciando una menor capacidad de generar restricciones o cuellos de botella en el flujo productivo. Además, muchas de ellas tienen una mayor holgura de capacidad, o su operación no afecta de forma significativa los tiempos de ciclo o el ritmo general de producción.

En consecuencia, se seleccionan estas cuatro estaciones para la aplicación del análisis de capacidad del proceso (C_p , C_{pk}), ya que representan los puntos más sensibles de la línea en términos de desempeño, variabilidad y oportunidades de mejora.

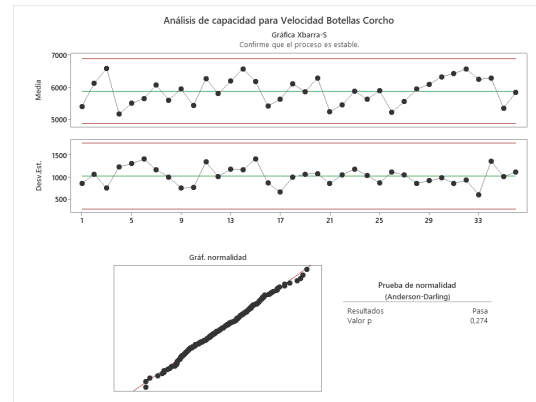
Resultados de capacidades por estación

Con el fin de comprender detalladamente el comportamiento de la línea de embotellado 1, se analiza la capacidad de las estaciones previamente seleccionadas. Para cada estación, se presenta una gráfica Xbarra-S, con el fin de comprobar que el proceso sea estable y esté bajo control estadístico (Vásquez, 2004) y una prueba de normalidad de Anderson-Darling, para saber si es posible calcular directamente C_p , C_{pk} o si es necesaria alguna transformación de los datos a través de Box-Cox. Para cada estación se diferenciaron 2 tipos de productos, con screw cap o con corcho.

Despaletizadora. La Figura 32 indica que el proceso está bajo control estadístico, todas las medias de los subgrupos se encuentran dentro de los límites de control, y las variaciones no evidencian sobreajustes o incrementos repentinos. Mientras que las pruebas de normalidad con valores de p que, a pesar de estar alejados del valor típico de 0,05, permiten establecer que el proceso se encuentra bajo una distribución normal sin necesidad de una transformación. Con estos datos, es posible validar la continuidad del análisis y los datos recopilados para la estación de la despaletizadora.



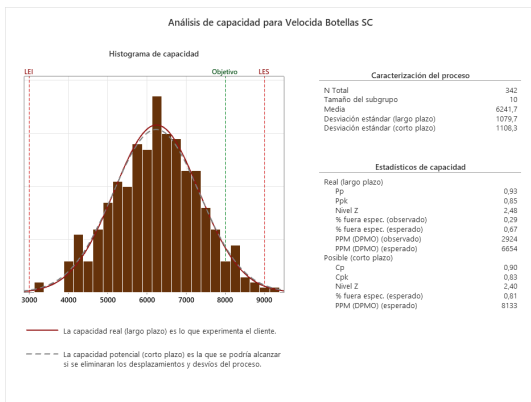
(a) Gráfico de control Xbarra-S; Prueba de Normalidad Despaletizadora para botellas con SC



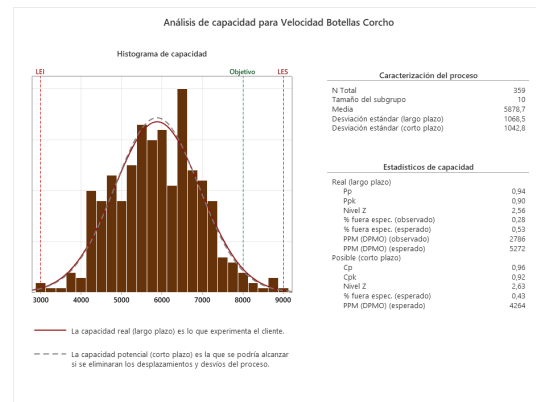
(b) Gráfico de control Xbarra-S; Prueba de Normalidad Despaletizadora para botellas con corcho

Figura 32: Gráficos de control Xbarra-S y pruebas de normalidad para Despaletizadora

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.



(a) Análisis de Capacidad Despaletizadora para botellas con SC



(b) Análisis de Capacidad Despaletizadora para botellas con Corcho

Figura 33: Análisis de Capacidad Despaletizadora

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

Los procesos de la Despaletizadora muestran una dispersión de los datos considerable, observadas en las desviaciones estándar de ambos tipos de productos mayores a 1.000 a corto plazo, además de que los valores P_p , P_{pk} , C_p y C_{pk} de la Figura 33 evidencian un proceso incapaz al ser todos menores a 1 (Vásquez, 2004) en ambos tipos de productos, aunque el proceso posee una baja cantidad de defectos (2.924 PPM SC; 2.786 PPM Corcho). En el corto plazo se espera un valor de 8.133 PPM para botellas con SC, lo que sugiere un riesgo

latente de incumplimiento a medida que se acerca al objetivo de 8.000 bpm. Para el caso de las botellas SC, el subgrupo 35 del gráfico de control para la desviación estándar establece que existe una desviación muy baja, por lo cual está bajo el intervalo de control, esto debido a una muestra con valores muy similares entre ellos debido a que estos fueron varias órdenes de trabajo realizadas en 2 días con igual formato de botella, donde el cambio en sus formatos era debido a etiquetas o caja.

MonoBlock. Las pruebas de normalidad con los datos originales arrojaron valores de p menores a 0,005, lo que rechaza la hipótesis de normalidad. Por ello, fue necesario realizar una transformación de los datos para asegurar su normalidad; esta transformación fue realizada a través del procedimiento de Box-Cox (Vásquez, 2004) con un parámetro $\lambda = 2$ óptimo para ambos tipos de productos con el fin de estabilizar varianzas y normalizar los datos presentes en la Figura 34.

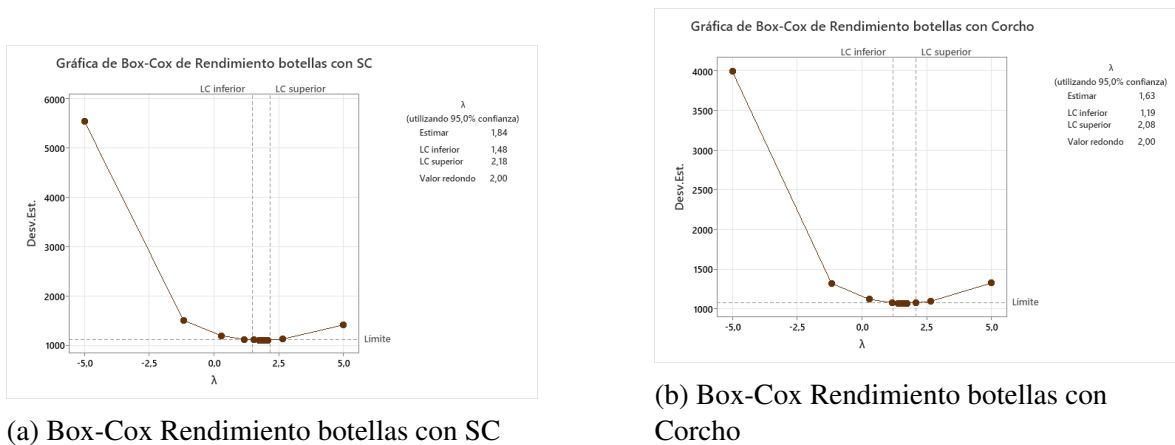
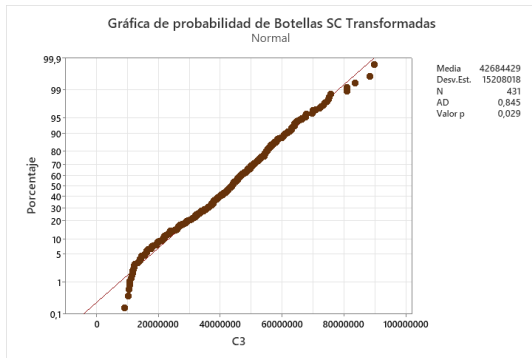


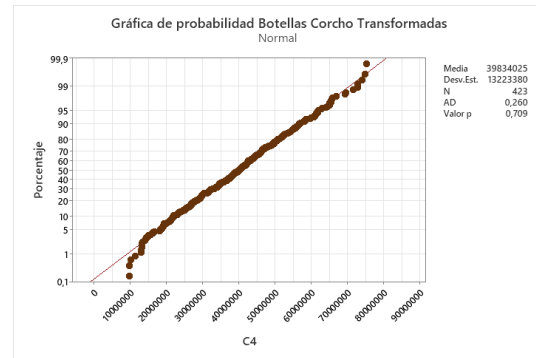
Figura 34: Gráficos Box-Cox de Rendimientos en MonoBlock

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

Mediante la Figura 35 es posible validar el supuesto de normalidad previo al análisis de capacidad del proceso. Este paso es fundamental para determinar la pertinencia del uso de índices estadísticos como C_p y C_{pk} en el análisis de capacidad de la Figura 36.



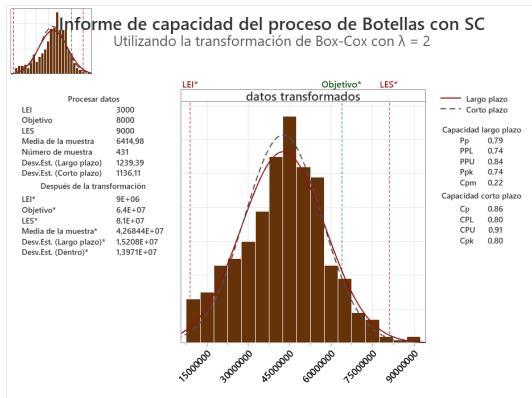
(a) Prueba de Normalidad botellas con SC



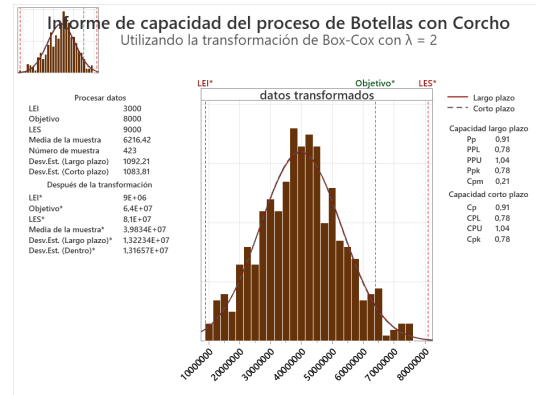
(b) Prueba de Normalidad botellas con Corcho

Figura 35: Pruebas de Normalidad de procesos MonoBlock

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.



(a) Análisis de Capacidad Botellas con SC



(b) Análisis de Capacidad Botellas con Corcho

Figura 36: Análisis de Capacidad MonoBlock

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

Aunque la transformación de Box-Cox permite normalizar los datos, el proceso de la estación MonoBlock no es capaz de cumplir con las especificaciones actuales, tanto en los índices de capacidad a largo plazo, como en corto plazo en ambos tipos de formato, cuyos resultados son presentados en la Tabla 13.

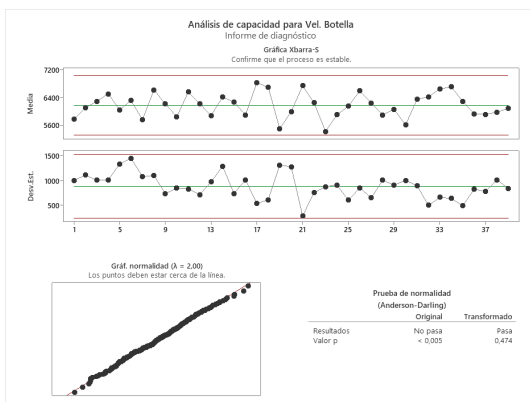
Tabla 13

Índices de capacidad del proceso para botellas con screw cap y corcho

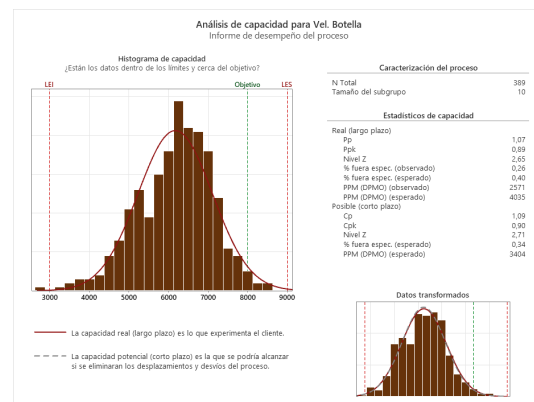
| Formato | C_p | C_{pk} |
|---------------------|-------|----------|
| Botellas con SC | 0,86 | 0,8 |
| Botellas con Corcho | 0,91 | 0,78 |

Debido a que están por debajo del umbral de 1 para considerarse procesos mínimamente capaces, con ello no pueden considerarse como procesos aceptables, debido a que no están centrados y poseen una variabilidad elevada.

Capsuladora. Para este proceso, fue necesario nuevamente realizar una transformación de Box-Cox con un valor de $\lambda = 2$, para validar la distribución normal con un valor de $p = 0,188$. La gráfica de control señala una estabilidad y sugiere que el proceso está bajo control estadístico.



(a) Gráfico de control Xbarra-S; Prueba de Normalidad transformada Capsuladora



(b) Análisis de Capacidad Capsuladora

Figura 37: Resultados combinados para Capsuladora: (a) Gráfico de control con prueba de normalidad; (b) Análisis de capacidad

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

Aunque la estación Capsuladora presenta un mejor nivel de capacidad frente a otras estaciones analizadas, su capacidad sigue siendo inaceptable para estándares competitivos ($P_p = 1,07$, $P_{pk} = 0,89$, $C_p = 1,09$, $C_{pk} = 0,90$). Además de la necesidad de la corrección aplicada a los datos a través de Box-Cox subraya una distorsión inicial, probablemente vinculada a variabilidad no aleatoria. Es posible observar en la Figura 37a que, a partir

del subgrupo 22, las desviaciones estándar tienden a concentrarse más cerca de la media, lo cual se asigna a un cambio de vástago de la capsuladora y a un cambio de correa entre los servomotores de la máquina que pudo afectar a la estabilidad del proceso, reduciendo la variabilidad del sistema.

Etiquetadora. Posteriormente a una transformación Box-Cox (Figura 38), con un valor óptimo de $\lambda = 2$, es posible validar la hipótesis de normalidad del proceso para ambos tipos de producto; además, los gráficos de control (Figura 39) demuestran que el proceso para ambos formatos es estable y está bajo control estadístico.

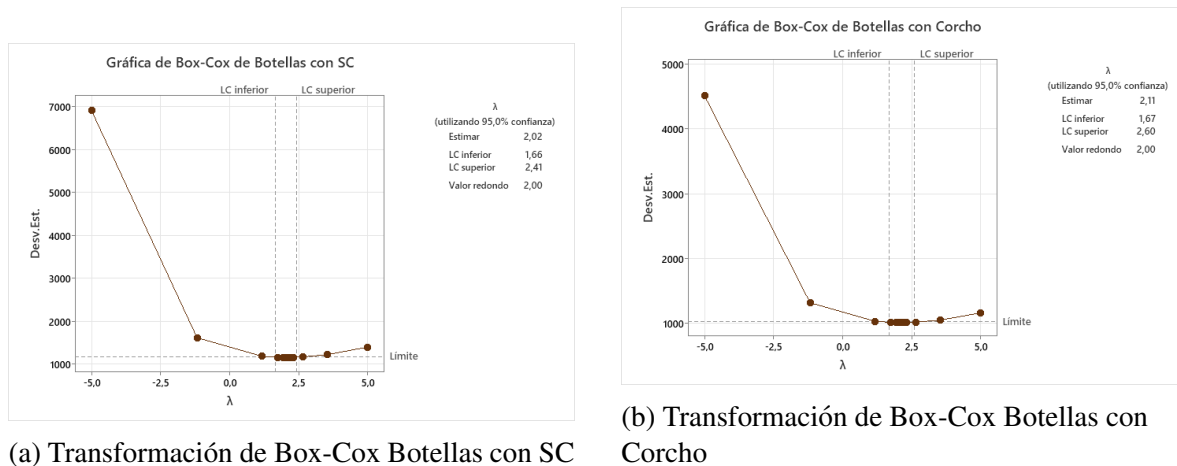
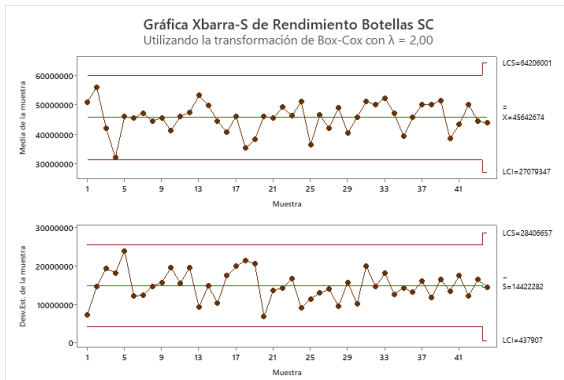


Figura 38: Gráficos de Box-Cox: (a) Botellas con screw cap; (b) Botellas con corcho

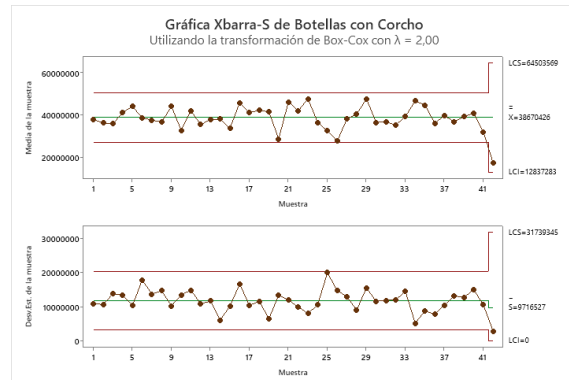
Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

En ambos formatos de botella para SC y Corcho (Figura 40), el análisis de capacidad revela que el proceso de etiquetado no cumple con las especificaciones deseadas. Tras aplicar la transformación de Box-Cox ($\lambda = 2$), se observa que la variabilidad a largo plazo excede con creces el rango de tolerancia en ambos casos ($C_p = 1$), especialmente en el formato SC ($C_p = 0,79$), lo que indica que reducir la dispersión es imprescindible. Además, los índices netos de capacidad (C_{pk} y P_{pk}) tienen un valor menor que 1 para los dos formatos, evidenciando un desplazamiento del proceso respecto al centro del rango; en particular, el formato Corcho muestra un sesgo hacia el límite superior ($CPU=1,15 \leq CPL=0,81$), mientras que las botellas con SC sufren tanto de alta dispersión como de un centrado deficiente ($C_{pk} = 0,77$). Además, es posible visualizar en el gráfico de desviación estándar de la Figura 39a, a partir del subgrupo 25, se observa una estabilización progresiva en la variabilidad del proceso para las botellas SC; esto es debido a una intervención realizada en la base de

traspaso de la zona de tapado de la MonoBlock, la cual fue reparada. Por otro lado, para el caso de las botellas con corcho en el gráfico de media de la Figura 39b es posible apreciar que este valor está fuera de los límites de control del gráfico; esto, debido a una serie de órdenes de trabajo con bajas cantidades de producción que no permitían a la Línea alcanzar un ritmo de producción estable debido a los diversos cambios de formato entre OT's.



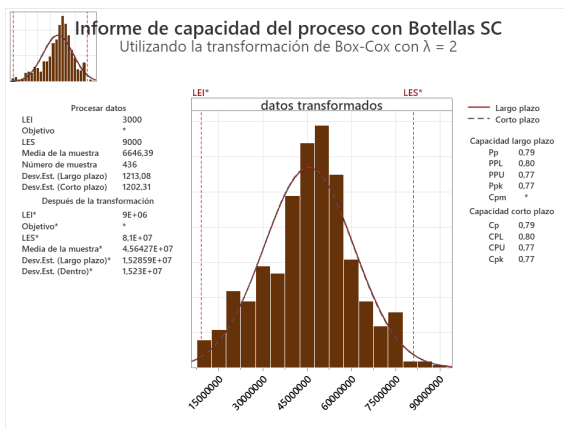
(a) Gráfico Xbarra-S para etiquetado de botellas con screw cap



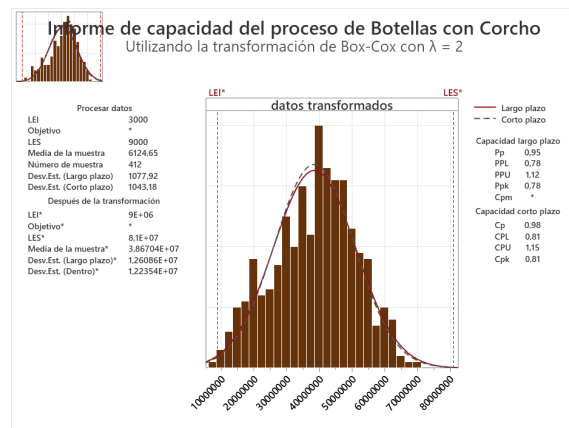
(b) Gráfico Xbarra-S para etiquetado de botellas con corcho

Figura 39: Gráficos Xbarra-S proceso de etiquetado

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.



(a) Análisis de capacidad para etiquetado de botellas con screw cap



(b) Análisis de capacidad para etiquetado de botellas con corcho

Figura 40: Comparación de análisis de capacidad para etiquetado: (a) Botellas con screw cap; (b) Botellas con corcho

Fuente: Elaborado con Minitab Statistical Software 22.

2.10.3. Impacto de la variación de insumos en el desempeño de la Línea

Una vez validadas las mediciones, se procede a realizar un análisis detallado de la variación en el desempeño de cada estación, desglosado por tipo de insumo procesado (botellas, etiquetas, cápsulas, screw caps) y proveedor. Para ello, se requiere la utilización de los datos históricos de autocontrol, que permiten identificar los tiempos de procesamiento por SKU y proveedor. Este análisis permite identificar diferencias de desempeño atribuibles a las características del insumo y su origen, que impactan en la velocidad de operación de la Línea.

Para continuar con el análisis de velocidades efectivas (bph) en las estaciones clave, para cada insumo o configuración productiva, los datos son representados mediante histogramas y curvas de distribución, lo que permite identificar patrones de comportamiento y variaciones atribuibles a características del insumo o el proveedor con el fin de hallar las causas más significativas de las variaciones del proceso. Con la posibilidad de extenderlo a condiciones operativas como turno, operador, día productivo, entre otras. Pero para el alcance de este diagnóstico únicamente se limitará al desarrollo de las características de los insumos.

A continuación en las figuras 41; 42; 43; 44 y 45, se presentan los rendimientos actuales calculados en base a la capacidad de la línea informada por la empresa de 8000 bph. Para cada estación se consideran las 5 botellas más utilizadas en la Línea 1, durante el período de estudio entre julio y noviembre de 2024 según la Tabla 4.

En la Figura 41 y la Tabla 14 se presenta el caso de la botella tipo burdeo de 750 ml verde para corchos, donde para un producto final, los materiales de las listas de materiales utilizadas son idénticos a excepción del proveedor de botellas, se observa que la botella que posee un mejor rendimiento en la línea de 83 % corresponde a la del proveedor de Cristalerías Toro y es aquella con menor utilización.

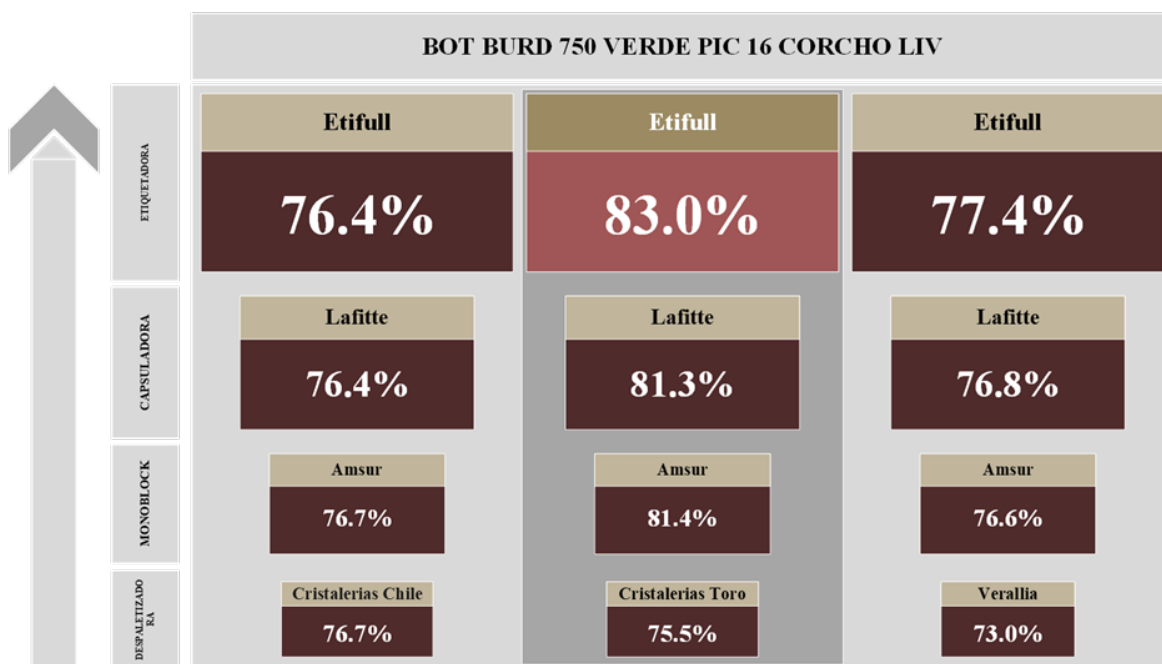


Figura 41: Rendimiento BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV

Tabla 14

Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV

| Proveedor de Botellas | Cant. de Botellas | Cuota de suministro |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Cristalerías Chile | 1.113.389 | 46,1 % |
| Cristalerías Toro | 362.253 | 15 % |
| Verallia | 939.086 | 38,9 % |



Figura 42: Rendimiento BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV

Tabla 15

Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV

| Proveedor de Botellas | Cant. de Botellas | Cuota de suministro |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Cristalerías Chile | 1.119.305 | 71 % |
| Cristalerías Toro | 456.605 | 29 % |

De manera similar, la Figura 42 junto con la Tabla 15 muestran los rendimientos alcanzados por la botella burdeos de 750 ml blanca para screw cap. Aquí se aprecia una diferencia marcada entre proveedores que generan desequilibrios en el flujo de producción. Por ejemplo, las botellas de Cristalerías Toro (Figura 42) muestran un rendimiento del 75,8 %, inferior al 80,4 % de Cristalerías Chile. Esto implica que, al utilizar este proveedor para las botellas, la estación Despaletizadora opera a una menor capacidad, creando tiempos de espera en etapas posteriores y reduciendo la producción media real de la línea.

Los formatos de la botella burdeos cónica baja de 750 ml para corchos de la Figura 43 y la Tabla 16 identifican que también existen diferencias de rendimientos a causa de otros insumos como el corcho. Aunque se visualizan diferencias positivas y negativas para mismos proveedores en distintas estaciones. Estas variaciones podrían explicarse debido a acumulaciones en buffer, reduciendo la velocidad efectiva del proceso en algunas estaciones.

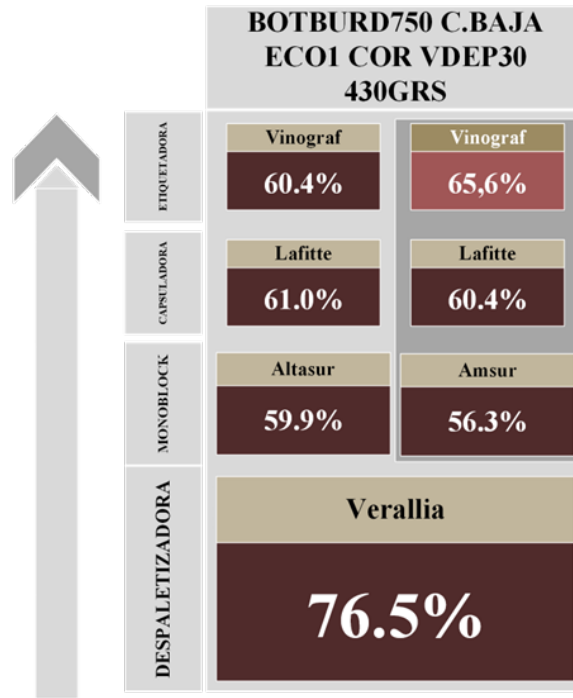


Figura 43: Rendimiento BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS

Tabla 16

Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS

| Proveedor de Botellas | Cant. de Botellas | Cuota de suministro |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Verallia | 319.590 | 100 % |

En la Figura 44 y la Tabla 17, se observan mayores diferencias en cuanto a proveedores, de hasta 960 botellas por hora en la despaletizadora.

Según la Tabla 17, Cristalerías Chile concentra el mayor volumen de suministro, mientras que Cristalerías Toro aporta una menor proporción. Sin embargo, como se observa en la Figura 44, el rendimiento obtenido con Cristalerías Chile se sitúa en torno al 79,9%, superando al 69,1% alcanzado con Verallia. Esta brecha de casi 10 puntos porcentuales se traduce en un mayor número de detenciones y microparadas en la estación MonoBlock y una diferencia alrededor de 900 botellas por hora en la Despaletizadora.

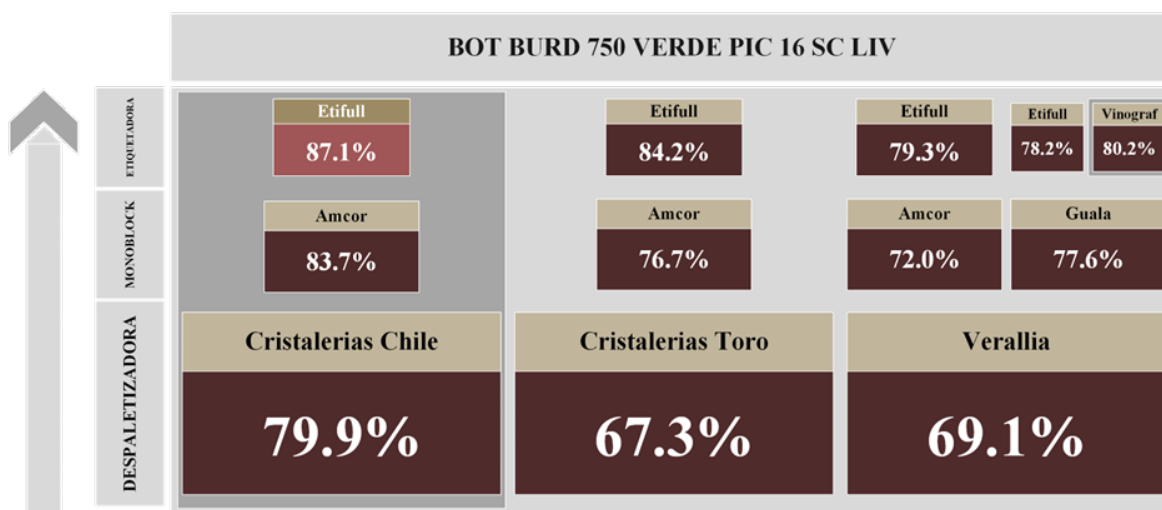


Figura 44: Rendimiento BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV

Tabla 17

Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV

| Proveedor de Botellas | Cant. de Botellas | Cuota de suministro |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Cristalerías Chile | 244.062 | 52,8 % |
| Cristalerías Toro | 73.645 | 15,9 % |
| Verallia | 144.471 | 31,3 % |

Por último, la Figura 45 muestra que aunque no existan mayores diferencias de rendimiento sobre la línea, existen listas de materiales que poseen un rendimiento mucho más uniforme sobre la línea como se puede ver para la configuración que incluye las botellas de Verallia, lo cual reduce la cantidad de paradas de la línea y disminuye la cantidad de productos no conformes de calidad.

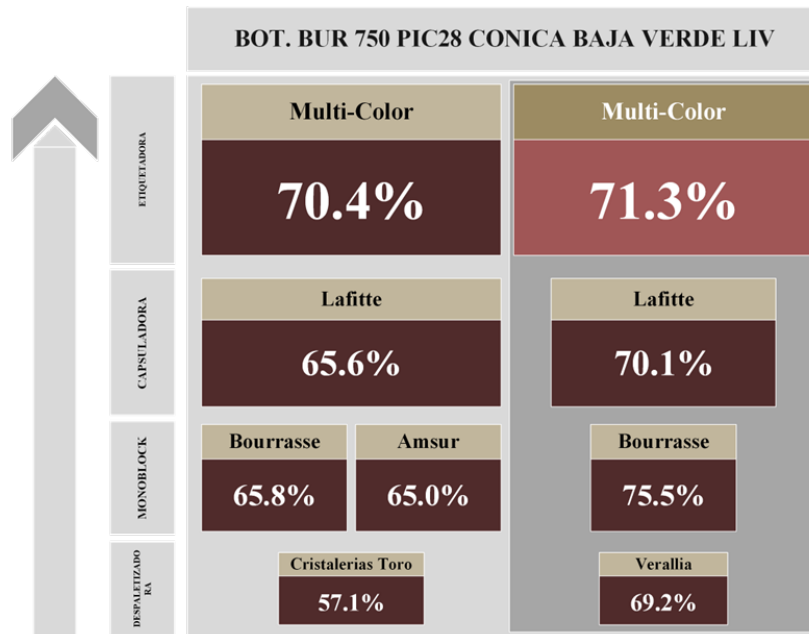


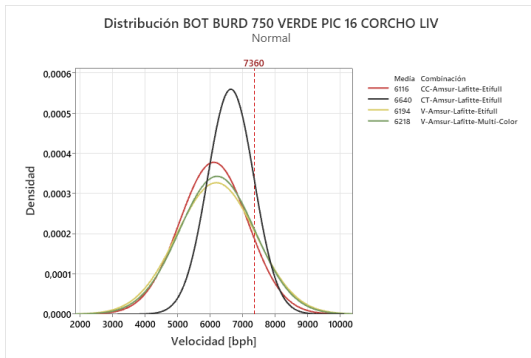
Figura 45: Rendimiento BOT. BUR 750 PIC28 CONICA BAJA VERDE LIV

Tabla 18

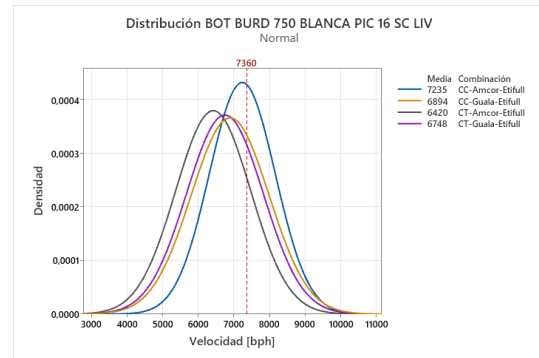
Botellas procesadas (julio-noviembre 2024) - BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV

| Proveedor de Botellas | Cant. de Botellas | Cuota de suministro |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Cristalerías Toro | 244.677 | 54,5 % |
| Verallia | 204.912 | 45,5 % |

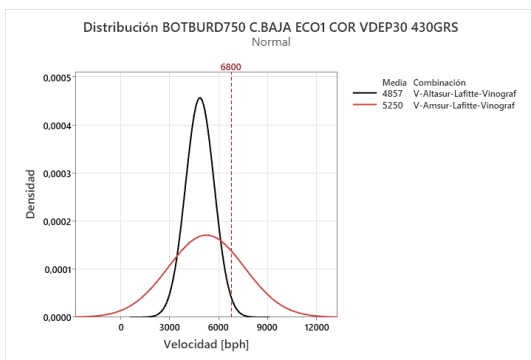
La Figura 46 muestra una comparación para las 5 botellas, el rendimiento en la Línea para distintas listas de materiales para un mismo producto, señalando cuál lista de materiales nos entrega un mayor rendimiento en Línea, atribuible tanto a las diferencias materiales entre insumos de distintos proveedores como a las diversas combinaciones posibles entre insumos y proveedores para un mismo producto (variando únicamente la mezcla enológica, la etiqueta o el color del sellado). En la Figura 46 se muestra la velocidad de operación (botellas por hora) y su distribución normal, medidas en el punto ubicado inmediatamente después de la etiquetadora. Lo que permite identificar potenciales cuellos de botella asociados a determinados insumos. Dado el alto número de insumos similares presentes en la línea, este análisis subraya la relevancia de evaluar la interacción entre insumos y desempeño operativo, así como la necesidad de reducir la variabilidad y, al mismo tiempo, preservar la flexibilidad de personalización que caracteriza a la Viña.



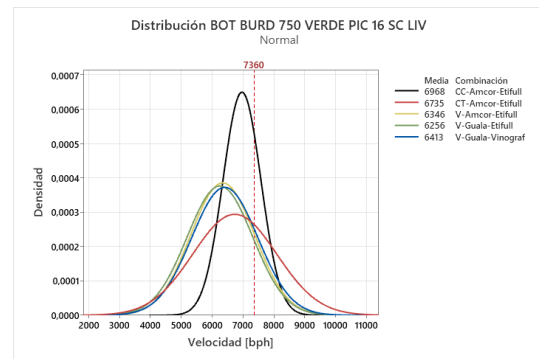
(a) BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV



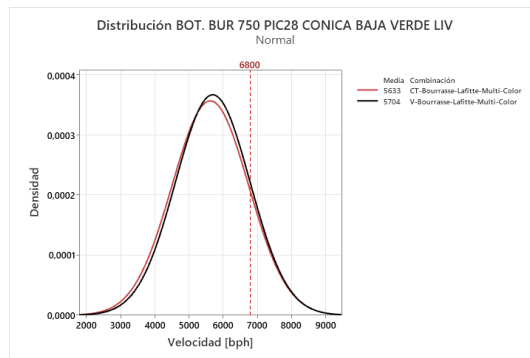
(b) BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV



(c) BOTBURD750 C.BAJA ECO1 COR VDEP30 430GRS



(d) BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV



(e) BOT.BUR 750 PIC28 CONICA BAJA VERDE LIV

Figura 46: Comparación de la distribución de producciones efectivas en botellas/hora para distintas listas de materiales ligadas a los 5 tipos de botellas mas utilizadas.

2.10.4. Aplicación de balanceo de línea para determinar el rendimiento ideal

La variabilidad generada a causa de la interacción de las estaciones de la línea de embotellado con diferentes insumos y proveedores, visibiliza desviaciones significativas en la velocidad de operación y afecta directamente la estabilidad del proceso. En este contexto, la eficiencia global de la línea queda condicionada no solo por los cuellos de botella a partir de las capacidades de cada estación y la variación relacionada con los insumos, sino también por la forma en que se distribuyen las tareas entre estaciones y operadores.

Para determinar el rendimiento ideal de manera estructurada, se aplica la metodología del balanceo de línea (Jacobs y Chase, 2011), con el objetivo de establecer el rendimiento ideal de la línea de embotellado para obtener un punto de comparación con el rendimiento actual de la Línea. Este enfoque permite, además, identificar posibles oportunidades de mejora en la carga de trabajo entre estaciones.

Para el análisis, se realiza 2 configuraciones de productos representativas. Una con cierre tipo screw cap y otra con corcho. A partir de los datos del análisis de capacidades de las estaciones, se calculan los tiempos de ciclo ideal de cada tarea. Estos tiempos corresponden al valor de la media más una desviación estándar ($\mu + \sigma$) con el propósito de definir un estándar de desempeño alto pero alcanzable, que considere las variaciones del proceso de embotellado.

Las actividades fueron organizadas en diagramas de precedencia para reflejar la secuencia lógica de actividades desde el despaletizado hasta el paletizado, siguiendo el flujo ya mencionado en la Figura 20. A continuación, se presenta la Tabla 19 donde se detalla las tareas, tiempos y precedencias para ambos tipos de productos.

Tabla 19

Tabla de Precedencia

| Sigla | Tarea | Tiempo [s] (Screw Cap) | Tiempo [s] (Corcho) | Precedentes (Screw Cap) | Precedentes (Corcho) | Tipo Producto |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| A | Despaletizado botellas | 0,49 | 0,52 | - | - | Ambos |
| B | Llenado y tapado en MonoBlock | 0,48 | 0,49 | A | A | Ambos |
| C | Despaletizado guarda botellas | - | - | - | - | Ambos |
| D | Lavado/secado | - | - | B-C | B-C | Ambos |
| E | Encapsulado | - | 0,51 | - | D | Corcho |
| F | Etiquetado (F/CF) | 0,46 | 0,50 | D | E | Ambos |
| G | Encajonado automático | 0,46 | 0,50 | F | F | Ambos |
| H | Colocación de tabique | 0,22 | 0,22 | G | G | Ambos |
| I | Sellado de caja | 0,25 | 0,25 | H | H | Ambos |
| J | Paletizado de caja | 0,24 | 0,24 | I | I | Ambos |
| Tiempo Total | | 2,60 | 3,24 | | | |

Posteriormente, para efectos del análisis del balanceo de línea, las distintas tareas se agrupan en estaciones de trabajo según la máquina donde se ejecutan o su proximidad funcional dentro del proceso. Este criterio de agrupación, genera un total de 3 estaciones para cada producto, descritas en la Tabla 20, donde se muestran los tiempos totales por estación para cada tipo de cierre.

Tabla 20

Tiempos de ejecución por estación y tipo de cierre

| Tarea/Estación | Tiempo [s] SC | Tiempo [s] Corcho |
|---|----------------------|--------------------------|
| Estación 1 | 0,97 | 1,01 |
| Despaletizado botellas Llenado y tapado en Monoblock | | |
| Estación 2 | 0,46 | 1,01 |
| Encapsulado Etiquetado (frontal/contraetiqueta) | | |
| Estación 3 | 1,17 | 1,22 |
| Encajonado automático Colocación de tabique Sellado de caja Paletizado de caja | | |

A partir del levantamiento de los tiempos de ciclo ideal por actividad y su orden lógico de ejecución, se elabora el diagrama de precedencia de la Figura 47, el cual representa gráficamente la secuencia de tareas necesarias para completar el ciclo de embotellado, desde el despaletizado hasta el paletizado final. Este diagrama se construye considerando la tabla de precedencias obtenida y sirve como base para la aplicación del balanceo de línea, cada color representa un grupo de tareas dentro de una estación.

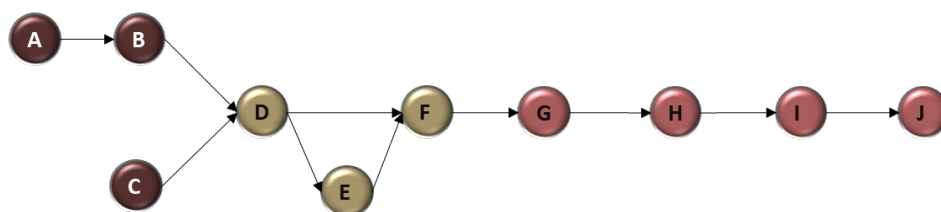


Figura 47: Diagrama de precedencia

Fuente: Elaboración propia.

Para la asignación de tareas a cada estación se utiliza el método heurístico de tiempo más largo por estación (Longest Operating Time, LOT). Esta elección se fundamenta en que dicho método refleja de forma más realista la lógica actual de operación observada en la línea de embotellado, donde ciertas estaciones concentran actividades de mayor duración debido a la configuración existente de recursos y responsabilidades. En base a esto se obtiene un rendimiento ideal esperado de 73,9 % para productos con ScrewCap y 88,7 % para productos con Corcho en la línea de embotellado 1.

2.10.5. Análisis de tiempos de cambio de formatos

Otra fuente significativa de pérdida de capacidad en la línea de embotellado corresponde a los tiempos asociados a cambios de formato en esta, los cuales se derivan de la amplia variedad de productos e insumos utilizados en la viña. Estos cambios implican ajustes de máquinas, reposición de insumos, limpieza de estaciones o cambio de proveedores. La Tabla 21 presenta los tiempos estándar actuales de la línea de embotellado que únicamente requieren el cambio de 1 insumo.

Tabla 21

Tiempos de cambio estándar

| Tipo de cambio | Tiempo [min] |
|------------------------------------|---------------------|
| Cambio de ficha | 10 |
| Cambio de screw cap | 15 |
| Cambio de corcho | 15 |
| Cambio de screw cap a corcho | 15 |
| Cambio de corcho a screw cap | 15 |
| Cambio de mezcla enológica de vino | 25 |
| Cambio de cápsula | 15 |
| Cambio de botella | 15 |

Estos tiempos estándar no tienen en consideración la nueva máquina etiquetadora de la línea y han sido definidos en base a la experiencia de los programadores y no en base a estudios de tiempo. Además, existen tiempos de cambio de formato para los cuales el producto a realizar cambia en más de un insumo. Para ello, se toma como referencia la máquina etiquetadora, pues esta es la estación que más demora dependiendo del cambio

de formato realizado entre insumos. La máquina etiquetadora antigua poseía un sistema con el cual era necesario intercambiar distintas bases cerámicas, las que funcionaban como soporte, cumpliendo la función de sujetar y mover las botellas, por lo cual estas debían ser intercambiadas de acuerdo a las dimensiones de la base de las botellas. La Tabla 22 muestra la distribución de las botellas en los distintos formatos, mientras que la Tabla 23 señala los tiempos de cambio estándar en la realización de estos cambios.

Tabla 22

Anillos

| Formato 1 | Formato 2 | Formato 3 |
|------------------------|------------------|--------------------|
| Burdeo PIC 16 | Borgoña Augusta | Borgoña Casablanca |
| Borgoña PIC 16 | Borgoña P40 | Borgoña Insignia |
| TOP 40 - Baco - Curicó | | |
| Cónicas bajas y altas | | |
| Sedución | | |

Tabla 23

Matriz de Formatos de Entrada/Salida

| Formato Entrada / Salida | Formato 1 | Formato 2 | Formato 3 |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Formato 1 | 10 min. | 40 min. | 40 min. |
| Formato 2 | 40 min. | 10 min. | 40 min. |
| Formato 3 | 40 min. | 40 min. | 10 min. |

Es importante destacar que, con la incorporación de la nueva etiquetadora, se esperaba una reducción significativa de los tiempos de cambio de formato asociados a esta estación, ya que elimina la necesidad de reemplazar bases físicas al operar con un sistema ajustable para distintos tipos de botellas. No obstante, al momento de este diagnóstico, aún no se han sistematizado nuevos tiempos estándar basados en esta mejora. Actualmente se estima un promedio de 140 min. en tiempos de cambio desde planificación por día. Durante el alcance de este trabajo un 20,2% del tiempo de producción planificado, correspondía a tiempos de cambios planificados, mientras que en la realidad solo un 15,9% del tiempo real de producción se utiliza para la realización de cambios de formato en la Línea 1.

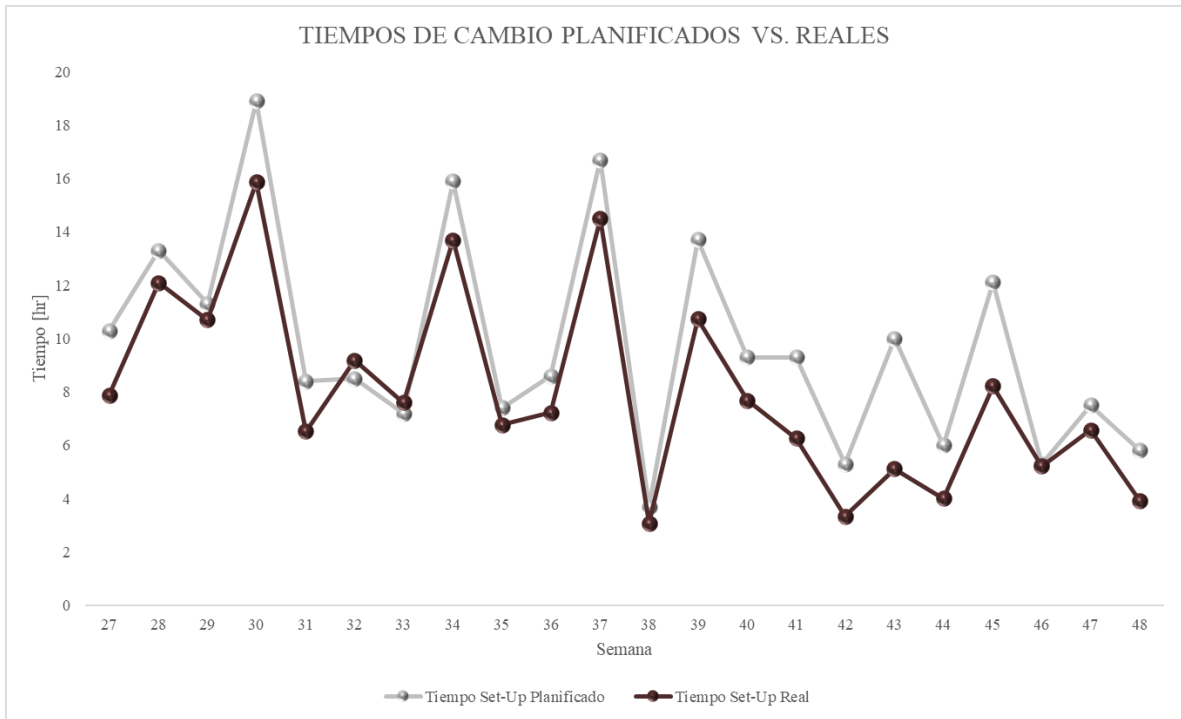


Figura 48: Tiempos de cambios planificados vs. reales

2.10.6. Producción planificada vs. Producción real

Luego de haber establecido las principales limitaciones operativas de la línea de embotellado, es clave contrastar la producción planificada con la producción real. Este análisis permite cuantificar el impacto de los desvíos detectados y visualizar la magnitud del problema desde una perspectiva del cumplimiento de la planificación. Durante el período analizado, la producción planificada para la línea 1 fue en promedio de 7.210 botellas/hora, lo cual representa un rendimiento del 90,12 % según los estándares definidos por la empresa. Sin embargo, la realidad es que la producción real alcanzó 6.391 botellas por hora, lo que representa un nivel de cumplimiento de 88,64 % respecto a lo planificado. Lo cual representa un total de 162.692 botellas no producidas, además de la necesidad de realizar un total de 45 horas extras para compensar parcialmente la brecha productiva (Figura 49).

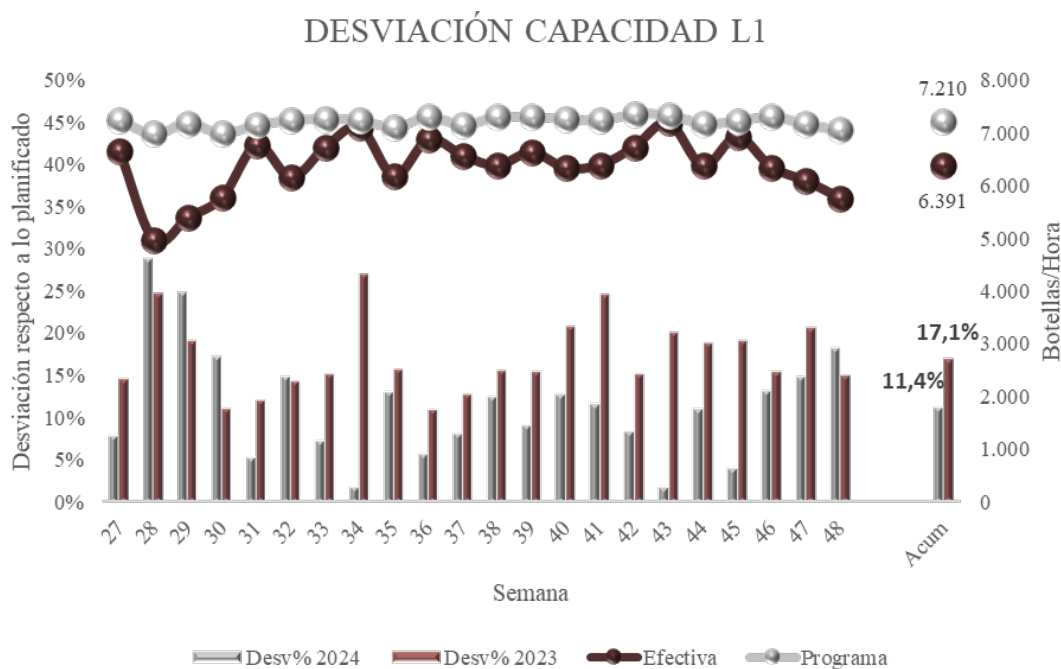


Figura 49: Desviación Capacidad JUL-NOV 2024

El comportamiento semanal evidencia una alta variabilidad, con semanas como la 28, 29, 30, 32, 35 y 48 donde se registraron las mayores diferencias entre la capacidad de producción planificada y real, obligando a ampliar la jornada para cumplir parcialmente los volúmenes comprometidos. Estas diferencias no solo implican el aumento de costos operacionales, sino que comprometen la eficiencia global de la línea, afectando el cumplimiento de pedidos en tiempo y calidad. Las principales causas de desviación ya han sido expuestas en secciones

anteriores, como los cambios de formato, la variabilidad de insumos y proveedores, las capacidades reales de cada línea que difieren de las capacidades con las que se planifican, la falta de segmentación de productos y sus rendimientos en la línea, y la alta cantidad de productos similares que afectan a la operación.

Ese contraste entre demanda y capacidad efectiva reafirma la necesidad de implementar una estrategia de mejora continua orientada a reducir la variabilidad y fortalecer la consistencia en el desempeño de la línea. La siguiente sección abordará precisamente las propuestas de mejora desarrolladas con base en este diagnóstico.

3. Análisis técnico, medición del desempeño e identificación de oportunidades

En este capítulo se presentan las etapas de planificación y priorización de las oportunidades de mejora identificadas durante el diagnóstico del estado actual de la línea de embotellado. El propósito es transformar los hallazgos obtenidos en planes de acción orientados a reducir las principales pérdidas de eficiencia detectadas. Para ello, se realiza un análisis de causas raíz, seguido de la formulación de alternativas de mejora clasificadas según su impacto, factibilidad técnica y costo de implementación. Finalmente, se establecen criterios de priorización que permiten seleccionar las soluciones más convenientes para su aplicación en la Línea 1.

El análisis de causa raíz se desarrolla de forma escalonada, iniciando con la identificación de causas inmediatas o aparentes que explican las desviaciones de eficiencia observadas en la línea de embotellado. Posteriormente, se profundiza en aquellas causas que, por su complejidad o impacto sobre el proceso, requieren una revisión más detallada para su eliminación definitiva. Este enfoque progresivo permite distinguir entre síntomas operacionales y causas estructurales, asegurando que las acciones propuestas en las etapas siguientes aborden de manera efectiva los factores que realmente limitan el desempeño del sistema.

3.1. Análisis de causas

Con el fin de dar respuesta a los problemas identificados durante la medición del proceso actual de la línea de embotellado, es necesario identificar las causas de los principales problemas detectados en la Línea 1. Para ello, se realiza un análisis causa-raíz basado en

la metodología 6M. Este trabajo se lleva a cabo en conjunto con el equipo de operaciones y mantenimiento, considerando la experiencia de operadores, técnicos y supervisores. A partir de las causas identificadas para la baja eficiencia, se construye el diagrama de Ishikawa en la Figura 50, que permite visualizar gráficamente las principales causas asociadas a la baja eficiencia del sistema productivo.

Este análisis causa–efecto se estructura en torno a seis categorías clásicas: Materiales, Máquinas, Métodos, Mano de Obra, Medición y Medio Ambiente, las cuales agrupan los distintos factores que influyen negativamente sobre el desempeño de la línea.

Cada una de las causas identificadas son observadas durante el diagnóstico del estado actual y es abordada mediante el desarrollo de oportunidades de mejora específicas, en la Figura 50 se descarta la categoría de Medio Ambiente pues no existen causas asociadas a esta que presenten variaciones significativas las cuales impacten de manera directa sobre la eficiencia. Este enfoque garantiza una trazabilidad entre la causa raíz, el síntoma operacional y la acción correctiva propuesta.

En conjunto, este marco permite construir un plan de mejora integral que busque eliminar las causas raíces desarrolladas a través de la herramienta 5 ¿Por qué? de la baja eficiencia en la línea, para resolver las causas fundamentales que limitan la eficiencia del proceso. A continuación, se desarrollan las distintas causas, asignadas según su tipo de desperdicio, con el fin de presentar soluciones que las eliminen de la línea de embotellado.

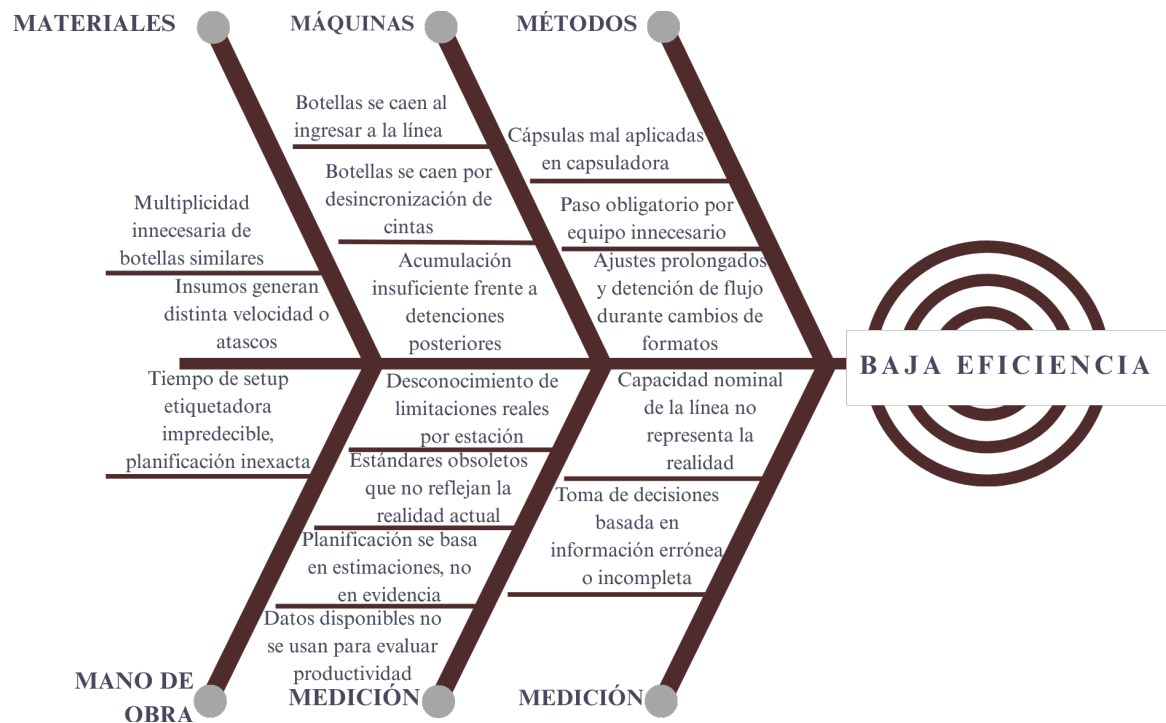


Figura 50: Análisis causa-raíz

El análisis de causa-raíz mediante el diagrama de Ishikawa de la Figura 50 permitió estructurar los principales factores que contribuyen a la baja eficiencia de la línea de embotellado. Las causas asociadas a materiales, máquinas, método, mano de obra y medición. Es de vital importancia establecer que el levantamiento de oportunidades de mejora fue realizado a partir de observaciones realizadas en terreno y análisis de datos de producción. Es por ello que el diagrama de Ishikawa llega a complementar y validar mediante el análisis de causa-raíz, la coherencia y vínculo entre las oportunidades de mejora observadas y las principales causas de baja eficiencia en la línea. A continuación se presenta la siguiente Tabla 24, donde muestran los problemas identificados en el diagrama de Ishikawa y las oportunidades de mejora asociadas consideradas dentro del alcance del estudio, la cual permite establecer una conexión entre las causas identificadas con oportunidades de mejora planteadas, se muestran los problemas identificados en el diagrama de Ishikawa y las oportunidades de mejora asociadas consideradas dentro del alcance del estudio.

Tabla 24

Relación entre causas identificadas en Ishikawa y oportunidades de mejora

| Categoría Ishikawa | Causa Identificada | Oportunidad que lo aborda |
|---------------------------|--|--|
| Materiales | Multiplicidad innecesaria de botellas similares | Homologación de formatos de botellas |
| Materiales | Insumos generan distinta velocidad | Alta variación de rendimientos en línea por proveedor |
| Máquinas | Botellas se caen al ingresar a la línea | Caídas en la recepción de las botellas / Caídas en el transporte de las botellas |
| Máquinas | Botellas se caen por desincronización de cintas | Caídas en el transporte de las botellas |
| Máquinas | Acumulación y operación insuficiente frente a detenciones posteriores del buffer | Subutilización del buffer |
| Métodos | Cápsulas mal aplicadas en capsuladora | Cápsulas defectuosas por temperatura |
| Métodos | Paso obligatorio de botellas por equipo/s innecesario/s | La estación de la lavadora no agrega valor al proceso |
| Métodos | Ajustes prolongados y detención de flujo durante cambios de formato | Detenciones por cambios de formato en etiquetadora |
| Mano de Obra | Tiempo de set-up de etiquetadora impredecible, planificación inexacta | |
| Medición | Desconocimiento de limitaciones reales por estación | No existe conocimiento sobre los cuellos de botella en la línea |
| Medición | Tiempos estándares obsoletos no reflejan la realidad actual | Falta de actualización de tiempos estándar |
| Medición | La planificación se basa en estimaciones no evidencia | Variabilidad en tiempos de cambio de formato y necesidad de estandarización |
| Medición | Datos disponibles no son utilizados para evaluar la productividad | Falta de datos reales de velocidad de operación |
| Medición | La capacidad teórica de la línea establecida no representa la realidad | |
| Medición | Las decisiones son basadas en información errónea o incompleta | Subutilización del sistema de conteo |

Como se observa en la Tabla 24, existen múltiples causas que explican la baja eficiencia de la Línea 1; sin embargo, no todas requieren el mismo nivel de profundidad. El análisis de causa raíz se desarrolla de forma escalonada, iniciando con la identificación de causas

inmediatas o aparentes como fue mencionado, para luego profundizar en aquellas causas estructurales que inciden de manera directa en la estabilidad y el desempeño de la línea.

El trabajo desarrollado a continuación se ubica dentro de las etapas de "Analizar" y "Mejorar" de la metodología DMAIC (Figura 8). Las causas seleccionadas para su desarrollo en profundidad se determinan a partir de la evidencia obtenida en terreno y del diagnóstico de la situación actual, considerando factores como su frecuencia de ocurrencia, impacto operativo observado y relación directa con los indicadores de eficiencia. Este enfoque permite concentrar los esfuerzos analíticos en los problemas más relevantes. A continuación, se presentan las causas que fueron priorizadas para un análisis más detallado, con el fin de sustentar las oportunidades de mejora propuestas en este capítulo.

- Cápsulas mal aplicadas en capsuladora.

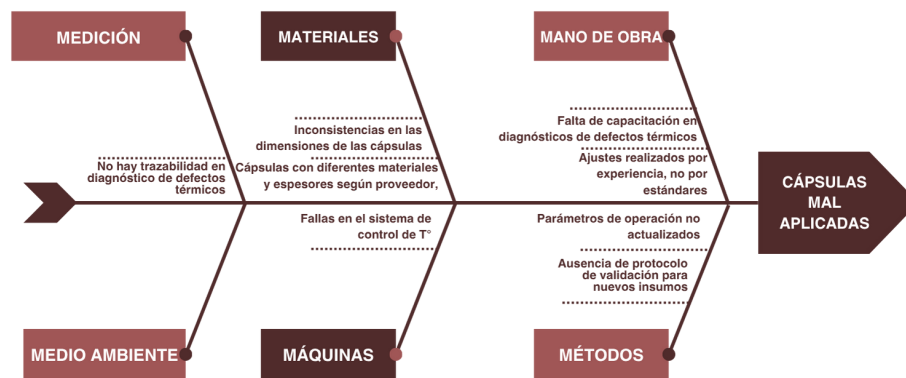


Figura 51: Diagrama de Ishikawa para cápsulas mal aplicadas

El diagrama de Ishikawa de la Figura 51 muestra que el problema de las cápsulas mal aplicadas proviene de desajustes en la T° del equipo, falta de estandarización y ausencia de un sistema de validación técnica de los insumos, las cuales serán abordadas en la oportunidad de mejora relacionada con la estandarización de temperaturas de operación para distintos tipos de cápsulas y la creación de una matriz de temperaturas de referencia. Además, el diagrama revela causas adicionales que podrían requerir de acciones, como la incorporación de un protocolo formal de pruebas técnicas previas a la incorporación de nuevos proveedores. Con el fin de asegurar una consistencia operativa.

- Tiempo de set-up de etiquetadora impredecible, planificación inexacta.

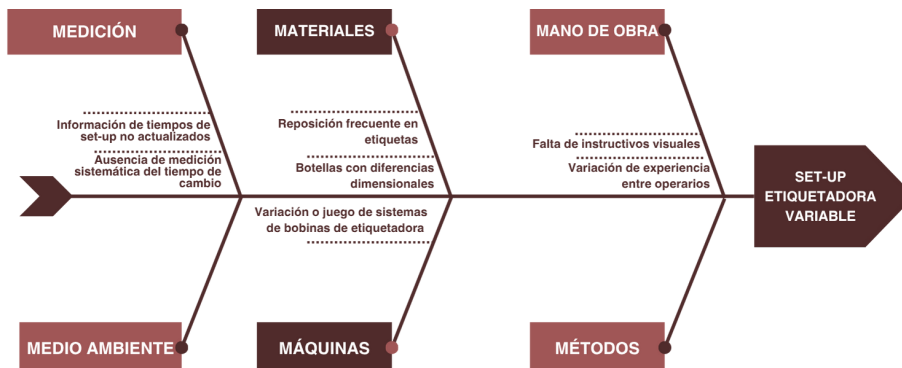


Figura 52: Diagrama de Ishikawa para Tiempos de Set-Up

Se evidencia una nueva arista adicional a las oportunidades de mejora asociadas a falta de estandarización, dependencia del operador y secuencias no definidas, la cual corresponde a la revisión y ajuste a nivel técnico de las bobinas de etiquetado para evitar la variación entre productos de un mismo formato y disminuir la cantidad de tiempos destinados al ajuste y pruebas del correcto funcionamiento de la etiquetadora y calidad de los productos.

- La planificación se basa en estimaciones no en evidencia.

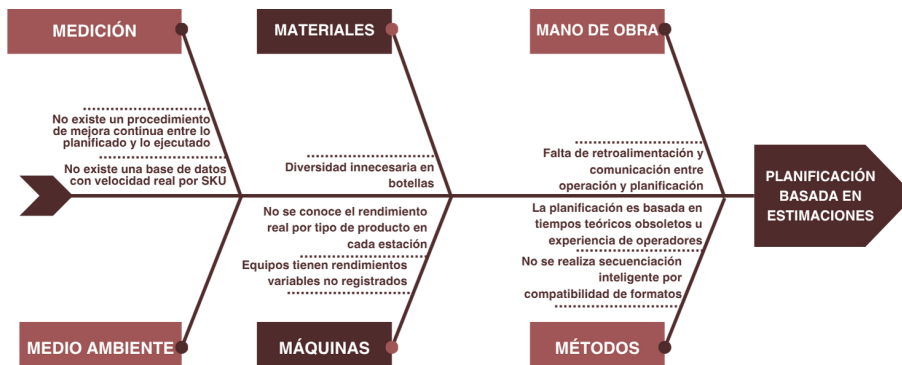


Figura 53: Diagrama de Ishikawa para planificación

Las causas analizadas indican que la planificación diaria de la producción se sustenta en datos nominales y criterios empíricos, sin incorporar información histórica real sobre tiempos, velocidades ni condiciones operativas. Este problema ya es abordado mediante oportunidades enfocadas en la sistematización de datos de cambios de formato y la categorización de tiempos reales.

- La capacidad teórica de la línea establecida no representa la realidad.

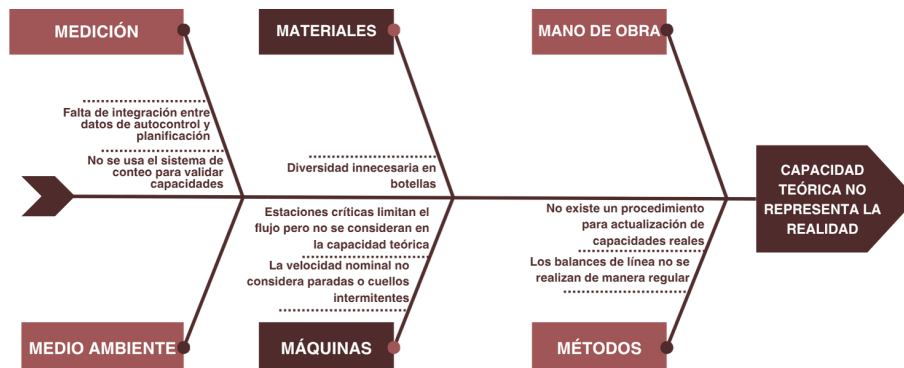


Figura 54: Diagrama de Ishikawa para capacidad teórica no representativa

El análisis de la Figura 54 revela que el desacople entre la capacidad teórica de la línea y su rendimiento real tiene múltiples causas: desde la inexistencia de mediciones precisas por estación hasta la falta de actualización de parámetros nominales y un diseño de línea que no contempla cuellos de botella reales. Si bien, este problema se relaciona con oportunidades como el análisis de cuellos de botella y la medición de velocidades efectivas, aún no existe una acción concreta que aborde directamente la redefinición de la capacidad efectiva del sistema. Por tanto, se propone incorporar una nueva oportunidad orientada al redimensionamiento técnico de la capacidad de la línea, que considere los límites reales de cada estación, así como un plan de rebalanceo basado en datos operativos. Esta acción se orienta a facilitar una mejor toma de decisiones en planificación y permitiría una estimación más realista del OEE.

A partir del análisis de las causas representadas en la Figura 50 y su relación con las oportunidades de mejora señaladas en la Tabla 24, es posible establecer una agrupación estratégica de los problemas abordados. Las oportunidades se organizan según 3 ejes principales:

1. Variabilidad y calidad de insumos. Agrupa aquellas oportunidades orientadas a la reducción de la dispersión en el producción efectiva a causa del rendimiento de materiales (botellas, cápsulas, etiquetas), asegurando condiciones estables y homogéneas para la operación.
2. Planificación y Programación de Producción. Considera aquellas acciones dirigidas a la precisión, confiabilidad y actualización de la información utilizada en la planificación operativa, fortaleciendo la gestión y sincronización de tareas operativas.
3. Estabilidad operativa del proceso. Comprende las oportunidades enfocadas en

disminuir las interrupciones, detenciones y desbalances entre estaciones, promoviendo un flujo continuo y un uso más eficiente de la capacidad de la línea.

Esta clasificación permite integrar criterios de desperdicio Lean y pérdidas TPM para asegurar una intervención técnica y operacional coherente. En conjunto, buscan sentar las bases para una línea de embotellado más robusta, eficiente y adaptable a las condiciones cambiantes de producción.

3.2. Diseño de las oportunidades de mejora

En esta sección se presentan las oportunidades de mejora a partir de las causas desarrolladas previamente. Cada oportunidad es diseñada considerando la causa que le da origen, su impacto sobre la eficiencia y la coherencia con los objetivos del plan de mejora, estableciendo acciones propuestas para cada una.

En base a la relación establecida entre Lean Manufacturing, Six Sigma y TPM, se presenta la Tabla 25 que asocia todas las oportunidades de mejora a desarrollar con un tipo de desperdicio Lean (Muda) y las pérdidas de TPM asociadas. Mientras Lean informa "qué se desperdicia", las pérdidas de TPM complementan el análisis con una mirada técnica y operativa que muestra "dónde y cómo se materializa la ineficiencia". Es importante precisar que las pérdidas no constituyen causas sino síntomas que evidencian las consecuencias de las causas. Esta distinción fortalece el análisis previo de causas raíz, al vincular las oportunidades de mejora con los síntomas observables del proceso y con los indicadores que reflejan su impacto sobre la eficiencia. La Tabla 25 muestra la clasificación de cada oportunidad de mejora según los desperdicios de Lean y las pérdidas de TPM relacionadas.

Es importante destacar que las oportunidades identificadas no se orientan estrictamente a la eliminación de pérdidas o desperdicios directos del proceso. Algunas de ellas se vinculan de manera directa con desperdicios o pérdidas en el sentido Lean o TPM, como por ejemplo caídas, paradas, defectos o tiempos improductivos, mientras que otras se enfocan en debilidades de gestión y operación que limitan la toma de decisiones y la eficiencia global del sistema, como la falta de información confiable o la subutilización de sistemas. Esta distinción permite abordar tanto los síntomas visibles del proceso como las causas estructurales de gestión, garantizando un enfoque más integral que combina la reducción de pérdidas con el fortalecimiento de las capacidades de la organización necesarias para la mejora continua.

Tabla 25

Clasificación de oportunidades de mejora según desperdicios Lean y pérdidas de TPM

| Oportunidad de mejora | Desperdicio Lean | Pérdida TPM | Debilidades de operación y gestión |
|--|----------------------------------|---|--|
| #1 No existe conocimiento sobre los cuellos de botella en la línea | Sobreproducción | | Estabilidad operativa |
| #2 Ajuste de bobinas de etiquetadora | Tiempo de espera | Pérdidas por ajustes y configuraciones | |
| #3 Detenciones por cambios de formato en etiquetadora | Tiempo de espera / Sobreprocesos | Pérdidas por ajustes y configuraciones | |
| #4 Subutilización del buffer | Transporte / Tiempo de espera | Pérdidas por reducción de velocidad | |
| #5 Caídas en el transporte de las botellas | Sobreproducción | Pérdidas por detenciones menores y paradas en vacío | |
| #6 Caídas en la recepción de las botellas | Sobreproducción | Pérdidas por detenciones menores y paradas en vacío | |
| #7 Validación técnica de insumos antes de su incorporación al proceso | Defectos | Pérdidas por defectos en el proceso | |
| #8 Variabilidad en tiempos de cambio de formato y necesidad de estandarización | Tiempos de espera | Pérdidas por ajustes y configuración | Variabilidad y calidad de insumos |
| #9 Alta variación de rendimientos en línea por proveedor | Sobreproducción / Defectos | Pérdidas por reducción de velocidad | |
| #10 Homologación de formatos de botellas | Inventario / Defectos | Pérdidas por ajustes y configuraciones | |
| #11 Cápsulas defectuosas por temperatura | Sobreproducción | Pérdidas por defectos en el proceso | |
| #12 La estación de la lavadora no agrega valor al proceso | Transporte | | |
| #13 Redefinición técnica de la capacidad teórica de la línea | Tiempo de espera | Pérdidas por reducción de velocidad | Planificación y Programación de Producción |
| #14 Falta de actualización de tiempos estándar | Movimientos | | |
| #15 Falta de datos reales de velocidad de operación | Tiempos de espera | | |
| #16 Subutilización del sistema de conteo | | | |

3.2.1. Estabilidad operativa

Oportunidad #1: No existe conocimiento sobre los cuellos de botella en la línea

Tal como se identificó en el capítulo anterior, específicamente en la sección 2.10.2, el análisis de capacidad reveló que estaciones críticas como la Despaletizadora, MonoBlock, Capsuladora y Etiquetadora presentan un bajo desempeño (índices C_p y $C_{pk} < 1$) en ciertos formatos de producto, lo cual evidencia la presencia de cuellos de botella intermitentes según la configuración de insumos. Esta variabilidad genera acumulación en ciertas zonas de la línea o detenciones no programadas, afectando la eficiencia global. Para un desarrollo más profundo de esta problemática, se presenta la Tabla 26 para el desarrollo de los 5 ¿Porqués?.

Tabla 26

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués

| Porqué # | Respuesta |
|----------|---|
| 1 | ¿Por qué hay cuellos de botella en algunos formatos? Porque ciertas estaciones reducen su velocidad dependiendo del tipo de botella o cápsula utilizada. |
| 2 | ¿Por qué disminuye la velocidad según el tipo de insumo? Porque no todos los insumos fluyen igual en las máquinas, generando atascos, caídas o necesidad de ajustes. |
| 3 | ¿Por qué hay insumos que generan problemas? Porque existen variaciones entre proveedores o diseños incompatibles que afectan el desempeño de las estaciones. |
| 4 | ¿Por qué se usan insumos con diferencias notables de desempeño? Porque la planificación actual no considera información sobre velocidad efectiva por combinación de insumos. |
| 5 | ¿Por qué no se considera esa información? Porque no existe una base de datos actualizada ni una sistematización del rendimiento histórico por insumo. |

A partir de este análisis se determina que la ausencia de una base de datos estructurada con el rendimiento real de las estaciones según formato e insumo impide que la planificación productiva optimice la secuencia de producción, generando cuellos de botella intermitentes entre distintos formatos.

Para solucionar este problema, se propone desarrollar una base de información con el desempeño de cada estación según el SKU procesado, a partir del análisis de la información recopilada hasta el momento. A partir de ello, desarrollar una matriz dinámica de desempeño de estaciones por SKU que permita agrupar productos por comportamiento similar y reordenar los programas de producción de forma inteligente. Esto se puede complementar con un registro de datos automático que permita mantener esta base de información actualizada ante futuras modificaciones o pruebas; también es posible que, con un analista de programación, sea posible ordenar y presentar la información de los autocontroles ya presentes en la línea de embotellado para una mejor toma de decisiones.

A partir de la sección 2.10.6, se evidencia un total de 162.692 botellas no producidas durante el período estudiado y una cantidad de 44.9 horas extras para, aún así, no cumplir con todas las botellas programadas en este período. A partir de una desviación de la capacidad productiva de un 11.36 %. De la Figura 46 se puede observar 2 combinaciones de productos idénticas que únicamente varían en el tipo de formato de botella con respecto a si utiliza SC o Corcho, de la botella BOT BURD 750 VERDE PIC 16 COR-CHO LIV (Figura 46a) con la combinación de CC-Amcor-Lafitte-Etifull, se obtiene que su media de velocidad es de 6.116 bot/h, mientras que la misma combinación de proveedores para la botella y etiqueta BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV (Figura 46d) posee una velocidad media de 6.968 bot/h. Ambas son programadas para pasar a un 92 % de la capacidad nominal de la Monoblock lo cual corresponde a 7.360 bot/h. Entre estas 2 botellas cubren un 43 % de la producción anual en distintas combinaciones o para distintos productos. La Tabla 27 a continuación muestra el impacto de no conocer que cada formato tiene un cuello de botella diferente.

Tabla 27

Comparación entre velocidad planificada y velocidad efectiva

| Formato | Cant. Botellas | Vel. Planificada [bph] | Vel. Efectiva [bph] | Tpo. Planificado [h] | Tpo. Real [h] | Var % |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------|
| BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV | 1.028.758 | 7.360 | 6.116 | 139,8 | 168,2 | 20 % |
| BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV | 118.681 | 7.360 | 6.968 | 16,1 | 17,0 | 6 % |

Lo que representa que hubo que recurrir a 29,3 horas extras necesarias para completar la producción de estos SKU's, lo cual indica un mayor costo operativo para ambos productos y una utilización ineficiente de los recursos. La implementación de una base de datos dinámica de velocidades por SKU permitiría ajustar los programas de producción de acuerdo con la capacidad real de la línea, reduciendo la desviación de capacidad productiva (actualmente en 11,36 %) y optimizando el uso de los recursos, tanto en tiempo como en costos operativos.

■ Impacto esperado

- Reducción estimada de un 5–8 % en la desviación de capacidad productiva.
- Disminución de al menos 20 horas extras semestrales.
- Aumento de eficiencia en la planificación de formatos críticos con hasta 10 % de mejora en utilización horaria.

■ Costos estimados

- Horas de análisis de datos y construcción base de datos: 40 horas hombre.
- Capacitación básica al equipo de planificación: 4 horas.
- Automatización de reportes a través de dashboard o script (opcional): 50–200 USD.

Todo esto se traduce en una reducción esperada de hasta un 9 % en el costo de producción [USD/hora] de los vinos de calidad varietal, gracias a una utilización más eficiente de la capacidad instalada y menor necesidad de horas extras a partir de una correcta planificación. Además de una baja o nula inversión para llevar a cabo el análisis de datos. Aunque por razones de confidencialidad no se detalla el monto exacto de ahorro, esta variación representa una mejora sustancial en la rentabilidad operativa del segmento de mayor volumen de producción de la viña.

Oportunidad #2: Ajuste de bobinas de etiquetadora

Durante los cambios de formato realizados en la máquina etiquetadora, y el análisis de los factores del OEE, se identificó una fuente recurrente de pérdidas de tiempo y eficiencia asociadas al proceso, particularmente en lo relacionado con el reemplazo del rollo de etiquetas montado sobre la bobina (Tabla 3). Si bien la máquina etiquetadora opera con recetas de configuración que almacenan las coordenadas de aplicación (posición X, Y, Z)

y parámetros de producto, se ha constatado que los tiempos destinados a ajustes posteriores al cambio del rollo son significativamente variables y, en algunos casos, excesivos, afectando la disponibilidad de la estación.



Figura 55: Unidad de etiquetado Autoadhesiva

Recuperado de información de la empresa.

Este fenómeno se traduce en microdetenciones por ajustes manuales, pruebas sucesivas de aplicación, y generación de etiquetas mal aplicadas durante los primeros ciclos tras el cambio de formato. Las observaciones de campo, junto con entrevistas al personal de operación, permitieron identificar que el error no proviene de un mal uso de la receta almacenada, sino del alineamiento físico y tensado incorrecto del nuevo rollo sobre las bobinas que controlan el movimiento de las etiquetas previas a su aplicación.

Para evaluar técnicamente esta falla potencial y su impacto en el proceso, se aplica la herramienta FMEA, presentada a continuación.

Tabla 28

FMEA – Fallas asociadas al montaje del rollo de etiquetas

| Modo de falla | Efecto en el proceso | S | O | D | RPN |
|----------------------------------|---|----------|----------|----------|------------|
| Montaje desalineado del rollo | Aplicación errónea de etiquetas, desvíos verticales | 9 | 3 | 6 | 162 |
| Tensado incorrecto del material | Arrugas, etiquetas desplazadas, atascos | 7 | 6 | 6 | 252 |
| Sentido de giro incorrecto | No se alimenta etiqueta al aplicador | 2 | 10 | 4 | 80 |
| Falta de capacitación específica | Aumenta el tiempo de ajuste post montaje | 6 | 6 | 5 | 180 |

El análisis realizado muestra que los modos de falla asociados a la desalineación del rollo sobre la bobina, seguido por la ausencia de referencias visuales y tensado incorrecto, esclarecen que la raíz del problema se encuentra en una falta de procedimiento técnico y estandarizado de montaje. Para ello, se propone una serie de acciones que pueden mejorar esta situación.

1. Diseño de guías físicas o marcas de centrado en las bobinas para facilitar el posicionamiento del rollo.
2. Checklist técnico para el montaje.
3. Instructivo visual estándar en la zona de trabajo
4. Evaluación de una tecnología auxiliar si corresponde.
5. Capacitación formal al personal encargado de la etiquetadora realizado por la empresa proveedora de esta.

Actualmente el promedio de cambio de formato y cambio de etiqueta se encuentra en 14,8 minutos y 9,6 minutos respectivamente. De estos tiempos se estima que 7-8 minutos son los que demora el operador en realizar el desmontaje y montaje del nuevo rollo de etiquetas y la configuración de la "receta" con los parámetros del producto, es por esto que los cambios

de etiqueta poseen una menor duración promedio, debido a que solo implican el cambio de etiqueta para un formato ya parametrizado y probado en la producción. El resto corresponde a ajustes y pruebas. Se estima que con un procedimiento adecuado para el cambio de rollos, el tiempo puede reducirse a 10 min considerando cambios y ajustes, una reducción del 30 % del tiempo utilizado en realizar cambios de formato, lo cual abarcaría un total de 64 horas disponibles para la producción considerando el período entre enero y noviembre de 2024.

Oportunidad #3: Detenciones por cambios de formato en etiquetadora

Tal como se evidenció en la sección de análisis de tiempos de cambio de formato (ver sección 2.10.5), los cambios entre ciertos formatos de botella generan tiempos de ajuste significativamente mayores, especialmente en la estación de etiquetado. Esto se debe principalmente a que algunos formatos requieren ajustes de posición debido a diferencias en las dimensiones del fondo de las botellas y características del producto. En particular, pasar de un formato a otro con diferente tipo de base puede tomar hasta 15 minutos, afectando la disponibilidad de la línea, como se refleja en los indicadores OEE.

Esta situación repercute directamente en la eficiencia del sistema, ya que la etiquetadora actúa como una estación de alta criticidad operativa, y su detención implica detener el flujo de la línea dependiendo del estado de ocupación del buffer posterior a la MonoBlock, inutilizando también estaciones previas como la lavadora o la capsuladora. Dado que la capsuladora es el cuello de botella en gran parte de los productos con corcho, resulta imposible acelerar el ritmo de la línea para recuperar el tiempo tras el cambio de formato, acentuando el efecto negativo del diseño en serie de la línea.

Para comprender las causas fundamentales de este problema, se presenta un análisis mediante el método de los 5 Porqués. En este caso, se identifican dos causas raíz independientes que agravan la duración y el impacto de los cambios de formato: una técnica y otra estructural. Esto se refleja en la Tabla 29, donde se han desarrollado ambas líneas de análisis.

Tabla 29

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (cambios en etiquetadora)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué hay detenciones prolongadas en la etiquetadora durante los cambios de formato? |
| 1.1 | Porque se deben realizar cambios de insumos y ajustes de posición según el tipo de botella. |
| 1.2 | Porque la línea no está diseñada para seguir operando durante los cambios en la etiquetadora. |
| 2.1 | ¿Por qué los cambios requieren ajustes manuales y son lentos? |
| 2.1.1 | Porque los formatos tienen diferencias dimensionales importantes (diámetro base, altura, forma), lo que obliga a cambiar herramientas o recalibrar posiciones. |
| 3.1 | ¿Por qué se usan botellas con diferencias tan notorias? |
| 3.1.1 | Porque la viña busca ofrecer una amplia personalización en formatos para distintos mercados. |
| 4.1 | ¿Por qué no se programan los formatos de forma más eficiente para reducir estos cambios? |
| 4.1.1 | Porque no se considera una planificación que agrupe productos por compatibilidad mecánica de formato. |
| 2.2 | ¿Por qué no se puede continuar la producción durante el cambio de la etiquetadora? |
| 2.2.1 | Porque el buffer tiene capacidad limitada y no puede acumular producción por mucho tiempo. |
| 3.2 | ¿Por qué el buffer no tiene suficiente autonomía? |
| 3.2.1 | Porque fue diseñado originalmente para otros propósitos, como acumular botellas sin etiquetar con destino a bodega. |

A partir de este análisis, se propone una estrategia dual de mejora:

La primera consiste en optimizar la planificación de cambios de formato agrupando secuencias de producción por compatibilidad mecánica entre formatos (p. ej., botellas rectas, cónicas) para minimizar cambios de herramientas y ajustes. La segunda consiste en un rediseño funcional del buffer o estrategia de control de flujo para analizar la factibilidad técnica de aumentar temporalmente la autonomía del buffer durante los cambios de formato

o implementar un sistema pull que permita detener upstream sin afectar aguas abajo. Para el caso de la primera recomendación, tomaremos como referencia la planificación del día 14-11-2024 y la ejecución del programa realmente efectuada en la Tabla 30.

Tabla 30

Comparación entre tiempos planificados y reales de cambios de formato

| Marca | Tipo Botella | Color | Setup Planificado [min] | Setup Real [min] |
|---------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|
| BANDURRIA | Burdeo P.16 | Blanco | 15 | 18 |
| PENINSULA | Borgoña P.16 | Blanco | 15 | 10 |
| CLÁSICO | Borgoña P.16 | Blanco | 10 | 10 |
| CLÁSICO | Borgoña P.16 | Blanco | 10 | 5 |
| TANTEHUE (TT) | Borgoña P.16 | Blanco | 10 | 17 |
| ONE WINE | Burdeo C.Baja | Blanco | 15 | 22 |
| CHILANO (CL) | Burdeo C.Baja | Blanco | 10 | 8 |
| 1 HECTÁREA | Burdeo P.16 | Tinto | 40 | – |
| | | Total [min] | 125 | 90 |

La comparación entre la planificación original (125 min) y la ejecución real (90 min) muestra una diferencia de -35 minutos, pese a que los cambios eran conocidos con antelación. Esta variación evidencia que la falta de planificación secuencial basada en compatibilidad mecánica y criterio técnico genera un efecto directo en el tiempo total de preparación de formato. Además, se observa que el orden de ejecución fue modificado respecto al plan y que uno OT no fue realizada, ya que la decisión final se basa principalmente en la experiencia de los supervisores y no en un criterio estructurado que minimice el tiempo de setup. Si se sistematiza esta planificación con base en un "mapa de compatibilidad de botellas", podría recuperarse hasta un 10 % del tiempo perdido por malas secuencias.

- Costos estimados: Bajo – Uso de herramientas como Excel o Power BI, apoyado por el equipo de planificación y control de producción.
- Indicadores clave (KPI)
 - Tiempo promedio por cambio de formato [min].
 - Cantidad de cambios de formatos 15 [min].
 - % Cumplimiento programa planificado.

Oportunidad #4: Subutilización del buffer

Durante el análisis de flujos y detenciones en la línea, se identificó que el buffer (o pulmón) ubicado a la salida del MonoBlock cumple un rol limitado y subutilizado. Tal como se detalló en la oportunidad anterior (ver sección 29), esta estación debería actuar como un sistema de desacople que permita mantener la operación aguas arriba cuando ocurren detenciones en estaciones críticas como la etiquetadora. Sin embargo, su diseño actual no permite cumplir esta función con eficiencia.

El diagnóstico operacional mostró que, ante cambios de formato o detenciones imprevistas en la etiquetadora, la acumulación permitida por el buffer es insuficiente para sostener la operación del MonoBlock, lo que provoca detenciones en cascada que alcanzan incluso a la capsuladora, afectando fuertemente la eficiencia del sistema. Esta situación también fue reconocida por los operadores, quienes señalan que originalmente el buffer fue diseñado para acumular botellas que irían a bodega sin pasar por el resto del proceso (por ejemplo, botellas sin etiqueta). Por tanto, su disposición y lógica operativa no están optimizadas para desacoplar el flujo frente a interrupciones breves o programadas.

Para identificar la raíz del problema, se aplicó nuevamente el método de los 5 ¿Porqués?, detallado en la Tabla 31:

Tabla 31

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (subutilización del buffer)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué el buffer no permite mantener la operación aguas arriba durante detenciones? Porque no tiene capacidad suficiente ni una lógica de uso orientada al desacople del flujo. |
| 2 | ¿Por qué su capacidad o lógica no está diseñada para el desacople? Porque su función original era acumular botellas sin etiquetar con destino a bodega. |
| 3 | ¿Por qué no se ha rediseñado su función o layout? Porque no se ha evaluado sistemáticamente su impacto sobre la disponibilidad de estaciones previas. |
| 4 | ¿Por qué no se ha evaluado su impacto? Porque no existen métricas de saturación ni visualización de la tasa de uso del buffer. |

Este análisis deja en evidencia que el problema no solo es físico (capacidad), sino también funcional, pues el buffer no se está utilizando como un verdadero pulmón operativo. La falta de datos sobre su uso y de una estrategia definida de su rol en la lógica de la línea ha perpetuado su diseño original, a pesar del crecimiento en diversidad de productos y complejidad de la planificación. Para abordar esta situación se propone implementar una estrategia de rediseño funcional del buffer, que contemple tanto:

- Una redefinición de su lógica operativa, priorizando su función como desacople dinámico entre estaciones (especialmente frente a detenciones de etiquetadora).
- Una modificación de su layout físico o esquema de operación si fuera necesario, para permitir una mayor acumulación sin comprometer la calidad del producto, con un dimensionamiento del buffer en función del tiempo promedio de detención en estaciones posteriores a este, ya sea por cambios de etiqueta u otros.

La optimización funcional del buffer permitirá que detenciones breves en estaciones críticas posteriores al buffer no se propaguen hacia estaciones anteriores que presentan una menor capacidad productiva, como la Capsuladora o la MonoBlock. Esto facilitará una mayor continuidad operacional en estaciones críticas como las ya mencionadas y reducirá significativamente la frecuencia de microdetenciones en estas unidades, las cuales son particularmente sensibles a interrupciones por su rol clave en la línea. Como resultado, se espera un aumento en la disponibilidad de la línea y una disminución del desperdicio asociado a tiempos de espera, reinicios frecuentes y pérdida de ritmo productivo.

Durante el año 2024, se registraron un total de 96,6 horas de detenciones vinculadas a estaciones ubicadas posterior al buffer (incluyendo la etiquetadora), con una duración promedio de 13,7 minutos por evento. Estas detenciones se atribuyen principalmente a defectos de insumos, ajustes mecánicos, regulaciones de formato, paradas menores, reprocesos y falta de suministros. La ausencia de una capacidad de desacople efectiva mediante el buffer intensifica el impacto de estos eventos en toda la línea, lo que refuerza la necesidad de rediseñar su funcionalidad para actuar como un verdadero pulmón operativo que absorba variabilidad sin comprometer el flujo de producción. Según los registros del año 2024:

- Se produjeron 851 cambios de formato en la etiquetadora, con un tiempo promedio de 9,59 minutos por evento, totalizando más de 136 horas de tiempo improductivo.
- Además, se acumularon 96,6 horas de detención por problemas en estaciones posteriores a la etiquetadora, siendo estos eventos imposibles de amortiguar por el diseño actual.

Se estima que, si ambas mejoras se implementan de forma coordinada, es posible lograr una reducción total en el impacto acumulado de estas detenciones. Esto equivale a recuperar aproximadamente 200 horas de tiempo productivo al año, lo cual representa 25 jornadas operativas completas.

Tabla 32

Costos estimados – Oportunidades #3 y #4

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|---|-----------------------|---|
| Reorganización de planificación por compatibilidad | Bajo (interno) | Apoyo de jefatura de planificación |
| Rediseño lógico-operativo del buffer | Bajo (interno) | Requiere análisis funcional, no obras civiles iniciales |
| Eventual redimensionamiento y reposición del buffer | Medio (según layout) | Sujeto a evaluación técnica posterior |

Oportunidad #5: Caídas en el transporte de las botellas

Durante las distintas observaciones en terreno, se identificaron múltiples eventos de caídas o quiebres de botellas durante su tránsito, particularmente en el tramo comprendido entre la mesa de recepción y la entrada a la MonoBlock. El inicio de esta sección de la línea está compuesto por varias cintas transportadoras que presentan diferencias de velocidad, lo que genera movimientos irregulares que afectan la estabilidad de las botellas. Este problema se ve especialmente agravado en botellas cónicas de mayor altura y menor diámetro de base, que presentan un centro de gravedad más elevado y son más propensas al vuelco como es posible observar en la Figura 56.

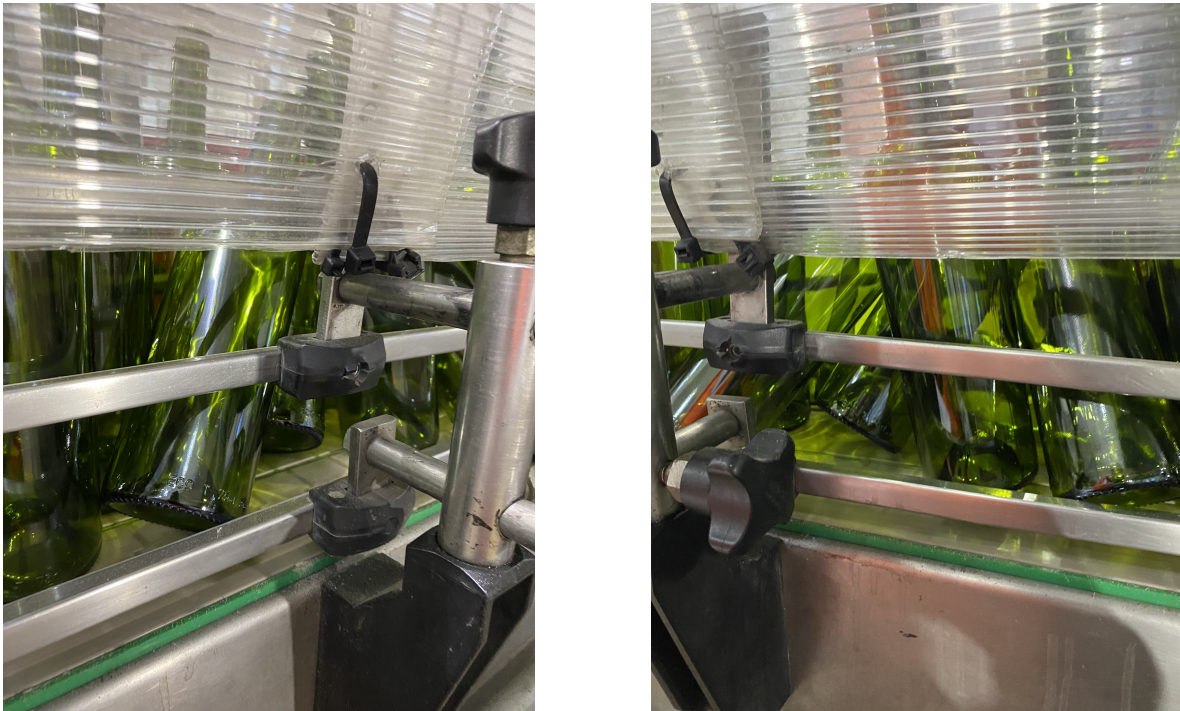


Figura 56: Botellas caídas en la cinta de transporte

Fuente: Información de la empresa.

Las consecuencias operativas de esta situación son relevantes, pues se generan microdetenciones frecuentes para levantar botellas caídas que obstruyen el paso o limpiar fragmentos de vidrio, afectando negativamente tanto la disponibilidad como el rendimiento de la línea de embotellado. Este tipo de interrupciones incrementa el tiempo de ciclo real, introduce riesgo de contaminación y genera sobrecarga operativa para los operarios encargados de la zona.

Para comprender las causas raíz que originan esta problemática, se aplicó la herramienta de los 5 ¿Porqués?, resumida en la Tabla 33.

Tabla 33

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (transporte de botellas)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué se caen o quiebran las botellas en la cinta transportadora? Porque las botellas sufren choques o se desequilibran al moverse entre distintas correas. |
| 2 | ¿Por qué se desequilibran las botellas entre correas? Porque existen cambios de velocidad abruptos entre las correas que generan movimientos irregulares. |
| 3 | ¿Por qué hay cambios de velocidad bruscos entre las correas? Porque el diseño actual del sistema de transporte considera correas intermedias de mayor velocidad sin control de sincronización. |
| 4 | ¿Por qué no se regula o sincroniza la velocidad de estas correas? Porque no existe un sistema de control operativo en la estación que permita ajustar o programar la velocidad de forma coordinada. |
| 5 | ¿Por qué no se ha implementado un sistema de control en esta zona? Porque el diseño original de layout no contempló estas dinámicas de interacción entre botellas e infraestructura, y no se ha actualizado desde su implementación. |

Se recomienda una intervención en dos niveles:

1. Implementación de controladores de velocidad (por ejemplo, variadores de frecuencia - VFD) en las correas para permitir una sincronización adecuada con la velocidad de alimentación de la MonoBlock por parte del operador.
2. Estandarización de inspecciones preventivas en esta zona, considerando la limpieza frecuente de residuos de vidrio y chequeo del estado mecánico de las superficies de contacto.

En terreno se realizó un estudio de la tasa de caídas para 3 botellas de la línea, cada una de manera representativa de cada formato de botella (Burdeo, Burdeo Cónica, Borgoña) correspondientes a BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV, BOT BURDEO 750 ML VO P28 C.BA ECO II B/C9 y BOT BORG 750 VHS PIC 16 SC LIV. Entre el 26-08 y el 23-10. Para ello se ha recopilado la información de la cantidad de botellas caídas y botellas procesadas en períodos de una hora de tiempo, 10 mediciones para cada una de las botellas seleccionadas, obteniendo los resultados de la Tabla 34 y Figura 57.

Tabla 34

Tasa de caídas por tipo de botella durante el transporte

| Tipo de botella | Botellas procesadas | Botellas caídas | Tasa de caída |
|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Burdeo Cónica | 55.645 | 265 | 0,48 % |
| Burdeo Recta | 65.914 | 10 | 0,02 % |
| Borgoña | 53.720 | 3 | 0,01 % |

Tabla 35

Merma de botellas por tipo en Despaletizadora ENE-NOV 2024

| Tipo de botella | Botellas procesadas | Botellas caídas | Tasa de caída |
|------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Burdeo Cónica | 694.423 | 1.607 | 0,23 % |
| Burdeo Recta | 4.568.230 | 3.205 | 0,07 % |
| Borgoña | 398.381 | 456 | 0,11 % |

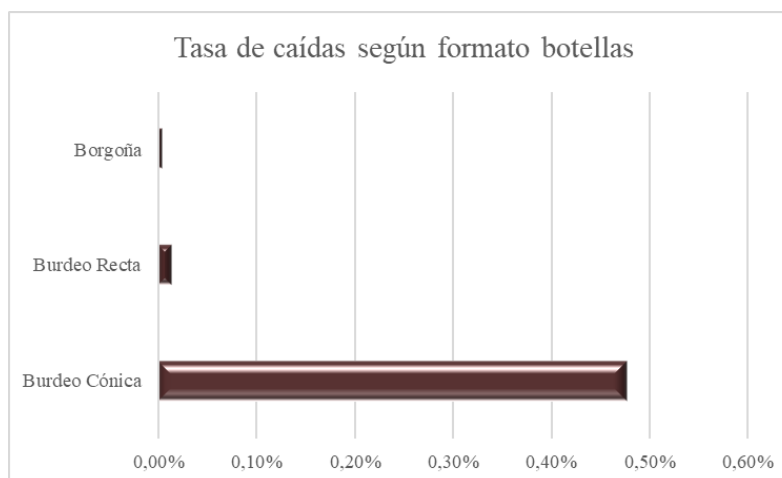


Figura 57: Tasa de caídas por formato

Elaborado a partir de información de la empresa.

El análisis de mediciones en terreno demostró que el formato Burdeo Cónica presenta una tasa de caída de botellas de aproximadamente 0,48 % del total procesado, muy por encima de los formatos Burdeo y Borgoña, que presentan tasas menores al 0,02 %. Esta diferencia

representa una frecuencia de caída 27 veces mayor para este formato específico, lo cual se traduce en microdetenciones frecuentes, riesgos de rotura y pérdida de tiempo operacional. Esta medición se comprueba con la información histórica recopilada por el operador de la despaletizadora en el autocontrol de la estación entre enero y noviembre del 2024 presentada en la Tabla 35.

Su alta inestabilidad se ve asociada a un centro de gravedad elevado (formato cónico, menor base) y a un tramo de transporte con diferencias de velocidad mal sincronizadas, según lo identificado en la sección 33. Por tanto, implementar un sistema de sincronización de velocidad de correas y ajustes de diseño en esta zona permitiría reducir significativamente este tipo de eventos y mejorar tanto la disponibilidad como la seguridad operacional. Los indicadores clave para esta oportunidad de mejora serán:

- Tasa de caída por tipo de botella [%]
- Tiempo medio entre caídas [min/caída]
- Duración media de microdetención por caída [min]
- Cumplimiento del plan de inspección y limpieza [%]

Tabla 36

Costos estimados – Oportunidad #5

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|--|-----------------------|---|
| Implementación de variadores de frecuencia en correas críticas | Medio | Requiere inversión en equipos y ajustes eléctricos |
| Calibración inicial | Bajo | Personal realizarse por operadores y técnicos |
| Plan de limpieza e inspección frecuente | Bajo | Procedimiento rutinario con asignación de responsabilidades |

Oportunidad #6: Caídas en la recepción de las botellas.

Durante la recepción de botellas en la línea de embotellado, se ha identificado una fuente significativa de pérdida y riesgo operacional relacionada con caídas y quiebres de botellas. Esta situación ocurre principalmente en la mesa de acumulación, inmediatamente posterior al proceso de despaletizado, la cual está compuesta por tres cintas transportadoras dispuestas en paralelo y a diferentes niveles. Las condiciones físicas de esta mesa —como desniveles

entre cintas, desajustes en su sincronización y la presencia de residuos de vidrio por falta de limpieza, como se aprecian en la Figura 58 y mantenimiento— generan vibraciones, inestabilidad y movimientos bruscos que provocan el volcamiento de botellas, especialmente en botellas con bases más estrechas o paredes delgadas.

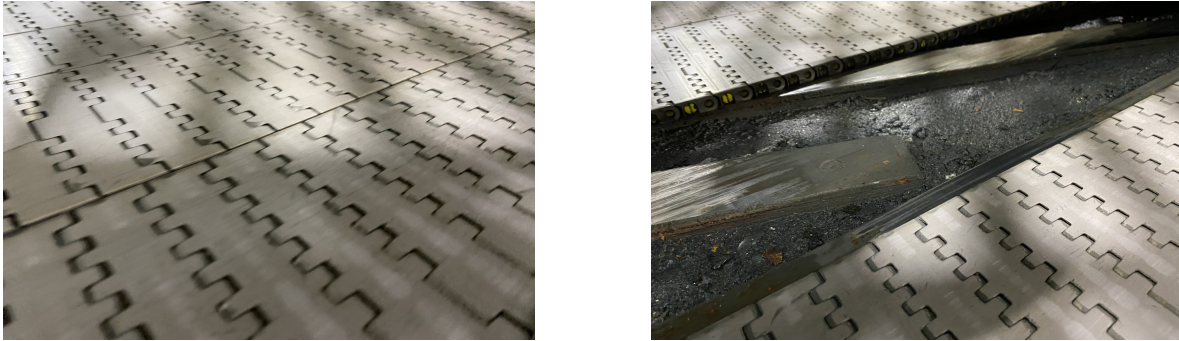


Figura 58: Condición mesa de acumulación despaletizadora

Fuente: Información de la empresa.

Este tipo de incidentes no solo representa pérdida directa por quiebre del insumo, sino que también afecta la seguridad de los operarios, genera tiempos muertos por detenciones para limpieza y compromete la calidad sanitaria del proceso, al dispersarse fragmentos de vidrio en zonas operativas. En muchos casos, estas botellas deben ser retiradas manualmente, lo que también conlleva una reducción en la velocidad efectiva de la línea, paradas no programadas que detienen la producción de la línea completa y exponen al equipo a riesgos ergonómicos y de corte. Para abordar la causa raíz del problema, se presenta el análisis mediante el método de los 5 Porqués en la Tabla 37.

Tabla 37

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (recepción de botellas)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué se caen o quiebran las botellas al llegar a la mesa de acumulación? Porque el sistema de cintas tiene desniveles y movimientos inestables que afectan la trayectoria de las botellas. |
| 2 | ¿Por qué hay desniveles y vibraciones en la mesa de acumulación? Porque existen desajustes entre las cintas y residuos de vidrio acumulados bajo las correas. |
| 3 | ¿Por qué hay residuos acumulados bajo las cintas? Porque no se realiza limpieza frecuente ni se aplica un plan de mantenimiento preventivo estructurado. |
| 4 | ¿Por qué no se hace una limpieza oportuna? Porque no está asignada una frecuencia de limpieza ni un responsable directo para la zona bajo la mesa. |
| 5 | ¿Por qué no hay responsable ni frecuencia definida? Porque no existe un protocolo específico de mantenimiento ni un sistema de control visual para el estado operativo de la mesa de acumulación. |

Se propone abordar esta problemática desde dos frentes complementarios.

1. Acción técnica: Rediseñar o reacondicionar la superficie de la mesa de acumulación, ajustando el nivel entre las cintas, reubicando sensores de detención en puntos críticos y revisando el sistema de tensión y amortiguación. En paralelo, se recomienda instalar protecciones laterales que reduzcan la probabilidad de caída, especialmente para formatos inestables.
2. Acción de gestión operativa: Implementar un protocolo de limpieza y revisión semanal de la mesa, con un checklist visual y asignación de responsable. Esto puede integrarse en el plan general de mantenimiento autónomo y preventivo de la línea, y debe considerar inspección bajo la estructura de transporte.

Estas acciones no solo reducirán las pérdidas directas por quiebres y paradas, sino que también impactarán positivamente en la seguridad del personal, la calidad sanitaria y la eficiencia general del flujo inicial de la línea, mejorando la estabilidad desde el primer punto

de contacto del insumo con la línea de embotellado. Si bien no se cuenta con información propia del proceso, se levantaron registros de caídas en el transporte de las botellas desde la mesa de acumulación hacia la MonoBlock; este problema se repite en la mesa de acumulación por deficiencias mecánicas, tales como desalineación entre cintas y vibraciones por acumulación de fragmentos de vidrio. A partir de lo observado en terreno, se vuelve a repetir el patrón de caídas para los formatos ya presentados en la oportunidad anterior. A partir de ello, esto tiene un impacto directo sobre:

- Pérdida de insumos (botellas quebradas)
- Tiempo perdido en detenciones no planificadas (levantamiento de botella y limpieza de la zona por protocolos de inocuidad)
- Riesgos de seguridad
- Aumento del desgaste en componentes de transporte por fragmentos de vidrios no recuperados

Se estima que una gestión adecuada permitiría reducir la caída de las botellas Burdeo Cónicas en un 60 % de manera conservadora, lo cual representa un aumento de la velocidad de operación de la despaletizadora y una disminución de los tiempos no planificados debido a estas situaciones.

Tabla 38

Costos estimados – Oportunidad #7

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|--|-----------------------|--|
| Nivelación y ajustes de cintas transportadoras de la mesa de acumulación | Medio | Requiere intervención técnica |
| Diseño de protocolo de limpieza e inspección visual | Bajo | Desarrollado por mantenimiento |
| Integración a plan de trabajo de operadores autónomos | Bajo | Requiere actualización de procedimientos y desarrollo entre operaciones y mantenimiento. |

Oportunidad #7: Validación técnica de insumos antes de su incorporación al proceso

A partir del análisis de causa raíz para las cápsulas mal aplicadas (Figura 51), se evidencia la falta de un protocolo sistemático que evalúe el comportamiento durante la operación de

nuevos insumos (botellas, cápsulas, etiquetas) en la línea antes de ser utilizados de manera eficiente en la línea. Esto deriva en fallas operativas, paradas y retrabajos. Evitar que cápsulas entren a la línea sin una verificación previa ayudará a la oportunidad #11 sobre las cápsulas defectuosas por temperatura, es por ello que se incorporará esta oportunidad de mejora dentro de la solución de la oportunidad #11. Reduciendo defectos y tiempos de ajustes, así como la cantidad de botellas reprocesadas en la estación de la capsuladora.

3.2.2. Variabilidad y calidad de insumos

Oportunidad #8: Variabilidad en tiempos de cambio de formato y necesidad de estandarización

Tal como se detalló en el capítulo anterior en la sección 2.10.5 de tiempos de cambio de formato , actualmente existen importantes diferencias en los tiempos de preparación requeridos según el tipo de cambio realizado en la línea. Aunque se dispone de tiempos estándar por tipo de cambio, estos no reflejan completamente la realidad operacional observada, dado que no han sido actualizados para la nueva máquina etiquetadora presente en la línea, así como el incremento de productos y variables de insumos presentes en esta.

Esta variabilidad afecta directamente la planificación y ejecución de la producción, ya que dificulta predecir con precisión los tiempos muertos por cambio de formato, y por ende, reduce la capacidad de la línea en términos reales, como se observa en la Figura 48, los tiempos de cambio reales son inferiores a los tiempos de cambio planificados en la línea de embotellado. Además, la falta de consistencia en los tiempos registrados impide aplicar correctamente metodologías como SMED para la reducción estructurada de tiempos de preparación. A partir de los datos registrados por el operador en la línea para el cálculo del OPI y el OEE, durante el período de alcance de este trabajo se registraron 89 diferentes tipos de observaciones para los cambios de formato, y 45 para los cambios de etiqueta. Mientras que estandarizados, solamente se encuentran 8 tipos de cambios por planificación.

Para identificar las causas fundamentales de esta oportunidad de mejora, se aplicó la herramienta de análisis de causa raíz de los 5 ¿Porqués?, cuyo resultado se presenta en la Tabla 39.

Tabla 39

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (variabilidad en cambios de formato)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué existe alta variabilidad en los tiempos de cambio de formato? Porque los operadores requieren diferentes tiempos dependiendo del tipo de cambio, de su experiencia, y de la disponibilidad de herramientas o piezas. |
| 2 | ¿Por qué los tiempos dependen tanto de estos factores? Porque no existe un procedimiento estandarizado ni secuencias definidas para cada tipo de cambio. |
| 3 | ¿Por qué no hay procedimientos estandarizados para los cambios? Porque no se ha realizado un levantamiento sistemático de los pasos involucrados ni una clasificación clara de los tipos de cambio. |
| 4 | ¿Por qué no se ha hecho ese levantamiento? Porque históricamente se han definido los tiempos por experiencia y no mediante estudios de tiempos estructurados. |
| 5 | ¿Por qué no se han implementado estudios de tiempos estructurados? Porque no ha sido una prioridad dentro de la estrategia de mejora continua de la planta. |

A partir de este análisis, se concluye que la falta de estandarización de los procedimientos de cambio de formato es una causa raíz clave en la variabilidad observada. Por lo tanto, se propone como acción de mejora realizar un levantamiento detallado de los distintos tipos de cambio de formato mediante herramientas de estudio de tiempos. Luego, se recomienda aplicar la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) para clasificar actividades internas y externas, reducir pérdidas de tiempo, estandarizar la secuencia de actividades y capacitar al personal con instructivos visuales.

Una correcta implementación de estas acciones permitiría reducir la duración y variabilidad de los cambios de formato, aumentando la disponibilidad de la línea y facilitando una planificación más precisa y confiable. Esta mejora también crea una base para futuras automatizaciones o mejoras tecnológicas que solo serán efectivas si los procesos están previamente estandarizados.

Esta oportunidad de mejora se enfoca en reducir desde la planificación los tiempos no productivos de la línea 1. Aumentando el tiempo disponible para la producción de la línea en un 5.2%. A partir de un análisis de tiempos y una nueva categorización de tiempos,

se pretende reducir los tiempos de cambios planificados de 140 min/día actuales a 90 min/día. Generando un ahorro de 50 min/día, lo que se traduce en una reducción de 13 horas mensuales en tiempos de cambio planificados que pueden ser dirigidos a la producción, con la estandarización de los siguientes tiempos y categorías.

Los tiempos de la Tabla 40 fueron determinados a partir de un análisis realizado sobre los registros de tiempos del período estudiado; para este, se determinaron muestras que cumplieran la prueba de normalidad y gráficas de curvas de distribución normal a partir de un histograma para establecer un valor de referencia estándar considerando $+\sigma$ (una desviación estándar) o similar a determinar el valor de cada curva que fuera menor al 80 % de los datos. Con esto en mente, se establece que la probabilidad de que un tiempo de cambio de formato esté dentro del estándar es del 80 % de las veces. ¹

Tabla 40

Estándares actuales y sugeridos para cambios de formato

| Tipo de Cambio | Estándar Actual [min] | Estándar Sugerido [min] |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| CAMBIO DE FICHA | 10 | 2 |
| CAMBIO TAPA | 15 | 10 |
| CAMBIO TAPON | 15 | 14 |
| CAMBIO TAPA A CORCHO | 15 | 13 |
| CAMBIO CORCHO A TAPA | 15 | 14 |
| CAMBIO DE VINO | 25 | 20 |
| ETIQUETADO A LÍNEA COMPLETA | - | 9 |
| LÍNEA COMPLETA A ETIQUETADO | - | 15 |
| CAMBIO DE CAJA 6[U] A 12[U] | - | 9 |
| CAMBIO DE CAJA 12[U] A 6[U] | - | 10 |
| CAMBIO DE CÁPSULA | 15 | 8 |
| CAMBIO DE BOTELLA | 15 | 10 |

¹Para visualizar los gráficos de probabilidad y distribución normal de cada tiempo estándar referirse a las figuras presentes en el Anexo 4

Con el fin de estimar una prefactibilidad económica de la propuesta y referir los recursos necesarios para su implementación, se realiza un análisis preliminar de costos en la Tabla 41, la cual resume los conceptos considerados junto con el costo estimado y observaciones relevantes de estos.

Tabla 41

Costos estimados

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|--|-----------------------|---|
| Actualización de tiempos estándar para cambios de formato en planificación | Nulo | El análisis y tiempos ya fue determinado |
| Aplicación de metodologías SMED | Bajo | Es posible de realizar en conjunto del área de programación y producción. |

Para mantener un control sobre esta oportunidad de mejora, se recomiendan los siguientes indicadores.

- Tiempo medio de cambio de formato [min]
- Tiempo total planificado real vs planificado
- % Cumplimiento de tiempos estándar.

La estandarización de los tiempos de cambio de formato permitirá aumentar la disponibilidad de la línea en un 5,2 % y recuperar más de 13 horas mensuales para producción, mientras que la aplicación de SMED logrará reducir la variabilidad de los procesos involucrados en cada tiempo estándar. Estas mejoras fortalecerán la confiabilidad de la planificación y sentarán las bases para procesos más eficientes y replicables. El costo de implementación es mínimo, lo que convierte esta iniciativa en una de las más costo-efectivas dentro del plan global de mejora.

Oportunidad #9: Alta variación de rendimientos en línea por proveedor

Tal como se evidenció en la sección 2.10.3, existe una alta variabilidad en el desempeño de insumos críticos (botellas, cápsulas, etiquetas) dependiendo del proveedor. Esta variación se manifiesta en diferencias significativas de velocidad operativa y mayor incidencia de detenciones por ajustes. Este fenómeno afecta la estabilidad operativa de estaciones como la Despaletizadora, MonoBlock, Capsuladora y Etiquetadora, provocando pérdidas de eficiencia difíciles de predecir si no se sistematiza esta información.

El análisis de curvas de distribución por SKU y proveedor evidenció que botellas visualmente idénticas pueden generar diferencias de rendimiento de hasta un 10 %, dependiendo de tolerancias de fabricación, peso, dimensiones y compatibilidad con la maquinaria. Pues los controles de calidad a los insumos únicamente están enfocados en el estado de estos y si son aptos para la producción, no se cuenta con una base estructurada que vincule el desempeño real de los insumos en planta con su origen.

Para abordar las causas raíz de esta situación, se aplicó la herramienta de los 5 ¿Porqués?, cuyos resultados se presentan en la Tabla 42:

Tabla 42

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (variación por proveedor)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué varía el rendimiento de las estaciones según el proveedor del insumo? Porque las características físicas y funcionales del insumo difieren entre proveedores. |
| 2 | ¿Por qué los insumos de distintos proveedores presentan variaciones relevantes? Porque existen tolerancias de fabricación, materiales, procesos y estándares distintos. |
| 3 | ¿Por qué no se estandariza el insumo más allá del diseño externo? Porque los criterios de compra priorizan disponibilidad o precio, y no desempeño técnico en línea. |
| 4 | ¿Por qué no se considera el desempeño técnico como criterio de compra? Porque no se cuenta con registros históricos del comportamiento del insumo por proveedor. |
| 5 | ¿Por qué no existen estos registros sistemáticos? Porque no se ha integrado la información del autocontrol y las velocidades efectivas con las variables del insumo recibido. |

Como solución a esta oportunidad, se propone el desarrollo de una base de datos integrada por SKU y proveedor, que consolide los registros de autocontrol (velocidad, fallas, reprocesos) y los vincule con el origen del insumo. Esta base debe permitir clasificar a los proveedores según desempeño operacional en línea y complementar con una ficha técnica

estandarizada por tipo de insumo que defina tolerancias funcionales, no solo estéticas.

Adicionalmente, se sugiere establecer un protocolo de retroalimentación periódica con el área de compras y los proveedores, para alinear expectativas de desempeño y facilitar la mejora continua del suministro.

Una reducción de la variabilidad en los insumos permitirá estabilizar las estaciones más sensibles de la línea, mejorar el rendimiento promedio y reducir los costos ocultos por paradas, ajustes o reprocesos. Además, fortalecerá la trazabilidad y permitirá tomar decisiones más robustas en la planificación de producción y reposición de stock.

A partir de observar el análisis de la botella BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV (Figura 44), se observa que las botellas del proveedor Verallia, poseen más de la mitad de la cuota del inventario utilizado, pero tienen una eficiencia de hasta 10 % menor que las botellas de Cristalerías Chile. Para la producción de las botellas provenientes de Verallia se utilizaron alrededor de 44 horas de operación en la línea. Se estima que ese tiempo se podría reducir en al menos un 13 % al haber utilizado únicamente botellas provenientes de Cristalerías Chile. Al consolidar la información y fomentar una estandarización técnica por proveedor, se estima que se puede recuperar al menos un 5–8 % de eficiencia en línea en los formatos más críticos, lo que permitiría reducir los tiempos de operación en formatos más comunes así como su costo operativo. Ya que permite priorizar el uso de insumos con mejor desempeño sin depender únicamente de criterios de disponibilidad o precio. La Tabla 43 presenta los principales conceptos considerados, junto con sus costos estimados y sus observaciones correspondientes.

Tabla 43

Costos estimados – Oportunidad #9

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|---|-----------------------|---|
| Desarrollo de base de datos de desempeño por proveedor | Bajo (interno) | Puede implementarse en Excel o Power BI |
| Integración de información de autocontroles | Bajo (interno) | Requiere acceso a registros de velocidad y fallas |
| Elaboración de fichas técnicas operacionales por insumo | Medio | Requiere pruebas, validación cruzada con el área de calidad |
| Sesiones de retroalimentación con compras y proveedores | Bajo | Reuniones mensuales de análisis y seguimiento |

Para mantener un control de esta oportunidad de mejora, se recomienda la utilización de los siguientes indicadores de seguimiento.

- % de insumos clasificados por desempeño operativo
- % de compras realizadas considerando desempeño histórico
- Rendimiento de proveedores en línea

Oportunidad #10: Homologación de formatos de botellas

Actualmente, la línea de embotellado presenta una alta diversidad de formatos de botellas utilizados para productos de la misma categoría, particularmente en vinos de calidad Varietal. Muchos de estos formatos poseen dimensiones y características técnicas muy similares, sin aportar diferenciación relevante al consumidor final. Esta diversidad ha sido en parte promovida por decisiones comerciales orientadas a la personalización del envase según la marca o destino del vino, y en otras ocasiones por restricciones logísticas y de abastecimiento que han obligado a incorporar proveedores alternativos para un mismo tipo de botella.

Esta situación genera una complejidad operativa significativa, al requerir múltiples ajustes mecánicos entre cambios de formato, incrementar la frecuencia de paradas para setup, aumentar el stock de seguridad por SKU y dificultar la planificación eficiente del flujo. Como se evidencia en la Figura 59, varios de estos formatos presentan desempeños considerablemente inferiores, afectando los índices de capacidad (C_p , C_{pk}), generando microdetenciones y restringiendo la estabilidad de estaciones clave como el MonoBlock y la Etiquetadora.

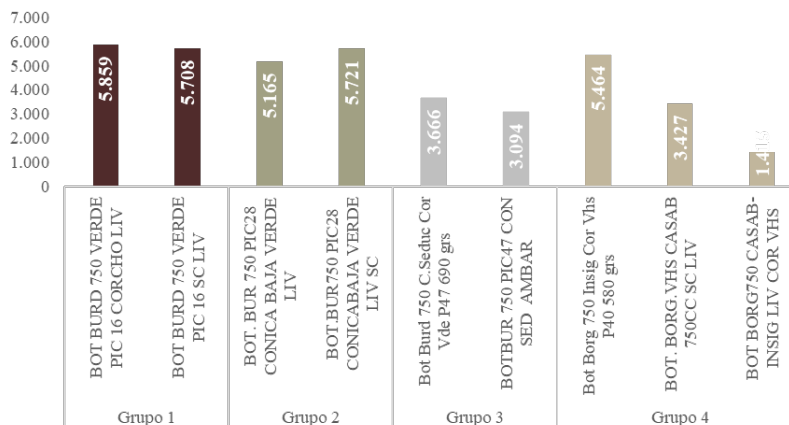


Figura 59: Botellas homologables Varietales

Fuente: Elaborado a partir de información de la empresa.

Frente a esto, se identifica una oportunidad relevante para mejorar el rendimiento del sistema mediante la homologación de formatos de botella para productos de alta rotación y bajo posicionamiento premium. La propuesta consiste en reducir progresivamente la cantidad de botellas utilizadas para esta categoría, priorizando aquellas que han demostrado mayor eficiencia operativa y compatibilidad con los equipos existentes en la línea de acción de la oportunidad #9. Esta estandarización permitiría disminuir la frecuencia de cambios de formato, simplificar el flujo de materiales, reducir los tiempos de ajuste, minimizar el inventario de insumos y mejorar la programación de la producción. Para identificar las causas que explican la multiplicidad de formatos de botellas en productos de la misma categoría, se aplica la herramienta de los 5 Porqués a través de la Tabla 44. Este análisis evidencia que la falta de criterios técnicos y económicos comunes entre áreas operativas y comerciales ha facilitado la proliferación de envases similares, generando impactos en la eficiencia de la línea.

Tabla 44

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (homologación de botellas)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué existen múltiples formatos de botellas muy similares para vinos de la misma categoría? Porque distintos productos utilizan diseños personalizados según marca o cliente, incluso en calidades estándar, y por contingencias de abastecimiento se han incorporado proveedores alternativos para un mismo insumo. |
| 2 | ¿Por qué se permite tanta personalización en botellas estándar? Porque no existen criterios técnicos ni económicos estandarizados para limitar esta variedad en productos de baja diferenciación comercial. |
| 3 | ¿Por qué no se han definido estos criterios? Porque no se ha cuantificado ni visibilizado el impacto operativo y financiero de esta diversidad. |
| 4 | ¿Por qué no se visibiliza su impacto? Porque no hay una integración sistemática entre las áreas de operaciones, compras y ventas para evaluar el desempeño de los formatos en la línea. |
| 5 | ¿Por qué no hay integración entre estas áreas? Porque los criterios de selección de insumos aún se enfocan en atributos comerciales sin considerar su impacto productivo. |

Con ello, sería importante establecer un proceso de homologación técnica de formatos de botellas para productos de tipo Varietal, mediante la selección de uno o dos modelos de mejor desempeño comprobado. Este proceso debe estar respaldado por evidencia operativa (tiempos de ciclo) y criterios comerciales consensuados entre las áreas involucradas. La estandarización deberá formalizarse mediante un catálogo de formatos autorizados y un procedimiento para evaluar nuevas solicitudes de insumos según su impacto técnico y económico.

La reducción de la cantidad de formatos disminuirá el número de cambios de formato, reducirá los tiempos de ajuste, mejorará la eficiencia de estaciones críticas y simplificará la gestión de inventario y compras. A largo plazo, esta medida puede contribuir a una reducción del costo unitario de productos Varietal, sin afectar su percepción de valor, fortaleciendo la competitividad de la empresa en este segmento de mercado. A continuación se presenta la Tabla 45 donde se evalúa la cantidad de horas utilizadas y las horas esperadas considerando un escenario de homologación de los grupos presentados en la Figura 59.

Tabla 45

Comparación entre horas utilizadas y esperadas por grupo

| Grupo | Botellas | Hora Utilizadas | Horas Esperadas | Variación |
|--------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Grupo 1 | 5.690.468 | 975,7 | 971,3 | -0.5 % |
| Grupo 2 | 1.067.579 | 202,7 | 186,6 | -7.9 % |
| Grupo 3 | 458.020 | 128,0 | 124,9 | -2.4 % |
| Grupo 4 | 223.002 | 71,3 | 40,8 | -42.8 % |

Con lo cual se espera una reducción de hasta 53,4 horas utilizadas en la producción de estos grupos, las cuales pueden ser redirigidas a otros SKU o actividades en la línea. Reduciendo la complejidad operativa de esta y contribuyendo al cumplimiento de la planificación diaria sin necesidad de horas extra. Para dimensionar la factibilidad económica de esta iniciativa, se prepara una estimación preliminar de los costos vinculados a la implementación de la homologación a través de la Tabla 46, destacando que la mayor parte de las acciones pueden ser ejecutadas con recursos internos.

Tabla 46

Costos estimados – Oportunidad #10

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|---|-----------------------|---|
| Análisis de desempeño de formatos actuales | Bajo | Ya existe información recopilada, se requiere procesamiento y validación conjunta |
| Validación técnica y comercial del formato sugerido | Bajo | Requiere revisión conjunta con Desarrollo y Compras |
| Implementación de catálogo técnico de botellas | Medio | Desarrollo de ficha técnica homologada y protocolo de ingreso de nuevos insumos |
| Reajuste de contratos con proveedores | Bajo–Medio | Posible negociación con proveedores existentes |

Para mantener un control de esta oportunidad de mejora, se recomienda un seguimiento a través de los siguientes indicadores.

- Cantidad de formatos homologados vs utilizados previamente
- % Cumplimiento plan de producción sin horas extra
- % Reducción de costo unitario promedio por caja

Oportunidad #11: Cápsulas defectuosas por temperatura

Durante las observaciones en terreno, se detectó una proporción significativa de cápsulas que presentaban deformaciones visibles tras pasar por la estación de capsulado. Estas deformaciones incluyen cápsulas derretidas, parcialmente sueltas o rotas, afectando no solo la presentación final del producto, sino también la continuidad del proceso, al generar rechazos en línea, ajustes manuales y, en algunos casos, detenciones para limpieza o reposición.

Esta situación ocurre tanto por exceso como por déficit de temperatura en los cabezales de termocontracción de la capsuladora. En condiciones de sobrecalentamiento, la cápsula se contrae de forma descontrolada, generando arrugas o roturas. Por el contrario, cuando la temperatura es insuficiente, la cápsula no se adhiere correctamente al cuello de la botella, quedando suelta o asimétrica. Esta variabilidad ha sido asociada a fluctuaciones de

temperatura en la zona de trabajo, cambios no estandarizados en los parámetros de la máquina y falta de verificación sistemática durante la operación.

Para analizar las causas fundamentales del problema, se utilizó la herramienta de los 5 Porqués, cuyo resultado se presenta en la Tabla 47:

Tabla 47

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (cápsulas defectuosas)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|--|
| 1 | ¿Por qué las cápsulas salen defectuosas (deformadas, mal adheridas, rotas)? Porque la temperatura de aplicación no es la adecuada para cada tipo de cápsula. |
| 2 | ¿Por qué no se ajusta correctamente la temperatura? Porque la estandarización de temperaturas ha quedado obsoleta con la incorporación de nuevos insumos y proveedores, y el operador ajusta manualmente en función de la experiencia o prueba y error. |
| 3 | ¿Por qué no se ha actualizado la estandarización? Porque no se ha realizado un seguimiento sistemático del rendimiento de nuevos formatos de cápsula, ni se han integrado estos datos en las prácticas de operación. |
| 4 | ¿Por qué no se realiza seguimiento de nuevos formatos? Porque no existe un procedimiento formal de validación técnica para nuevos insumos antes de su uso productivo. |
| 5 | ¿Por qué no hay un procedimiento de validación para nuevos insumos? Porque no se ha integrado la evaluación operativa en el proceso de compras y abastecimiento, ni se coordina con mantenimiento o producción para definir condiciones óptimas de operación. |

A partir de esto, nace la necesidad de desarrollar una matriz de temperaturas óptimas por tipo de cápsula y proveedor, basada en pruebas estandarizadas y recopilación de datos operativos históricos. Esta matriz deberá integrarse al procedimiento de trabajo en la capsuladora, permitiendo al operador ajustar con precisión los parámetros de temperatura y tiempo. Adicionalmente, como control para evitar futuras situaciones, se recomienda implementar un procedimiento formal de validación técnica de insumos, que incluya:

- Pruebas controladas de capsulado para cada nuevo formato y proveedor de cápsulas.
- Registro estandarizado de temperatura óptima de operación por tipo de cápsula.
- Revisión y actualización de los parámetros de operación en instructivos de trabajo.
- Capacitación a operadores sobre ajuste de temperatura y detección de defectos.

La estandarización de parámetros y el control de temperatura permitirán reducir el porcentaje de cápsulas defectuosas, evitando microparadas, retrabajo y desperdicio de insumos, lo que se traduce como un ahorro en tiempo y disminución de costos operativos. Asimismo, evitará la dependencia del juicio subjetivo del operador, generando un entorno de operación más robusto y predecible. A partir de defectos visuales observados y registrados, se estima que entre el 3 y 6 % de las cápsulas aplicadas presentan algún tipo de deformación; esto puede disminuir o aumentar según el proveedor, calidad y material de los insumos. Estos problemas generan microdetenciones, reprocesos que no son registrados y desperdicio de insumos. A través de la Tabla 48 se presenta una estimación preliminar de los costos asociados a esta iniciativa y las observaciones pertinentes a estos.

Tabla 48

Costos estimados – Estándar de capsulado

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|--|-----------------------|---|
| Comprobación de temperaturas de cabezales según temperaturas de sensores | Medio | Es necesario realizar una revisión a través de equipos termográficos o sensores externos de que la temperatura del cabezal informada por la pantalla es correcta o existen desviaciones |
| Desarrollo de matriz de temperaturas óptimas | Bajo | Se puede realizar con datos históricos y pruebas puntuales |
| Implementación de instructivos actualizados en línea | Bajo | Edición de procedimientos más desarrollo e impresión de formatos visuales |
| Capacitación al personal sobre ajuste y detección | Bajo | Puede realizarse durante reuniones operativas semanales |
| Validación técnica de nuevos formatos de cápsulas | Bajo–Medio | Implica pruebas controladas al momento de ingreso de insumo |

Aquellos indicadores claves para el seguimiento de esta oportunidad de mejora son:

- % Cápsulas defectuosas por lote
- Tiempo extra utilizado en reprocesos de productos en la capsuladora
- % Insumos validados por producción y calidad

Oportunidad #12: La estación de la lavadora no agrega valor al proceso

Durante el levantamiento de la línea de embotellado se identificó que la estación de lavado de botellas presenta una muy baja utilización relativa. De acuerdo con los registros de planificación y observaciones en terreno durante el período de estudio, menos del 4.2% de los productos embotellados requieren efectivamente este proceso, siendo la mayoría botellas nuevas, limpias de fábrica y provenientes de proveedores confiables.

A pesar de esto, toda la producción atraviesa obligatoriamente por la lavadora debido al diseño lineal de la disposición actual, lo que genera un paso innecesario que consume tiempo de ciclo, energía y recursos de mantención, sin aportar valor para la mayoría de los productos. En la Figura 60 es posible apreciar que en promedio una botella demora 366 seg desde su llegada a la línea hasta ser retirada desde el paletizado, 319 seg de este total corresponden a tiempo que no agrega valor al producto (Muda Tipo I) ² que en su mayoría corresponde al transporte entre estaciones; y a su vez, 49 seg del tiempo que no agrega valor son a causa de tener que atravesar por la lavadora, lo que representa un 13,4% del tiempo total de ciclo.

²Muda, son aquellas acciones que no causan ningún aumento de valor en el producto, se dividen en Tipo I, aquellas que no agregan valor pero son necesarias; y Tipo II, las cuales no agregan valor y no son necesarias.

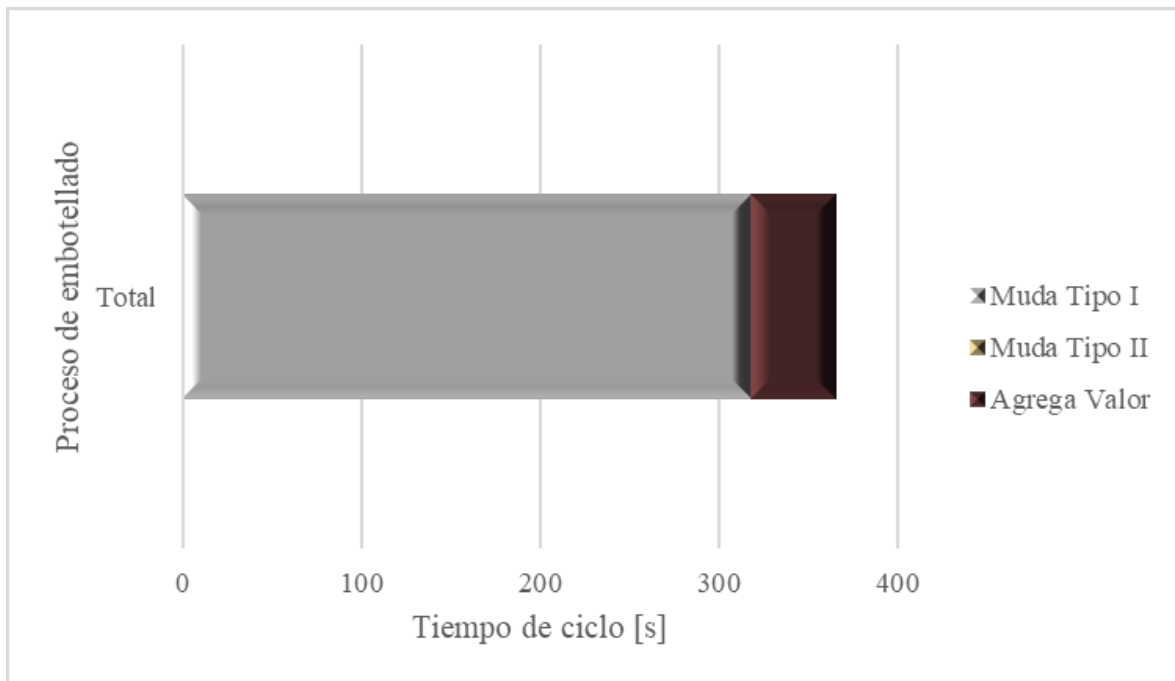


Figura 60: Tiempo de Proceso de Embotellado

Elaborado a partir de información de la empresa.

Además en esta sección de la línea de embotellado, hay 26,51 metros cubiertos por cinta de transporte, que funcionan gracias a 3 motores de 0,75 kW con una tensión de 380 V, más la energía que requiere la lavadora para hacer funcionar su propia cinta transportadora, significan un gasto de 7.125 kW. Acumulados en el total de horas de producción, corresponde a un total de 21.120 kWh. Para comprender mejor la causa raíz de este desperdicio, se presenta el análisis mediante el método de los 5 Porqués en la Tabla 49.

Tabla 49

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (uso innecesario de lavadora)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué las botellas pasan por la lavadora aunque no lo requieran? Porque el diseño de la línea obliga a que todas las botellas atraviesen esta estación. |
| 2 | ¿Por qué el diseño obliga a pasar por la lavadora? Porque no existe un bypass o desvío funcional hacia otras estaciones posteriores. |
| 3 | ¿Por qué no se ha implementado un bypass? Porque no se ha evaluado el bajo uso de la lavadora ni el impacto de este paso innecesario en el tiempo de ciclo. |
| 4 | ¿Por qué no se ha evaluado su uso? Porque el rendimiento de la lavadora no es monitoreado y se asume como parte natural del proceso. |
| 5 | ¿Por qué se asume como parte natural del proceso? Porque no se ha actualizado el diseño de la línea frente a la evolución de los insumos y prácticas actuales. |

Se propone el diseño e implementación de un bypass mecánico que permita desviar las botellas directamente desde la salida de la MonoBlock hacia la capsuladora o hacia la estación de etiquetado, evitando el paso por la lavadora cuando éste no sea necesario.

Este bypass debe considerar:

1. Automatización o guías que permitan redirigir las botellas según SKU.
2. Sincronización con el sistema de planificación para activar el desvío solo cuando aplique.
3. Asegurar compatibilidad con botellas que no requieren cápsula (como las de SC).

Esta mejora permitirá eliminar un paso que no agrega valor para más del 95,8 % de la producción, reduciendo el tiempo de ciclo promedio y un ahorro de alrededor de 2.200.000 CLP debido al consumo energético innecesario (asumiendo un costo promedio de \$105 CLP/kWh). Además, se reducirá el riesgo de detenciones generadas por la lavadora o de saturación entre estaciones.

Se espera una mejora directa en la disponibilidad y tiempo de respuesta ante cambios de formato, además de liberar recursos de mantenimiento y limpieza actualmente destinados a una operación no crítica. A continuación, a través de la Tabla 50 se muestran los costos estimados y las observaciones correspondientes:

Tabla 50

Costos estimados – Oportunidad #12

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|---|-----------------------|--|
| Diseño e ingeniería del bypass | Medio | Puede ser desarrollado por área de mantenimiento o externo. |
| Implementación del sistema de desvío | Medio | Requiere compra de guías, sensores o actuadores. |
| Sincronización con sistema de planificación | Bajo | Integración vía Excel o instrucciones manuales inicialmente. |

Los indicadores clave de esta oportunidad serán.

- Tiempo medio de ciclo por botella [seg]
- OEE de la línea
- Ahorro acumulado en energía [CLP]

3.2.3. Planificación y Programación de Producción

Oportunidad #13: Redefinición técnica de la capacidad teórica de la línea

La capacidad teórica utilizada por el área de programación actual no refleja el rendimiento real observado, y está lejos de las expectativas de ciertos pedidos de productos, lo cual afecta a la planificación y eficiencia de la línea, debido a la desviación que existe respecto de entre lo real y lo planificado (Figura 49). Para abordar esta oportunidad ya se propone una solución que involucra esta causa en la oportunidad #1.

Oportunidad #14: Falta de actualización de tiempos estándar

Como parte de la planificación del programa, se identificó que los tiempos estándar utilizados para la programación de la producción y los cambios de formato no reflejan

con precisión el desempeño actual de la línea. Esta situación fue evidenciada en la sección de análisis de tiempos de cambio (ver sección 2.10.5), donde se compararon los tiempos reales registrados con los valores estándar definidos. La diferencia entre ambos evidencia una brecha importante, lo que afecta la calidad de la planificación y genera desviaciones entre lo programado y lo ejecutado (Figura 49).

Esta discrepancia se debe a que los tiempos estándar actualmente vigentes fueron definidos hace varios años, en base a la experiencia de operadores y programadores, sin estar respaldados por mediciones sistemáticas o actualizadas. Además, no existe un mecanismo formal que exija su revisión periódica ni una estructura de responsabilidades para su mantenimiento.

Esta falta de actualización repercute negativamente en la eficiencia operativa, ya que puede provocar sobreestimaciones o subestimaciones de capacidad, programación deficiente de turnos, o incluso generar presión innecesaria sobre ciertas estaciones. Para comprender en profundidad las causas que originan esta situación, se realizó el análisis de causa raíz mediante la herramienta de los 5 Porqués, como se presenta en la Tabla 51:

Tabla 51

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (falta de actualización de tiempos estándar)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué los tiempos estándar de operación y cambio no reflejan la realidad actual? Porque fueron definidos hace años en base a estimaciones y no se han revisado periódicamente. |
| 2 | ¿Por qué no se han revisado los tiempos estándar? Porque no existe un procedimiento formal que exija su validación o actualización en función del desempeño real. |
| 3 | ¿Por qué no hay un procedimiento para su revisión? Porque históricamente se ha confiado en la experiencia de los operadores y programadores para definirlos. |
| 4 | ¿Por qué se sigue confiando en estimaciones y no en datos reales? Porque no se han integrado los datos de autocontroles y cronometrajes en un sistema estructurado de mejora continua. |
| 5 | ¿Por qué no se han integrado los datos operativos en la gestión de estándares? Porque no hay una cultura consolidada de retroalimentación entre producción, planificación y mejora continua. |

Se propone implementar un proceso de revisión y actualización de tiempos estándar basado en un estudio de los datos históricos, tomando como referencia de inicio la semana en que comenzó a operar la nueva máquina etiquetadora, con el objetivo de mejorar la precisión en la planificación y programación de la línea. Este proceso debe incluir:

- El levantamiento de tiempos de cambios de formato mediante análisis de datos y control estadístico de los procesos.
- Redefinición de categorías o tiempos de cambio asociados a estos datos dentro de una base digital que permita su análisis periódico.
- La definición de un procedimiento de revisión semestral o anual de tiempos estándar, con participación de los equipos de producción, planificación y mejora continua.
- La creación de un dashboard o reporte automático, alimentado por los autocontroles actuales, que muestre la desviación entre tiempos reales y tiempos estándar.

Esta oportunidad está ligada fuertemente a la oportunidad #6 y su implementación permitirá aumentar la confiabilidad de los programas de producción, reducir desviaciones no justificadas y disminuir las detenciones relacionadas con errores de secuenciación o subestimación de cambios. Como medida inmediata, se recomienda establecer los tiempos de cambios de formatos actuales de la línea de embotellado como base de desarrollo del plan de acción mencionado.

Una mayor precisión en los tiempos estándar reducirá las pérdidas por planificación incorrecta, permitirá identificar oportunidades reales de mejora en cada tipo de cambio y facilitará el cumplimiento de metas de eficiencia. Además, al incorporar una revisión periódica, se contribuirá a una cultura de mejora continua basada en datos objetivos, en lugar de percepciones individuales. Esto aportará a la toma de decisiones más informadas y a una mejor coordinación entre las distintas áreas involucradas en la operación de la línea de embotellado.

Oportunidad #15: Falta de datos reales de velocidad de operación

Continuando con esta sección, si bien existen registros de producción y controles operativos, no se cuenta con datos sistematizados de velocidad efectiva de operación por estación, formato o tipo de insumo. Esta ausencia de información impide realizar una planificación fina del programa diario y limita la capacidad de anticipar cuellos de botella según el comportamiento histórico de los productos.

Actualmente, las velocidades se estiman en base a la experiencia del programador o

mediante valores nominales, sin tener en cuenta la variabilidad introducida por insumos específicos, condiciones operativas o diferencias entre turnos. Esta situación no solo afecta la precisión del programa de producción, sino que también dificulta la evaluación del desempeño real de las estaciones o el cálculo riguroso de indicadores como el OEE.

Esta debilidad fue particularmente evidente en el análisis de capacidades efectivas (ver sección 2.10.2), donde se determinaron las velocidades a partir de mediciones y autocontroles de las 5 botellas más utilizadas en la línea de embotellado, las cuales cubren un 82 % de la producción de la viña, evidenciando diferencias significativas entre productos y proveedores que hoy no se consideran al programar.

Con el fin de identificar las causas de la ausencia de información confiable sobre velocidades reales de operación, se aplica la herramienta de los 5 ¿Porqués?, cuyo resultado se presenta en la Tabla 52. Este análisis permite evidenciar que la falta de medición y registro sistemático se origina principalmente en la inexistencia de un sistema de captura automatizado y en la baja priorización que ha tenido la digitalización de datos operativos dentro de la bodega.

Tabla 52

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (falta de datos reales de velocidad)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué no se conoce la velocidad real de operación por estación e insumo? Porque no se mide ni registra sistemáticamente la velocidad efectiva durante el proceso. |
| 2 | ¿Por qué no se mide la velocidad efectiva por estación o SKU? Porque no existen sensores automatizados ni un sistema que capture y consolide estos datos. |
| 3 | ¿Por qué no se cuenta con sensores ni sistema de consolidación? Porque la inversión en digitalización y automatización ha estado enfocada en áreas críticas, y esta necesidad no ha sido priorizada. |
| 4 | ¿Por qué no ha sido priorizada esta necesidad? Porque no se ha visibilizado el impacto que tiene esta información en la eficiencia operativa y planificación. |
| 5 | ¿Por qué no se visibiliza su impacto? Porque no existe un proceso formal de retroalimentación entre el área de planificación y las operaciones de línea. |

Para ello se propone establecer un sistema de captura y análisis de velocidades efectivas por estación y SKU. Esta mejora puede implementarse en dos etapas.

1. Corto plazo. Sistematización de los datos existentes a través de los autocontroles actuales, construyendo una base de velocidades medias observadas por insumo, formato y estación. Esta tarea puede ser desarrollada por el área de planificación.
2. Mediano plazo. Instalación de sensores de conteo (ópticos o por encoder) en puntos clave de la línea que permitan registrar la velocidad de operación por turno, tipo de producto y estación, con conexión a un sistema de monitoreo centralizado.

Esto permitiría, en el futuro, automatizar el cálculo de indicadores clave como el OEE por SKU o detectar en tiempo real desviaciones frente al comportamiento esperado. Además, estos datos alimentarían un sistema inteligente de programación.

La disponibilidad de datos reales de velocidad por insumo y estación permitirá ajustar el programa diario de producción de manera más precisa, anticipar posibles cuellos de botella o saturaciones, y reducir el tiempo improductivo generado por sobreestimaciones o asignaciones incorrectas de productos. También se incrementará la confiabilidad de los indicadores operativos y se fortalecerá la cultura de decisiones basadas en datos dentro del equipo operativo. Esta oportunidad guarda vinculación con las Oportunidades #1 y #8. Por lo cual sería interesante desarrollar estas de manera integrada a través de un mismo sistema de captura y consolidación de datos que permita evaluar, comparar y tomar decisiones desde una base objetiva, actualizada y compartida entre áreas.

Oportunidad #16: Subutilización del sistema de conteo

A partir de las observaciones en terreno se constató que la línea de embotellado cuenta con sensores de conteo en puntos clave, como la salida de despaletizadora, la MonoBlock, o salida de la etiquetadora. Sin embargo, estos sensores están subutilizados, ya que su información no se encuentra integrada a un sistema de análisis en línea, ni es utilizada para tomar decisiones operativas o de planificación.

En la práctica, la mayor parte del control y registro se realiza a través de planillas de autocontrol manuales, dejando de lado el potencial de monitoreo en tiempo real, trazabilidad por SKU, detección de anomalías o comparación directa entre conteos teóricos y reales. Esta desconexión implica que no se aprovecha una fuente de datos valiosa para validar el cumplimiento del plan, analizar pérdidas de eficiencia o alimentar sistemas de mejora continua.

Este problema se relaciona directamente con la oportunidad anterior (falta de datos reales de velocidad), ya que el sistema de conteo podría utilizarse para reconstruir velocidades, flujos y detectar cuellos de botella de forma automática. Además, su integración permitiría mejorar la trazabilidad y confiabilidad de los indicadores de desempeño de la línea. Para comprender las causas de la subutilización del sistema de conteo, se realiza un análisis causa raíz mediante el método de los 5 ¿Porqués? en la Tabla 53, donde se identifica que existe una brecha en la gestión de datos y la articulación entre las 3 áreas de operaciones (mantenimiento, operaciones y planificación).

Tabla 53

Análisis de causa raíz – Método de los 5 Porqués (subutilización del sistema de conteo)

| Porqué # | Respuesta |
|-----------------|---|
| 1 | ¿Por qué no se utiliza el sistema de conteo para la gestión diaria de la línea? Porque su información no está conectada a una plataforma accesible ni visualizable en tiempo real ni es almacenada. |
| 2 | ¿Por qué no se ha integrado esta información en una plataforma visible? Porque no existe un sistema de monitoreo centralizado ni una cultura de uso de datos automatizados para decisiones operativas. |
| 3 | ¿Por qué no se ha implementado un sistema de monitoreo? Porque no se ha priorizado esta inversión ni se ha visibilizado su impacto potencial sobre la productividad y confiabilidad de la línea. |
| 4 | ¿Por qué no se ha visibilizado su impacto? Porque actualmente los indicadores se construyen con datos manuales, y se considera suficiente para el seguimiento básico del proceso. |
| 5 | ¿Por qué se considera suficiente el registro manual? Porque no existe un estándar de control automatizado, ni una exigencia interna o externa que motive esta mejora. |

Una activación y conexión de los sensores de conteo ya instalados a un sistema de visualización y almacenamiento de datos permitiría monitorear el flujo de botellas en tiempo real y construir indicadores automáticos por turno, formato, estación o SKU.

Como solución, puede implementarse una interfaz de visualización tipo SCADA o conexión con un sistema de análisis como Power BI, que facilite la interpretación de los datos. Esta propuesta puede integrarse con las soluciones presentadas en la oportunidad anterior,

consolidando un sistema de datos confiable que permita reducir errores de planificación, mejorar la trazabilidad y tomar decisiones más rápidas ante desvíos productivos.

La integración del sistema de conteo permitirá:

1. Validar automáticamente el cumplimiento del plan diario.
2. Detectar microparadas o pérdidas de producción no registradas.
3. Evaluar en línea y tiempo real la efectividad del cambio de formatos.
4. Alimentar los análisis de velocidad y eficiencia con datos reales.
5. Liberar una persona de sus funciones de registro de eventos y reducir la carga operativa de los trabajadores al reducir la información recopilada de los autocontroles.

En conjunto, esta mejora facilitará el tránsito hacia un modelo de producción inteligente, con mayor trazabilidad, control y capacidad de respuesta ante eventos no planificados. Además, esta oportunidad de mejora se vincula con otras iniciativas previamente analizadas como las oportunidades #12, #1, #7, #6. Las cuales comparten una raíz común que es la ausencia de información y un sistema confiable para la recolección y análisis de datos de operación. Considerando que la propuesta combina acciones de carácter técnico como la activación de nuevos sensores y su conexión a sistemas de información y monitoreo, con medidas organizacionales como la capacitación del personal y la integración de datos, se elabora una estimación preliminar de costos mediante la Tabla 54.

Tabla 54

Costos estimados – Oportunidad #16

| Concepto | Costo estimado | Observación |
|---|-----------------------|--|
| Incorporación y activación de sensores | Medio | Puede ser realizado por mantenimiento. |
| Desarrollo de visualizador en Power BI | Bajo | Utilizable con licencias ya disponibles. |
| Conexión a SCADA | Medio-Alto | Requiere hardware adicional y software industrial. |
| Capacitación de operadores, técnicos y planificación en lectura, control y análisis | Bajo-Medio | |

3.3. Priorización de propuestas

Con el objetivo de establecer un orden lógico y estratégico dentro del plan de mejora, las soluciones presentadas a las oportunidades de mejora respectivas, serán identificadas y evaluadas a través de la construcción de una matriz de priorización. Esta matriz considera 2 variables relevantes dentro de cada oportunidad.

- Impacto. El cual agrupa el nivel de impacto en seguridad, sobre el cliente, en el negocio y otras áreas involucradas obteniendo una ponderación.
- Esfuerzo. Donde se evaluara el tiempo de implementación, resistencia al cambio, costo de implementación y costo de operación para obtener un valor ponderado del esfuerzo.

A cada propuesta presentada en la sección anterior se le asigna una puntuación en ambas dimensiones, en base a la información desarrollada en sus análisis correspondientes junto al análisis realizado de cada una. Basados en esto, se construye una escala de 1 a 5 para cada dimensión, las cuales son evaluadas en las Figuras 115 y 116 del Anexo 4. A partir de la evaluación individual de cada oportunidad de mejora en función de su impacto y esfuerzo, se construye la matriz de priorización que se muestra en la Figura 61. En ella se representan las propuestas analizadas en las secciones anteriores, distribuidas según su nivel de beneficio potencial y la complejidad de implementación. Esta visualización permite identificar de forma rápida aquellas acciones consideradas de alto impacto y bajo esfuerzo, que deben abordarse en el corto plazo (plan piloto), así como las de mayor complejidad, que pueden programarse en etapas posteriores del plan de mejora.

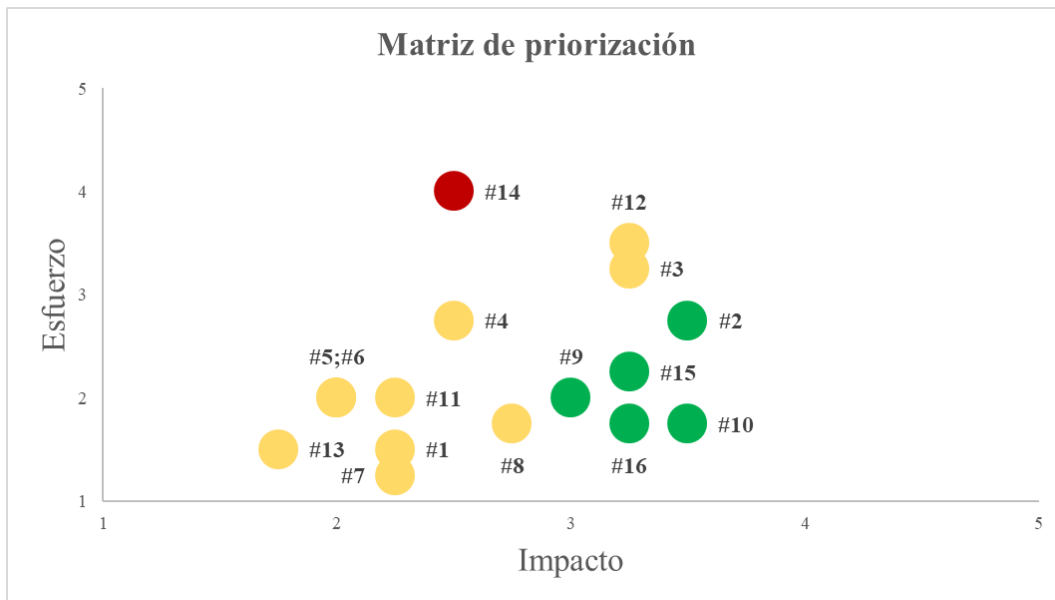


Figura 61: Matriz de Priorización para soluciones

3.4. Plan de mejora

El presente plan de mejora tiene como finalidad entregar una estructura al conjunto de acciones priorizadas que permitan aumentar la eficiencia operativa de la línea de embotellado, reducir la variabilidad en los procesos clave y estandarizar prácticas que afectan a las variables críticas del proceso y los indicadores de este. En base a la matriz de priorización (Figura 61), se establece desarrollar el plan de mejora en base a las oportunidades de los cuadrantes I y IV, esto debido a la solicitud de baja inversión realizada por el área de operaciones. A continuación, se detallan las acciones que compondrán el plan de mejora.

- Solución #1: Base de información con el desempeño de cada estación por SKU.
- Solución #2: Optimización de planificación de cambios de formato y SMED.
- Solución #4: Controladores de velocidad en cintas más plan de inspección
- Solución #5: Inspecciones preventivas en mesa de acumulación.
- Solución #6: Overhaul o reacondicionamiento despaletizadora.
- Solución #7: Actualización de tiempos estándar para cambios de formato.
- Solución #8: Estandarización de cambio de rollos en etiquetadora.
- Solución #9: Desarrollo de base de datos para insumos integrada por SKU y proveedor.

- Solución #10: Homologación de formatos en botellas.
- Solución #13: Redefinición técnica de capacidad teórica.
- Solución #15: Eliminación o by-pass de estación lavasecadora.
- Solución #16: Protocolo técnico previo para pruebas de insumos.

Con el fin de organizar estratégicamente la ejecución y el control del plan, las acciones seleccionadas han sido agrupadas en tres niveles de intervención, de acuerdo con el rol y grado de responsabilidad dentro de la organización: gerencial, táctico y operacional. Esta división permite asignar tareas según la capacidad de decisión, los recursos disponibles y el foco de cada nivel jerárquico.

A nivel gerencial se contemplan decisiones estratégicas que se alineen con los objetivos a largo plazo en conjunto de la misión y visión de la viña, coordinación entre áreas y eventualmente inversión de recursos de ser necesario. Las acciones aquí descritas deben ser aprobadas o impulsadas desde la gerencia para garantizar su viabilidad y alineación con los objetivos globales de la planta. En este nivel se planifican las siguientes acciones.

- Solución #10: Homologación de formatos en botellas.
Acción que requiere trabajo conjunto con las áreas de producción, calidad y compras, además del contacto cercano con proveedores para promover estrategias de desarrollo de proveedores y que tiene un impacto transversal en toda la línea.
- Solución #13: Redefinición técnica de capacidad teórica.
Acción clave para alinear las expectativas de planificación con el comportamiento real del sistema. Se recomienda utilizar datos históricos de desempeño para validar una nueva definición de capacidad esperada.
- Solución #15: Eliminación o by-pass de estación lavasecadora.
Iniciativa de alto impacto y alto costo, que mejora la continuidad operativa ante cambios de formatos, fallas y paradas menores, requiere de un estudio mas a detalle para evaluar el diseño técnico y el costo de esta. A continuación en la Figura 62 se presenta una propuesta planteada en conjunto del jefe de producción y sus supervisores para un rediseño de la línea. Considerando de igual forma la reubicación del buffer.

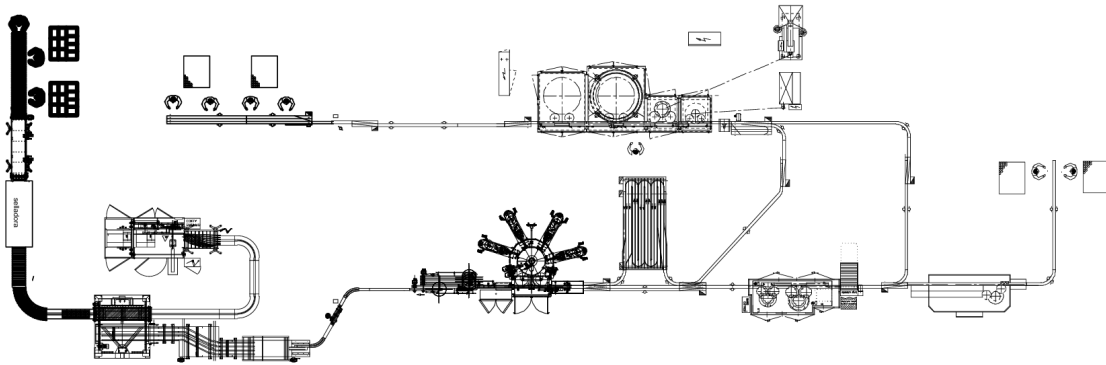


Figura 62: Representación de rediseño de Layout L1

Elaborado a partir de información de la empresa.

La Figura 62 presenta 2 by-pass, uno para botellas con corcho directo a la capsuladora, evitando la lavasecadora, y un segundo by-pass para botellas con tapa rosca, dirigiéndolas de manera inmediata al buffer o etiquetadora.

El objetivo general de las acciones propuestas en este nivel es establecer soluciones de alto impacto que requieran coordinación interdepartamental, recursos financieros y validación a nivel de gerencia para mejorar la eficiencia, disminuir las labores administrativas, aumentar la disponibilidad de la línea y crear una base de información que permita tomar decisiones informadas en un futuro. Para llevar esto a cabo se propone un plan de acción que siga el formato S.M.A.R.T. (Specific, Measure, Attainable, Relevant, Timely). Con el fin de consolidar los resultados obtenidos y facilitar la toma de decisiones a nivel directivo, se presenta la Tabla 55, que resume el plan de acción propuesto desde una perspectiva gerencial. En ella se integran las principales oportunidades priorizadas, sus objetivos específicos, responsables y horizonte temporal de ejecución. Este resumen permite visualizar de manera estructurada las líneas de acción estratégicas que orientarán la implementación del plan de mejora, asegurando la alineación entre los niveles operativos y la gestión global de la planta.

Tabla 55

Resumen del plan de acción – Nivel Gerencial

| ID | Tarea | Responsable | Plazo estimado | Indicador de seguimiento |
|-----------|---|-----------------------------|----------------------------|--|
| 1.1 | Validar y aprobar iniciativas | Gerente de Operaciones | Julio 2025 | Acta de validación aprobada |
| 1.2 | Asignar presupuesto por acción | Gerencia y Finanzas | Julio – Agosto 2025 | Presupuesto aprobado |
| 1.3 | Homologar formatos con proveedores | Gerencia y Abastecimiento | Agosto – Sept 2025 | Reducción de SKUs incompatibles |
| 1.4 | Coordinar diseño e implementación del by-pass | Operaciones y Mantenimiento | Sept 2025 – Enero 2026 | Sistema instalado y operativo |
| 1.5 | Redefinir capacidad teórica de la línea | Producción y Planificación | Agosto 2025 – Octubre 2025 | Documento técnico con nueva capacidad validada |
| 1.6 | Supervisar progreso y resultados | Gerencia y Operaciones | Agosto 2025 – Enero 2026 | Reportes mensuales |

Desarrollo de tareas

Tarea 1.1 – Validar y aprobar iniciativas: Revisión ejecutiva del plan de mejora, incluyendo la matriz de priorización y el impacto esperado de cada acción. Se llevará a cabo una reunión formal entre el gerente general, subgerentes de operaciones y calidad, y jefaturas de abastecimiento, mantenimiento y procesos, tras la cual se levantará un acta formal de validación.

Tarea 1.2 – Asignar presupuesto por acción: Estimación de recursos requeridos para cada solución (materiales, horas hombre, inversiones), consolidando una propuesta presupuestaria que será revisada por el área de Finanzas y aprobada internamente.

Tarea 1.3 – Homologar formatos con proveedores: Identificación de los SKUs más conflictivos, contacto con proveedores clave y diseño conjunto de nuevas especificaciones técnicas para reducir incompatibilidades y variabilidad.

Tarea 1.4 – Coordinar diseño e implementación del bypass: Definición de los puntos críticos donde se implementarán los bypass, diseño de solución técnica y coordinación del montaje por parte del área de Mantenimiento, en conjunto con supervisores de línea.

Tarea 1.5 – Redefinir capacidad teórica de la línea: Análisis de datos históricos y actuales para proponer una nueva capacidad de línea acorde al comportamiento observado, con participación de producción y planificación.

Tarea 1.6 – Supervisar progreso y resultados: La gerencia realizará reuniones de seguimiento mensuales con revisión de KPIs como disponibilidad, OEE y detenciones críticas. Se definirán ajustes si se detectan desviaciones relevantes.

Posteriormente, en el nivel táctico, se asignan acciones cuyas iniciativas requieran principalmente de liderazgo local y coordinación entre equipos operativos. Su ejecución depende de las jefaturas de área y su correcta planificación, como.

- Solución #1: Base de información con el desempeño de cada estación por SKU.
Levantamiento sistemático de datos operativos por SKU y estación, con apoyo del área de programación. Permitirá conocer restricciones específicas, cuellos de botella y eficiencia por producto.
- Solución #2: Estandarización de cambio de rollos en etiquetadora.
Consiste en establecer procedimientos claros para el montaje del rollo, incorporación de ayudas visuales y generación de instructivos para reducir errores y variabilidad. Además de la capacitación técnica de los operarios en este tipo de actividades.
- Solución #3: Optimización de planificación de cambios de formato y SMED.
Implica la revisión y actualización de los tiempos de cambio registrados, categorización de cambios frecuentes, aplicación del método SMED y desarrollo de planes de acción para reducir tiempos improductivos.
- Solución #10: Desarrollo de base de datos para insumos integrada por SKU y proveedor.
Permitirá vincular rendimiento y fallas observadas con el origen del insumo, facilitando decisiones de compra y programación.
- Solución #14: Actualización de tiempos estándar para cambios de formato.
Basado en datos reales recolectados en línea y análisis estadístico, se ajustarán los valores referenciales para la planificación de manera regular.
- Solución #16: Protocolo técnico previo para pruebas de insumos.
Antes de la incorporación de nuevos formatos o proveedores, se aplicará una evaluación técnica estandarizada que simule las condiciones reales de línea para evitar incompatibilidades operativas.

Como último punto a nivel operacional, están aquellas acciones dirigidas a ser ejecutadas

directamente en planta y que requieren involucrar a los operadores, técnicos de línea y apoyo del área de procesos. Tienen bajo costo de implementación y un alto retorno si se desarrollan con disciplina operativa.

- Solución #5: Controladores de velocidad en cintas más plan de inspección.
Incorporación de controladores que ajusten el flujo y eviten acumulaciones excesivas, complementado por un plan de inspección visual que detecte desviaciones en el sistema transportador.
- Solución #6: Inspecciones preventivas en mesa de acumulación.
Estandarización de rutinas de inspección antes del arranque de la línea, con foco en verificar sensores, limpieza, motores y mecanismos móviles.
- Solución #7: Overhaul o reacondicionamiento de la despaletizadora.
Recuperación de condiciones mecánicas mediante un mantenimiento profundo programado fuera del ciclo productivo, con evaluación previa de piezas críticas.

El seguimiento del plan será coordinado por la subgerencia de operaciones para abarcar las distintas áreas de forma transversal, considerando reuniones de revisión semanales en los primeros meses durante su planificación para posteriormente pasar a reuniones informativas quincenales para evaluar cómo van las distintas medidas implementadas. Se utilizarán los siguientes indicadores clave:

- Disponibilidad y OEE de la línea.
- Tiempo promedio de cambio de formato.
- Cumplimiento del programa diario de producción.
- Incidencias de paradas no programadas en estaciones críticas.

Además, para asegurar la sostenibilidad del plan en el largo plazo, no perder el objetivo principal y mantener la motivación de los equipos, se recomienda:

- Documentar los procedimientos modificados y nuevos estándares.
- Capacitar al personal involucrado en los cambios e integrarlos en los planes de acción en los cuales se vean involucrados, desarrollando un plan de formación de capacidades para los operadores, técnicos y supervisores involucrados.
- Incorporar los nuevos controles en los sistemas internos de gestión de la planta incluyendo un nuevo puesto de analista de producción que permita mantener un constante flujo de información sobre la situación actual de la línea de embotellado para el desarrollo de una cultura que tome decisiones en base a información.
- Realizar auditorías internas periódicas para validar el cumplimiento.

4. Plan piloto de mejora

El plan piloto tiene como objetivo validar en terreno una selección representativa de acciones priorizadas del plan de mejora, permitiendo medir su impacto real, detectar restricciones operativas no previstas y generar aprendizajes antes de escalar su implementación a toda la línea. Además, este piloto sirve como base para el desarrollo de un modelo virtual en el siguiente capítulo, el cual simula el comportamiento de la línea bajo distintos escenarios propuestos.

Las acciones incluidas en el plan piloto son seleccionadas por su alto impacto potencial, representatividad metodológica (nivel gerencial, táctico y operacional) y viabilidad de ejecución en el corto plazo. Estas acciones permiten generar datos reales sobre capacidad, eficiencia y compatibilidad de formatos, así como poner a prueba herramientas clave como el SMED, el control de datos en línea y la estandarización técnica.

4.1. Acciones consideradas en el plan piloto

- Homologación de formatos en botellas (Solución #10):
Se trabaja inicialmente con las botellas mas utilizadas en la línea, levantando especificaciones críticas y coordinando ajustes con los proveedores. El objetivo es reducir incompatibilidades dimensionales o de forma, que generan detenciones o ajustes innecesarios en las estaciones.
- Overhaul o reacondicionamiento de la despaletizadora (Solución #6):
Se selecciona un periodo fuera de ciclo productivo para realizar la intervención técnica de la despaletizadora, reemplazando cintas, ajustando mecanismos y limpieza para asegurar su desempeño operativo. Esta estación ha sido identificada como una fuente de microdetenciones recurrentes.
- Actualización de tiempos estándar para cambios de formato (Solución #14):
Incorporación de la actualización de distintos tipos de cambio durante el piloto,

contrastándolos con los tiempos de planificación. Esto permite ajustar las referencias estándar para reducir la desviación entre planificación y producción.

- Base de información con desempeño por estación y SKU (Solución #1):
Se incorpora la información obtenida a partir de datos de los SKU vinculados a las 5 botellas más representativas en la línea, registrando su comportamiento en cada estación (tiempos, velocidad, frecuencia de fallas), para crear una línea base del desempeño actual.
- Estudio técnico del rediseño de la línea (Solución conectada con #15):
En paralelo a las acciones operativas, se desarrolla un estudio técnico de rediseño que incluya los bypass propuestos y la reubicación del buffer. Este estudio sirve como entrada para el modelo virtual del siguiente capítulo, y su validación es clave para decidir su implementación futura.

Los objetivos del plan piloto comprenden:

- Verificar en condiciones reales los beneficios operativos de las soluciones propuestas.
- Medir y documentar las mejoras en tiempo de cambio, disponibilidad de línea y eficiencia de estaciones.
- Detectar ajustes necesarios antes de escalar las soluciones al resto del sistema.

El plan piloto es ejecutado en un período estimado de 12 a 16 semanas, considerando fases de planificación, ejecución técnica, recolección de datos y análisis. Se acota a una fracción representativa del portafolio de productos y a un turno fijo de la producción para asegurar condiciones repetibles.

Los resultados del piloto, especialmente los obtenidos en el levantamiento de datos por SKU y estación, junto con el estudio técnico del rediseño de la línea, constituyen las variables de entrada para el modelo de simulación que es desarrollado en el capítulo siguiente. Este modelo permite analizar distintos escenarios de mejora (con o sin bypass, buffers ampliados, etc.), evaluando su impacto en indicadores globales como OEE, capacidad real y cumplimiento del programa.

El plan piloto, por lo tanto, no solo cumple un rol de verificación técnica, sino que actúa como un puente metodológico entre el diagnóstico actual y la futura validación digital de la línea de embotellado.

4.2. Validación de oportunidades

Como método de validación para la propuesta de plan de mejora presentada, algunos de los planes de acción serán simulados con el objetivo de validar el comportamiento de la línea de embotellado bajo diferentes escenarios de operación, considerando los tres tipos de botellas utilizadas durante el período de análisis. A través de la construcción de un modelo de eventos discretos en Simio, para validar y contrastar los resultados del escenario base o inicial de la línea, con el fin de posteriormente medir el impacto sobre la eficiencia global de la línea, la utilización de estaciones críticas y los tiempos asociados a estas. De esta manera, la simulación permite anticipar beneficios, reducir incertidumbres y respaldar técnicamente la factibilidad de implementación del plan de mejora.

4.3. Validación del modelo virtual de la línea de embotellado

Tras el análisis y priorización de las oportunidades de mejora, resulta necesario comprobar en qué medida algunas de las propuestas seleccionadas son factibles y efectivas bajo condiciones de operación reales. En este contexto, la presente sección forma parte del plan piloto, y aborda la validación de dichas oportunidades mediante la construcción de un modelo de simulación que replica el comportamiento y la lógica de operación de la línea de embotellado. Este enfoque permite contrastar los resultados obtenidos en el diagnóstico con escenarios virtuales controlados, proporcionando así una base objetiva para anticipar beneficios e identificar riesgos asociados a su ejecución en planta.

4.3.1. Construcción del modelo

Para la construcción del modelo se utiliza la simulación de eventos discretos a través del software Simio. El modelo replica la secuencia productiva de la línea 1 de embotellado, integrando todas las estaciones de trabajo e insumos utilizados para la fabricación de un producto final. En la Figura 63 se presenta el esquema del flujo de entidades a través del modelo de la línea de embotellado.

caída, la Despaletizadora se detenga por un tiempo para modelar la operación del operador al tener que recoger estas botellas.

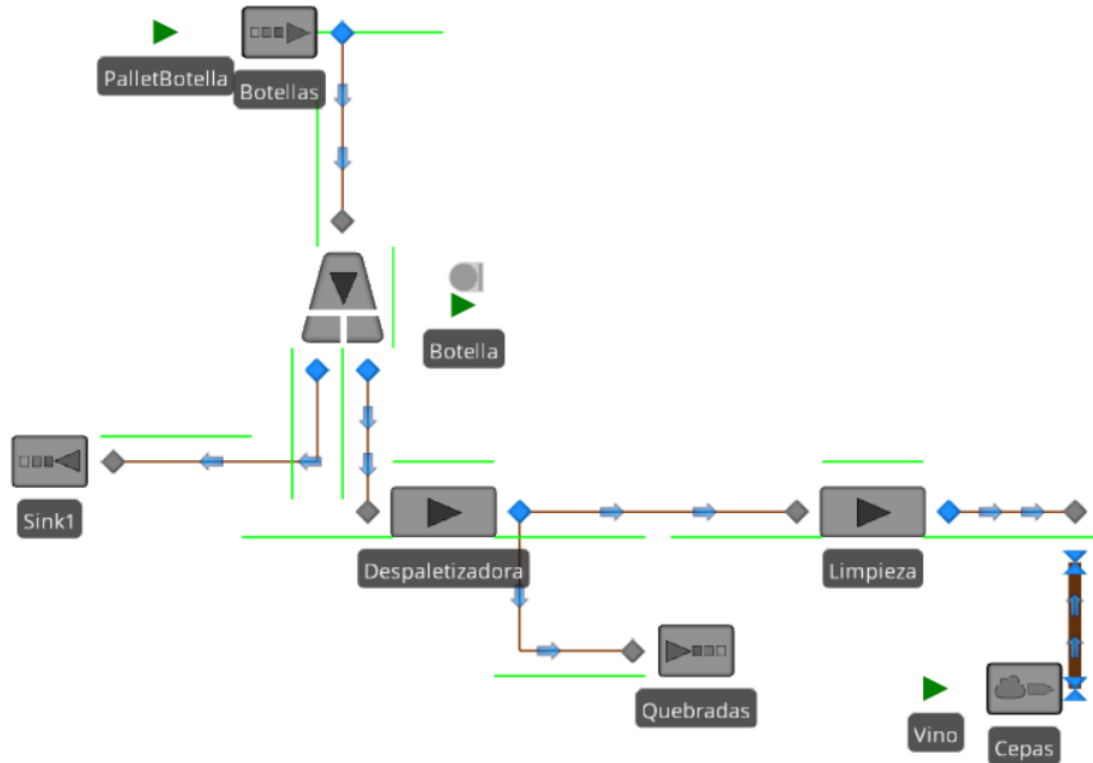


Figura 64: Modelado estación Despaletizadora a través de SIMIO

La parametrización del modelo se realizó a partir de datos históricos entregados por la empresa de operación de la Línea, incluyendo:

- Velocidades efectivas por tipo de botella.
- Disponibilidad de equipos y tiempos no productivos.
- Tiempos efectivos de producción en las distintas estaciones.

Para la construcción del modelo, se utilizó un nivel de detalle moderado y una línea balanceada, donde se incluyeron buffers intermedios entre estaciones (correspondientes a cintas de transporte o buffers propios de cada estación) y restricciones operativas generales para representar condiciones reales de flujo, explicadas a continuación.

- Cada estación se modeló como *Server* o *Combiner* con tiempos de proceso coherentes con su capacidad (número de bocas/cabezas o tamaño de lote) obtenidos a partir del estudio de tiempos de la línea de embotellado.

- Las cintas entre estaciones se representaron como `TimePath` con tiempo de tránsito en base a la distancia y velocidad de parametrización de estas. Además de una capacidad finita de tránsito que coincide con la cantidad de botellas que la línea puede almacenar cuando se detiene.
- Se incorporaron reglas operativas de algunas estaciones como:
 - Reabastecimiento de pallets de botella en la despaletizadora.
 - Detención de la despaletizadora posterior a caídas de botella en las cintas de transporte.
 - Reposición de rollo de etiquetas en base a la cantidad de unidades que puede abastecer un rollo y el tiempo de cambio en la etiquetadora.
 - Lógicas de reposición de insumos en base a la cantidad de elementos procesados en la línea de embotellado.
- Para la medición de desempeño se expusieron métricas estándar del modelo: producción efectiva en botellas por hora en la entrada de la estación de paletizado para evitar sesgos por pallets incompletos, tiempo en sistema de botellas (`TimeInSystem`), acumulación en enlaces (`NumberOnLink` en `TimePath`) y estados de recurso (`TimeProcessing`, `TimeStarved`, `TimeBlocked`).

Para la parametrización de los experimentos, se optó por corridas de 1 hora 30 minutos (90 min) post warm-up debido a:

1. Cobertura de ciclos operativos relevantes: En 90 min se observan múltiples ciclos de los fenómenos que dominan la dinámica de la línea (por ejemplo, reposiciones de rollos de etiquetas y cambios de pallets en despaletizado), lo que permite comparar el patrón de paradas, lead times y ritmos contra operación real.
2. Validez comparativa de indicadores. A ese horizonte, el volumen procesado (del orden de [8.000–10.000] botellas según el seteo) es suficiente para estimar y comparar:
 - a) Velocidad efectiva de la línea (BPH).
 - b) Distribución del lead time de botella.
 - c) Sitios de acumulación/ cuellos de botella.
3. Rapidez experimental: Corridas más cortas permiten ejecutar múltiples réplicas y escenarios en tiempos computacionales razonables, lo que mejora la potencia para detectar diferencias operativas con los mismos recursos de cómputo (frente a una

única corrida muy larga) considerando que para cada replica de simulación, se crean alrededor de 20.000 o más entidades que deben ser procesadas.

4.3.2. Proceso de verificación y validación del modelo de simulación

Este proceso, consiste en una simulación del modelo utilizando como base información real del proceso para analizar su desarrollo y resultados. El modelo será verificado mediante la sensibilización de parámetros de entrada en las distintas estaciones para los 3 tipos de botella producidos en la línea, además de la utilización de screw caps como método de sellado para evaluar la producción y cuellos de botella generados en la línea de embotellado. Para validar el modelo, se realizaron 10 réplicas independientes para cada escenario (tipo de botella), cada una con duración total de 90 min y un warm-up inicial (30 min) determinado a partir de la estabilización visual de colas/WIP y del uso de procedimientos estándar. Para cada réplica se recolectaron: productos finalizados en la línea, TimeInSystem de botellas (promedio y percentiles) y acumulación en enlaces clave, además de tiempos de espera o bloqueos en estaciones críticas. Las estimaciones finales se reportan con intervalos de confianza del 95 %, para esto se consideran las siguientes condiciones:

- Escenarios simulación:
 1. Botella Borgoña.
 2. Botella Burdeo Recta.
 3. Botella Burdeo Cónica Baja.
- Período de evaluación: 19-08-2024 08:30 AM - 19-08-2024 10:00 AM.
- Réplicas: 10
- Unidad de simulación: 5 pallets de botellas como entidad base.¹

Para lograr validar los resultados, se evaluará el error del pronóstico, el cual corresponde a la diferencia entre el valor obtenido durante el período de evaluación y el valor real; además, el error porcentual absoluto medio (EPAM), que corresponde a la medida del grado de acierto con que la simulación predice los valores reales. A partir de esto, se considera que este modelo está validado si cumple con las siguientes condiciones:

1. Error del pronóstico menor al 5 %.
2. Error porcentual absoluto medio menor al 20 %.

¹La cantidad de botellas en un pallet depende para cada tipo de botellas, para el pallet de Borgoña se tienen 1372 botellas repartidas en 7 niveles, para Burdeo Recta 1631 botellas en 7 niveles, y para Cónica Baja 1575 repartidas en 6 niveles.

4.3.3. Validación del modelo

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la realización de la simulación, y los datos reales de la Línea para contrastar que el modelo es capaz de replicar la lógica del sistema y que además reproduce con un nivel aceptable de error la precisión de los indicadores más relevantes, como la producción efectiva, tiempos de flujo y cuellos de botella de la línea de embotellado. El proceso busca demostrar la validez de las hipótesis adoptadas, a la vez que entrega confianza respecto a la utilidad del modelo como herramienta para analizar y proyectar mejoras en la eficiencia de la línea, así como hallar nuevas oportunidades de mejora en base a la información entregada por el modelo. Enseguida, se presentan los datos obtenidos a partir de la simulación del modelo.

La Figura 65 resume la distribución de la producción efectiva de la Línea para los tres escenarios simulados. La botella Burdeo Recta presenta la menor dispersión de datos entre los 3 escenarios con una media de 6.592 botellas por hora, con variabilidad moderada. La botella Burdeo Cónica Baja exhibe desempeño intermedio con una media de 6.141 botellas por hora, pero con una mayor dispersión de los datos, sugiriendo una mayor sensibilidad a las condiciones operativas de la línea. Mientras que la botella Borgoña muestra una estabilidad relativa debido a su caja más angosta, por lo cual hay menor variación entre réplicas, lo que otorga un rendimiento más estable con una media de 5.083 botellas por hora.

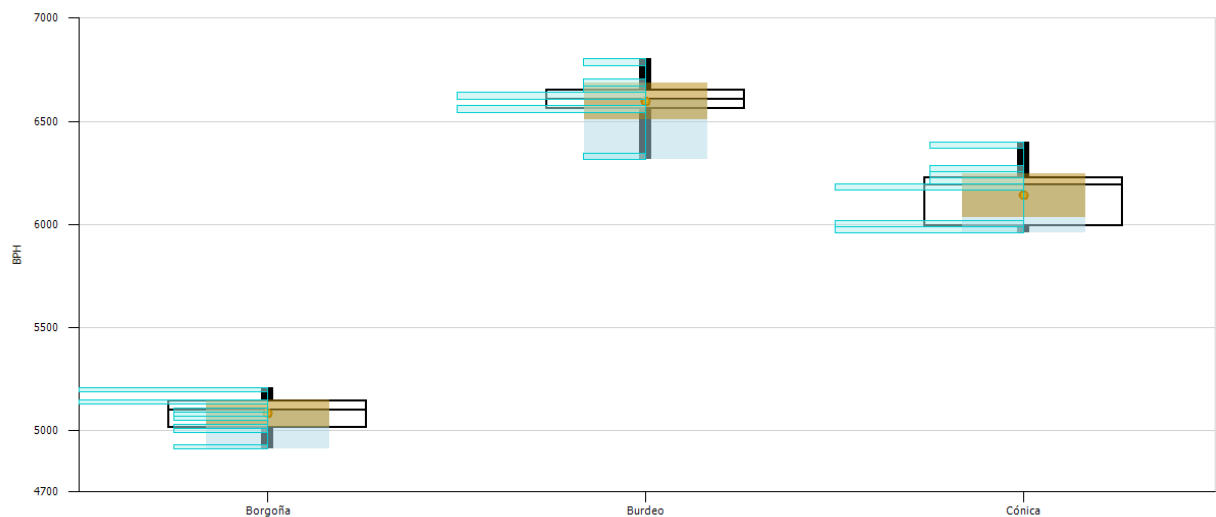


Figura 65: Distribución de la producción efectiva de la línea [BPH] obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica)

Elaboración propia a partir de datos simulados mediante SIMIO.

La Figura 66 compara el lead time [segundos] de las botellas para los tres escenarios. La botella Borgoña exhibe la menor dispersión de datos entre réplicas, con un rango para el intervalo de confianza entre [884,889;908,842] segundos. La botella Burdeo Recta señala una variabilidad moderada con un rango entre [878,137;913,715] segundos, junto a la botella Borgoña, sugieren una alta utilización de buffers pero con buenos índices de desocupar estos almacenamientos intermedios; y la botella Burdeo Cónica Baja, la cual presenta los mayores tiempos ([940,387;998,889] segundos) y mayor dispersión, lo cual indica mayores tiempos de espera en el flujo de la Línea, indicando que esta es más propensa a acumulaciones dentro de la línea y cuellos de botella intermedios.

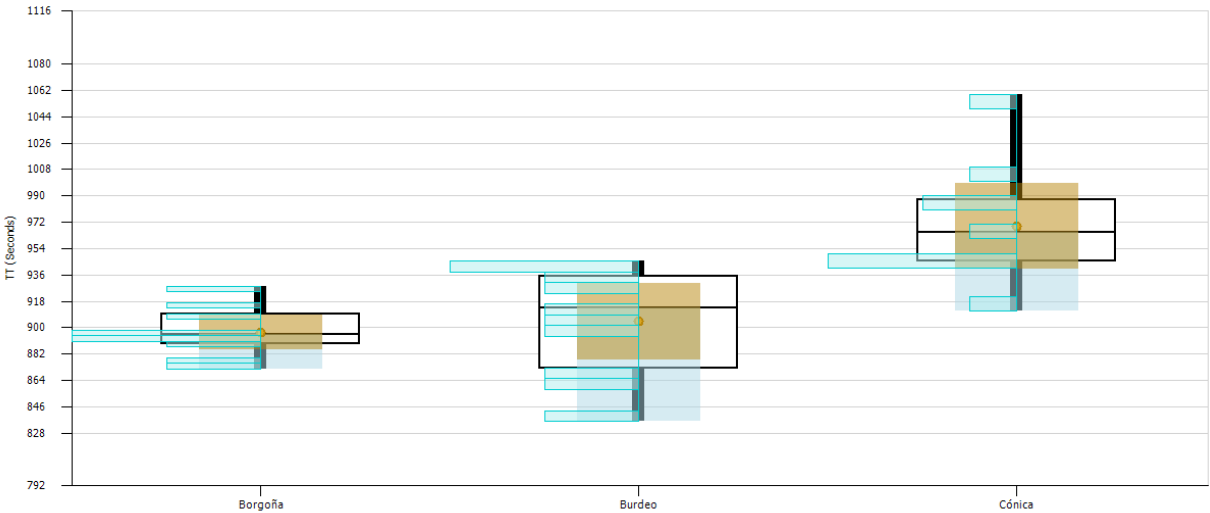


Figura 66: Distribución del lead time por tipo de botella

Elaboración propia a partir de datos simulados mediante SIMIO.

A continuación en la Tabla 56 se comparan los valores de producción efectiva promedio en el período de tiempo comprendido entre julio y noviembre de 2024, contra los valores medios obtenidos de las gráficas anteriores y en la Tabla 57 se realiza el mismo análisis, pero para lead times.

Tabla 56

Validación de producción efectiva [bph] por tipo de botella. Promedios reales (jul–nov 2024) vs. promedios simulados y Error Porcentual Absoluto (EPA)

| Tipo de botella | Real [bph] | Simulación [bph] | EPA [%] |
|------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|
| Borgoña | 5.335 | 5.083 | 4,96 |
| Burdeo Cónica Baja | 5.847 | 6.141 | 4,79 |
| Burdeo Recta | 6.866 | 6.592 | 4,16 |

La Tabla 56 muestra que por escenario el error del pronóstico es menor al 5 % en los tres casos, cumpliendo con una de las condiciones para validar el modelo con el indicador de producción efectiva de la línea. Con ello, el error porcentual absoluto medio (EPAM) es del 4,63 %, lo que indica una concordancia entre los valores obtenidos a partir de la simulación y el promedio de los valores reales del periodo entre julio y noviembre del 2024. En términos de sesgo, la simulación subestima levemente para los escenarios de Borgoña y Burdeo Recta y sobreestima para el caso de la botella Burdeo Cónica Baja; sin embargo, las desviaciones son acotadas cumpliendo con las condiciones establecidas, con lo cual se asume que el modelo reproduce adecuadamente la producción efectiva de la línea en los tres formatos.

En la Tabla 57 se compara el lead time real promedio medido en planta a partir de las mediciones de tiempo realizadas en la línea con el lead time promedio de todas las réplicas obtenidas de la simulación. Donde se observa que para cada escenario se cumple con la condición de error porcentual menor al 5 %. A partir de los valores de la tabla, se obtiene que el EPAM es de 1,4 % muy por debajo del umbral definido. Estos resultados reflejan una alta concordancia entre la dinámica temporal representada por el modelo y el comportamiento observado durante la operación de la línea, validando la capacidad del modelo para reproducir el tiempo de permanencia de la botella en la línea de embotellado.

Tabla 57

Validación de lead time [s] por tipo de botella. Promedios reales (jul–nov 2024) vs. promedios simulados y Error Porcentual Absoluto (EPA)

| Tipo de botella | Real [s] | Simulación [s] | EPA [%] |
|------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| Borgoña | 905,2 | 896,9 | 0,93 |
| Burdeo Cónica Baja | 925,9 | 904,3 | 2,38 |
| Burdeo Recta | 980,1 | 969,6 | 1,08 |

Los resultados de validación muestran que el modelo es capaz de reproducir con fidelidad el comportamiento y lógica de la línea en los tres formatos analizados para cierre screw cap. La producción efectiva presenta un EPAM de 4,6 % y el lead time aún menor de 1,4 %, con patrones de variación coherentes en los box plots a las condiciones de operación. Estos hallazgos permiten confirmar que el modelo es válido para evaluar modificaciones y el análisis de mejoras y escenarios.

4.4. Evaluación del impacto de las mejoras mediante simulación

El propósito de esta sección es cuantificar, en un entorno controlado, el efecto de dos medidas del plan piloto representadas en la Figura 67 que son difíciles de probar en planta sin interrumpir la operación de manera prolongada.

1. La incorporación de un "buffer" dinámico previo a la etiquetadora
2. Rediseño del layout de la línea de embotellado.

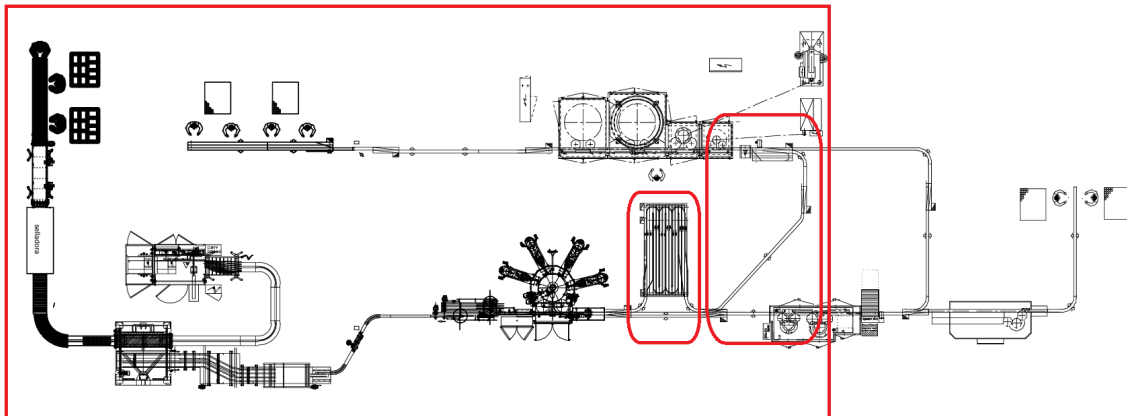


Figura 67: Rediseño de la línea de embotellado

La simulación permite aislar el aporte de cada intervención, mantener constantes las condiciones de demanda y variabilidad, y estimar el cambio en los indicadores clave con rigor estadístico.

Para ello comparan los tres escenarios del modelo base (situación actual), con un modelo donde se incluye el "buffer" y el cambio de layout. Cada escenario se ejecuta con 10 réplicas independientes, con warm-up de 30 minutos y una ventana de medición de 90

minutos, utilizando los parámetros ya configurados del modelo base. Los KPI evaluados son: producción efectiva [BPH], lead time de botella, y acumulación en enlaces NumberOnLink, y estados de recurso TimeStarved y TimeBlocked. Los resultados se reportan como promedio por escenario, con intervalos de confianza al 95 % y variación relativa (%) respecto de la base.

El buffer dinámico se modela en base a los tiempos de demora en un cambio de rollo de etiqueta para un mismo producto, considerando la capacidad de la etiquetadora para a la vez ser capaz de desocupar el buffer una vez retomado el proceso. Su capacidad se dimensiona en base a la producción efectiva de las botellas Burdeo Recta y el tiempo de cambio de rollo. El rediseño de layout se implementa ajustando longitudes y tiempos de transporte de los TimePath y eliminando "Servers" como el de Capsulado y Lavadora los cuales no agregan un valor a los productos con screw cap, y reubicando buffers intermedios para reducir bloqueos y propagación de paradas; se mantiene la misma lógica de proceso y parámetros de estaciones, salvo los cambios propios de cada intervención.

La Figura 68 muestra los valores obtenidos de la producción efectiva para el escenario mejorado, se observa que para la botella Borgoña la producción efectiva sufre de una desviación del 1,7 % bajo el valor real pero un aumento del 3,1 % respecto al valor de la simulación del modelo base, lo cual no permite identificar una mejora en el valor, pero sí se puede observar un proceso más estable gracias a la reducción en la dispersión de datos de las distintas réplicas. Para el caso de la botella Burdeo Cónica Baja, se observa un aumento del 9,2 % respecto al valor real de la producción efectiva de la línea llegando a 6.386 botellas por hora, así como la botella Burdeo Recta que también demuestra un aumento del 1,9 % en su producción efectiva en comparación con el valor real, alcanzando un valor de 6.994 botellas por hora.

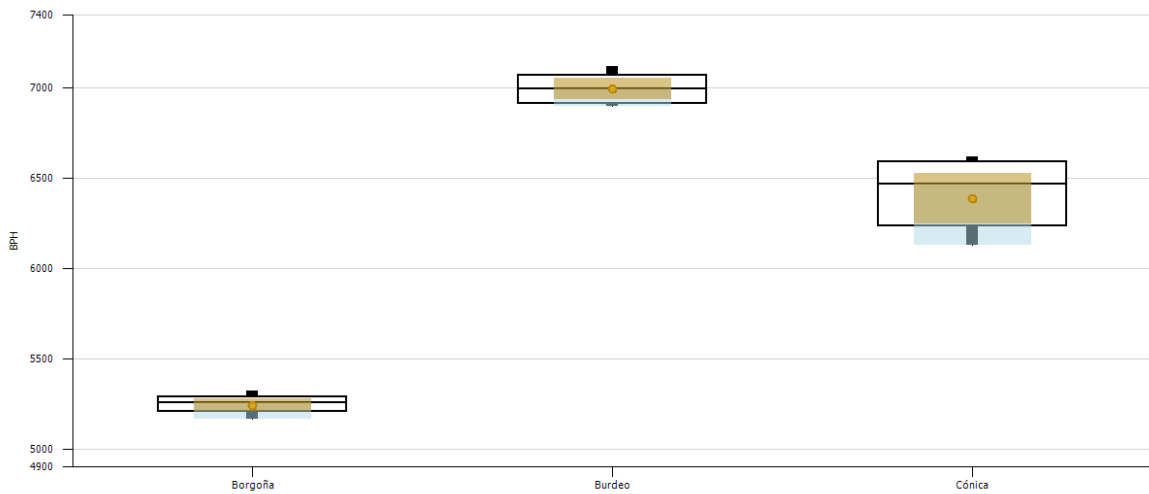


Figura 68: Distribución de la producción efectiva de la línea [BPH] obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica) en el entorno simulado con modificaciones

Fuente: Elaboración propia a partir de datos simulados mediante SIMIO.

En la Figura 69, es posible apreciar los valores de lead time para las botellas en la línea de embotellado, donde se aprecia una mejora notable en la reducción de tiempos. Para el caso de la botella Borgoña, se logra un lead time promedio de 714,84 segundos, lo que corresponde a una reducción del 21 % respecto al valor real del lead time para este tipo de botella. Por otro lado, la botella Burdeo Cónica Baja logra reducir su lead time a 793,2 segundos en la línea, un 14,3 % menor que el valor real, además de una reducción de la variabilidad, lo que implica que su tiempo en línea es menos susceptible a variaciones en las condiciones de operación de la línea. Finalmente, la botella Burdeo Recta, reduce en un 28,7 % su lead time en línea logrando un tiempo de 698,9 segundos, y una estabilidad operativa mucho mayor en la línea.

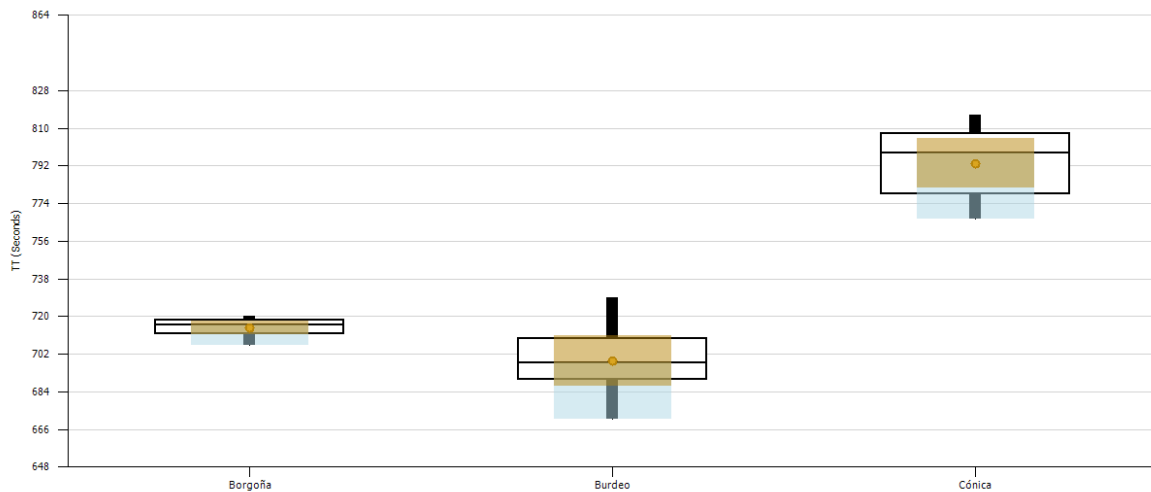


Figura 69: Distribución de lead time [s] por tipo de botella obtenida mediante simulación para tres escenarios de botella (Borgoña, Burdeo y Cónica) en el entorno simulado con modificaciones

Fuente: Elaboración propia a partir de datos simulados mediante SIMIO.

A partir de la información obtenida de la simulación y los resultados señalados, es posible destacar que el "buffer" o "pulmón" concentra el inventario en tránsito más alto para los tres escenarios, lo que indica una alta utilización de este, pero con un backlog de 0. Lo cual confirma que el buffer sí logra desocuparse y funciona efectivamente como un pulmón para la línea sin estrangular el flujo con un tiempo de tránsito promedio de 266 segundos. Además, se observa que el tramo inicial de la línea es aquel que regula el ritmo, con una utilización del 80 % de la Despaletizadora la cual actúa como cuello de botella para los 3 escenarios, lo cual concuerda con lo analizado previamente para las botellas con screw caps, lo cual se mantiene en la línea modificada.

Con esto se aprecia que el rediseño de layout y el buffer dinámico reubicaron los lugares que más acumulaban entidades en proceso hacia pulmones útiles y limpiaron bloqueos de estaciones; así, el control del flujo queda dominado meramente por la Despaletizadora y MonoBlock. La simulación de algunas oportunidades planteadas en el plan piloto demuestra que las intervenciones del buffer y rediseño de layout mejoran el desempeño integral de la línea, aumentan la producción efectiva, reducen el lead time en la línea y trasladan las acumulaciones hacia enlaces que no limitan el flujo de producción. Con este respaldo, estas alternativas del plan de mejora quedan validadas para una mejora en la eficiencia de la línea.

CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene como objetivo proponer un plan de mejora de la eficiencia de la producción en una línea de embotellado de vino, abordando la problemática de una alta variación de rendimientos por productos, falta de consistencia en tiempos y capacidades de operación. A partir de un enfoque en la gestión de procesos y la aplicación de herramientas Lean Six Sigma, se logra dar respuesta a los objetivos planteados, validando la pertinencia de las propuestas de mejora en un contexto productivo real.

En la primera parte, el diagnóstico de la situación actual cuantifica con precisión las brechas de eficiencia presentes en la línea, estableciendo un OEE de 69 % por debajo de lo esperado para la capacidad instalada y evidenciando un comportamiento dependiente de los formatos de botella e insumos procesados. A través del levantamiento de variables críticas del proceso (CTQ's), fue posible identificar cuellos de botella recurrentes en estaciones específicas para cada formato de botella, así como tiempos con desviaciones notables respecto a sus valores planificados. A todo este análisis se adiciona un estudio de capacidad de proceso (C_p y C_{pk}), los cuales confirman que las principales estaciones de la línea no cumplen con niveles de desempeño estables, generando pérdidas de tiempo y mermas asociadas a la variabilidad de insumos.

En segundo lugar, mediante la utilización de herramientas de análisis de causas, se logra diseñar y priorizar un conglomerado de oportunidades de mejora organizadas en base a estabilidad operativa, calidad y variabilidad de insumos y programación de la planificación. Dichas propuestas incluyeron acciones orientadas hacia la estandarización de procedimientos, homologación de formatos en insumos, actualización de tiempos de referencia, aprovechamiento de sistemas de conteo subutilizados y redefinición técnica de la capacidad efectiva de la línea.

Dentro de este trabajo un aporte distintivo fue la validación de algunas propuestas a través de la construcción de un modelo de simulación mediante el software Simio, que replica la operación real de la línea de embotellado y permite generar la oportunidad de evaluar distintos

escenarios de mejora. Los resultados demuestran incrementos relevantes en la producción efectiva de la línea y la reducción de lead time promedio por tipo de botella, con un error porcentual absoluto menor al 5 % al contrastar datos simulados con registros históricos. Estos hallazgos confirman que la implementación de estas propuestas no solo es factible desde un punto de vista técnico, sino que proyecta un impacto positivo en la eficiencia, productividad y competitividad de la empresa dentro del mercado vitivinícola.

Finalmente, se reconocen las limitaciones de este estudio en cuanto al horizonte temporal y la disponibilidad de información, lo cual restringe la incorporación de variaciones estacionales de la demanda, comportamientos más estables de la línea y análisis de propuestas más exhaustivos. Sin embargo, logra establecer una sólida base para futuras investigaciones orientadas a ampliar el modelo de simulación, integración de técnicas de mantenimiento basadas en estrategias de predicción y el desarrollo de monitoreo en tiempo real de indicadores claves de desempeño. Asimismo, se proyecta que la implementación de las propuestas presentes, contribuyen no solo a elevar la eficiencia operativa de la línea, sino también a desarrollar una cultura de mejora continua al interior de la organización.

Como síntesis de este trabajo, los resultados obtenidos permiten concluir que el cumplimiento de los objetivos postulados en este trabajo han sido alcanzados de manera satisfactoria, al generar un plan de mejora integral con validación de algunas de sus propuestas, capaz de responder a los desafíos actuales de la línea de embotellado y de proyectar su operación hacia estándares de mayor eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. J. H., & Herrera, T. J. F. (2000). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones*. EUMED.
- Adeudu, A. O., Kanakana-Katumba, M. G., & Maladzhi, R. (2020). Implementation of Lean Six Sigma (LSS) Methodology, through DMAIC Approach to Resolve Down Time Process; A Case of a Paper Manufacturing Company. *Proceeding of the 2nd African International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Harare*. <http://ieomsociety.org/harare2020/papers/9.pdf>
- Anvari, A., Hojjati, S., & Ismail, M. Y. (2011). A Study on Total Quality Management and Lean Manufacturing: Through Lean Thinking Approach. *World Applied Sciences Journal*, 12, 1585-1596.
- Banks, J., II, J. S. C., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation* (Fourth). PEARSON.
- Beata Mrugalska, M. W. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, 182, 466-473. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
- Bettini, R., Giorgetti, A., Cini, E., & Citti, P. (2010). The Lean Six Sigma approach for process improvement: a case study in a high quality tuscan winery. *Journal of Agricultural Engineering*, 4, 1-7. <https://doi.org/10.4081/jae.2010.4.1>
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183, 674-693. doi:10.1016/j.ejor.2006.10.010
- del Cerro Lavín, Á. (2022). *Gestión Industrial y Lean Manufacturing Fundamentos, Herramientas e Indicadores*. Independently Published.
- Diario Financiero. (2020). Viña Ventisquero cambia de nombre a Ventisquero Wine Estates. *Diario Financiero*. <https://www.df.cl/empresas/consumo/vina-ventisquero-cambia-de-nombre-a-ventisquero-wine-estates>

- Dill, K. (2022). Example of a value stream map. *National Institute of Standards and Technology*.
- Esmaili, H., Bornak, R., Shahrokhi, A., & Jadidi, H. (2024). Improving production efficiency by implementing DMAIC phases on the Six Sigma method: a case study on the oil industry. *Industrial Journal of Industrial Chemistry*, 15, 1-26. <https://dx.doi.org/10.57647/j.ijic.2024.1504.23>
- Garcia-Sabater, J. P. (2020). Líneas de Producción. Nota Técnica. *Universitat Politècnica de València*. <http://hdl.handle.net/10251/138801>
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma*. McGraw-Hill.
- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma For Service*. McGraw-Hill. DOI: %2010 . 1036 / 0071418210
- Goldratt, E. M. (2024). *La Meta Un proceso de mejora continua*. PROFIT.
- Hasbullah, H., & Febriana, T. H. (2021). Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry. *International Information and Engineering Technology Association (IIETA)*, 54, 721-731. <https://doi.org/10.18280/jesa.540507>
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Dirección de la Producción y de Operaciones, Decisiones Estratégicas*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Hidayat, A. A., Ayuni, N. A., Haekal, J., Kholil, M., & Widodo, T. (2021). Lean Manufacturing Integration in Reducing the Number of Defects in the Finish Grinding Disk Brake with DMAIC and FMEA Methods in the Automotive Sub Industry Company. *International Journal Of Scientific Advances (IJSCIA)*, 2, 713-718. <https://www.ijscia.com/wp-content/uploads/2021/09/Volume2-Issue5-Sep-Oct-No.155-713-718.pdf>
- ISO 9001. (2015). International Organization for Standardization. Ginebra, Suiza. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2011). *Administración de operaciones Producción y cadena de suministros* (Decimotercera). McGraw-Hill.
- Jamil, N., Gholami, H., Muhamad Zameri Mat Saman, D. S., Sharif, S., & Zakuan, N. (2020). DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system. *Economic Research*, 33, 331-360. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1715236>
- Jiménez, E., Tejada, A. S., Pérez, M., Blanco, J., & Martínez, E. (2011). Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. *International Journal of Production Research*.

- Jones, D., & Womack, J. (2012). *Lean Thinking*. Gestión 2000.
- Kumar, K., Mathiyazhagan, K., & Yadav, N. (2019). Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry: A case study. *Journal of Advances in Management Research*, 16, 594-624. <https://doi.org/10.1108/JAMR-11-2018-0102>
- Liew, C., Prakash, J., Kamaruddin, S., & Ong, K. (2018). Deployment of an FMEA-Integrated Framework to Improve Operational Performance in Semiconductor Manufacturing: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 530.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way*. Free Press.
- Matías, J. C. H., & Idoipe, A. V. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI.
- Morgan, J., & Brenig-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma for Dummies* (Second). WILEY.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM* (First). Productivity Press, Inc.
- ODEPA. (2023). Evolución de las exportaciones de vino (total), 2003-2023. *ODEPA*. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-del-vino-mayo-2024>
- OIV. (2022). Actualidad de la coyuntura del sector vitivinícola mundial en 2021'. <https://www.oiv.int/public/medias/8780/es-state-of-the-world-vine-and-wine-sector-abril-2022.pdf>
- OIV. (2024). State of the World Vine and Wine sector in 2023. https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_STATE_OF_THE_WORLD_VINE_AND_WINE_SECTOR_IN_2023_0.pdf
- Orus, A. (2024). La industria mundial del vino - Datos estadísticos. *Statista*. <https://es.statista.com/temas/9173/industria-del-vino-en-el-mundo/#editorsPicks>
- Palma, A. V. (2024). Boletín del vino, febrero 2024. *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA]*. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-del-vino-febrero-2024>
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad*. The McGraw-Hill.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook* (Third). McGraw-Hill.
- Ricondo, I., & Viles, E. (2005). Six Sigma and its link to TQM, BPR, lean and the learning organisation. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1, 323-354. doi:10.1504/IJSSCA.2005.0080955
- Setiawan, I., & Setiawan, S. (2020). Defect reduction of roof panel part in the export delivery process using the DMAIC method: a case study. *Journal System and Management of Industries*, 4, 108-116. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i2.2775>

- Smith, J. S., & T. Sturrock, D. (2025). *Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications* (Seventh). SIMIO LLC.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. MARGE BOOKS.
- Soto-Chavez, L. E., Zambrano-Silva, D. H., & Ugalde-Vicuña, J. W. (2021). Teoría de las restricciones y su impacto en las mejoras de la productividad. *Polo del Conocimiento*, 63, 398-441.
- Statista Research Department. (2024). La industria del vino en Chile - Datos estadísticos. *Statista*. <https://es.statista.com/temas/10800/la-industria-del-vino-en-chile/#topicOverview>
- Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management* (Twelfth). McGraw-Hill Education.
- Ulibas, R. N. (2020). The Relationship of TQM and Lean Production Towards Integrated Application. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2363-2374.
- Vásquez, E. E. (2004). *Seis-Sigma Metodología y Técnicas*. LIMUSA NORIEGA EDITORES.
- Vorne Industries. (2011). <https://www.oeo.com/>, 03 de Noviembre de 2024.
- Widiwati, I. T. B., Liman, S. D., & Nurprihatin, F. (2024). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.022>
- Yépez, S., M.P., Villamarín, F., G.A. & Bocanegra-Herrera. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista Ean*, 83, 51-71. doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825

ANEXOS

Anexo 1. Autocontroles línea de embotellado 1 (Línea 1)

VERA VENTISQUERO PRODUCCIÓN CONTROL DE QUEBRAZÓN Y TRAZABILIDAD DE BOTELLAS EN EL DESPALETIZADO F-PED-71 REV 09

FECHA: 10-06-2024 TURNO: Noche LINEA: L1

| HORA INICIO POR PROCESO | 22:32 | 23:10 | 00:00 | 01:10 | 01:10 | 06:03 | 07:10 |
|--|----------|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| Nº ORDEN | 749479 | 749481 | 749482 | 749483 | 749477 | 749483 | 749484 |
| COD. SAP BOTELLA | 12979 | 12979 | 12979 | 12986 | 12979 | 12980 | 12980 |
| DESCRIPCION BOTELLA | BDr16c.V | BDr16c.V | BDr16c.V | BDr16sc | BDr16c.V | BDr16sc | BDr16sc |
| PROVEEDOR | Unión | Unión | Unión | Kollin | Unión | Unión | Unión |
| HORA FIN POR PROCESO | 23:10 | 00:00 | 01:10 | 01:57 | 06:00 | 07:10 | 07:36 |
| Verificación de Productos e Insumos de procesos anteriores | /// | /// | No registra | N/A | no registra | /// | no registra |

NOTA: la Verificación de Productos e Insumos de procesos anteriores, se debe hacer al iniciar cada producción y siempre que se realicen cambios de productos.

| HORA | NOMBRE OPERADOR | LOTE / Nº PALLET | FECHA FABRICACION | FECHA DE RECEPCION | CANTIDAD | DEVOLUCION (SIN/CAR. S/NO) | SIBRO (S/NO) (CANTIDAD) | OBSERVACIONES / DETENCIONES |
|-------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 22:32 | Abraham D. | 1018 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 22:58 | Abraham D. | 1035 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 23:09 | Abraham D. | 1040 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 23:25 | Abraham D. | 1030 | 13-05-24 | 10-06-24 | 680 | - | 2 | Soldar |
| 23:37 | Abraham D. | 992 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 2 | - |
| 23:51 | Abraham D. | 1110 | 14-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 23:55 | Abraham D. | 1108 | 14-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| 00:08 | Abraham D. | 1124 | 14-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 2 | - |
| 00:15 | Abraham D. | 1093 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 00:30 | Abraham D. | 1005 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| 00:50 | Abraham D. | 918 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| 01:13 | Abraham D. | 998 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| 01:30 | Abraham D. | 1019 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| 01:40 | Abraham D. | 1025 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 02:19 | Abraham D. | 1032 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | - | - |
| 03:00 | Abraham D. | 1004 | 13-05-24 | 05-06-24 | 1631 | - | 1 | - |
| | | | | | TOTAL | | | 25.145 |

OBSERVACIONES: No Registra

NOMBRE OPERADOR: Abraham Duran NOMBRE SUPERVISOR: Monica Contreras

Figura 70: Control de quebrazón y trazabilidad de botellas

FECHA: 17-06-24 TURNO: Noche LINEA: 7

1. CONTROL PROCESO

| HORA INICIO | HORA TERMINO | NOMBRE PANTALLERO | DEFECTOS | | | | | | | OBSERVACIONES / DETENCIONES | |
|-------------|--------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | | | BOCA QUEBRADA | CUERPO EXTRAÑO EN INTERIOR | TRIZASURA | CALCIADO | DECORADO DEFECTUOSO | OTRAS (ESPECIFICAR) | | | |
| 06:55 | 07:05 | Franz L. D. A. J. E. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | EX | Risugas Cambio de botella. |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | |
| | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> </ | | | | | | |

| Fecha | 10-06-24 | 10-06-24 | 10-06-24 | 10-06-24 | 10-06-24 | 10-06-24 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Línea (indicar L1, L2 o Lmaquila) | L1 | L1 | L1 | L1 | L1 | L1 |
| Nº Orden | 749479 | 749477 | 749481 | 749482 | 749483 | 749484 |
| Tipo de Vino | CS VA | CS VA | CS VA | CS VA | CS VA | CS VA |
| Cosecha | 2023 | 2023 | 2023 | 2023 | 2023 | 2023 |
| Botella | TSU-196 | TSU-196 | TSU-196 | TSU-196 | TSU-196 | TSU-196 |
| Corcho/Tapa | Corcho | Corcho | Corcho | Corcho | TAPA | TAPA |

CONSUMO DE VINO EN PRODUCCIÓN

| | | | | | | |
|---|------|-------|-------|------|------|------|
| Contador de Botellas OK | 9900 | 21600 | 18000 | 5416 | 4230 | 1692 |
| Contador Botellas Rechazo | 1 | 6 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Botellas llenas que no pasaron por Contador | 18 | 27 | 0 | 9 | 9 | 0 |
| Muestras C.Calidad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bot. Llenadas | 9919 | 21633 | 18000 | 5425 | 4245 | 1692 |
| Total Litros embotellados | 7439 | 16224 | 1350 | 4068 | 3258 | 1269 |
| Devolución de vino Producción a Enología (Incluir todas las botellas del proceso que quedan para descorche) | | | | | | 60 L |
| Total Litros procesados por Contador Bot. | | | | | | 3360 |
| Lectura Inicial Caudalímetro Sala Filtro (ts) | | | | | | 520 |
| Lectura Final Caudalímetro Sala Filtro (ts) | | | | | | |
| Diferencia Litros Contador - Sala Filtro | | | | | | |


FIRMA OPERADOR

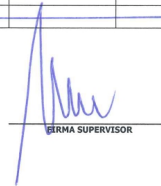

FIRMA SUPERVISOR

Figura 72: Resumen producción MonoBlock

FECHA: 10.06.24 TURNO: NOCHE LINEA: 1

5. CONTROLES DE PROCESO: la frecuencia del control es al inicio y luego cada 1 hora.

| N° BOTEN | HORA | Verificación de Producto e Insumos (Bueno/Mal) | LOTES | | | MATERIAL | TIPO CAPSULADO (PROTECTOR/NO PROTECTOR) | MEDIO EXTERNO DE BOTELLAS (SI/NO) | MEDIO EXTERNO DE BOTELLAS (SI/NO) | LUBRIFICACION DE PULGAS (SI/NO) | PRUEBA DE SENSOR (SI CAPSULADO) | | | OBSERVACIONES / DETECCIONES | |
|----------|-------|--|---------|-----------------|----------|----------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | JULIANO | SERIE ELABORADO | COD. SAP | | | | | | BOTELLA MONITOREO (BIEN - MAL) | BOTELLA CI FRIO (SI CONTROLADO BIEN - MAL) | BOTELLA DE CONTROL PARTE SUPERIOR (BIEN - MAL) | | BOTELLAS QUEDANDO (CONTADO) |
| 749479 | 22:53 | NO MAL | - | - | 40904 | ROJO | PVC | MAQUINA | NO | SI | NO | Bien | Bien | Bien | - |
| 749479 | 00:23 | NO MAL | - | - | 40904 | ROJO | PVC | MAQUINA | NO | SI | NO | Bien | Bien | Bien | - |
| 749481 | 01:28 | NO MAL | - | - | 40904 | ROJO | PVC | MAQUINA | NO | SI | NO | Bien | Bien | Bien | - |
| 749482 | 05:12 | NO MAL | - | - | 28057 | ROJO | PVC | MAQUINA | NO | SI | NO | Bien | Bien | Bien | - |
| 749483 | 06:32 | NO MAL | - | - | 31046 | ROJA | TAPA | NO | NO | SI | NO | - | - | - | - |
| 749484 | 07:15 | NO MAL | - | - | 42268 | ROJA | TAPA | NO | NO | SI | NO | - | - | - | - |

NOTA: la Verificación de Productos o insumos de procesos anteriores, se debe hacer al iniciar cada producción y siempre que se realicen cambios de productos.

2. CONTROLES DE PROCESO: la frecuencia del control es al inicio y luego cada 1 hora a 2 botellas

| HORA | CALIDAD ALABADO (BIEN - MAL) | HORA | CALIDAD ALABADO (BIEN - MAL) |
|-------|------------------------------|-------|------------------------------|
| 22:53 | Bien | 05:12 | Bien |
| 00:23 | Bien | | |
| 01:28 | Bien | | |
| 02:49 | Bien | | |
| 03:48 | Bien | | |
| 04:27 | Bien | | |

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR: DALE [Firma] NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR: Maria Carolina [Firma]

Figura 77: Control Capsuladora

FECHA: 10/06/2024 LINEA: 1 TURNO: NOCHE

4. VERIFICACION CUANTITATIVA DEL NO DE CORTES DE BOTEN

| HORA DE CORTO | N° DE BOTEN | N° DE BOTEN | N° DE BOTEN | ACTIVA BOTEN | | CONTROLES BOTEN | | SERIALS ETIQUETAS | ARTICULO CONTROLADO (SI/NO) | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|----|
| | | | | ETIQUETA | CATEGORIA | ETIQUETA | CONTROLES ETIQUETA | | | |
| 17:32 | NO MAL | 349479 | 1145894 | 224366 | 70 | 94 | 45255 | 43194 | N/A | SI |
| 00:24 | NO MAL | 349479 | 1145894 | 224366 | 70 | 94 | 45255 | 43194 | N/A | SI |
| 04:44 | NO MAL | 349481 | 1145894 | 224366 | 70 | 94 | 45262 | 45415 | N/A | SI |
| 06:33 | NO MAL | 349482 | 1145894 | 224366 | 70 | 70 | 45476 | 44158 | N/A | SI |
| 07:28 | NO MAL | 349483 | 1145664 | 224462 | 77 | 77 | 43652 | 38458 | N/A | SI |
| | | 349484 | 114472 | 224462 | 85 | 85 | 45584 | 44422 | N/A | SI |

Estado Máquina (OK?)

| | |
|-------------------|----|
| Platos Etiquetas | OK |
| Platos botellas | OK |
| Rodillos arrastre | OK |
| Cepillos | OK |
| Sensores | OK |
| Manillas | OK |
| Estaciones | OK |
| Anillos | OK |
| Codificado | OK |
| Formato | OK |

Figura 78: Control Etiquetado Autoadhesivo P.1

NOTA: La Verificación de Productos o Insumos de procesos anteriores, se debe hacer al iniciar cada producción y siempre que se realicen cambios de productos.

| HORA | Lote Legible (VALOR) | Altura Etiqueta (±2 mm) ANOTAR VALOR | Altura C/ETIQUETA (±2 mm) ANOTAR VALOR | Separación (±2 mm) ANOTAR VALOR | Cod. SAP Etiqueta ANOTAR VALOR | Cod. SAP C/ Etiqueta ANOTAR VALOR | Cod. SAP Medalla/ Etiqueta / Traje ANOTAR VALOR | Lavado de botellas? (SI / No) | ¿Hubo gubiertos? (cuente cant. De botellas) | Muestra FEA (contar cantidad y medir) 1. regulacion 2. conteo de vol. 3. densidad | | | Muestra CETA (contar cantidad y medir) 1. regulacion 2. conteo de vol. 3. densidad | | | Muestra OIBDO (contar cantidad y medir) 1. regulacion 2. conteo de vol. 3. densidad | | | |
|-------|----------------------|--------------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|---|---|----|--|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| 17:55 | 224366 | 70 | 95 | 21122 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 16 | | | | | | | |
| 18:21 | 224366 | 70 | 95 | 21111 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 18:49 | 224366 | 70 | 95 | 21111 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 3 | | 4 | | | | | | | |
| 19:24 | 224366 | 70 | 95 | 21121 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 19:58 | 224366 | 70 | 95 | 22111 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 20:28 | 224366 | 70 | 95 | 22111 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 21:01 | 224366 | 70 | 95 | 21121 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 21:53 | 224366 | 70 | 96 | 22111 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 22:49 | 224366 | 70 | 95 | 22121 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 5 | | 5 | | | | | | | |
| 23:18 | 224366 | 71 | 95 | 21121 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 23:50 | 224366 | 70 | 95 | 21121 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | | | | | | | | | | |
| 00:18 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 5 | | 5 | | | | | | | |
| 00:44 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 01:18 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 01:51 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 02:24 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 02:58 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 03:32 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 04:06 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 04:40 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 05:14 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 05:48 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 06:22 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 06:56 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |
| 07:30 | 224366 | 70 | 95 | 22110 | 45255 | 43194 | N/A | NO | NO | 12 | | 15 | | | | | | | |

NOMBRE OPERADOR: *[Firma]* FIRMAL: *[Firma]* NOMBRE SUPERVISOR: *[Firma]* FIRMAL: *[Firma]*

Figura 79: Control Etiquetado Autoadhesivo P.2

FECHA: 10/06/24 LINEA: 1 TURNO: NOCHE

| OP | 349479 | 349477 | 349481 | 349482 | 349483 | 349484 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cod. SAP | 34390 | 34390 | 34390 | 42367 | 42367 | 20936 |
| Inicio Botella | 22:36 | 00:23 | 04:26 | 05:07 | 06:11 | 07:12 |
| Finca Producción | 00:22 | 04:23 | 05:06 | 06:10 | 07:11 | 07:41 |
| Caja Empaquetada | 1825 | 1800 | 150 | 450 | 360 | 140 |
| Caja Producción | 1825 | 1800 | 150 | 450 | 360 | 140 |
| ¿Hubo FEA? | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY |
| ¿Hubo CETA? | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY |
| ¿Hubo OIBDO? | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY | NO HAY |

NOTA: La Verificación de Productos o Insumos de procesos anteriores, se debe hacer al iniciar cada producción y siempre que se realicen cambios de productos.

| Hora | Temperatura °C | | Presión (mmHg) | PRUEBA DE AGRESIVIDAD (COEFICIENTE DE CONTROL) | | | Fondo Botella (mm) | Porcentaje de Operación | Porcentaje de Calidad de Almacenamiento | Otro | Observaciones / Distorsiones |
|-------|-------------------------|-------------------------|----------------|--|----|----|--------------------|-------------------------|---|------|------------------------------|
| | Superficie 100°C y 80°C | Superficie 100°C y 80°C | | G1 | G2 | G3 | | | | | |
| 22:38 | 165 | 168 | 179 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 23:41 | 165 | 169 | 180 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 00:25 | 165 | 170 | 181 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 01:29 | 166 | 177 | 180 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 02:50 | 166 | 170 | 179 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 04:20 | 165 | 170 | 181 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 05:10 | 166 | 171 | 180 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 06:13 | 163 | 170 | 179 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |
| 07:15 | 164 | 169 | 180 | SA | SA | SA | SA | SA | SA | | |

NOTA de Adhesión: Todos los datos se deben registrar inmediatamente, los datos para control que el pago para perfilar, según especificaciones de calidad en los 4 puntos de la parte inferior de la caja.

NOMBRE OPERADOR: *[Firma]* FIRMAL: *[Firma]* NOMBRE SUPERVISOR: *[Firma]* FIRMAL: *[Firma]*

Figura 80: Control Armado/ Encajonado de Cajas P.1

FECHA: 10.06.2024 LINEA: 1 NOCHE

| CONTROL DEL PROCESO: la frecuencia de control es cada 15 min. | | | | | | | | | | Verificar estado de pallet (señalar cantidad detectada) | | | | OBSERVACIONES / DETECCIONES | NOMBRE PALETIZADOR |
|---|----------|---|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|-------|-------|--------------------|---|---|---|---|-----------------------------|--------------------|
| HORA | Nº ORDEN | COMPOSICION DEL PALLE (Cajas base y Cajas -fines) | SEÑALAS CAJAS (palete castañol) | CODIFICADO LEGIBLE (marque con una X) | DISO CORRECTO (marque con una X) | ¿HUBO QUERRES? (palete cast. De botellas) | Hojas | Palos | Manchados con agua | Humedad | | | | | |
| 07:54 | 4949A | 11x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 08:25 | 4949A | 11x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 08:55 | 4949A | 11x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 09:25 | 4949A | 11x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 09:57 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 10:00 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 10:30 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 10:45 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 11:15 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 11:45 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 12:15 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 12:45 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 13:15 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 13:45 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |
| 14:15 | 4949A | 24x75 | — | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ALISNAU O |

NOMBRE Y FIRMA OPERADOR: ALISNAU OLIVERAS

Figura 83: Control sellado cajas y marca básica

Anexo 2. Pruebas de normalidad y curvas de distribución para tiempos de cambio estándar actualizados

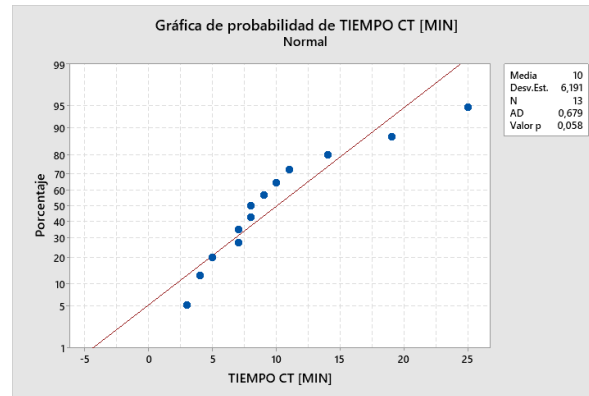


Figura 84: Gráfico de probabilidad para cambio de tapa

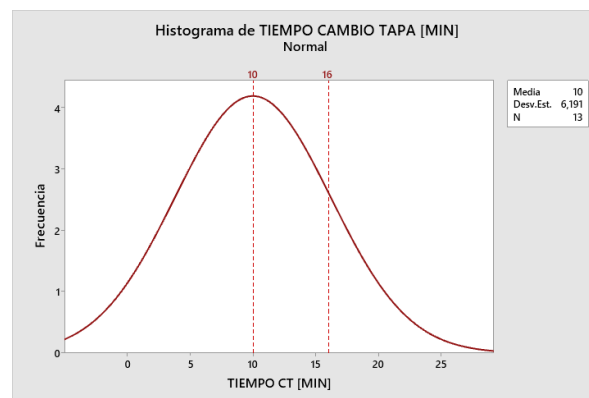


Figura 85: Histograma con curva de normalidad para cambio de tapa

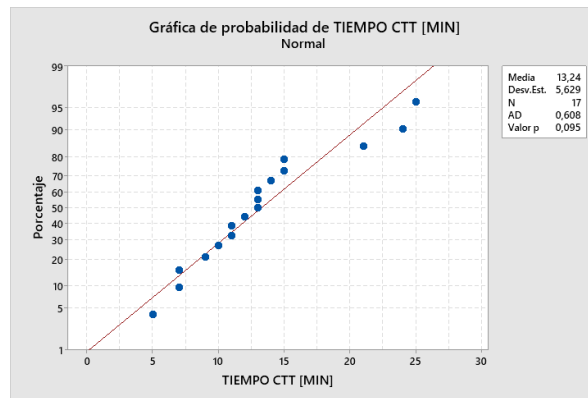


Figura 86: Gráfico de probabilidad para cambio de tapa a tapón

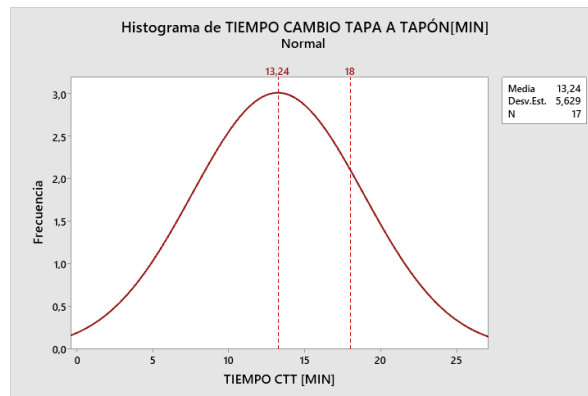


Figura 87: Histograma con curva de normalidad para cambio de tapa a tapón

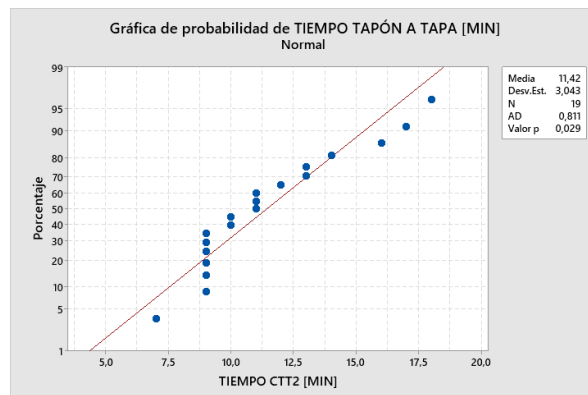


Figura 88: Gráfico de probabilidad para cambio de tapón a tapa

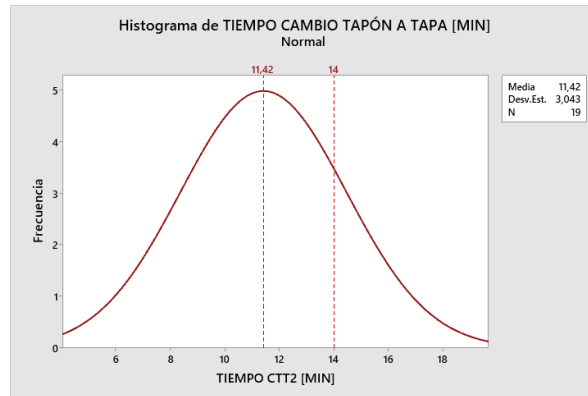


Figura 89: Histograma con curva de normalidad para cambio de tapón a tapa

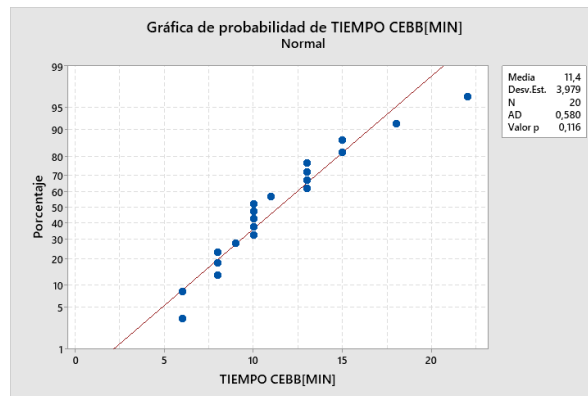


Figura 90: Gráfico de probabilidad para cambio de etiqueta Borgoña-Borgoña

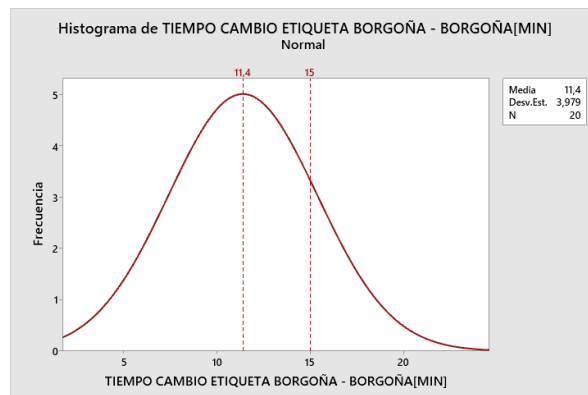


Figura 91: Histograma con curva de normalidad para cambio de etiqueta Borgoña-Borgoña

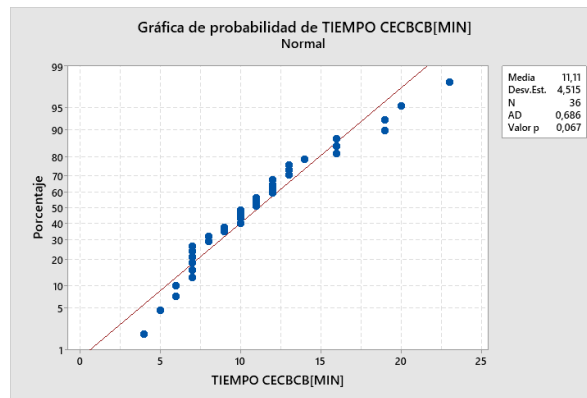


Figura 92: Gráfico de probabilidad para cambio de etiqueta Cónica B.- Cónica B.

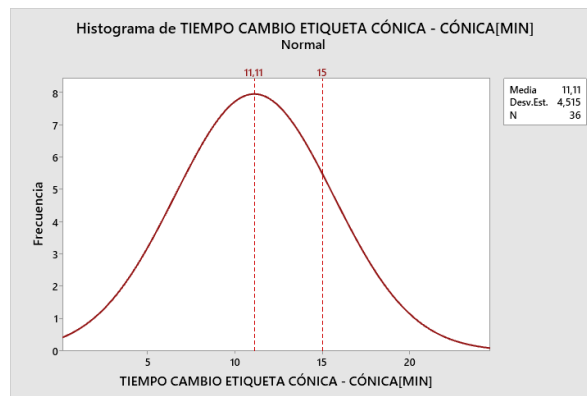


Figura 93: Histograma con curva de normalidad para cambio de etiqueta Cónica B.- Cónica B.

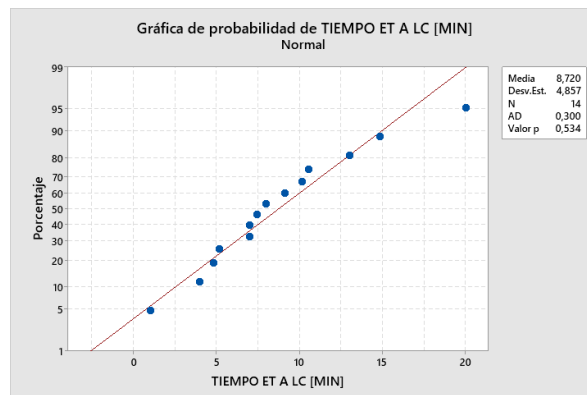


Figura 94: Gráfico de probabilidad para cambio de etiquetado a línea completa

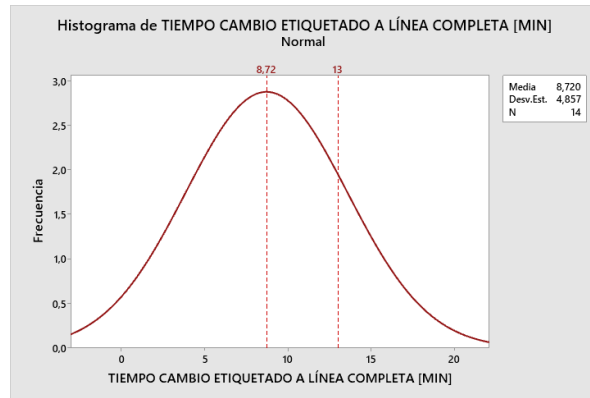


Figura 95: Histograma con curva de normalidad para cambio de etiquetado a línea completa

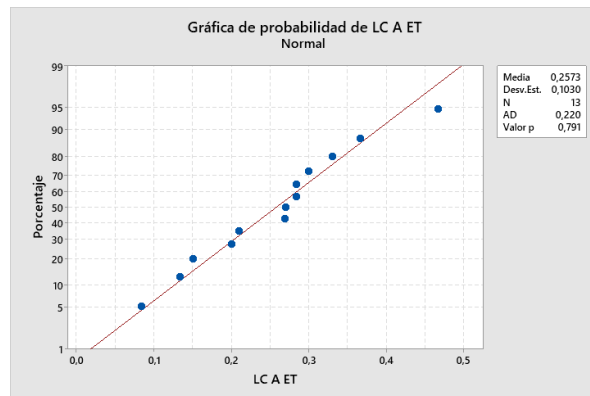


Figura 96: Gráfico de probabilidad para cambio de línea completa a etiquetado

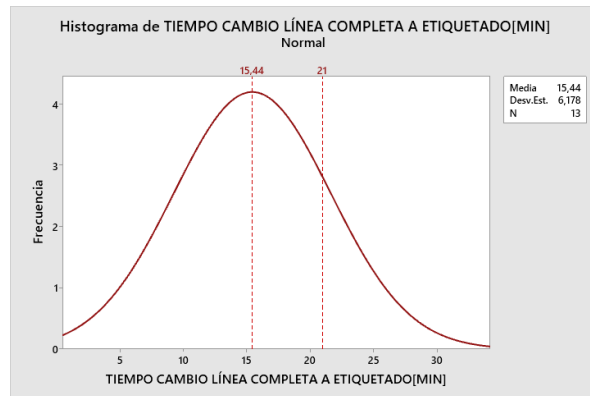


Figura 97: Histograma con curva de normalidad para cambio línea completa a etiquetado

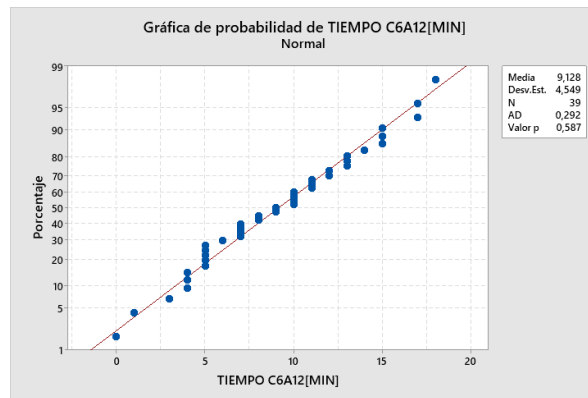


Figura 98: Gráfico de probabilidad para cambio de caja 6 a 12

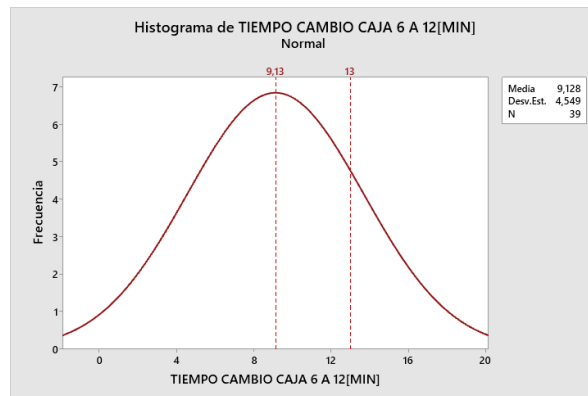


Figura 99: Histograma con curva de normalidad para cambio de caja 6 a 12

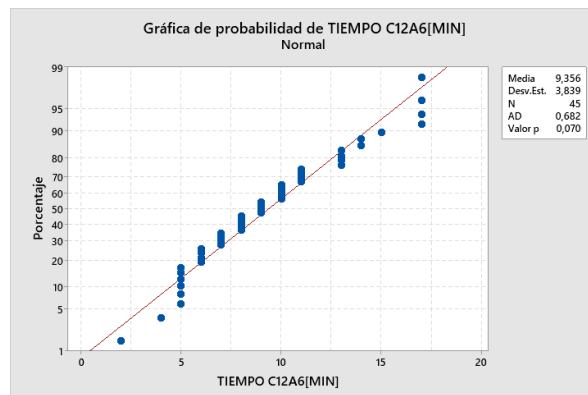


Figura 100: Gráfico de probabilidad para cambio de caja 12 a 6

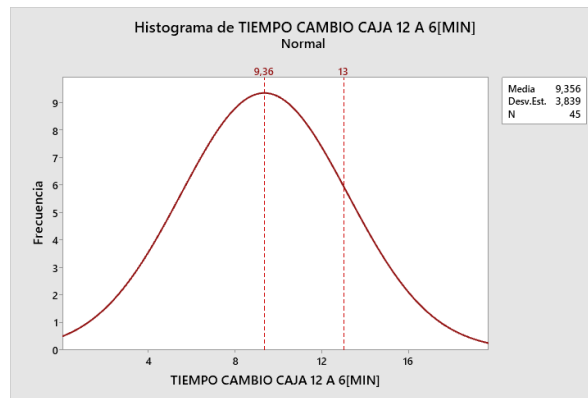


Figura 101: Histograma con curva de normalidad para cambio de caja 12 a 6

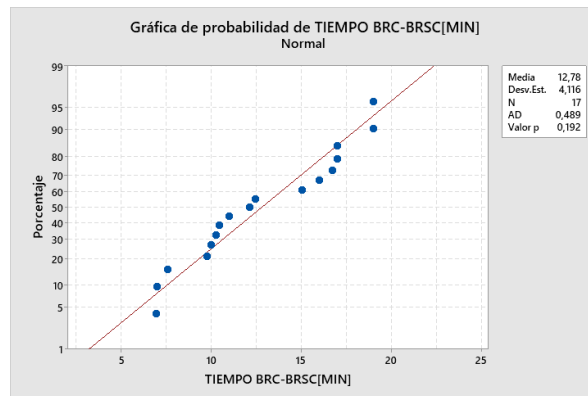


Figura 102: Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo corcho a burdeo SC

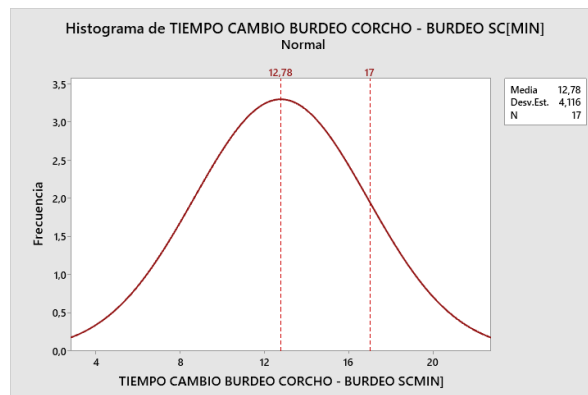


Figura 103: Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo SC a burdeo corcho

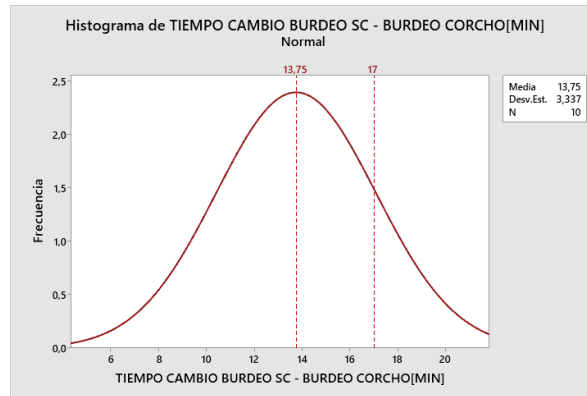


Figura 104: Histograma con curva de normalidad para cambio formato burdeo SC a burdeo corcho

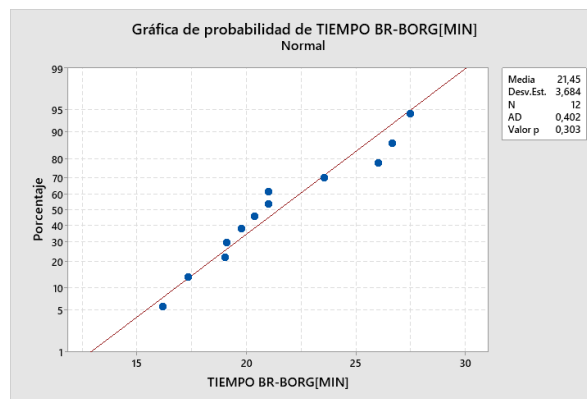


Figura 105: Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo a borgoña

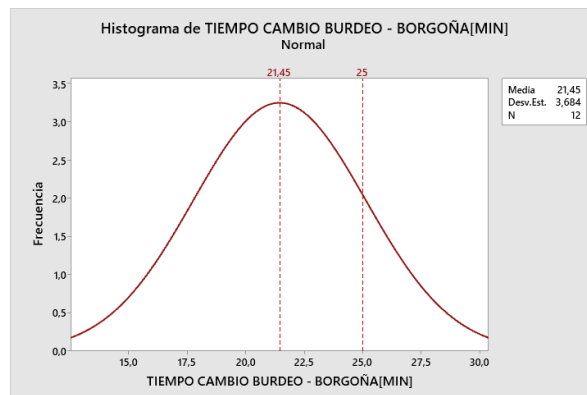


Figura 106: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato burdeo a borgoña

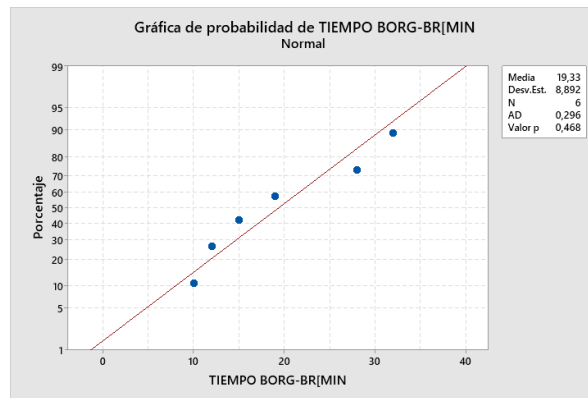


Figura 107: Gráfico de probabilidad para cambio de formato borgoña a burdeo

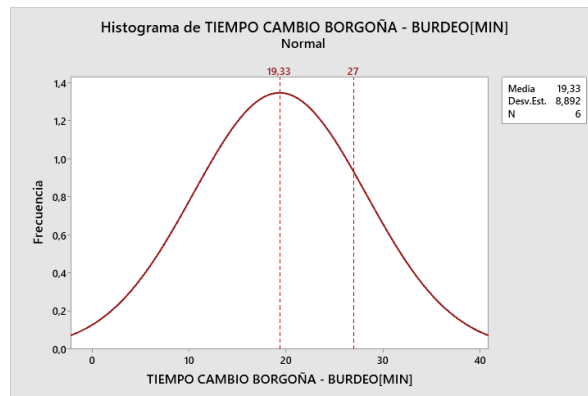


Figura 108: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato borgoña a burdeo

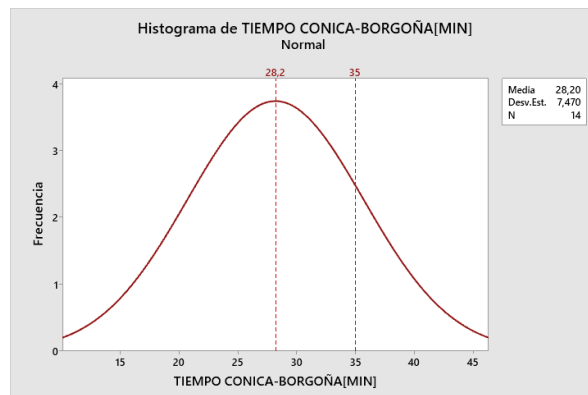


Figura 109: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato cónica a borgoña

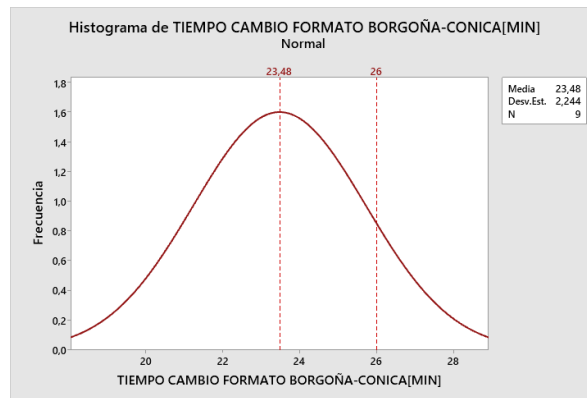


Figura 110: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato borgoña a cónica

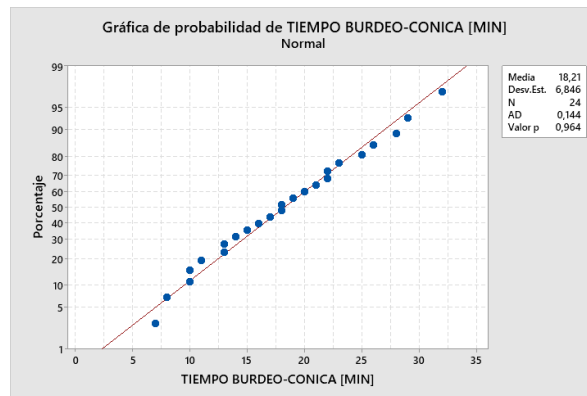


Figura 111: Gráfico de probabilidad para cambio de formato burdeo a cónica

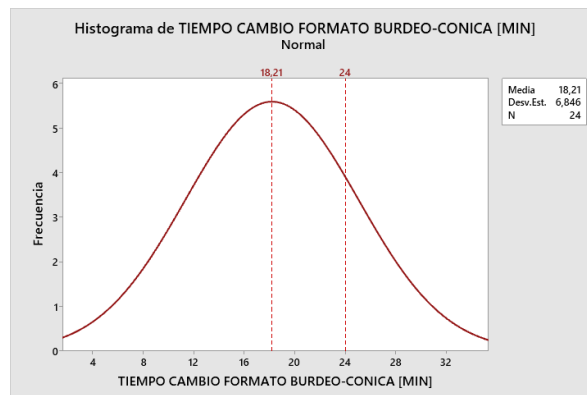


Figura 112: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato burdeo a cónica

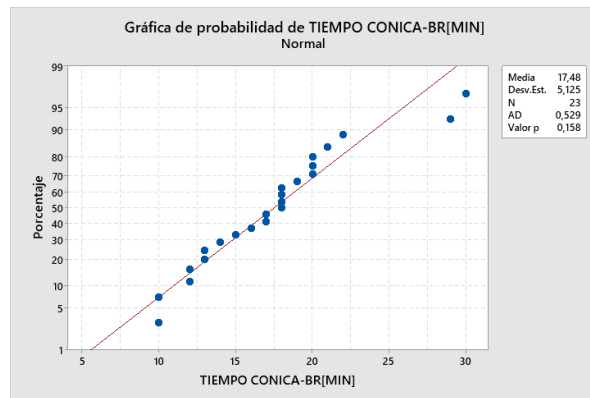


Figura 113: Gráfico de probabilidad para cambio de formato cónica a burdeo

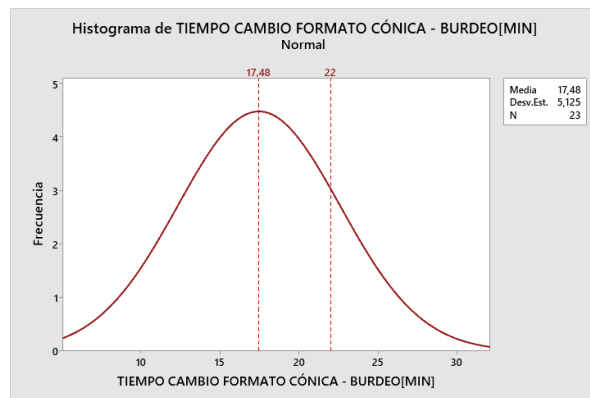


Figura 114: Histograma con curva de normalidad para cambio de formato cónica a burdeo

Anexo 3. Tablas matriz de impacto

| # Oportunidad | Propuesta de Solución | Impacto | | | | Ponderación |
|---------------|---|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------|
| | | Impacto Seguridad | Impacto Cliente | Impacto Negocio | Impacto Otras Áreas | |
| 1 | Base de información con desempeño por estación y SKU | 1 | 1 | 3 | 4 | 2,25 |
| 2 | Optimización de planificación de cambios de formato y SMED | 3 | 3 | 5 | 3 | 3,5 |
| 3 | Rediseño funcional y estratégico del buffer | 1 | 4 | 5 | 3 | 3,25 |
| 4 | Controladores de velocidad en cintas mas plan de inspección | 4 | 3 | 2 | 1 | 2,5 |
| 5 | Inspecciones preventivas en mesa de acumulación | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 6 | Overhaul o reacondicionamiento despaletizadora | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 7 | Actualización con base real de datos | 1 | 2 | 3 | 3 | 2,25 |
| 8 | Estandarización de cambio de rollos en etiquetadora | 2 | 3 | 3 | 3 | 2,75 |
| 9 | Base de datos para insumos integrada por SKU y proveedor | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 10 | Homologación de formatos de botellas | 1 | 4 | 4 | 5 | 3,5 |
| 11 | Matriz de temperaturas estandarizadas | 1 | 3 | 3 | 2 | 2,25 |
| 12 | By-pass mecánico en estaciones críticas | 2 | 4 | 5 | 2 | 3,25 |
| 13 | Redefinición técnica de capacidad teórica | 1 | 1 | 3 | 2 | 1,75 |
| 14 | Sistema de captura de datos automático | 1 | 2 | 2 | 5 | 2,5 |
| 15 | Eliminación o bypass de la lavadora | 1 | 3 | 5 | 4 | 3,25 |
| 16 | Protocolo técnico previo de pruebas de insumos | 2 | 4 | 3 | 4 | 3,25 |

Figura 115: Tabla con evaluación de impacto de soluciones

| # Oportunidad | Propuesta de Solución | Esfuerzo | | | | Ponderación |
|---------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-------------|
| | | Tiempo implementación | Resistencia al cambio | Costo implementación | Costo operación | |
| 1 | Base de información con desempeño por estación y SKU | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,5 |
| 2 | Optimización de planificación de cambios de formato y SMED | 3 | 3 | 3 | 2 | 2,75 |
| 3 | Rediseño funcional y estratégico del buffer | 5 | 2 | 5 | 1 | 3,25 |
| 4 | Controladores de velocidad en cintas mas plan de inspección | 3 | 3 | 4 | 1 | 2,75 |
| 5 | Inspecciones preventivas en mesa de acumulación | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 6 | Overhaul o reacondicionamiento despaletizadora | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | Actualización con base real de datos | 2 | 1 | 1 | 1 | 1,25 |
| 8 | Estandarización de cambio de rollos en etiquetadora | 2 | 3 | 1 | 1 | 1,75 |
| 9 | Base de datos para insumos integrada por SKU y proveedor | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 10 | Homologación de formatos de botellas | 1 | 2 | 2 | 2 | 1,75 |
| 11 | Matriz de temperaturas estandarizadas | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 12 | By-pass mecánico en estaciones críticas | 5 | 2 | 5 | 2 | 3,5 |
| 13 | Redefinición técnica de capacidad teórica | 2 | 1 | 1 | 2 | 1,5 |
| 14 | Sistema de captura de datos automático | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 15 | Eliminación o bypass de la lavadora | 3 | 1 | 3 | 2 | 2,25 |
| 16 | Protocolo técnico previo de pruebas de insumos | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,75 |

Figura 116: Tabla con evaluación de esfuerzo de soluciones

Anexo 4. Plan de medición

| Métrica | X o Y | Definición Operativa | Tipo de Dato | Fuente | Tamaño de la muestra | Como | Como se Mostrará | Salvo RR | Fecha Inicio | Fecha Término |
|-----------------------------------|-------|---|--------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------|----------|--------------|---------------|
| Eficiencia de la línea | X | Refleja el funcionamiento de la línea en comparación de su capacidad máxima | Continuo | | Datos del período analizado | Análisis de los datos de producción y capacidad máxima por unidad de tiempo | Gráfico de línea | - | 01-08-2024 | 29-11-2024 |
| Producción real | Y1 | Cantidad efectiva que de botellas que la línea ha producido durante un periodo determinado | Discreto | Registro de producción diaria | Total de botellas producidas | Revisión registros de producción | Histograma | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempo de Producción | Y2 | Tiempo durante el cual la línea estuvo operativa y produciendo botellas efectivas | Continuo | Registro OPI L1 | Tiempo operativo del período | Revisión registros de producción | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Capacidad efectiva | Y2 | Cantidad real de producción que logra la línea, tomando en cuenta variables reales como tiempo como, paros, fallas, ajustes, etc. | Discreto | Registro OPI L1 - Medición en Línea | Cantidad semanal | Registro semanal de tiempos en la línea y estudio de tiempos en línea | Gráfico de dispersión | - | 01-08-2024 | 29-11-2024 |
| Cantidad de botellas embotelladas | Y3 | Botellas que terminan su proceso por la línea de embotellado | Continuo | Registro OPI L1 | Total de botellas producidas | Conteo de botellas embotelladas | Gráfico de control | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Velocidad de línea | Y3 | Botellas procesadas por minuto en condiciones reales | Discreto | Hoja de Control - Medición en línea | Total de botellas procesadas | Conteo de botellas procesadas en estaciones y registros de autocontroles | Gráfico de embudo | - | 01-08-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempo Total | Y3 | Total hora del calendario del periodo seleccionado | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | Tiempo de calendario correspondido durante el periodo de estudio | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempos de No Uso | Y3 | Tiempo durante el cual la línea de embotellado estuvo sin operar, a pesar de estar disponible para hacerlo, como fallas, mantenimiento, etc. | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempos sin asignación | Y3 | Tiempo registrado en el sistema por falta de pedido o demanda, termino anticipado de producción. | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempos Planeados | Y3 | Tiempo total que se programa para no producir en la línea, pueden ser por horarios de colación, reuniones, pruebas en línea, entrega de turno o producción de semelaborados | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempos de Cambio | Y3 | Tiempo requerido para realizar el ajuste completo de la línea entre un SKU y otro, incluyendo cambio de formato, limpieza, lavado, carga de línea, y prueba de insumos | Discreto | Registro OPI L1 - Medición en Línea | Tiempo del período | Registro semanal de tiempos en la línea y estudio de tiempos en línea | Gráfico de control | - | 01-08-2024 | 29-11-2024 |
| Paradas Externas | Y3 | Tiempo acumulado por factores ajenos a la línea | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de Pareto | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Fallas de Equipos | Y3 | Tiempo durante el cual la línea estuvo detenida por problemas técnicos durante el tiempo de entrega de los equipos o estaciones de la línea de embotellado | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de Pareto | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Ajuste o Regulación | Y3 | Tiempo utilizado para realizar ajustes menores o calibraciones de parámetros de las máquinas, sin cambiar el formato completo. | Discreto | Registro OPI L1 | Tiempo del período | | Gráfico de Pareto | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Producción programada | Y1 | Cantidad total de botellas que se espera producir en un periodo específico, de acuerdo con el plan de producción emitido por el área de planificación. No necesariamente coincide con la producción real. | Discreto | Registro OPI L1 | Total programado | Revisión plan de programación | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Capacidad esperada de la línea | Y2 | Volumen teórico que se espera que la línea produzca, basado en la planificación y la capacidad técnica. | Discreto | Plan de programación | Total de botellas programadas | Cálculo basado en la capacidad técnica de la línea | Gráfico de dispersión | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Tiempo de Producción Técnica | Y2 | Tiempo total que se espera que la línea este operativa, bajo condiciones técnicas. | Discreto | Plan de programación | Tiempo programado | A partir de la capacidad nominal de producción | Gráfico de barras | - | 01-07-2024 | 29-11-2024 |
| Capacidad nominal | Y3 | Capacidad teórica de la línea, son considerar limitaciones operativas | Continuo | Especificaciones Técnicas | | Evaluación a partir de los datos técnicos de la línea | Gráfico de control | - | 18-07-2024 | 18-07-2024 |

Figura 117: Plan de medición CTQ's en la etapa de diagnóstico de la línea de embotellado.