

Mejora de eficiencia productiva total de equipos en línea de envasado de cervezas.

Luis Arrieta Flores

Ingeniería Civil Industrial

24-diciembre, 2023

Abastract

In the brewing industry, product packaging is considered a critical and simultaneously the most expensive process within the value chain. Faced with the peculiarities of this process, the industry has sought tools to streamline it and increase the reliability of its operations, with the aim of competing in a highly developed market. In this research, a study will be conducted focusing on increasing the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a returnable beer packaging line by reducing minor failures and stoppages. This project will be carried out at Compañía de Cervecerías Unidas (CCU), the main player in the national beer market and a prominent multi-category beverage company with a presence in various South American countries. The identified issue pertains to a returnable packaging line with an OEE 36% below the world-class standard. The report focuses on increasing the OEE-NONA of the mentioned returnable line by 2%. This value is broken down into two specific objectives, materializing from two solutions. The first one focuses on balancing the line by eliminating a bottleneck generated by the format of supplying returnable containers. The second involves the implementation of the Reliability-Centered Maintenance (RCM) model, aimed at addressing line breakdowns directly. Due to temporal and bureaucratic constraints mentioned in the conclusion, the results were projected, resulting in a 7.01% increase in OEE-NONA. This result consists of 6.41% from specific objective one and 0.6% from specific objective two. Finally, the proposed results were analyzed, along with the relevance of the organizational structure in the studied indicator, maintenance strategies, concluding with a discussion on the gap between the initially proposed and projected outcomes.

Resumen Ejecutivo

En la industria cervecera, el envasado de productos se considera un proceso crítico y, simultáneamente, el más costoso dentro de la cadena de valor. Ante las particularidades de este proceso, la industria ha buscado herramientas para eficientizarlo y aumentar la confiabilidad de sus operaciones, con el objetivo de competir en un mercado altamente desarrollado. En esta investigación, se llevará a cabo un estudio centrado en el aumento del Overall Equipment Effectiveness (OEE) de una línea de envasado de productos retornables de cerveza, mediante la reducción de fallas y paradas menores. Este proyecto se realizará en la Compañía de Cervecerías Unidas (CCU), el principal actor del mercado cervecero nacional y una destacada empresa multicategoría de bebidas con presencia en varios países de América del Sur. La problemática identificada se refiere a una línea de envasado retornable con un OEE 36% por debajo del estándar de clase mundial. El informe se enfoca en aumentar en un 2% el OEE-NONA de la línea retornable mencionada. Este valor se descompone en dos objetivos específicos, los cuales se materializan a partir de dos soluciones. El primero se centra en equilibrar la línea mediante la eliminación de un cuello de botella generado por el formato de abastecimiento de envases retornables. El segundo consiste en la implementación del modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), dirigido a abordar directamente las averías de la línea. Debido a restricciones temporales y burocráticas mencionadas en la conclusión, los resultados se proyectaron, obteniendo un aumento del 7,01% en OEE-NONA. Este resultado se compone de un 6,41% del objetivo específico uno y un 0,6% del objetivo específico dos. Finalmente, se analizaron los resultados propuestos, la relevancia de la estructura organizacional en el indicador estudiado, las estrategias de mantenimiento, finalizando con una discusión sobre la brecha entre lo propuesto de manera inicial y lo proyectado.

Tabla de Contenidos

Abastract	1
Resumen Ejecutivo	1
Tabla de Contenidos	1
Introducción	1
Contexto	1
Problema	2
Análisis de causalidad	4
Objetivo	6
Planificación:	6
Estado del Arte:	7
Soluciones	8
Solución problemática 1	8
1) Modelo de optimización de balanceo de líneas de ensamblaje	9
1) Software de Simulación de Procesos Industriales	9
2) Modificación del Proceso Aguas Arriba	9
Elección de Solución 1	10
Evaluación económica, solución 1	12
Costos económicos	12
Beneficios económicos:	12
Beneficios económicos:	13
Metodología solución 1	14
Solución problemática 2	14
• Modelo RCM, Mantenimiento Basado en Confiabilidad.	16
• Software de Monitoreo Predictivo.	16
• Modelo de Optimización de Actividades de Mantenimiento:	16
Elección de solución 2	17
Evaluación económica, solución 2	19
Costos económicos	19
Beneficios Económicos	20
Resultados	21
Implementación solución 1	21
Prueba Piloto	21
Resultados solución 1	22

Implementación solución 2	24
Función y Patrón de Desempeño.....	24
Contexto operacional.....	24
Diagrama de sistemas	25
Piezas de Desgaste Natural.....	25
Modos de Falla.	25
Análisis Efectos y consecuencias.....	25
Decisión lógica.	25
Definición de frecuencias.	25
Análisis de Agrupamiento Tareas	26
Resultados Solución 2.....	26
Proyección OPI-NONA.....	26
Ahorro en repuestos.	26
Conclusión	27
Conclusión y análisis solución 1.....	27
Conclusión y análisis solución 2.....	28
Conclusión Final.	28
Bibliografía:.....	30
Anexos	31
Anexo 1.....	31
Anexo 2.....	31
Anexo 3.....	32
Anexo 4.....	32
Anexo 5.....	33
Anexo 6.....	35
Anexo 7.....	35
Anexo 8.....	36
Anexo 9.....	37
Anexo 10.....	38
Anexo 11.....	39
Anexo 12.....	39
Anexo 13.....	40
Anexo 14.....	41
Anexo 15.....	42
Anexo 16.....	43

Introducción

El mercado industrial ha buscado desde sus inicios, metodologías que permita aumentar la eficiencia de los procesos productivos, por consiguiente, ser más competitivos en los mercados que se desenvuelven. El presente proyecto tiene como objetivo mostrar de manera práctica la aplicación de herramientas que impacten en el Overall Equipment Effectiveness (OEE) reduciendo desperdicios y agregando valor a los procesos. El proyecto se desarrolla en la Compañía de Cervecerías Unidas (CCU), mayor agente de mercado. La problemática estudiada, tiene lugar en el área de envasado, y cuello de botella de la operación, específicamente en la línea N° 1, de envases retornables. Esta cuenta con la menor eficiencia, alto peso dentro del área y los mayores costos operacionales, sumado a una creciente demanda por los productos que procesa. La causalidad del problema será estudiada mediante la herramienta de análisis de “5 Por Qué” y las causas raíz encontradas serán abordadas desde el departamento de mantenimiento y control de activos.

Contexto

La Compañía de Cervecerías Unidas (CCU), es uno de los principales agentes en el mercado de bebestibles latinoamericano. Está compuesto por múltiples compañías que se especializan en cada uno de los productos que comercializan. Actualmente la venta de cervezas representa la principal fuente de ingresos para el grupo CCU, satisfaciendo al 68% de la demanda de cervezas en Chile. El brazo cervecero de la compañía conocido como Cervecera CCU este compuesto por dos plantas productivas, la primera de ellas corresponde a Cervecera CCU Quilicura, principal centro productivo de la compañía y lugar donde se desarrolla el presente proyecto. Se ubica en la zona central y se encarga de proveer la mitad de las cervezas consumidas por el mercado nacional, lo que equivale a 523 millones de litros anuales. El segundo centro corresponde a Cervecera CCU Temuco, ubicada en la zona sur del país y encargada de producir el 18% restante. Cervecera CCU trabaja de manera estratégica con Transportes CCU (CCU), empresa perteneciente al mismo grupo económico, encargado de la logística y distribución de los distintos bebestibles producidos por las compañías.

En los últimos años, la compañía ha experimentado una marcada volatilidad en sus ingresos, moviéndose de manera contra cíclica respecto de los mercados. El confinamiento significó un auge histórico en el consumo de alcohol y la reapertura de las medidas sanitarias significó una caída bajo los niveles prepandémicos.

El área de envasado, lugar donde se desarrolla el presente proyecto está compuesta por 8 líneas autónomas, dentro de las cuales se encuentra la línea 1 estudiada. Línea del fabricante alemán Krones, con una capacidad nominal de 28.000 [botellas/hora]. Trabaja exclusivamente envases retornables, los cuales ingresan y salen por medio de cajas plásticas. El indicador principal del área de envasado y del presente proyecto corresponde a la eficiencia total de los equipos (OEE), el cual es conocido internamente en la compañía como “OPI-NONA”. (Detalles del OPI-NONA: Anexo 1). A nivel planta de envasado se posiciona dicho indicador en 66,6% acumulado, lo que representa una desviación de 6,4% respecto al presupuesto anual, a cuatro meses del cierre del período actual, como lo señala la ilustración número 1. Dicha brecha representa monetariamente \$370.000.000 clp anuales en sobre costos de producción (Para ver cálculos de sobre costos: Anexo 2).

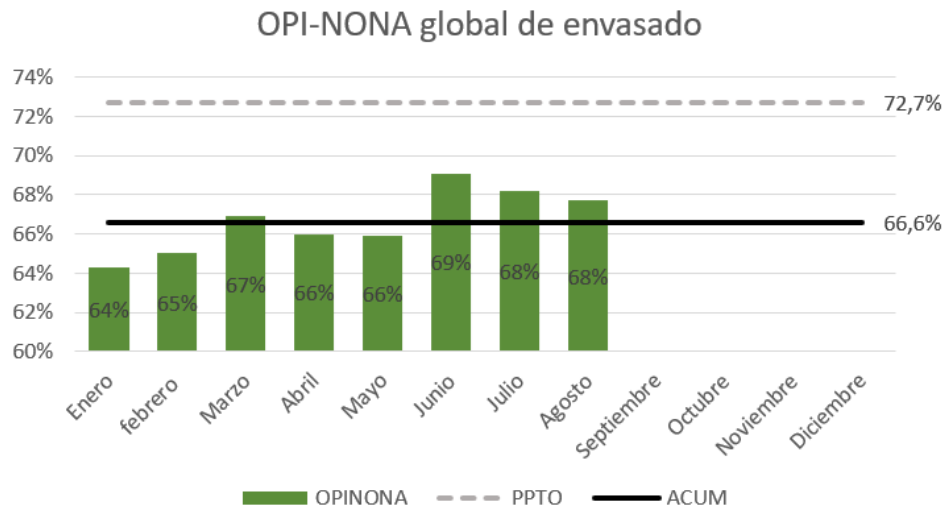


Ilustración 1: OPI-NONA Global de envasado.

Problema

A partir del contexto planteado se siguió el siguiente orden lógico para determinar la problemática a estudiar. Demostrado de igual manera la relevancia para la compañía de la problemática planteada al final de esta sección.

1. A raíz de la caída de un 40% de los ingresos del grupo CCU entre el año 2021 y 2022, la compañía decidió iniciar un proceso de reestructuración conocido internamente como "HerCCUles", el cual tiene foco en la eficiencia. Producir los mismos volúmenes con una menor cantidad de recursos.
2. A raíz de las directrices corporativas planteadas, se decidió trabajar en el área de envasado, cuello de botella y *core business* de la operación cervecera. Del mismo modo concentra los mayores costos de la planta.
3. En vista del área seleccionada y las directrices planteadas, se eligió trabajar con la línea con menor eficiencia (OPI-NONA), la cual corresponde a la línea 1.

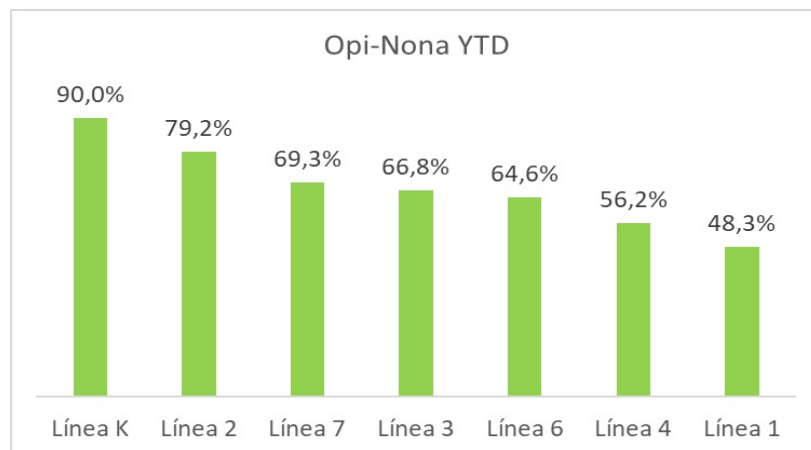


Ilustración 2: Porcentaje de OPI-NONA por la línea de envasado

Dicho OPI-NONA se ha mantenido estable a lo largo de los 8 meses del periodo, con una desviación estándar de 2,96 y una media de 48,6, posicionándose 10,3% por debajo de las proyecciones presupuestadas para el cierre del año 2023.

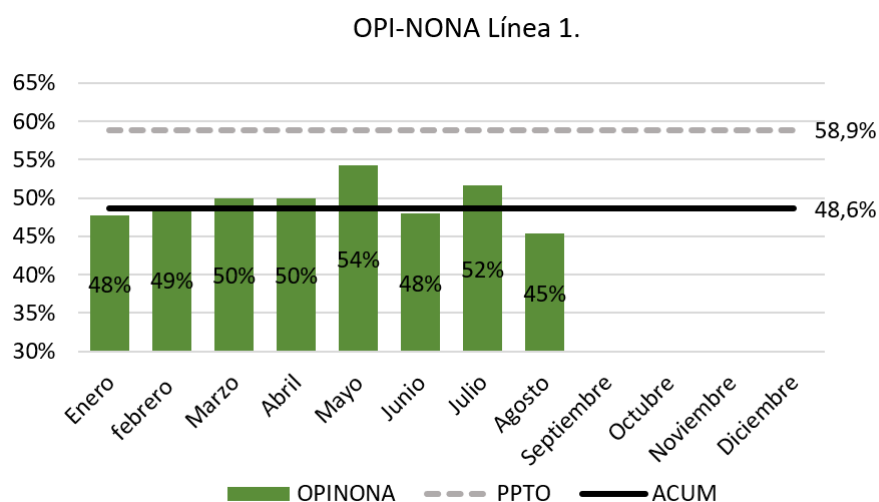


Ilustración 3: OPI-NONA línea 1.

4. Del mismo modo la línea 1 cuenta con el segundo mayor peso dentro del indicador de eficiencia del área (OPI-NONA envasado). Dicho indicador calculado por medio de la suma producto entre el porcentaje de tiempo efectivo que aporta la línea y el OPI-NONA de la línea.

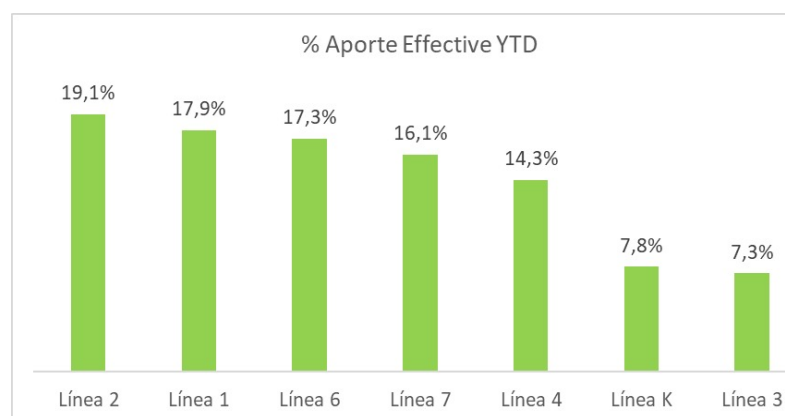


Ilustración 4: Tiempo efectivo que aporta cada línea a el indicador OPI-NONA Envasado.

5. Junto a lo anterior, cuenta con el mayor impacto económico por punto de OPI-NONA. Por cada punto de eficiencia perdido, se deben gastar \$12.526.988 en sobre costos para producir volumen de producción. Apalancado por costos de logística inversa y limpieza de envases.
6. En último lugar se ha evidenciado un aumento de demanda en productos retornables, los cuales son únicamente trabajados en la línea 1. Las nuevas tendencias de consumo han desplazado un ...% (omitido) del consumo de latas (producto con mayor rotación durante los últimos 3 años) hacia productos retornables. Por lo que la eficiencia y disponibilidad de la línea son necesarios para cumplir con la creciente demanda de productos solicitados.

A raíz de lo mencionado la problemática encontrada es la siguiente. Durante las últimas 34 semanas (enero a julio del 2023) la eficiencia productiva acumulada de la línea 1 de envasado ha sido de 48,8%. Lo que representa una brecha de 10,3% respecto de lo presupuestado para el final del periodo. Esto genera un impacto negativo para la compañía de \$129.027.976 clp en sobre costos anualizados, sumado a la pérdida de respuesta de la compañía frente a los productos solicitados.

Análisis de causalidad

La desviación del indicador se descompone 6 clúster de pérdidas, señalados en la ilustración adjunta.

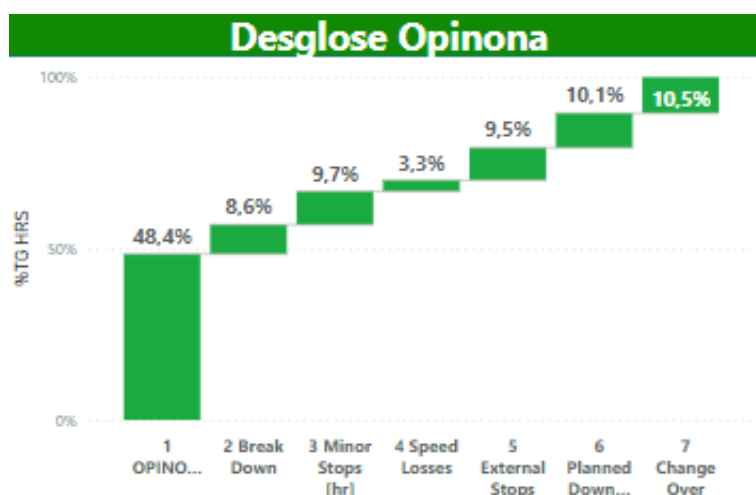


Ilustración 5: Desglose OPI-NONA línea 1.

Estos afectan negativamente al indicador con la siguiente magnitud:

- Averías: 8,6%
- Detenciones Menores: 9,7%
- Detenciones Externas: 9,5%
- Detenciones Planeadas: 10,1%
- Cambios de Formato: 10,5%

A partir de la utilización de la herramienta *gemba* (para más detalles de la herramienta: Anexo 3), se cruzaron los datos del mapa de pérdida de la ilustración 5, con los síntomas de la operación, en donde se identificaron los siguientes problemas recurrentes:

- 1) Detenciones por descompensación de línea en formato 1200 cc.
- 2) Detenciones por averías no previstas.
- 3) Pérdida de continuidad operacional por ajuste de máquinas a parámetros específicos de los distintos lotes de materias primas.
- 4) Variabilidad en los tiempos de cambio de formato y de pinta de cerveza.

En vista de las problemáticas encontradas, se empleó la metodología de los "5 porqués" para descubrir las causas raíz respectiva a cada una de las problemáticas mencionadas anteriormente. (Análisis de causa raíz: Anexo 10) Completando así el *genchi genbutsu*: ir, ver la actividad y hacer la investigación de problemas mediante cinco por qué.

- 1) Las jabas plásticas que ingresan a la línea vienen con 12 botellas vacías y sale a mercado con 10 botellas llenas (Para ver detalles: Anexo 4).
- 2) Se desconoce la etapa del ciclo de vida que se encuentran los componentes.
- 3) Las materias primas no cumplen los estándares de calidad establecidos.
- 4) Cada operador realiza los cambios de formato de una manera distinta.

Con el fin de generar una estrategia que permita abordar las causas señaladas, se decidió realizar un análisis FODA de la línea estudiada.

Análisis FODA	
Fortalezas	Debilidades
1) Tecnologías confiables. 2) Ambiente de Laboral Positivo 3) Línea prioridad planta. Mayor disposición de recursos	1) Deficiente restauración de condiciones básicas 2) Mantenimiento principalmente correctivo 3) Curva en V sensible a detenciones. Si se detiene un equipo rápidamente se detiene toda la línea 4) Comunicación inefectiva con jefaturas y mandos medios
Oportunidades	Amenazas
1) Herramientas TPM 2) Experiencias de las otras líneas de envasado. 3) Disponibilidad de Benchmarks: CCU Temuco cuenta con una línea con el mismo diseño.	1) Envases retornables con bajo estándares de limpieza 2) Materias Primas fuera de estándar 3) Ley del saco (N°20949) impone restricciones de formatos de envases a trabajar.

Ilustración 6: análisis FODA línea 1.

A partir del análisis realizado se decidió trabajar con la problemática asociada a la causa raíz 1 y 2. La situación caracterizada, muestra que son puntos abordables a partir de las oportunidades y fortalezas de la línea. Junto a lo anterior se identificó que las causas 3 y 4 están fuera del alcance del departamento de mantenimiento control de activos. (área desde donde se desarrolla el proyecto). Específicamente están en manos del departamento de Gerencia Técnica (encargado de los contratos de materias primas) y el departamento de mejora enfocada (encargado de la estandarización de procesos) respectivamente.

Objetivo

A partir de lo señalado, se declara que el objetivo del presente proyecto es aumentar el OPI-NONA de la línea 1 de envasado de 48,4 a 50,4% de OPI-NONA, mediante la reducción de detenciones no planeadas, y una menor descompensación de la línea, con el fin de reducir los sobre costo y poder cumplir con la creciente demanda de mercado de los productos trabajados en la línea, durante los meses de agosto a diciembre. El objetivo propuesto se ve representada en la ilustración número 7:

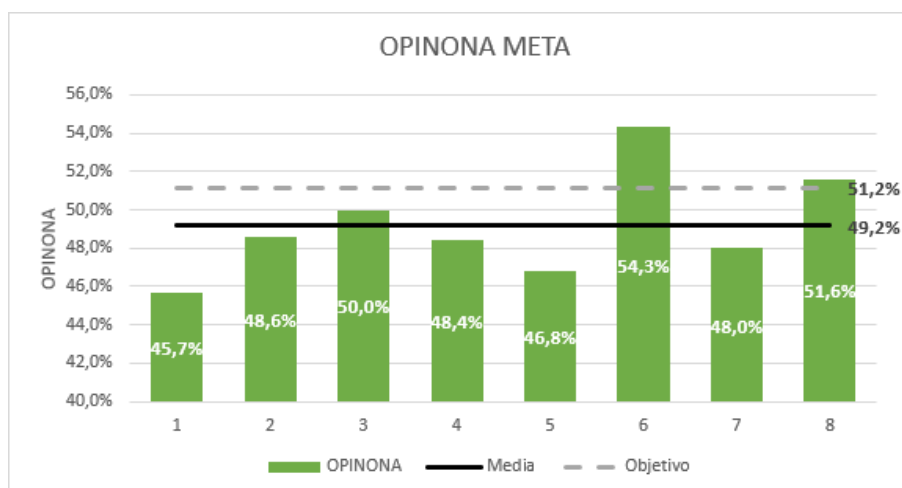


Ilustración 7: OPI-NONA objetivo.

A partir del 2% planteado, se proponen dos estrategias específicas:

- Reducción de los tiempos asociados a descompensación de la línea. Aportando un 1% de OPI-NONA.
- Disminución de detenciones generadas por averías. Aportando otro 1% de OPI-NONA.

Planificación:

El proyecto es realizado desde agosto hasta diciembre del 2023. La carta Gantt propuesta presenta las fechas estimadas para cada uno de estos procesos:



Ilustración 8: Carta Gantt proyecto.

Estado del Arte:

Aumentar la eficiencia de los procesos productivos ha sido un desafío recurrente en la historia de las industrias. Toyota un ejemplo emblemático, como señala Liker J. en su libro de 2019, La compañía, desarrolló la filosofía del Sistema de Producción de Toyota (TPS, por sus siglas en inglés). Este sistema se enfoca en la reducción de desperdicios y la mejora continua, lo que permitió a Toyota reducir costos, mejorar la calidad, aumentar la eficiencia y fortalecer la flexibilidad de la organización. La empresa logró a partir de la metodología, percibir ingresos tres veces mayores que empresas similares, superó el valor de mercado de sus tres principales competidores y proporcionó a sus inversionistas ocho veces más dividendos que otras empresas del mercado. Estos logros ilustran la efectividad del enfoque de Toyota en la gestión de procesos y subrayan la importancia de la mejora continua en el ámbito empresarial.

CCU, actualmente utiliza la metodología TPM, también conocida como gestión productiva total, la cual es un derivado de la filosofía TPS, pero con foco en la eliminación de pérdidas asociadas a averías, reprocesos y costes en los procesos de producción industrial. TPM representa una metodología eficaz y efectiva para incrementar el OEE. A pesar de lo planteado, los resultados estudiados en la compañía no son los esperados. Por consiguiente, a continuación, se presentarán distintas visiones de su implementación, con el objetivo de identificar brechas de la implementación de la herramienta en la línea estudiada respecto a la industria.

Sharma, R. en el 2019, señala que el objetivo principal de TPM es eliminar o minimizar todas las pérdidas relacionadas con el sistema de fabricación para maximizar el OEE (OPI-NONA). Dicha metodología, se considera la forma más eficiente y efectiva de lograr una mejora sustancial en la planta y alcanzar la meta de cero desperdicios. El autor también destaca que la factibilidad de llegar por medio de la herramienta descrita al estándar global de un 85% de OEE. Lo que representa una brecha de 37% respecto de la línea estudiada.

En 2022, Quiroz JC presenta un caso práctico de implementación de metodología TPM, en donde señala que la herramienta ha permitido reducir los costos de producción, mejorar la productividad y acortar los tiempos de entrega, del mismo modo, la aplicación de TPM entrega

un mejor ambiente laboral. El autor también hace referencia a la capacidad de TPM de reducir las seis principales pérdidas relacionadas con la disponibilidad, tasa de rendimiento y la calidad, y por consiguiente aumentar el OEE (OPI-NONA). El autor señala en su estudio, que mediante la utilización de 5S, SMED (Single Minute Exchange of Die), TPM y Jidoka, logró incrementar el OEE desde un 57% a 70%.

Ahora bien, ¿A qué se debe brecha en la línea estudiada, siendo que la empresa utiliza la metodología diseñada para mejorar el OPI-NONA? ¿Dónde están las brechas? ¿Qué hacen el resto de las empresas para poder alcanzar el estándar mundial? Bamber y Sharp (1999) mencionan en su estudio sobre el fallido intento inicial del uso de la herramienta TPM en el grupo Automotriz Land Rover, destacando problemáticas tales como: la falta de participación de los asociados a la utilización de la herramienta y el intento de implementa la metodología en todas las máquinas al mismo tiempo. Chiarini, en su caso de estudio sobre el incremento de OEE en una empresa de manufactura de componentes plásticos, propone que la metodología TPM requiere ser complementada con la herramienta SIX-SIGMA. Entregando control estadístico de los procesos, con el objetivo de reducir la variabilidad. Hardt, F. (2021), propone que el correcto funcionamiento de TPM requiere de la participación de todos los departamentos involucrando en la producción, Del mismo modo, menciona que el mantenimiento no planificado y el tiempo de inactividad de los equipos debe ser minimizado, mediante la programación del mantenimiento. Sumado a lo anterior, Ali y Saif mencionan que si se desea aumentar la disponibilidad de los equipos se debe contar con una estrategia de mantenimiento que combine decisiones gerenciales, técnicas y administrativas, así como el conjunto de acciones necesarias para mantener o restablecer la funcionalidad de un producto o activo.

A partir de la literatura propuesta y la situación actual de la línea se han identificado brechas dentro de la implementación de TPM, las cuales limitan el incremento del OPI-NONA. Estas permiten acotar la búsqueda de soluciones a herramientas que estén alineadas con los puntos adjuntos:

1. La operación debe tener el foco en la eliminación de desperdicios.
2. Se requiere de un compromiso transversal de la compañía para aumentar el indicador. Todas las áreas deben mantener las condiciones necesarias para que el *core busisnes* de la operación cuente con todo lo necesario para su correcto funcionamiento.
3. Debe predominar el mantenimiento preventivo. Para aumentar la disponibilidad de la línea y mantener los costos de mantenimiento dentro de presupuesto es necesario anticiparse a las fallas.
4. Se debe buscar reducir la variabilidad en los procesos. A partir de una base estable se pueden identificar la causalidad de los desperdicios, por consiguiente, avanzar hacia una mayor eficiencia.

Soluciones

Solución problemática 1

La primera solución busca dar respuesta al primer objetivo específico: “Reducción de los tiempos de compensación de línea” el cual tiene como objetivo específico aportar un 1% de OPI-NONA.

Actualmente la línea debe ser compensada por la operación en el formato 1200cc (51% de la producción). Ya que ingresan jabas plásticas retornables, con 12 botellas vacías en su interior, y salen jabas llenas con 10 botellas en su interior (2 botellas bajo la capacidad de las cajas). Ya que el conjunto que sale a mercado, no puede pesar más de 25 kg. (Límite establecido por la ley N°

20.949 o “Ley del Saco”). Por consiguiente, se requieren más cajas para sacar la misma cantidad de botellas. (Para más detalles de problemática: Anexo 4)

La problemática tiene un peso de 6,41% OPI-NONA, lo que representa económicamente un \$80.279.933 clp en sobre costos. Dichos valores fueron obtenidos mediante el modelamiento de la problemática por medio de un proceso de conteo de Poisson. (Para ver cálculos: Anexo 5)

En vista de la problemática planteada se han propuesto tres posibles soluciones, las cuales fueron ponderadas y comparadas según los parámetros y niveles señalados en el Anexo 6 adjunto.

1) Modelo de optimización de balanceo de líneas de ensamblaje

EL modelo propuesto corresponde a “*Simple Assembly Line Balancing Problem for a Given Number of Station*” (SALBP-2) el cual se centra en la minimización del tiempo de ciclo en una línea de ensamblaje, con un número predefinido de estaciones y considerando las precedencias de las tareas. Este problema, conocido por ser NP-Hard, ha sido investigado por Scholl, A. (1999), quien destaca la efectividad del modelo. contratio, Falkenauer, E. señala que a pesar de que el modelo SALBP-2 representa una herramienta robusta, presenta limitaciones en su aplicabilidad práctica, ya que no se integra de manera efectiva los contextos operacionales existentes.

1) Software de Simulación de Procesos Industriales

Se plantea la implementación del software de simulación *Arena*, licencia para modelar procesos del área industrial de alimentos y bebidas. Su enfoque es mejorar el rendimiento operativo. Permite identificar cuellos de botella, modelar posibles cambios en los procesos, y sus efectos en el sistema. Permitiría simular variaciones dentro de los parámetros de funcionamiento y del formato de abastecimiento de envase con el objetivo de reducir la descompensación de la línea y la variabilidad en el funcionamiento de esta.

2) Modificación del Proceso Aguas Arriba.

En un intento por entender de manera integral el proceso operacional de la línea se llegó al cuestionamiento respecto a los procesos que ocurren aguas arriba. ¿A qué se debe que las cajas lleguen con 12 botellas en su interior, si salen con 10 desde la línea? ¿Cuál es el proceso de clasificación de las cajas? ¿Quién es el responsable de este proceso? Transportes CCU (TCCU), empresa perteneciente al mismo Holding de la organización estudiada. Son los encargados de gestionar la logística inversa, clasificado, almacenaje y suministro de botellas retornables utilizadas en la línea 1. El proceso de clasificado es un proceso manual y con alta variabilidad. Los envases que retornan a la planta llegan con bajos estándares de limpieza, obsolescencia o pertenecen a otras compañías.



Ilustración 9: Condición de envases retornables al volver a la planta Quilicura.

A pesar de ser una problemática, también representa una oportunidad ya que la condición descrita permite que sea un proceso de fácil modificación.

A raíz de los descubrimientos planteados, se realizó *benchmark* con la planta Cervecera CCU Temuco, quienes cuentan con una línea de retornables equivalente en diseño y funcionalidad con la línea 1 estudiada. La planta de Temuco recibe las jabas de formato 1200 cc con 10 botellas vacías en su interior. Por consiguiente, la descompensación generada por la ratio de entrada y de salida es anulado, permitiéndoles dar una mayor continuidad y eficiencia al sistema. Actualmente cuentan con un 71% de OPI-NONA en la línea mencionada.

Por consiguiente, la solución propuesta es modificar el proceso de clasificación de botellas a cargo de TCCU, con el objetivo de que la línea sea suministrada con 10 botellas de 1200 cc por jaba, en vez de las 12 que recibe actualmente.

Elección de Solución 1

Se realizó una ponderación de las tres soluciones propuestas a partir de 6 parámetros de comparación. (Para ver parámetros: Anexo 6) Con el objetivo de discernir cuál se acomoda a la problemática estudiada y a las restricciones de temporalidad y recursos disponibles

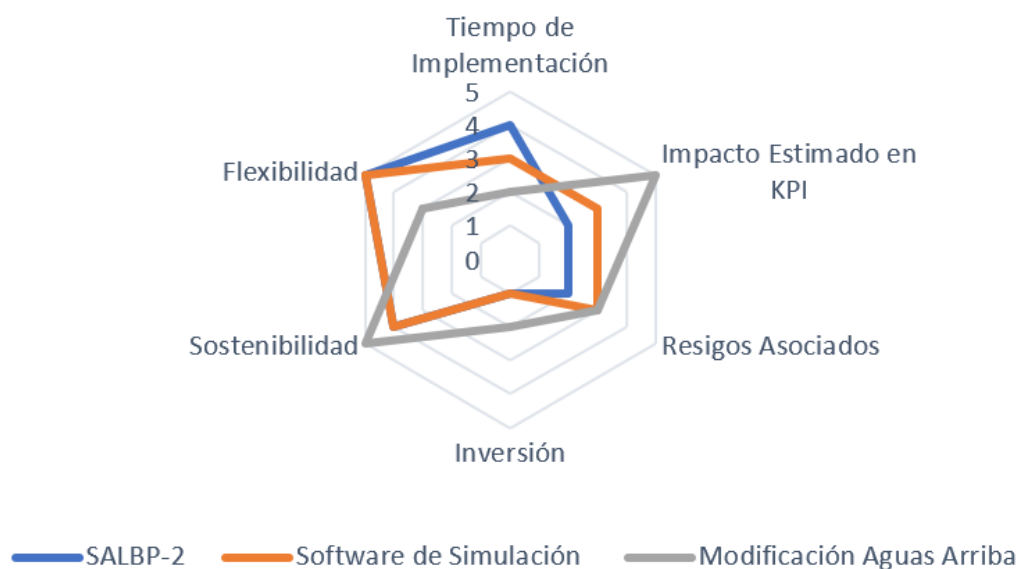


Ilustración 10: Comparativo de Soluciones, Compensación de línea

A partir del gráfico de decisión propuesto se pudo identificar que la solución con un mayor perfil de afinidad corresponde a la modificación del proceso aguas arriba. Esta solución se impone sobre las otras dos por las siguientes razones:

- Tiempo de implementación: Alto; Proceso Burocrático.
- Impacto en KPI: Muy alto; Elimina el desbalance de línea.
- Riesgos Asociados: Moderado; Requiere de una gestión conjunta de TCCU y Cervecera CCU
- Inversión: Moderado; Costos económicos asociados a HH. ingeniero y aumento de costos de producción en TCCU.
- Flexibilidad: Muy baja; Poca agilidad frente a posibles cambios en los procesos.
- Sostenible en el tiempo: Alto impacto económico, operacional y bajo resistencia al cambio. Tanto los trabajadores de TCCU como los de Cervecera CCU se verán beneficiados.

La solución propuesta, considera una modificación en el proceso de clasificación de cajas en TC UU. Lo que representa un aumento en la cantidad de cajas/pallets por número de botellas solicitadas por Cervecera CCU. La siguiente ilustración se muestra los datos históricos y proyección realizada en base a estos:

Unidades clasificadas	Datos anuales	Valores anuales solución propuesta	Delta	% de aumento
Pallets	114.368	137.242	22.874	20%
Cajas	4.574.720	5.489.664	914.944	20%
Botellas	54.896.640	54.896.640	0	0%

Ilustración 11: Cajas Clasificadas anualmente. AS IS-TO BE.

Como se puede observar, para una misma cantidad de botellas (volumen a envasar) se va a necesitar un 20% más de cajas/pallet a clasificar.

Sumado a lo anterior, la solución mencionada, va en línea con la segunda brecha cualitativa señalada en el estado del arte, la cual establece que para aumentar el OPI-NONA, se requiere un

compromiso integral de los involucrados en la cadena de valor. Quienes deben velar por posicionar sus incentivos, en dirección al aumento del indicador estudiado.

Evaluación económica, solución 1

Costos económicos

Los costos económicos asociados a la solución 1 son los siguientes:

Horas Hombre

250 horas de trabajo de un Ingeniero Civil industrial con 2 años de experiencia. Lo que equivale a \$1.846.250 clp. (\$7.385 [clp/hora]). Todas las horas destinadas antes de la implantación del proyecto serán consideradas como inversión.

Costos de Servicio de Clasificación

Como fue planeado en la ilustración 11, se necesitará procesar un 20% más de cajas. Ese incremento impacta en los costos variables de TCCU, quienes pagan un bono por caja clasificada de \$2 clp. a sus trabajadores, como se muestra a continuación:

Costo Variable por Bono Rendimiento	Anualizado
Costos actuales	\$ 9.149.440
Costos solución propuesta	\$ 10.979.328
Costo marginal	\$ 1.829.888

Ilustración 12: Aumento de costos variables Transportes CCU.

La ilustración anterior, muestra un aumento en los costos operacionales en \$1.829.888 clp. al año. Costo el cual será transmitido a Cervecería CCU.

Costos de Almacenaje, Transporte y Abastecimiento de Línea.

El 20% extra de cajas, no afectará los procesos de almacenaje, transporte y carga de materias primas a la línea. Ya que actualmente ese 20% en volumen de almacenamiento, viajes y movimientos de cargador frontal es ocupado por cajas plásticas vacías, destinadas a la compensación de la línea. Por lo tanto, esos costos serían equiparados. Más bien, beneficiaría al proceso, ya que se trabajará con un solo formato. (cajas con 10 botellas). Simplificando el almacenaje, *picking* y *transporte de cajas*.

Beneficios económicos:

Reducción de Costos Operacionales

Como fue planteado anteriormente, la problemática representa para la línea un total de \$80.279.933 clp en sobre costos (ya que es menos eficiente), por lo que la eliminación de dicha descompensación transformaría ese monto en beneficios.

En vista de los datos anteriormente planteados y un horizonte de tiempo de 12 meses (mes 1 es el momento donde es implementada la solución), se obtuvieron los flujos de caja propuestos en el Anexo 15. A partir de la tabla mencionada se llegó al siguiente gráfico:

Beneficios económicos:

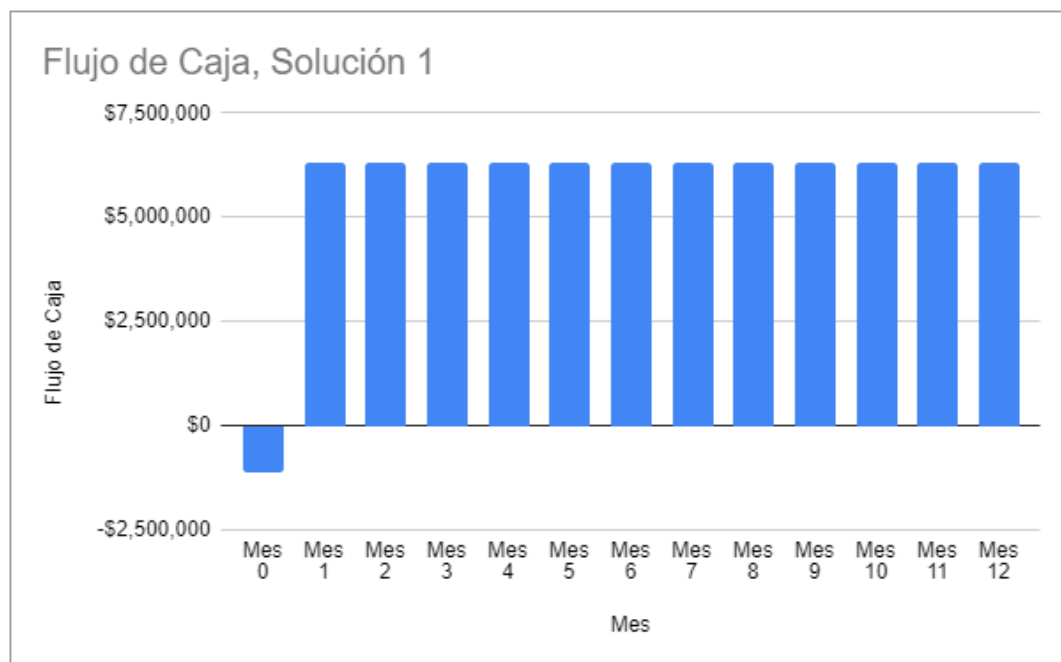


Ilustración 13: Grafico Flujo de Caja Solución 1

A partir de los flujos de caja, y una tasa de descuento de 8,5% (Bonos Soberanos Chilenos) se obtuvo el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

VAN	\$41,864,389
TIR	554.01%

El valor obtenido demuestra la rentabilidad del proyecto, del mismo modo permite poner en perspectiva los resultados respecto a otras oportunidades de inversión.

Metodología solución 1

El plan de implementación de la solución propuesta se compone de 5 fases:

IMPLEMENTACIÓN SOLUCIÓN 1				
TAREAS\SEMANA	41	42	43	44
CONSTRUCCIÓN DE PROPUESTA DE SOLUCIÓN				
APROBACIÓN DE PRPUESTA. GERENCIA CCU				
APROBACION DE MODIFICACIÓN. TRANSPORTES CCU				
GENERAR Y PERFECCIONAR NUEVO ESTANDAR DE LLEADO DE CAJAS				
ACOMPANAMIENTO Y MEDICIÓN DE RESULTADOS				

Ilustración 14: Implementación de solución 1

Para ver detalles de pasos ver Anexo 11 adjunto.

A partir de los pasos anteriores, se plantea pasar desde la un As Is hasta un To Be a partir de 5 fases señalada en la ilustración 15 adjunta.

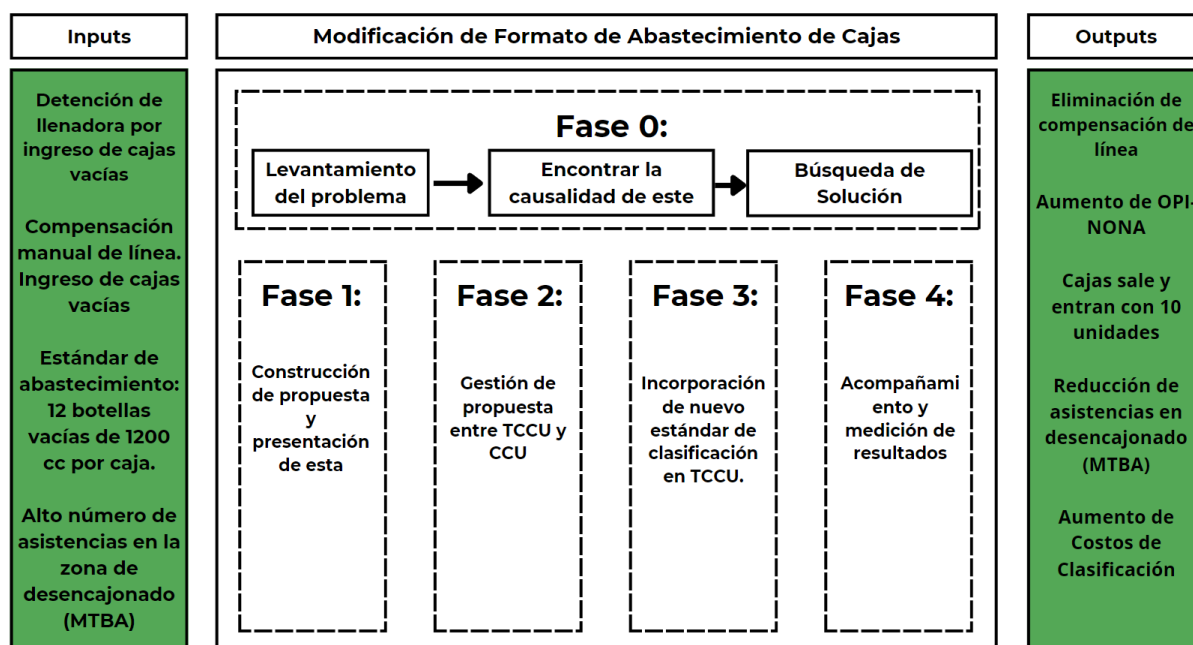


Ilustración 15: AS IS-TO BE compensación de línea

Solución problemática 2

La segunda solución busca dar respuesta al segundo objetivo específico: Disminución de detenciones

generadas por averías. El cual tiene como meta aportar un 1% de OPI-NONA.

Las detenciones generadas por averías representan un 8,6 % en pérdidas de OPI-NONA, lo que a representa económicamente \$ 107.732.097 clp. en sobre costos operacionales. Sumado a los costos de mantenimiento incurridos en solucionar una avería en condición de urgencia.

El mantenimiento del área de envasado está caracterizado por actividades generadas por 5 distintas razones:

1. **Tarjetas de mantenimiento (TM):** Herramienta de gestión visual y notificación, las cuales son realizadas por operadores y entregadas al equipo de mantenimiento, con el objetivo de dar cuenta de una anomalía que afecta el correcto funcionamiento de las máquinas, pero no detiene el funcionamiento de estas.
2. **Actividades de Limpieza, Inspección, Lubricación y Ajuste (LILA):** Actividades de mantenimiento menor, realizadas por los operadores, las cuales son realizadas con una frecuencia definida, con el objetivo de mantener la condición básica de funcionamiento.
3. **Averías o Breakdowns (BD):** Fallos en los equipos que impiden el funcionamiento de las máquinas y deben ser intervenidas con categoría de “urgencia” para retomar la operación
4. **Planes Mensuales de Mantenimiento:** Planes de alcance intermedio, con frecuencia mensual los cuales están diseñados para ser realizados en ventajas de mantenimiento. Estos son gestionados por medio del módulo *Overview of Plant Maintenance* (PM) de la ERP SAP.
5. **Planes Anuales:** Planes de alcance elevado con frecuencia mensual los cuales están diseñados para ser realizados una vez al año, durante 2 semanas. Estos son gestionados por medio del módulo *Overview of Plant Maintenance* (PM) de la ERP SAP.

La línea 1, al igual que las otras líneas realizan aproximadamente 80% de sus actividades a raíz de tarjetas de mantenimiento, las cuales son generadas a partir de desviaciones en el funcionamiento de los equipos. Por consiguiente, la disponibilidad de recursos para actividades de mantenimiento preventivo o predictivo son acotadas, lo que genera un bucle el cual contribuye a la aparición de nuevas anomalías y averías.

En la metodología TPM, es mencionado el mantenimiento preventivo como un pilar fundamental. Del mismo modo se menciona que es la mejor manera de poder alcanzar las “Cero Averías”. (Quiroz J.C, 2022). Por consiguiente, la estrategia para reducir esta brecha va a enfocar en el mantenimiento preventivo. Por consiguiente, se han propuesto tres posibles soluciones las cuales fueron ponderadas y comparadas según los parámetros y niveles señalados en el

Anexo 6 adjunto.

- **Modelo RCM, Mantenimiento Basado en Confiabilidad.**

El RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) es una metodología utilizada para la definición de planes de mantenimiento, de forma de garantizar un plan eficiente “ajustado” y con bajos costos, sumado a una mayor disponibilidad de los equipos. Lo que se logra mediante el análisis de deterioro natural, y acciones que se enfoquen en eliminar la causa raíz (80% de la causa de fallas). Las actividades de mantenimiento resultantes se enfocan en los modos de falla de mayor relevancia para la conservación de la funcionalidad del equipo. Estas pueden ser tareas basadas en cambios mandatorios de piezas, cambios por condición, estrategias de lubricación y calibración.

Mediante la presente técnica se busca abordar el deterioro natural, destinado cerca del 40% del tiempo de los técnicos en esta labor, dejando disponible el otro 60% para deterioro forzado, el cual debe ser abordado mediante análisis de 5 por qué, ya que las causas raíz están fuera de los parámetros normales de funcionamiento de los equipos.

- **Software de Monitoreo Predictivo.**

El software de la compañía Mapper, alimentado por sensores remotos, que monitorean las 24x7 vibraciones y temperatura emitidas por los activos críticos. Estos son instalados directamente en los equipos como se puede observar en la imagen adjunta.



Ilustración 16: Foto Referencial, sensores Mapper de vibración y temperatura.

A través de los datos entregados por los sensores, el software entrega *insights* al equipo de mantenimiento los cuales permiten evitar detenciones generadas por averías del mismo modo permite planificar actividades mantenimiento, y diagnosticar el estado de los activos críticos.

La solución propuesta por la compañía Mapper tiene un valor de 1,5 UF por sensor, lo que considerando un promedio de 2,5 sensores por componente (la cantidad depende del equipo) y una cantidad de 26 activos crítico en línea, resultaría un total de 1170 UF al año (\$42.705.000 clp, valor UF al 30 de septiembre)

- **Modelo de Optimización de Actividades de Mantenimiento:**

La gestión del mantenimiento implica una combinación de decisiones gerenciales, técnicas y administrativas, junto con un conjunto de acciones para mantener o restaurar

la funcionalidad de un producto o activo. En este contexto, se plantea un modelo de *Job Shop Scheduling* de asignación de actividades de mantenimiento. Este sistema asigna de manera eficiente mantenedores a una lista de actividades de mantenimiento, previamente evaluadas en función de su naturaleza correctiva o preventiva, y su nivel de criticidad. Este enfoque no solo simplifica la administración del mantenimiento, sino que también entrega continuidad operativa. Al reducir los períodos inactivos entre las actividades, se asegura de un mayor flujo constante de trabajo. Además, la disminución de las ventanas de mantenimiento amplía la disponibilidad de la línea para la producción, maximizando así la eficiencia del proceso industrial. Este sistema representa un paso hacia una gestión del mantenimiento más eficaz y proactiva.

Elección de solución 2

Se realizó una ponderación de los distintos resultados a partir de 6 parámetros de comparación. A partir de los cuales se puede determinar cuál de las soluciones tomadas se acomoda de mejor manera a la problemática levantada y a las restricciones de temporalidad y recursos disponibles.

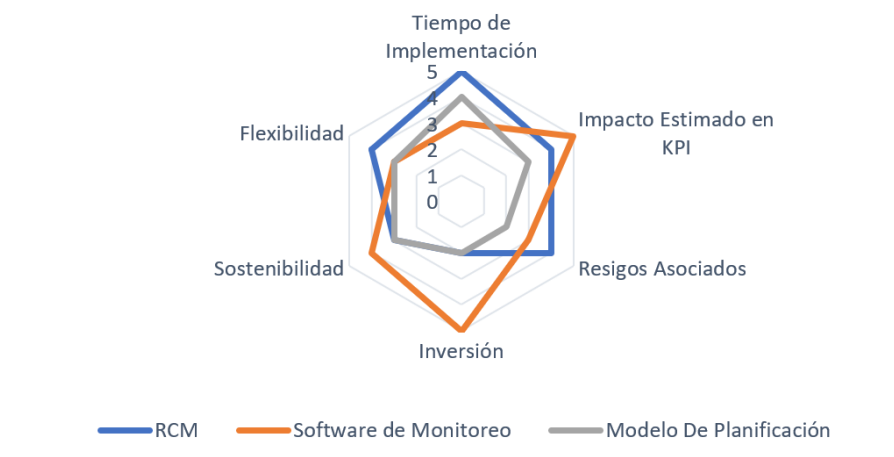


Ilustración 17: Comparativo de soluciones, detenciones generadas por averías.

A partir del gráfico de decisión propuesto se pudo identificar que la solución con un mayor perfil de afinidad a la brecha planteada corresponde a la herramienta de mantenimiento centrada en confiabilidad (RCM), la cual está caracterizada por el siguiente perfil.

- **Tiempo de implementación:** Muy alto; Requiere de un alto entendimiento de los activos y del contexto en el que estos están insertos.
- **Impacto en KPI:** Alto; La herramienta busca anticiparse a la falla, lo que genera un alto impacto en el KPI estudiado.
- **Riesgos Asociados:** Alto; La línea está compuesta de un gran número de activos, por lo que una implementación en la línea completa excede las restricciones temporales establecidas.
- **Inversión:** Moderada; Requiere horas hombres invertidas en la implementación de la solución y costos asociado a planes de mantenimiento.
- **Flexibilidad:** La solución se acomoda al contexto, permitiendo adaptarse al cambiante escenario operacional.
- **Sostenibilidad:** Muy alto; Es una solución que presenta alto impacto y bajas externalidades.

Del mismo modo la solución propuesta tiene un impacto secundario en los gatos de mantenimiento. Esto se logra mediante un mantenimiento ajustado a las necesidades del equipo. Al mismo tiempo que se pueden reducir desperdicios y evitar la realización de actividades innecesarias.

Entendiendo los tiempos de implementación y los riesgos asociados a la solución planteados anteriormente, se decidió implementar el modelo de RCM en una máquina clase A (clasificación interna de la compañía), lo que significa que es un equipo crítico en aspectos tales como: medioambiente, seguridad, calidad, trabajo, plazo de entrega, frecuencia y mantenibilidad. (Matriz de clasificación: Anexo 8) La Lavadora y la Llenadora son las únicas máquinas que cumplen dicho requerimiento (Diagrama de Flujo de línea: Anexo 9), se decidió trabajar con la Lavadora de botellas sobre la Llenadora por las siguientes razones.

- La complejidad que tiene las averías internas del equipo, equipo hermético y con insumos químicos (Hidróxido de Sodio [NaOH]). Solo se ingresa de manera programada al interior del equipo una vez por año.
- Las averías ocurridas en la lavadora han aportado negativamente en un 3% al OPI-NONA acumulado de la línea.
- Riesgo de accidentes graves. Es un proceso, que requiere altas temperatura, vapor de agua a presión, químicos, y aire comprimido. Por consiguiente, los procedimientos de mantenimiento deben ser planificados y estandarizados.

El plan de implementación de la solución propuesta se compone de 6 etapas:

IMPLEMENTACIÓN DE RCM						
TAREAS\SEMANA	42	43	44	45	46	47
Identificar Activos y Funciones						
Identificar Modos de Falla y Causas						
Evaluar Consecuencias y Severidad						
Desarrollo de Estrategias de Mantenimiento						
Implementación de estrategias de Mantenimiento						
Acompañamiento y medición						

Ilustración 18: Carta Gantt de implementación RCM

Para ver el detalle de cada una de las etapas dirigirse Anexo 12.

A partir de los pasos anteriores, se plantea pasar desde la un *As Is* hasta un *To Be* por medio de 7 fases los cuales son descritos en la ilustración adjunta.

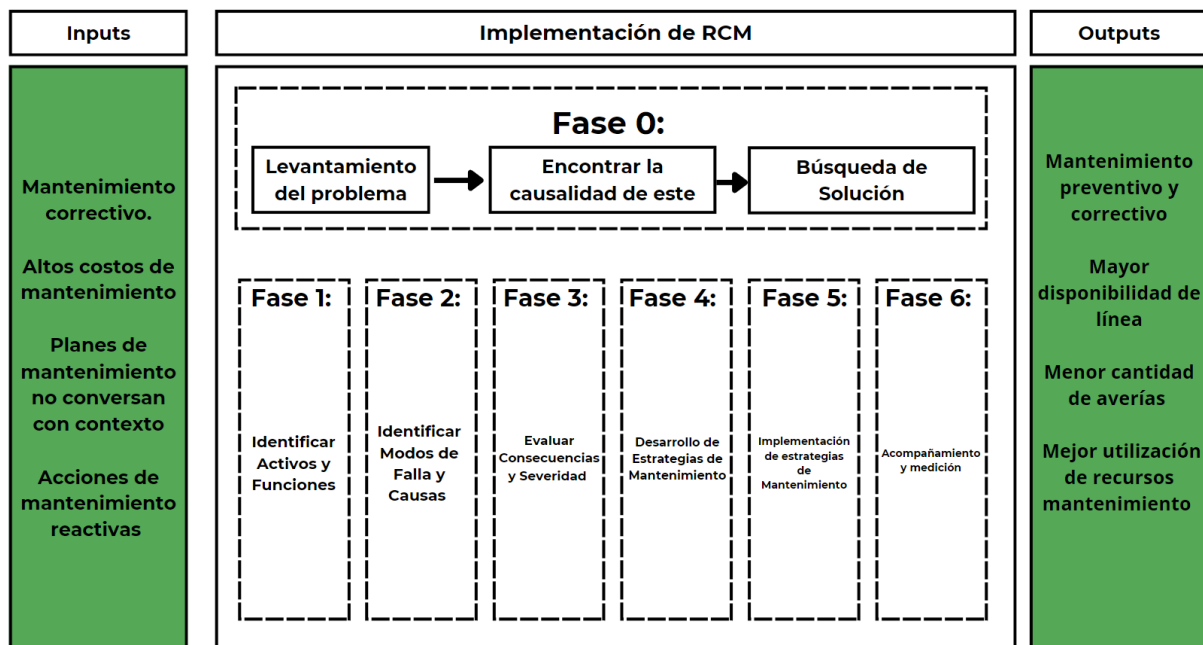


Ilustración 19: AS IS-TO BE, detenciones no planeadas

Evaluación económica, solución 2

Costos económicos

Horas Hombre:

Se estimó un total de 460 HH. de un Ingeniero Civil industrial. El sueldo por considerar corresponde al equivalente en horas de un Ingeniero Civil Industrial con 2 años de experiencia, lo que representa un total de \$3,397,100 clp. (\$7.385 [clp/hora]). Todas las horas destinadas antes de la implantación del proyecto serán consideradas como inversión.

Costos Asociados a Dotación de Especialistas:

Las actividades de mantenimiento obtenidas no modificaran las horas hombres necesarias para realizar mantenimiento a los equipos. Más bien las estructura y les entrega prioridad a las tareas de mayor relevancia. Por lo que los costos asociados a esta cuenta no se verán modificados.

Costos Planes de Mantenimiento

Todos los planes de descarte, cambio, mantenimiento predictivo por externo fueron valorizados. A partir de la configuración del equipo y la cantidad de activos críticos que esta posee se estima gastar en base a lo planteado por los planificadores de mantenimiento un 10% extra en costos de mantenimiento para el equipo. Principalmente en cambios mandatorios y servicios de análisis predictivo realizado por especialistas externos. Considerando un costo anual de mantenimiento de la lavadora de \$68.255.944 clp esa estima gastar un extra de \$6.825.594 clp. en los planes generados por la estrategia planteada.

Beneficios Económicos

Aumento de Eficiencia

Por medio de un aumento de un 2% de OPI-NONA, se planea disminuir los costos operacionales en \$25.125.976 clp.

Reducción de Gastos en Repuestos

A partir de un mantenimiento más eficiente se espera reducir gastos en repuestos, del mismo modo los sobre costos incurridos en solucionar averías cuando el equipo está funcionando. De los \$21,144,000 clp que se gastan promedio en repuesto para la lavadora de botellas, se espera reducir en un 15% según lo señalado por (Saldovi, 2019). Lo que representa un ahorro respecto del presupuesto de \$3.171.600 clp.

En vista de los datos anteriormente planteados y un horizonte de tiempo de 12 meses (mes 1 es el momento donde es implementada la solución), se obtuvieron los flujos de caja propuestos en el Anexo 16. A partir de la tabla mencionada se llegó al siguiente gráfico:

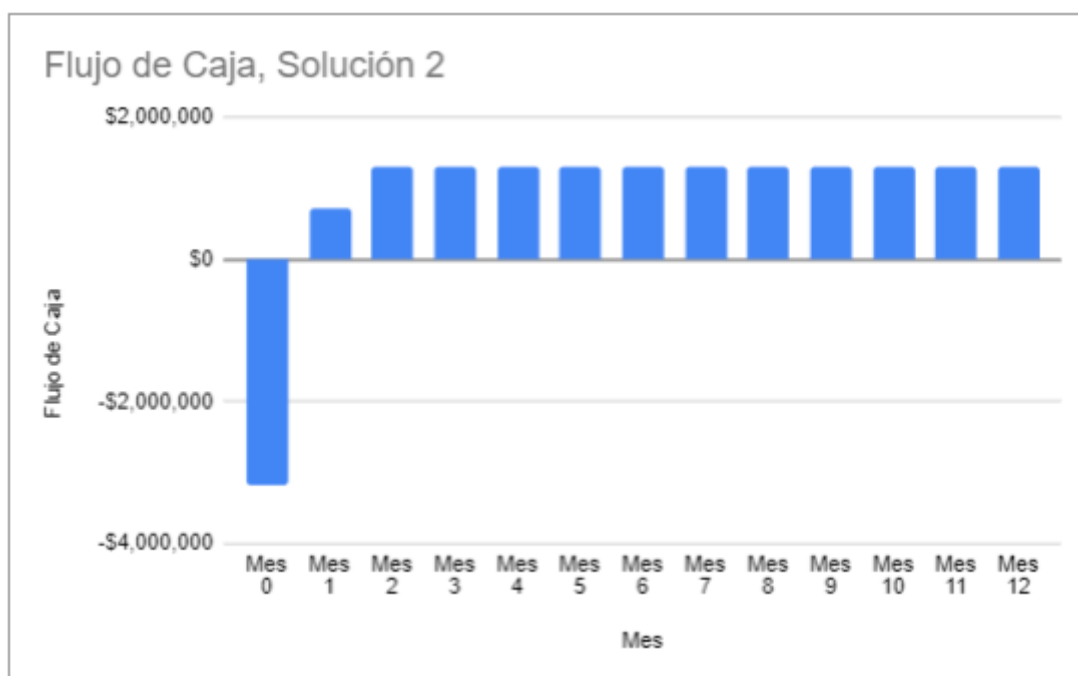


Ilustración 20: Flujo de Caja Solución 2

Al igual que en la problemática anterior, se obtuvieron dos indicadores financieros clave (Tasa de descuento de 8,5%): el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

VAN	\$5,414,750
TIR	35.18%

A partir de los datos obtenidos, se puede afirmar que el proyecto es una opción rentable en el tiempo y una buena alternativa de inversión respecto a opciones alternativas de inversión Cabe

destacar que TIR de esta solución es inferior a la de la solución 1 planteada, pero sigue anteponiéndose a la tasa de descuento alternativa.

Resultados

Implementación solución 1

A partir de lo mencionado en la sección de metodología de la solución 1 se planteó llevar a cabo un proceso de implementación de inicio a fin. Sin embargo, las limitaciones de tiempo y el riesgo burocrático identificado en la matriz de decisión impidieron la implementación de la solución en su totalidad. Los desafíos encontrados en la implementación serán profundizados en la sección de conclusión adjunta. No obstante, se realizó una prueba piloto de la solución, en donde se permitió visualizar el comportamiento de la línea y proyectar los resultados a partir de los datos obtenidos.

Prueba Piloto

El ejercicio consistió en ingresar cajas de formato 1200cc con 10 botellas en el interior. La cantidad de unidades ingresadas y sus respectivas equivalencias son las siguientes:

Unidades ingresadas a la línea	Unidades
Pallets	22
Cajas	880
Botellas	8800

Ilustración 21: Unidades ingresadas en pruebas piloto.

La hipótesis por demostrar señala que al igualar la cantidad de botellas por caja que salen a las que entran, se eliminara la descompensación de la línea.



Ilustración 22: Cajas de formato 1200cc durante prueba piloto.

La estructura del piloto cuenta con las mismas características del proceso de conteo realizado en el Anexo 5, mediante el cual se estimó el valor de la pérdida de OPI-NONA. En donde se contó la cantidad de detenciones en la lavadora de botellas generadas por la problemática estudiada. La razón de realizar la medición en la lavadora se debe a que es la primera máquina en recibir la

detención debido a la compensación de botellas. La detención de la lavadora genera una detención de la llenadora (Ya que no recibe botellas), posteriormente del pasteurizador (ya que no recibe botellas), y así sucesivamente hasta llegar al final de línea. Del mismo modo es más accesible identificar la razón de la detención, ya que en máquinas aguas arriba, las detenciones observadas no pueden ser identificadas con claridad, ya que el ruido en los datos va aumentando con suerte se va avanzando en el proceso de envasado.

El piloto consistió en ingresar 880 cajas con 10 botellas, dentro de una producción de formato 1200cc las cuales fueron incorporadas en la línea por medio de la máquina “Despaletizadora”, estas siguieron el normal recorrido hasta ingresar a la Lavadora de Botellas.

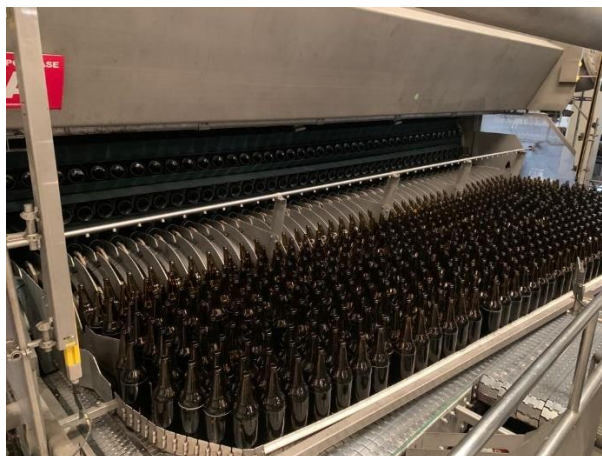


Ilustración 23: Ingreso de Envases a Lavadora de Botellas.

Una vez llegadas las botellas de prueba (Reconocibles por no tener etiqueta) comenzó la medición de detenciones. El intervalo de medición termino una vez ingresada la última botella a la lavadora de botellas.

Resultados solución 1

A partir de la medición descrita se obtuvieron los siguientes resultados:

Resultados y Observaciones	Unidades
Tiempo de medición (horas)	0,53 [horas]
N° de detenciones durante medición	0
Observaciones	Falla en cabezal de despaletizado (30 s.)

Ilustración 24: Resultado y Observaciones Prueba Piloto

La duración de la medición fue de 32 minutos. Durante el tiempo descrito no ocurrió ninguna detención de la lavadora de botellas. Dentro de las observaciones durante la medición, ocurrió un fallo en el cilindro Despaletizador el cual duro 30 segundos, sin embargo, no afecto la continuidad del ingreso de botellas, por ende, no genero una detención de la lavadora



Ilustración 25: Transporte de Botellas durante prueba piloto.

Como se puede visualizar en la fotografía, las botellas se trasladaron a lo largo del transporte de botellas de manera continua, sin interrupciones en el flujo.

Al comparar los datos obtenidos con los del Anexo 5, podemos señalar para un intervalo de tiempo de 32 minutos existe una esperanza de detenciones entre 1 y 2, en comparación a las 0 detenciones obtenidas. Por consiguiente, la hipótesis planteada fue demostrada, ya que igualar la cantidad de botellas por caja que salen a las que entran, se elimina la descompensación de la línea.

En cuanto a los resultados cualitativos, la solución propuesta contribuye a la motivación de los trabajadores involucrados.

- Desde el punto de vista motivacional, los trabajadores de Transportes CCU y los de CCU, aumentarían sus bonos de desempeño, ya que por un lado procesarían más cajas y por el otro aumentarían el OPI-NONA. Ambos resultados están sujetos a bonificaciones monetarias. Incentivos los cuales han demostrado ser efectivos en actividades de tipo manual y repetitivas.
- Desde el punto de vista operacional, los trabajadores señalan que trabajar solo con cajas de 10 botellas, en vez de cajas con 12 y vacías, es una medida de estandarización la cual eliminaría errores operacionales. ("Poke Yoke" como es conocido en la metodología TPS). Ya todas las cajas verdes (formato 1200) serían iguales, por lo que la gestión visual original sería nuevamente aplicada de manera correcta.

El último resultado cualitativo corresponde a la mejora en la comunicación entre los operadores de la línea de envaso y jefaturas. Debilidad señalada en el análisis FODA planteado en un comienzo. Los operadores han solicitado en reiteradas ocasiones solucionar la problemática estudiada a jefaturas y mandos medios, quienes no han podido responder a lo demandado. Por lo que dar respuesta a problemáticas que ellos han podido visualizar, empoderaría a la operación a buscar y proponer oportunidades de mejora, las cuales son cruciales dentro de la metodología de mejora continua, ya que ellos son quienes entienden de mejor manera los procesos y por ende las pérdidas asociadas.

Implementación solución 2

Como fue mencionado anteriormente se aplicará la metodología RCM a la Lavadora de botellas. El *input* del modelo propuesto proviene los manuales del equipo, junto a conocimiento de especialistas y operadores.



Ilustración 26: Lavadora de Botellas línea 1.

Función y Patrón de Desempeño

Función
La lavadora botellas Krones Lavatec KD tiene la función de lavar botellas a una temperatura entre 58°C y 80°C, con una concentración de soda entre 1% y 3,5%, con una velocidad nominal de 38.500.000 botellas por hora, con un tiempo de paso de 34,9 minutos por botella. No es aceptable que las botellas salgan con etiquetas, sucias o con cualquier tipo de residuo sólido o químico.

Ilustración 27: Función Lavadora de Botellas

Contexto operacional

Contexto Operacional:
Equipo expuesto a altas temperaturas debido a las condiciones interna de funcionamiento, soda caustica, ya que es parte de los insumos de funcionamiento y objetos solidos, los cuales corresponden a etiquetas y residuos que llegan en el interior de las botellas. Del mismo modo esta expuesto a polvo ambiental y goteras en temporada de lluvias.

Ilustración 28: Contexto Operacional Lavadora de Botellas.

Diagrama de sistemas

Se definió los sistemas que componen la Lavadora. Estos entregan las directrices de los pasos siguientes:

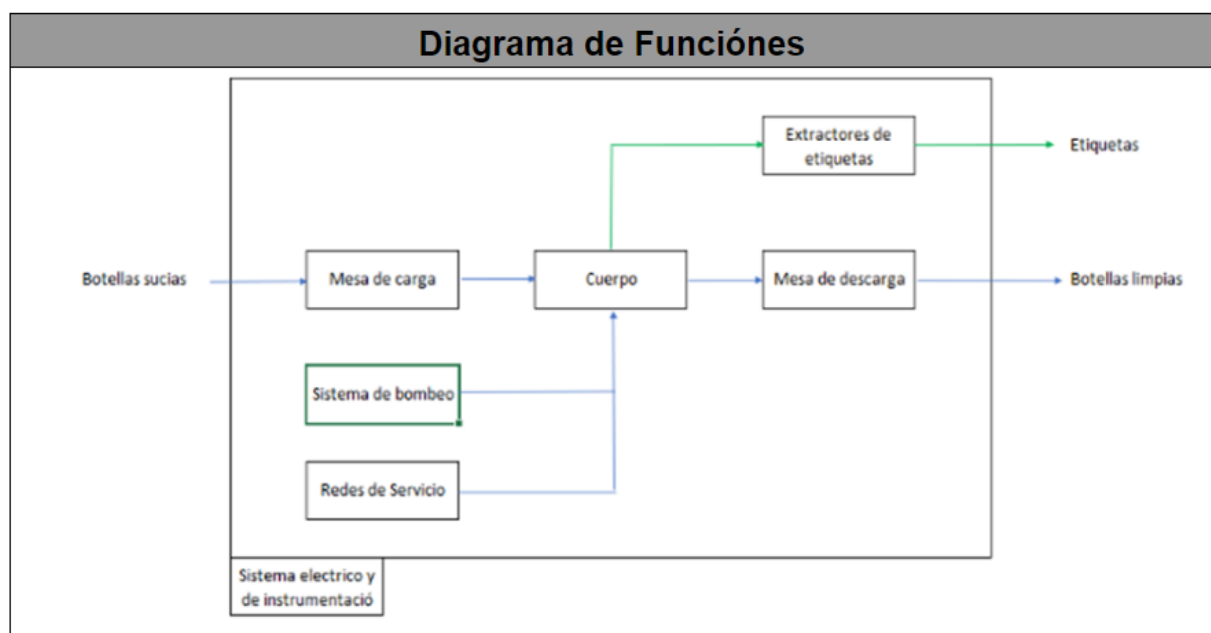


Ilustración 29: Diagrama de Funciones Lavadora de Botellas.

Piezas de Desgaste Natural.

Se obtuvo el listado de piezas que pueden presentar desgaste natural y afectar el funcionamiento del equipo.

Modos de Falla.

Se identificó modo de falla natural de mayor impacto para cada pieza. Ejemplo: desgaste de piezas móviles, resacamiento, deformación, etc.

Análisis Efectos y consecuencias.

En esta etapa, se analizó el efecto y consecuencia de la falla generada por el modo de falla. Lo que permitirá a decidir por uno o por otro tipo de plan de mantenimiento (PM) (correctivo, preventivo, predictivo, etc).

Decisión lógica.

En este paso se decide qué tipo de plan de mantenimiento va a ser aplicado, mediante el flujo de decisión del Anexo 13. En donde a partir de un conjunto de nodos de decisión se construye la estrategia de mantenimiento.

Definición de frecuencias.

La estrategia utilizada para la definición de frecuencia de los planes de mantenimiento es una estrategia ampliamente aceptada en la industria de bebestibles. (Savoldi A, 2019). Los históricos

de falla no existen dentro de los registros de la empresa, del mismo modo que el cambio de ERP realizado hace 2 años limita el volumen de datos. Por consiguiente, se decidió utilizar el histórico de tiempo de vida útil de los subconjuntos definidos por el equipo involucrado y los manuales (Ejemplo propuesto: Anexo 14) con el objetivo de definir la frecuencia de las actividades de mantenimiento.

Análisis de Agrupamiento Tareas

El último paso consistió agrupar las tareas obtenidas, evaluando frecuencia, ejecutor y tiempo de ejecución. Con el objetivo poder realizar los planes de manera eficiente.

Resultados Solución 2

El resultado de la implementación propuesta fue:

- 2 actividades de inspección preventiva Anuales
- 5 actividades predictivas de análisis de aceite y vibración cada 4 meses
- 25 actividades de inspección preventiva y limpieza mensuales
- 10 actividades LILA Semanales
- 5 actividades de cambio mandatorio Anuales

Las cuales fueron debidamente cargadas en el módulo de mantenimiento de la ERP que utiliza la empresa.

El valor de la estrategia propuesta debe ser evaluado en un largo plazo, fundamentalmente debido a la vida útil de los componentes de la lavadora de botellas. Como se comentó en un inicio es un equipo hermético el cual se ingresa a su interior una vez al año, por lo que el diseño de la lavadora es especialmente robusto y duradero. Por consiguiente, se proyectó los resultados en base a la data historia de averías y gastos de mantenimiento.

Proyección OPI-NONA

Se analizaron las detenciones imputadas en la lavadora de botellas en los últimos 12 meses, lo que representa un total de 33 detenciones generadas por averías, equivalente a un total de 12,9 horas. A partir de los datos señalados se evaluó si los planes de mantenimiento hubiesen evitado o no la falla ocurrida considerando el supuesto de que las actividades propuestas fueron debidamente realizadas y en las frecuencias establecidas. Los resultados propuestos por los especialistas, señala que se hubiese evitado un total de 12 de las 33 fallas si las actividades propuestas hubiesen sido aplicadas. Reduciendo un 36% de las Fallas. Lo que en puntos de OPI-NONA representa un total de 0,6% de OPI-NONA, 1,4% bajo lo presupuestado en la evaluación inicial.

Ahorro en repuestos.

La proyección propuesta para el ahorro en repuestos corresponde a un análisis de sensibilidad respecto a lo planteado en la bibliografía Afefy, I. H. (2010), propone que se puede llegar a ahorrar un 22.17%, Smith A, propone un 15% por ciento de referencia. Por otro lado, los planificadores de mantenimiento y especialistas proponen un 10%. En relación a los valores señalados.

Porcentaje	Ahorro en propuestos
22.17%	\$4,687,625
15%	\$3,171,600
10%	\$2,114,400

Ilustración 30: Ahorro Presupuestado en Repuestos.

Por consiguiente, el ahorro proyectado va a fluctuar entre los \$2.144.400clp y los \$4.678.25clp. Valores que están dentro de lo presupuestado en la evaluación económica.

En el análisis de los resultados cualitativos de la estrategia seleccionada, se destacan dos aspectos fundamentales:

Mayor Conocimiento del Sistema

La implementación de esta estrategia ha promovido el entendimiento detallado del sistema. Este mayor conocimiento facilita decisiones más informadas y mejora la eficiencia en la gestión de activos al tener una visión más completa de su funcionamiento.

Seguridad

La estandarización de actividades de mantenimiento, sumado a la revisión periódica de componentes que son potencialmente letales para los operadores, mejora directamente la seguridad de la operación.

Conclusión

Conclusión y análisis solución 1

La solución propuesta representa una alternativa rentable y eficaz a la hora de poder incrementar el OPI-NONA de la línea. Se demostró que la solución permite eliminar las detenciones, aumentar la motivación de los trabajadores y ser rentable para la empresa.

Los resultados proyectados triplican lo presupuestado inicialmente. La falta de concordancia entre lo planteado inicialmente y lo obtenido, se debe la cantidad de información disponible en la fase de levantamiento de problemática y una restricción inicial solo poder modificar los procesos internos de la línea, limitando modificaciones aguas arriba y aguas abajo.

Junto a lo anterior se buscó dar respuesta a los factores que impidieron completar la propuesta de solución. El análisis fue guiado por dos preguntas centrales, la primera de ellas corresponde a ¿De qué forma influyeron los incentivos propios de las empresas, al incumplimiento de la solución, en los tiempos propuestos? En respuesta de la primera interrogante, se identificó que transportes CCU y Cervecera CCU son empresas que, a pesar de pertenecer al mismo *Holding*, velan por incentivos propios y no grupales, en donde cada agente busca maximizar los beneficios de manera aislada, y por consiguiente reducen los beneficios grupales de la compañía. Tales incentivos propios son demostrados por medio de procesos burocráticos y barreras de entrada internas que ralentizan o impiden llegar a acuerdos frente a propuestas tales como la solución propuesta. El ritmo y tamaño de crecimiento de empresas como CCU, genera que cada agente dentro de la cadena de suministros tienda a independizarse una del otro, lo que introduce la segunda interrogante ¿Cuál debe ser el rol de los agentes de la cadena de suministros para reducir los desperdicios? El grupo CCU presenta una estrategia de mercado integrada verticalmente, en donde la fabricación, almacenamiento y logística está en manos del conglomerado. El método de

producción utilizado es principalmente *pull*, por consiguiente, el fundamental poder contar con una cadena de suministros alineada en cuanto a sus incentivos, por medio de contratos que permitan repartir los riesgos y las ganancias de tal modo de mantener la ventaja competitiva con la que cuenta actualmente.

Conclusión y análisis solución 2

La solución propuesta demostró ser efectiva para aumentar la disponibilidad de la línea. Según las estimaciones, se observó una disminución de las averías en un 36% lo representa un 0,6% de OPI-NONA. Dicho valor está bajo de lo proyectado en el objetivo específico y un 1,4% por debajo de lo propuesto en la evaluación económica. Sin embargo, sí se evidenció eficacia en la reducción de los costos de repuestos. Ahora bien, ¿en qué medida la elección de la máquina influyó en los resultados obtenidos? A partir del análisis de los resultados cuantitativos y cualitativos, se identificó que la principal falencia de la solución propuesta radica en la elección de la máquina. La información disponible en la etapa de decisión indicaba que esta máquina tenía el perfil de afinidad más alto con las limitaciones propuestas. Sin embargo, tras analizar los historiales de falla, se pudo identificar que la llenadora podría haber sido un candidato apto para cumplir con el objetivo específico planteado.

A partir de lo señalado, se pudo concluir que el valor de la solución propuesta está en expandir horizontalmente la estrategia a toda la línea. Como se describió en el análisis FODA, la línea tiene la debilidad de ser sensible a detenciones (si se detiene una máquina, rápidamente, se detiene la línea completa), por lo que es crucial reducir las probabilidades de falla en cada una de las máquinas y no en una por separado. Un caso de estudio fue lo ocurrido en la llenadora durante el mes de octubre. La falla de un motor principal por falta de mantenimiento detuvo la línea por más de 14 días en temporada alta, generando quiebre de stock de cervezas en botellas de 1200 cc en el mercado y la necesidad de costear ayuda de técnicos del fabricante desde Europa. Ambos puntos representaron pérdidas millonarias para la compañía. Una de las causas raíz mencionadas en el estudio de la falla, fue la falta de mantenimiento predictivo.

En la actualidad, la lavadora de botellas de la Línea 1 es el primer equipo en las plantas de CCU que cuenta con una estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad, marcando así el primer paso hacia la adopción de la industria 4.0. Para una planta como Quilicura, que dispone de un presupuesto de mantenimiento cercano a los 5 millones de dólares y ostenta una participación de mercado del 68%, la estrategia de RCM representa una oportunidad para mejorar la eficiencia de los procesos operativos, reducir los gastos incurridos y, en consecuencia, mantener la ventaja competitiva de la empresa.

Conclusión Final.

A partir de lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que se logró cumplir con el objetivo general de aumentar un 2% en la línea. Sumando las proyecciones de ambos objetivos específicos, se obtuvo un incremento total del 7,01% en OPI-NONA en la línea estudiada, junto con un ahorro en repuestos que oscila entre \$2.144.400 CLP y \$4.678.250 CLP. Este ahorro representa una reducción de costos operacionales de aproximadamente \$90.000.000 CLP. En cuanto a los objetivos específicos, se destaca que, aunque el primero contribuyó de manera más significativa al objetivo general, constituye una solución con limitada capacidad de expansión horizontal. Por otro lado, la estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad exhibió resultados menores, pero presenta un potencial considerable para ser escalada dentro de la compañía, además de contribuir a la visión de una industria dirigida por los datos.

En conclusión, a lo largo de este proyecto se presentaron dos soluciones fundamentales para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en el mercado industrial. La implementación de estas soluciones, centradas en equilibrar la línea de producción y en la adopción de un modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), no solo busca optimizar la operatividad actual sino también fortalecer la capacidad de adaptación a los desafíos cambiantes del entorno industrial. Estas estrategias, alineadas con la innovación y la eficacia operativa, se consolidan como cimientos esenciales para la competitividad sostenible en los mercados industriales actuales.

Bibliografía:

1. Afefy, I. H. (2010). Reliability-centered maintenance methodology and application: A case study [Vol. 2, No. 11, Article ID: 3165, 4 pages]. Scientific Research Publishing. doi:10.4236/eng.2010.211018
2. Ali, M. H., Saif, A., & Ghasemi, A. (2022). Robust job shop scheduling with condition-based maintenance and random breakdowns. IFAC-PapersOnLine, 55(10), 1225-1230
3. Bamber, C. J., Sharp, J. M., & Hides, M. T. (1999). Factors affecting successful implementation of total productive maintenance. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 5(3), 162-181. doi:10.1108/13552519910282601
4. Chiarini, Andrea. (2015). Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: An Italian manufacturing case study. International Journal of Productivity and Quality Management. 16. 416-433. 10.1504/IJPQM.2015.072414.
5. Hardt, F.; Kotyrba, M.; Volna, E.; Jarusek, R. Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0. Appl. Sci. 2021, 11, 6953. <https://doi.org/10.3390/app1115695>
6. Liker, J. K. (2020). Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. Gestión 2000, p.93-111
7. Quiroz-Flores, J. C., & Vega-Alvites, M. L. (2022). Review Lean Manufacturing Model of Production Management under the Preventive Maintenance Approach to Improve Efficiency in Plastics Industry SMEs: A Case Study. South African Journal of Industrial Engineering, 33(2), 143-156.
8. Savoldi, A., & Dos Santos, A. (2019). Manual Técnico de RCM (Directrices de PMs Saz) ABInBEV, Departamento de mantenimiento.
9. Scholl, A. (1999). *Balancing and sequencing of assembly lines* (2a ed.). Physica-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-11223-6>
10. Sharma, R. (2019) 'Overall equipment effectiveness measurement of TPM manager model machines in flexible manufacturing environment: a case study of automobile sector', Int. J. Productivity and Quality Management, Vol. 26, No. 2, pp.206-222.
11. Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2003). *Rcm--gateway to world class maintenance*. Butterworth-Heinemann.

Anexos

Anexo 1

El OPI-NONA es un indicador utilizado corporativamente en las empresas CCU, el cual es equivalente al Overall Equipment Effectiveness (OEE). Su función es medir la eficiencia de los equipos, mediante el cociente en de horas de funcionamiento de las máquinas, respecto de las que se esperaba estar produciendo. De igual manera permite comparar rendimientos entre líneas y alimentar el modelo generador de programas de trabajo.

$$OPI\ NONA = \frac{Prod.Bueno}{Tpo.Efectivo\ de\ Trabajo}$$

Producto Bueno: Corresponde al tiempo que realmente se estuvo en producción. Una vez que se le imputo las detenciones generadas por:

- **Break Down o Avería:** Se refieren a fallos no planificados en el equipo, durante los cuales el tiempo de paro registrado en la llenadora supera los 5 minutos.
- **Minor Stops, Speed Losses o Paros Menores y pérdidas de velocidad:** Corresponden a cortes en el funcionamiento de la línea menores a 5 minutos en la llenadora.
- **Externals Stops o Detenciones externas:** Son interrupciones en la línea de producción de envasado, cuya causa raíz está fuera del control de los miembros del equipo de trabajo autónomo.
- **Planned Down Times o Detenciones Planeadas:** Corresponden a tiempos no productivos, con los miembros del equipo presentes, debido a actividades planeadas (Aseos, Mantención planificada, reuniones, inicios y términos de producción, revisiones.)
- **Change Over Time o Cambios de Formato:** También corresponden a tiempos no productivos, con los miembros del equipo presentes, debido a actividades planeadas tales como cambio de formato y de pinta.

Tiempo efectivo de trabajo: Corresponde al tiempo de trabajo una vez que se descontaron los órdenes y las actividades planeadas. (NONA: No Order No Activities).

El OPI-NONA de envasado es calculado mediante la suma producto entre el porcentaje de horas efectivas que funcionan las líneas y el OPI-NONA respectivo de cada una de ellas.

Anexo 2

El cálculo de sobre costos asociado a la brecha de OPI-NONA es de \$370.499.200 clp. Dicho valor se calculó mediante el producto entre los costos operacionales (energía eléctrica, agua, dotación, insumos químicos, etc..) asociados cada punto del indicador por la cantidad de puntos bajo la cantidad presupuestada para el periodo:

$$\$370.499.200 = 6,4\% \times \$57.890.500$$

Anexo 3

La caminata Gemba, permite observar el verdadero proceso de trabajo, interactúen con los operadores, adquirir conocimiento sobre el proceso de trabajo y explorar oportunidades para la mejora continua. (J.Liker. 2019).

Anexo 4

La ilustración adjunta muestra el formato de jabs/cajas del formato 1200cc que ingresa actualmente a la línea. Con 12 botellas retornables vacías, las cuales salen de la línea con 10 botellas llenas en su interior. (2 botellas bajo la capacidad de las cajas). Ya que el conjunto que sale a mercado, no puede pesar más de 25 kg. (Límite establecido por la ley N° 20.949 o “Ley del Saco”) Generado una descompensación de la línea.



Ilustración 31: Jabs/Cajas plásticas.

Explicación de Descompensación:

EL caso 0, corresponde al funcionamiento de la línea 1 en el formato 1200 sin ninguna compensación externa. En donde a partir del ratio 10/12, la línea pierde continuidad, debido a la falta de jabs plásticas para retirar las botellas.

Situación sin Compensación			
Entran		Salen	
Jabas con Botellas	10	Jabas con Botellas	10
Botellas Vacías	120	Botellas llenas	100

Ilustración 32: Situación sin compensación.

Como se puede observar en la ilustración, quedarían 20 botellas en el sistema (2 cajas). En vista de la problemática, los operadores actualmente ingresan el faltante de jabas vacías, con el objetivo de balancear la línea. Situación descrita en ilustración adjunta.

Situación Compensada			
Entran		Salen	
Jabas con Botellas	10	Jabas con Botellas	12
Jabas sin Botellas	2		
Botellas Vacías	120	Botellas llenas	120

Ilustración 33: Situación de línea Compensada.

Esta situación, soluciona el desbalance en el flujo del sistema, pero perjudica la eficiencia de la línea, ya que se detiene la línea tanto tiempo como el intervalo que se necesite para ingresar las cajas vacías al sistema (Ya que no ingresan botellas).

Anexo 5

Proceso de Conteo de Detenciones y Posterior Valorización

Las detenciones generadas por el proceso de compensación de línea fueron modeladas por medio de un proceso de conteo de Poisson, en donde se asumieron tres hipótesis:

1. Homogeneidad.
2. Sin memoria
- 3) Sin llegadas simultaneas

Por lo que se podría señalar que un proceso de valores enteros con incrementos independientes, estacionarios y saltos unitarios.

El proceso de conteo fue realizado a partir de las detenciones de la lavadora de botellas, generadas por el ingreso de cajas vacías, con el objetivo de compensar la línea. Se analizaron 20 horas de funcionamiento en donde se obtuvieron los siguientes datos.

Datos Detenciones de Lavadora	
Promedio de detenciones por hora (λ)	3.4 [Detenciones/h]
Promedio de tiempo por Detención	0,037 [h]

Ilustración 34: Datos detenciones de línea generado por compensación.

Entendiendo que la esperanza de un proceso de Poisson de tasa λ es igual a λ , se calculo el porcentaje de perdida de OPI-NONA que representa la compensación de la línea.

A partir de los datos planteados se pudo determinar el tiempo que la línea permanece detenida por la problemática señalada:

$$(1) \text{Tiempo Det.} = 3,4 \left[\frac{\text{detención}}{\text{hora}} \right] \times 0,0037 \left[\frac{\text{hora}}{\text{detenciones}} \right] \times \text{Tiempo efectivo 1200cc}$$

En donde el tiempo efectivo del formato 1200, se calcula por medio de la siguiente formula, en donde la constante corresponde al porcentaje de tiempo que se trabaja el formato en la línea 1.

$$(2) \text{ **Tiempo efectivo 1200cc** } = \text{Tiempo Efectivo L1} \times 0,51\%$$

Del mismo modo, el porcentaje de OPI-NONA que representa un intervalo de tiempo, sobre el tiempo efectivo de la línea, se calcula por medio de la siguiente formula:

$$(3) \% \text{ **OPINONA** } = \left[\frac{t}{\text{Tiempo Efectivo L1}} \right] \times 100$$

Finalmente, a partir de la ecuación (1), (2) y (3) se obtuvo el porcentaje de tiempo que representa la compensación de la línea en el indicador estudiado, independiente del tiempo efectivo

$$(4) \% \text{ **OPINONA** } = \left[\frac{3,4 \left[\frac{\text{detenciones}}{\text{hora}} \right] \times 0,037 [\text{horas}] \times \text{Tiempo Efectivo L1} \times 0,51\%}{\text{Tiempo Efectivo L1}} \right] \times 100$$

$$(5) \% \text{ **OPINONA** } = [3,4 [\text{detención/hora}] \times 0,0037 [\text{hora/detenciones}] \times 0,51\%] \times 100$$

$$(6) \% \text{ **OPINONA** } = [0,0641] \times 100$$

$$(7) \% \text{ **OPINONA** } = 6,41\%$$

Lo que resulta en una pérdida de OPI-NONA de 6,41%. Económicamente representa una sobre costo para la compañía de \$80.297.993 clp, considerando un valor de \$12.526.988 clp. en sobre costos por punto de eficiencia.

Anexo 6

Parámetros de comparación de soluciones:

Parámetro	Descripción
Tiempo de Implementación	Cantidad de tiempo requerido para implementar la solución en la línea de envasado.
Impacto Estimado en KPI	Impacto previsto en los indicadores clave de rendimiento relacionados con la eficiencia general del equipo.
Riesgos Asociados de Implementación	Posibles riesgos y desafíos durante la implementación de la solución en la línea de envasado.
Sostenibilidad de la Solución	Viabilidad a largo plazo de la solución desde el punto de vista ambiental, social y económico.
Inversión Asociada	Cantidad de inversión financiera necesaria para implementar la solución en términos de tecnología y recursos.

Ilustración 35: Parámetros de Comparación de Soluciones

Cada uno de los parámetros tomados, fueron clasificados en clasificados en 5 niveles de impacto, permitiendo de esta manera un perfil de afinidad con el problema propuesto.

Valor	Interpretación
1	Muy Bajo: La solución tiene un impacto mínimo o es deficiente en el parámetro evaluado.
2	Bajo: La solución tiene un impacto limitado o es insuficiente en el parámetro evaluado.
3	Moderado: La solución tiene un impacto moderado o es adecuada en el parámetro evaluado.
4	Alto: La solución tiene un impacto significativo o es muy buena en el parámetro evaluado.
5	Muy Alto: La solución tiene un impacto excepcional o es excelente en el parámetro evaluado.

Ilustración 36: Tabla A2: Niveles de Impacto en Parámetros.

Anexo 7

Mean Time Between Assists (MTBA): En español, "Tiempo Promedio entre Asistencias". Entendiendo asistencia como cualquier acción que realice el operador, con el fin de modificar el normal funcionamiento de los equipos. Tiene como objetivo evaluar la confiabilidad, seguridad y el rendimiento de un sistema. Se refiere al intervalo de tiempo promedio que pasa entre dos asistencias o fallas en un sistema específico. Esta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$MTBA = \frac{\text{Tiempo Total de Observación}}{\text{Número de Accidentes o Fallas}}$$

Anexo 8

Matriz de clasificación A, B, C.

Los equipos de la planta son clasificados en clases A, B, C, según los parámetros adjuntos. La clasificación de estos permite priorizar los recursos de las distintas áreas según el nivel de criticidad que estos representan para la operación, los operadores y el medio ambiente.

Matriz de Clasificación	
Medioambiente (E)	Riesgo de daño medioambiental.
Seguridad (S)	En caso de intervención, causa riesgo potencial a las personas y/o al propio equipo.
Calidad (Q)	En caso de intervención, afectara la calidad del producto.
Trabajo (W)	Disponibilidad de los equipos requeridos por producción.
Plazo de entrega (D)	En caso de intervención impacta en el plazo de entrega hacia el cliente.
Frecuencia (F)	Frecuencia de Averias (MTBF).
Mantenibilidad (M)	Datos historicos del tiempo Historico de reparación (MTTR).

Ilustración 37: Matriz de clasificación A, B, C.

Cada uno de los parámetros descritos tiene tres niveles los cuales representan las distintas clases. Los distintos niveles obtenidos son ponderados mediante un grafo de decisión el cual entrega la clase que corresponda al equipo.

Diagrama de flujo producto línea 1

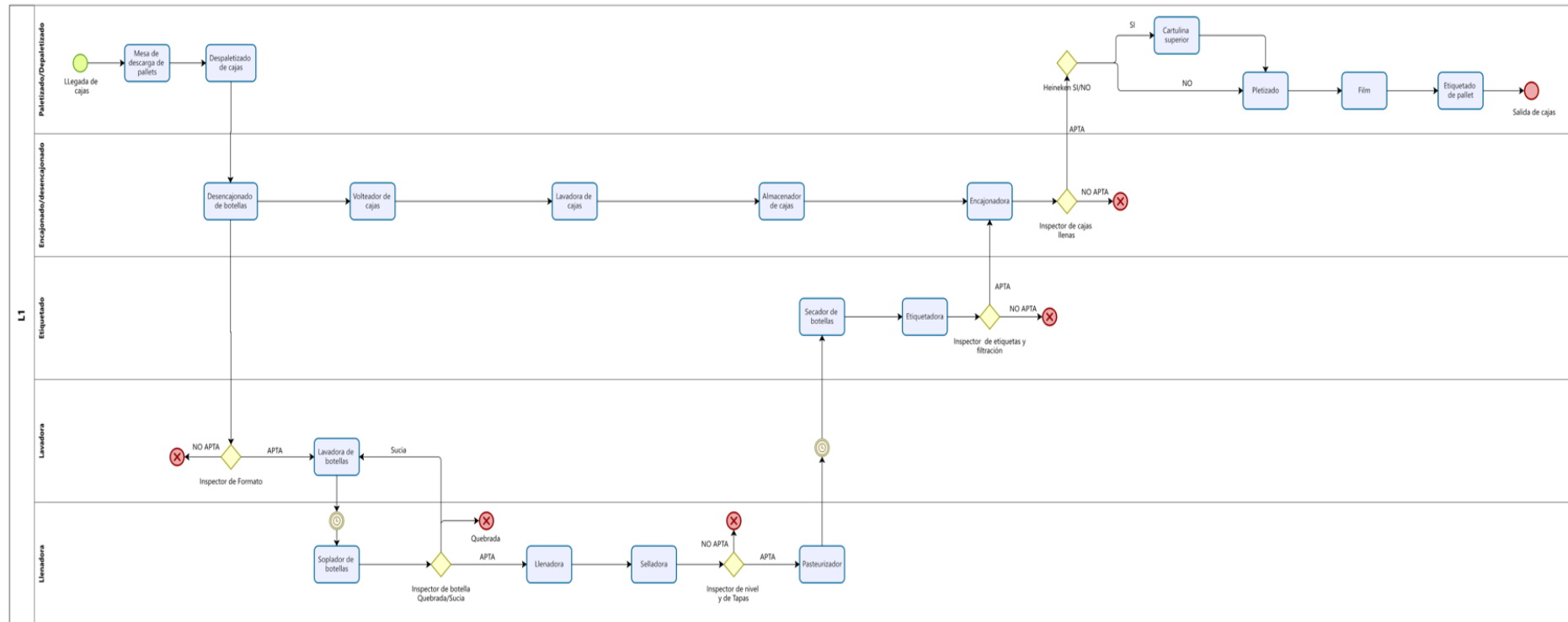


Ilustración 38: Diagrama de Flujo Producto Línea 1.

Anexo 10

Análisis de Causa Raíz.

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ						
Problema Visible	POR QUE 1	POR QUE 2	POR QUE 3	POR QUE 4	POR QUE 5	¿ES CAUSA RAÍZ?
Perida de continuidad operacional por ajustes relacionados manterias primas	Porque las maquinas no llegan a la velocidad nominal de funcionamiento	Porque el funcionamiento nominal de la maquina esta programado para un estandar de materias primas especifico.	Porque las maquinas se comportan de manera distinta con variaciones en los parametros de las materias primas	Porque ingresan materias prima fuera de estandar.	Porque los proveedores entregan la materia prima fuera del estandar.	SI
Variabilidad en los tiempos de cambio de formato.	Porque cada operador lo realiza de manera distinta.	Porque no existe una cordinación en conjunto.	Porque no existe un estandar de cambio de formato.			SI
Detenciones por averias no previstas	Porque el mantenimiento se realiza en base a anomalias visibles	Porque las ordenes de mantenimiento son principalmente solicitadas en base a actividades de inspección.	Porque se desconoce la etapa del ciclo de vida de los componentes	Porque no existe un plan de mantenimiento preventivo establecido		SI
Detenciones por Compensación de línea	Porque se detiene la línea para ingresar cajas vacias.	Porque se necesita compensar el sistema de cajas	Porque se requiere una mayor cantidad de cajas para retirar una misma cantidad de botellas. (Respecto de las que entran)	Porque sale una cantidad distinta de botellas por caja de las que entran al sitema	Porque la línea es abastecida con 12 botellas por caja.	SI

Ilustración 39 Herramientas de causalidad de 5 porqué

Anexo 11

Etapas de metodología solución 1

1. **Construcción de propuesta de solución:** Esta fase, consiste en poner construir un análisis costo-beneficio de la solución.
2. **Aprobación de propuesta, gerencia CCU:** Esta fase consiste en presentar la propuesta y velar por su aprobación.
3. **Aprobación modificación proceso de clasificación, TCCU:** Fase compuesta por gestión de propuesta de la contraparte.
4. **Generación y perfeccionamiento de nuevo estándar de llenado de cajas:** La cuarta fase consiste en generar un nuevo estándar de clasificación. Proceso fundamental dentro de la metodología TPM, ya que corresponde a la estandarización de los procesos y a su posterior perfeccionamiento de manera continua con el objetivo de reducir al mínimo los desperdicios presentes.
5. **Acompañamiento y medición de resultados:** La última fase consiste en un acompañamiento de la implementación tanto en la línea de envasado como en el área de clasificación de TCCU. Y posterior medición de resultados.

Anexo 12

Etapas de metodología solución 2

- **Identificar Activos y Funciones:** En esta etapa, se identifican los activos esenciales de la línea y sus funciones.
- **Identificar Modos de Falla y Causas:** Se analizan los posibles fallos de los activos y se investigan las causas.
- **Evaluar Consecuencias y Severidad:** Se evalúan las consecuencias de las fallas y se determina su gravedad, considerando el impacto en la seguridad, producción y costos para priorizar las áreas de enfoque.
- **Desarrollo de Estrategias de Mantenimiento:** Se crean estrategias específicas para abordar los modos de falla, que pueden incluir mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo y actividades LILA.¹
- **Implementación de Estrategias de Mantenimiento:** Carga de actividades de mantenimiento a ERP de SAP, con el objetivo de que sean incluidas en las rutinas operacionales
- **Acompañamiento y Medición:** Se realiza un seguimiento continuo de las estrategias implementadas, monitoreando indicadores clave y haciendo ajustes según sea necesario, mientras se brinda apoyo y formación al personal para garantizar la sostenibilidad del proceso.

¹ **Actividades de Limpieza, Inspección, Lubricación y Ajuste (LILA):** Son actividades de mantenimiento menor realizadas por los operadores o mantenedores autónomos, las cuales son realizadas con una frecuencia definida, con el objetivo de mantener la condición básica de mantenimiento.

Anexo 13

Flujo de decisión lógica de plan de mantenimiento:

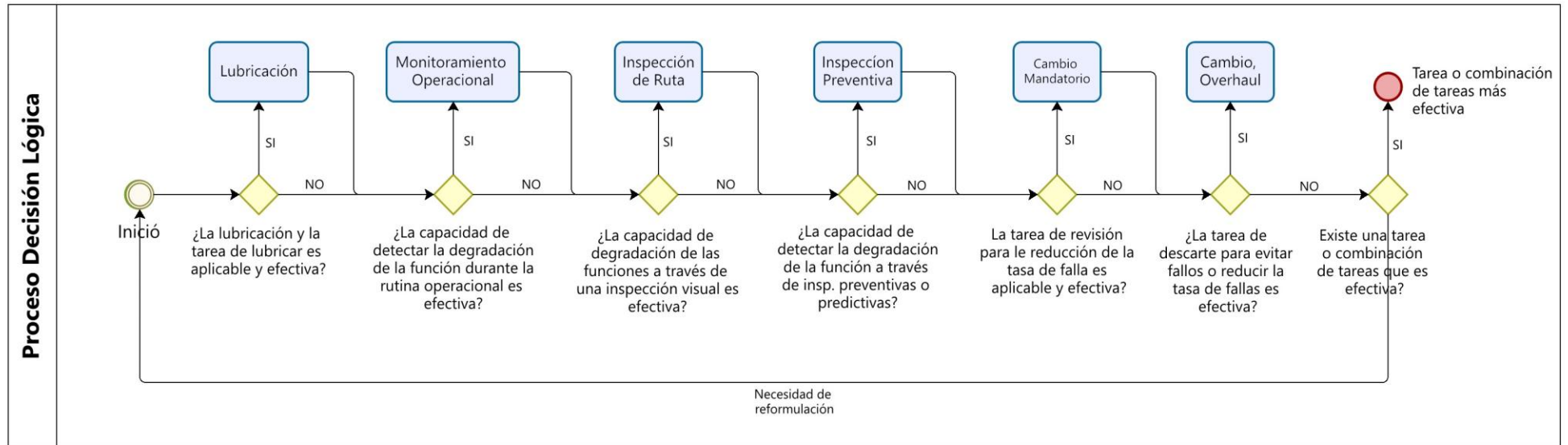


Ilustración 40: Diagrama de Flujo Decisión lógica de PM

Anexo 14

En base a lo planteado por la bibliografía (Savoldi A 2019) el método de decisión de frecuencia en base a histórico de vida útil es el siguiente:

Ejemplo en Tareas de Inspección

Tiempo de vida útil de la pieza "X" = 18 meses.

- Frecuencia Equipo Crítico A = $18 / 3 = 1$ inspección cada 6 meses.
- Frecuencia Equipo Crítico B = $18 / 2 = 1$ inspección cada 9 meses.
- Frecuencia Equipo Crítico C = $18 / 1 = 1$ inspección cada 18 meses.

Ejemplo en Tareas preventivas:

Tiempo de vida útil de la pieza "X" = 18 meses.

- Frecuencia Equipo Crítico A = $18 * 0,80 = 1$ cambio cada 14 meses.
- Frecuencia Equipo Crítico B = $18 * 0,85 = 1$ cambio cada 15 meses.
- Frecuencia Equipo Crítico C = $18 * 0,90 = 1$ cambio cada 16 meses.

Anexo 15

Flujos de Caja Solución 1

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Beneficios		\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993	\$8,919,993
Costos Fijos		-\$369,250.00	-\$369,250.00										
Costos de Variables		-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491	-\$152,491
Depreciaciones Legales		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad Antes de Impuestos		\$8,398,252	\$8,398,252	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502	\$8,767,502
Impuesto a las empresas (27%)		-\$2,267,528	-\$2,267,528	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226	-\$2,367,226
Utilidad Después de Impuestos		\$6,130,724	\$6,130,724	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276
Depreciaciones		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ganacias de Capital		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo Operacional		\$6,130,724	\$6,130,724	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276
Inversión Fija		-\$1,107,750											
Capital de Trabajo		0											
Flujo de Caja Puro		-\$1,107,750	\$6,130,724	\$6,130,724	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276	\$6,400,276

Ilustración 41: Flujos de Caja Solución 1

Anexo 16

Flujos de Caja Solución 2

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Beneficios OPI-NONA		\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831	\$2,093,831
Ahorro Repuestos		\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00	\$264,300.00
Costos Fijos		-\$795,820.00											
Costos de Variables		-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799	-\$568,799
Depreciaciones Legales		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad Antes de Impuestos		\$993,512	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332	\$1,789,332
Impuesto a las empresas (27%)		-\$268,248	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120	-\$483,120
Utilidad Después de Impuestos		\$725,264	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212
Depreciaciones		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Ganacias de Capital		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo Operacional		\$725,264	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212
Inversión Fija		-\$3,183,280											
Capital de Trabajo		0											
Flujo de Caja Puro	-\$3,183,280	\$725,264	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212	\$1,306,212

Ilustración 42:Flujos de Caja Solución

