

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO CON BASE EN LA FILOSOFÍA LEAN
MANUFACTURING PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE BEBIDAS
ALCOHÓLICAS DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA

NATHALIA CARDONA VINASCO
ELIZABETH TIRADO RÍOS

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL, VALLE
2017

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO CON BASE EN LA FILOSOFÍA LEAN
MANUFACTURING PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE BEBIDAS
ALCOHÓLICAS DEL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA.

NATHALIA CARDONA VINASCO

ELIZABETH TIRADO RÍOS

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el título de Ingenieros
Industriales

Director

Ingeniero Industrial

MAURICIO ALEJANDRO BUITRAGO SOTO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ZARZAL, VALLE

2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la oportunidad de vivir, y guiarnos a lo largo de la carrera, por iluminar nuestras mentes, y ayudarnos a lograr nuestros objetivos, por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo este proceso.

A nuestros padres y familia que han sido nuestro pilar fundamental en todo lo que somos, por darnos la oportunidad de haber tenido una excelente educación, inculcarnos valores y contar con su apoyo incondicional.

Agradecemos la confianza, ayuda y dedicación de los profesores: Mauricio Alejandro Buitrago y Orlando Triana por haber compartido con nosotras sus conocimientos.

Nathalia y Elizabeth

RESUMEN

El presente trabajo describe el análisis y diagnóstico de una empresa de embotellado de bebidas alcohólicas del Norte del Valle del Cauca, en la cual se desarrollan diferentes propuestas de mejora continua.

La mejora continua puede definirse como pequeños cambios incrementales en los procesos productivos o en las prácticas de trabajo que permiten mejorar algún indicador de rendimiento (Grütter et al., 2002), dicha mejora debe ser constante ya que se busca el perfeccionamiento global de una empresa y del desempeño de sus procesos.

En este orden de ideas, se presenta la siguiente propuesta basada en la metodología Lean Manufacturing, analizando los factores claves del proceso, con el objetivo de disminuir los desperdicios durante la fabricación de la bebida, permitiendo mejorar la calidad y eficiencia de la línea de embotellado.

Debido a que la empresa actualmente no tiene establecido ningún parámetro de estandarización se propone indicadores con base en un muestreo de trabajo para establecer los porcentajes de improductividad, así como un estudio de tiempos estándar de operación de los procesos involucrados.

Inicialmente se procedió a realizar el VSM (Value Stream Mapping) para la situación actual de la Empresa, logrando identificar las falencias más representativas de la cadena tales como mermas, y tiempo muerto por paradas en planta y así contrarrestarlas implementando herramientas básicas de Lean Manufacturing como SMED (Single Minute Exchange Of Die) para la reducción de los tiempos de alistamiento y TPM (Total Productive Maintenance) para la reducción de desperdicios, siendo estas validadas mediante un modelo de simulación para comparar la situación obtenida antes y después de ser ejecutadas, logrando el aumento del nivel de eficiencia de la línea de producción de un 50% a un 74%.

Cada propuesta de mejora complementa a la otra, permitiendo fijar objetivos comunes que conllevan a un mismo resultado permitiendo a la empresa aprovechar los recursos disponibles y al mismo tiempo aumentar su rentabilidad al tener más tiempo disponible para la producción, incrementando sus ventas y su posicionamiento en el mercado Nacional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. MARCO TEÓRICO	16
4.1.1. Costos de no calidad	16
4.1.2. Lean Manufacturing	18
4.2. CASOS DE APLICACIÓN	20
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	24
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO	24
5.2. EL PRODUCTO.	28
5.3. PROCESO PRODUCTIVO	29
6. DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS RELEVANTES	34
6.1. ANÁLISIS DE CAUSAS DE LOS PROBLEMAS	40
6.1.1. Desperdicios.	40
6.1.2. Tiempo muerto por paradas en planta.	42
7. PROPUESTAS DE MEJORA.	44
7.1. PROPUESTA DE MEJORA N°1.	45
7.1.1. Situación actual.	46
7.1.2. Situación propuesta.	50
7.2. PROPUESTA DE MEJORA N°2.	67

7.2.1. Situación actual	69
7.2.2. Situación propuesta	70
8. MODELO DE SIMULACIÓN.	80
8.1. SITUACIÓN ACTUAL.	80
8.2. SITUACIÓN PROPUESTA	83
9. ANÁLISIS ECONÓMICO	86
10. CONCLUSIONES	91
11. RECOMENDACIONES	92
12. BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	95

Lista de tablas.

Tabla 1. Número de operarios por áreas	26
Tabla 2. Resumen unidad de producción de la línea.	26
Tabla 3 .Resumen producción día promedio	27
Tabla 4. Resumen de equivalencias	27
Tabla 5. Costo insumos del producto	28
Tabla 6. Características Fisicoquímicas	28
Tabla 7. Frecuencia de causas de no calidad	34
Tabla 8. Costos Hora – Hombre, Hora – Máquina línea de producción	39
Tabla 9. Propuesta de mejora	44
Tabla 10. Situación actual cambio de formato en la lavadora	46
Tabla 11. Situación actual cambio de formato en la rubinadora.	47
Tabla 12. Situación actual cambio de formato en la llenadora.	48
Tabla 13. Situación actual cambio de formato en la etiquetadora.	49
Tabla 14. Herramientas correspondientes a cada máquina	51
Tabla 15. Situación propuesta cambio formato máquina Lavadora.	52
Tabla 16. Situación propuesta cambio formato máquina Rubinadora.	53
Tabla 17. Situación propuesta cambio formato máquina Llenadora.	54
Tabla 18. Situación propuesta cambio formato máquina Etiquetadora.	55
Tabla 19. Especificaciones máquinas línea de embotellado	70
Tabla 20. Actividades de mantenimiento.	78
Tabla 21. Costo implementación de propuestas.	87
Tabla 22. Análisis económico propuesta	87
Tabla 23. Consumo de energía línea caso de estudio.	88
Tabla 24. Consumo de energía por máquina.	89

Lista de figuras.

Figura 1. Zona Norte del Valle del Cauca, ubicación empresa caso de estudio	24
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso	25
Figura 3. Botella de vidrio 750 ml	29
Figura 4. Bosquejo distribución de la planta.	31
Figura 5. Value Stream Mapping sistema actual.	31
Figura 6. Causa-efecto desperdicios (Porcentaje de Mermas de botellas, tapas y etiquetas)	40
Figura 7. Causa-efecto paradas de planta	42
Figura 8. Carro Porta Herramientas	50
Figura 9. Pilares TPM	68
Figura 10. Diagrama de Gantt, Cronograma TPM	79
Figura 11. Modelo situación actual.	81
Figura 12. Resultados SIMAN situación actual.	82
Figura 13. Resultados SIMAN modelo propuesto.	84

Lista de Gráficas.

Grafica 1. Diagrama de Pareto causas de no Calidad	35
Grafica 2. Merms de botellas	36
Grafica 3. Merms de tapas	37
Grafica 4. Merms de etiquetas	37
Grafica 5. Merms de botellas, tapas y etiquetas	38
Grafica 6. Diagrama de Gantt	67
Grafica 7. Resultados t – Pareada situación actual del proceso.	83
Grafica 8. Prueba t-Pareada modelo propuesto.	85
Grafica 9. Prueba comparación de modelos.	85
Grafica 10. Diferencia estándar actual vs propuesto.	86
Grafica 11. Costo anual KW	90
Grafica 12. Costo mensual de KW	90

Lista de Anexos

Anexo A. Formato cronograma de mantenimiento preventivo.	95
Anexo B. Check-List mantenimiento preventivo.	96
Anexo C. Tarjeta roja de anormalidades TPM.	97
Anexo D. Tarjeta azul de anormalidades TPM.	98

INTRODUCCIÓN

La investigación, la innovación y la aplicación adecuada de los nuevos recursos marcan el éxito ante las situaciones de cambio haciendo que los resultados finales sean óptimos y favorables para la empresa, para esto es necesario identificar procesos claves que fortalezcan a la organización, además de asegurar el control de los mismos, una de las nuevas herramientas para lograr el sostenimiento continuo de una empresa buscando la maximización de la productividad, no solo orientándose a la reducción de los costos, sino también a maximizar la eficiencia en los procesos, y por lo tanto crear compañías competitivas en los respectivos mercados es la metodología Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing es un enfoque de mejora de la productividad y calidad que han sido implementado con gran éxito en grandes, medianas y pequeñas empresas a nivel mundial, en el ámbito de la manufactura y los servicios. La implementación de esta metodología ha sido aplicada hasta el día de hoy para ofrecer un mejor producto o servicio al cliente de una manera más rápida y al coste más bajo posible. (Michael George, 2002)

Muchas empresas que han asumido la estrategia Lean Manufacturing han invertido recursos en su implantación y experimentado mejoras en el funcionamiento de sus procesos, reducción de costos e incrementos notables de la satisfacción de sus clientes, lo que se ha traducido en un aumento de los beneficios empresariales, amortizando en un corto espacio de tiempo las inversiones efectuadas en la implementación de esta metodología de mejora. Recuperado de: www.leansisproductividad.com

El presente trabajo es el resultado de la formulación de un problema desarrollado en una línea de llenado de bebidas alcohólicas de la región, la cual consta de máquinas que conforman la línea donde se generan desperdicios que conllevan a incrementos en los costos de producción y mantenimiento de maquinaria. Para ello es necesario definir diferentes etapas como: establecer los factores claves en los cuales la línea debe prepararse para implementar Lean Manufacturing; plantear la identificación de focos de mejora, definición de un proyecto; y por último, la evaluación de los resultados obtenidos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la industria manufacturera, la licorera ha tenido relevancia en la zona norte del departamento, lo cual le exige a estas mayor eficiencia y productividad para la generación de un mercado competitivo basado en la disminución de costos y aumento de la calidad.

Los altos costos y baja eficiencia de ejecución generados por los diversos inconvenientes o fallos presentados en las líneas de producción en las empresas embotelladoras dieron pie para replantear las estrategias utilizadas para la ejecución de las actividades, buscando disminuir el número de fallas existentes que generan altas pérdidas en la producción y aumentan considerablemente los costos relacionados en horas extras de uso de mano de obra y programación de maquinaria. (Beltrán, J. /2007)

En dichas empresas se han logrado identificar cierto tipo de actividades que no agregan valor al proceso, tales como el procesamiento de producto en mayor cantidad a lo requerido por el cliente, por otra parte, se encuentran los movimientos innecesarios para trasladar el producto, material o parte de un lugar a otro, además de determinar tiempos muertos correspondientes a las actividades de los operarios u ociosidad del mismo en el proceso que se deriva de la avería de máquinas y espera de material. Por otro lado, se encuentran otras actividades que no añaden valor como el exceso de inventario innecesario de materiales, partes, producto en proceso y terminado, de igual manera la repetición o corrección de procesos se incluye entre estas actividades generando costos de no calidad en este tipo de organizaciones. (Liker J.K, & Meier, D. 2006)

Toda empresa debe tener en cuenta que la identificación de cada uno de estos desperdicios es importante, pero lo fundamental es eliminarlos o minimizarlos, pues esto significa la satisfacción del cliente, ya que cada uno de ellos representa un costo de no calidad para las organizaciones, teniendo en cuenta que el 43% del total de estos costos están constituidos por los defectos, el 25% son dados por esperas, otro 20% es representado por los inventarios, ya sea de producto terminado o en proceso, y por ultimo un 12% restante que se ve reflejado en otro tipo de desperdicios (Quezada M & Garza J, 2013). La empresa objeto de estudio actualmente desarrolla sus actividades de manera poco planificada y empírica haciendo un uso inapropiado de su capacidad laboral, maquinaria y otros recursos; lo cual trae como consecuencia la aparición de tareas que no agregan valor al proceso, al producto, al cliente y a los accionistas de la empresa.

Se identifican desperdicios en el proceso debido a que no existen indicadores o estándares que regulen la operación, entre estos se encuentra el tiempo muerto por paradas no planificadas y desperdicios tanto de materia prima (botellas, tapas, etiquetas) como de producto terminado, en ambos casos presentados por averías en las máquinas de la línea, puesto que no se implementa un programa de mantenimiento preventivo con el fin de evitar errores que posteriormente afectan en la calidad del producto. La empresa no lleva registro de estas actividades y por tanto no tiene definido el valor que representan estos costos para el proceso.

Con base en lo anterior, se deriva la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué forma la aplicación de la metodología Lean Manufacturing contribuye a la mejora de la productividad de la línea embotelladora de bebidas alcohólicas en la empresa caso de estudio?

2. JUSTIFICACIÓN

La empresa caso de estudio genera costos de no calidad derivados del proceso productivo los cuales pueden ser contrarrestados o eliminados mediante la metodología Lean Manufacturing ya que esta permite establecer cómo mejorar los procesos, desde la identificación de la causa raíz del problema mediante la investigación, como se hará para este proyecto proporcionando evidencia objetiva para elaborar un plan enfocado en la mejora continua. Por tal razón este proyecto está encaminado al diagnóstico de la empresa por medio de visitas en campo y revisión bibliográfica, ya que no se tienen datos históricos que soporten las actividades involucradas.

Para la implementación de Lean Manufacturing no se depende principalmente de los recursos ni de la tecnología dispuesta por la empresa, pues por encima de todo es necesaria la voluntad y resolución por parte de los integrantes de la empresa y en particular de su dirección (Cuatrecasas, 2007). Asimismo, “el objetivo de la transformación del proceso a los principios Lean Manufacturing es eliminar de los procesos las actividades que no aporten valor añadido e introducir la flexibilidad necesaria para adaptar la producción a una demanda fluctuante” (Cuatrecasas, 2007).

La implantación de Lean Manufacturing beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de estos beneficios que genera son: reducción de costos de producción, reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega (lead time), mejor calidad, menos mano de obra, mayor eficiencia de equipo y disminución de los desperdicios. Además la aplicación de esta metodología abre paso a nuevos conceptos que se usan para maximizar el rendimiento y reducir los costos a todo nivel basada en una filosofía de mejoramiento continuo. A corto plazo, Lean Manufacturing aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos; a largo plazo contribuye a una metodología de diagnóstico, diseño robusto, establecimientos de tolerancias; al tiempo que aporta un medio sencillo de comunicación y establecimiento de metas. . (Womack, J.P., & Jones, D.T., 2010, Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation)

Con base en lo anterior, el presente proyecto se orienta en establecer una propuesta metodológica basada en la filosofía Lean Manufacturing que contribuya a mejorar la productividad de una línea embotelladora de bebidas alcohólicas del Norte del Valle del Cauca.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta de mejora con base en la filosofía Lean Manufacturing para una línea de llenado de bebidas alcohólicas, que contribuya a minimizar los costos de no calidad.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los problemas relevantes asociados a la línea de embotellado de bebidas alcohólicas objeto de estudio.
- Estructurar un plan de mejoramiento que permita la minimización de costos de no calidad para la línea de embotellado objeto de estudio.
- Realizar un análisis económico para la validación del plan de mejoramiento propuesto para la línea de embotellado.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. COSTOS DE NO CALIDAD

Juran (1988), al definir el concepto de costos de la calidad, afirma que la tendencia ha sido la de igualar el significado de estos con los de una mala calidad, principalmente con los costos de hallar y corregir el trabajo defectuoso.

En la práctica, cuando se trata de calcular el costo de la calidad no se tiene en cuenta todos y cada uno de los aspectos relacionados con la calidad, sino que se desestiman aquellos que son indirectos, que su cálculo es imposible, o incluso que su estimación es bastante arbitraria; por el contrario, se concede la mayor atención a aquellas partidas o aspectos que constituyen la parte más directa y tangible del costo de la calidad.

Los principales objetivos que impulsan a las empresas hacia programas de evaluación de los costos de la calidad son (Juran, 2008):

- Cuantificar la importancia del problema en un lenguaje que impacte a la alta dirección
- Identificar las principales oportunidades para la reducción de costos
- Identificar oportunidades de reducción de la insatisfacción de los clientes y demás problemas similares, para aumentar la posibilidad de venta de los productos.
- Ampliar el control presupuestario y de costos.
- Estimular la mejora por medio de la publicación de datos.

La incidencia de los costos de calidad es muy amplia y recae no solamente en los productores, sino sobre consumidores y comerciantes y sobre las actividades a lo largo del proceso de producción y consumo.

Es común desglosar el costo de la calidad en cuatro grandes grupos:

- ✓ **Costos de prevención:** se definen como el conjunto de costos de las diferentes tareas llevadas a cabo por la empresa con el propósito de planificar, mejorar y mantener un sistema de calidad; es decir, en los que incurre para prevenir la aparición de defectos y asegurar económicamente un nivel de calidad definido.

- Elementos:
 - Planificación de la calidad
 - Revisión de nuevos productos
 - Planificación del proceso
 - Control del proceso
 - Auditoría de la calidad
 - Evaluación de la calidad de los proveedores
 - Formación
- ✓ **Costos de evaluación:** constituyen los diversos cargos económicos que ejecuta la empresa, como consecuencia de actos cuyos objetivos inmediatos son asegurar que la calidad de los productos que se ponen en el mercado corresponde a los niveles establecidos.
- Elementos:
 - Control de recepción
 - Control del proceso
 - Control final
 - Auditoría de la calidad del producto
 - Mantenimiento de la precisión de los equipos de ensayo
 - Materiales y servicios para la inspección
 - Comprobación de las existencias
- ✓ **Costos por fallas internas:** integran el conjunto de cargas económicas de la empresa, originadas por los errores producidos al satisfacer las exigencias de calidad y que se producen en el interior de la sociedad antes del envío de los productos al mercado.
- Elementos:
 - Desperdicios
 - Reproceso
 - Análisis de fallas
 - Desperdicios y reproceso de los productos recibidos de los proveedores
 - Repetición de inspecciones y ensayos
 - Perdidas evitables en el proceso
 - Reducción de precios
- ✓ **Costos por fallas externas:** pueden definirse como las cargas económicas soportadas por la sociedad debido a fallas del producto una vez en poder de los clientes.

- Elementos:
 - Gastos de garantía
 - Liquidación de reclamaciones
 - Materiales devueltos
 - Rebajas

Los tres primeros constituyen lo que se conoce con el nombre de costos internos de calidad, es decir, aquellos que se generan en el interior de la empresa antes de que los productos salgan al mercado. El último grupo representa los costos externos de la calidad.

4.1.2. LEAN MANUFACTURING

Es una metodología que se conforma por un conjunto que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, consiguiendo eliminar el desperdicio (inventarios, tiempos, productos defectuosos, transporte, almacenaje, maquinaria y mano de obra) e identificar las actividades que no agregan valor al producto y al proceso, con el fin de generar beneficios tangibles para el cliente final. (Padilla, L. 2010. Lean Manufacturing Manufactura esbelta/ágil. *Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN*, 2076, 3166)

Está definida como una filosofía de excelencia de manufactura basada en: eliminación de desperdicio, respeto por el trabajador, procesos continuos de análisis (KAIZEN), mejora continua de la productividad y calidad, producción “PULL” y elementos a prueba de fallos (Poka Yoke) (Womack & Jones, 2003).

Para implementar esta filosofía en una empresa es importante tener en cuenta tres factores: el cliente, ya que este decide cuales características son las que desea en el producto y por consiguiente las que agregan valor al producto, el flujo del proceso y el concepto de producción ya sea “push” o “pull”. Estos factores deben ser traducidos a atributos del producto y posteriormente incorporarlas al diseño y proceso de manufactura, de igual manera es importante estudiar las fases del proceso de producción, determinar cuáles actividades son enriquecedoras y cuales hay que eliminar o cambiar. (Quesada-Pineda, H.J., Buehlmann, U., & Arias, E. 2013. Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria de Productos de Madera)

El objetivo de “Lean Manufacturing” es implementar una doctrina de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad, además de proporcionar las herramientas para sobrevivir en un mercado global

que exige calidad más alta, entrega rápida a más bajo costo y en la cantidad requerida (Womack & Jones, 2003).

El soporte a los principios de “Lean Manufacturing”, se lleva a cabo en tres áreas básicas: gestión, planificación y ejecución y reducción de actividades sin valor añadido. En el área de gestión, analiza todos los procesos y prácticas respecto a una serie de indicadores clave, y establece criterios fundamentales que sirven de punto de partida para medir las mejoras y progresos durante el proceso de implementación. En el área de planificación y ejecución, la fabricación comienza cuando el cliente hace el pedido. Mediante el sistema Kanban se establece un flujo ordenado y automático de materiales, tanto en lo que se refiere a peticiones y a requerimientos de materiales, como a cantidades, proveedores y lugares de distribución, basándose en la demanda real. (González Sanmartín, J.A. 2010)

Finalmente, el sistema “lean” incide con especial interés en la reducción de actividades que no aportan valor agregado e identifica siete tipos de desperdicios:

- **Exceso de producción:** producir más de lo que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo.
- **Retrasos:** por falta de planificación, de comunicación o de tardanza en el suministro de materiales, herramientas e información.
- **Movimientos innecesarios:** transporte desde o hacia el lugar del proceso, los materiales se deberían entregar y almacenar en el punto de fabricación para evitar traslados innecesarios.
- **Inventarios:** se deben reducir al mínimo ya que suponen un costo financiero y de almacenamiento.
- **Reproceso:** dedicar más esfuerzos de los necesarios en revisiones y actualizaciones; a calidad debe estar presente en todas las etapas del proceso de forma que cada una de ellas sea correcta desde el principio.
- **Defectos:** consumen una parte importante de los recursos para su solución, aumenta los costos y el tiempo de trabajo.
- **Desplazamientos:** los trabajadores deben tener a su disposición todas las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos.

La implementación de Lean Manufacturing es importante en diferentes áreas, ya que se emplea diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y a sus trabajadores. Algunos de los beneficios que genera son:

1. Reducción en costos de producción
2. Reducción de inventarios y del tiempo de entrega
3. Mejor calidad
4. Menos mano de obra
5. Mayor eficiencia de equipo

6. Disminución de desperdicios
7. Evita sobreproducción
8. Reduce tiempos de espera
9. Reduce transporte y/o movimientos.

Los principios clave de Lean Manufacturing según Womack, Jones & Roos, 2007, son:

- **Calidad perfecta a la primera:** búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas desde su origen.
- **Minimización del desperdicio:** eliminación de todas las actividades que no son de valor agregado y optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- **Mejora continua:** reducción de costos, mejora de la calidad y aumento de la productividad.
- **Procesos “Pull”:** los productos se jalan por el cliente final, no se empujan por la producción.
- **Flexibilidad:** producir rápidamente diferentes variedades de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores considerando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información (George, 2003)

En conclusión, Lean Manufacturing es una metodología que permite optimizar los recursos de una empresa y lograr hacer más con menos. Provee las estrategias para llevar a cabo una tarea más eficientemente gracias a la continua re evaluación del proceso para convertir el desperdicio en valor. (Womack & Jones, 2003)

4.2. CASOS DE APLICACIÓN

Taiichi Ohno y Eiji Toyoda, 1945, en la compañía automovilística más importante de Japón, Toyota, inicio lo que se llamaría el Sistema de Producción Toyota, y que más tarde sería Lean Manufacturing. Enfocándose en eliminar desperdicios, tanto de materiales como de tiempo, deteniendo las máquinas desde que se identificaba un defecto para evitar que continuara en el proceso, lo que se denomina “JIDOKA o automoción”. Además se utiliza el concepto de reposición de materiales “KANBAN o supermercado”. También se determinan los dos pilares del sistema de producción, JIDOKA y Justo a Tiempo, siendo esta la mejor manera de trabajar al tener cerca el material necesario cuando vaya a ser utilizado. Se comprueba que cuesta menos producir cantidades pequeñas de un producto por dos razones: producir pequeñas cantidades ahorra dinero y espacio en la empresa de mantener el inventario, como se

requiere en la producción en masa; la otra razón, más importante aún, en caso de que hubiese algún defecto es posible detectarlo inmediatamente. Esto conllevó a que todo el mundo estuviese más consciente de la importancia de la calidad.

Monsalve. F., & Quiñonez. J., (2011). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping para identificar y reducir los desperdicios del proceso de producción de una empresa de alimentos balanceados para animales, tiene como finalidad establecer posibles mejoras mediante la identificación y reducción de desperdicio en el mismo. La caracterización del sistema permitió conocer de manera detallada el proceso objeto de estudio, ya que además de describir el proceso claramente se realizó un análisis de las actividades que componen cada etapa del proceso, donde se definieron aquellas que agregaban o no valor y las que no aplicaban dentro del alcance definido. Una vez realizado este análisis se concluye que a pesar de que se presentaban actividades que no agregan valor, estas son necesarias, contribuyen al buen funcionamiento del proceso. A partir de la aplicación del Value Stream Mapping (VSM) lograron identificar como desperdicio el tiempo que pasa el producto en proceso (WIP), el cual en el estado actual acumulaba un total de 0.91088 horas, logrando mediante el estado propuesto disminuirlo a 0.63756, es decir, se logró una reducción de este tiempo en un 43% aproximadamente. Mediante la vinculación del VSM y el enfoque de teoría de restricciones se logró identificar el cuello de botella, lo cual se refleja en la variación del lead time de procesamiento del estado actual al propuesto en un 46% aproximadamente, pasando de 1,98155 a 1,3552 horas.

Buitrago. M., & Bastidas, V., (2011). Evaluación de la aplicabilidad del Lean Manufacturing y la Simulación orientada al proceso en el contexto de una empresa Valle Caucana. El objetivo principal de este trabajo es validar el uso de un enfoque Lean, utilizando el Value Stream Mapping (VSM) y la simulación, buscando determinar si su implementación, puede ayudar a eliminar desperdicios del proceso, mantener un mejor control de inventario y obtener un mejor control operativo, para llevar a cabo esto se aplicó el VSM y este permitió reducir el desperdicio generado por el tiempo que pasa el producto en proceso, 43% aproximadamente. Con la nivelación de la producción se obtuvo una mayor flexibilidad del sistema y este se pudo evidenciar en la variación del Lead Time de procesamiento del estado actual al propuesto, el cual fue del 46%. En cuanto al proceso de simulación se pudo evidenciar la eficacia de este tipo de herramientas ya que se validan las mejoras significativas que ofrece el escenario propuesto en términos de eficiencia y productividad, lográndose sin incurrir en costos adicionales, ya que para implementar cada alternativa, el enfoque de la empresa debe ser hacia la mejora de métodos de trabajo.

Álvarez C., & De la Jara P., (2012) describe el análisis, diagnóstico, y propuesta de mejoras en los procesos de una empresa fabricante de bebidas rehidratantes, tiene como objetivo el aumento de la producción, reducción de costos, incremento de la calidad y de la satisfacción del cliente. En el análisis de los problemas más relevantes del proceso de producción, se diagnostica exceso de paradas de planta, y un alto porcentaje de mermas.

Para el primer caso, se empleó la herramienta Single Minute Exchange of Die (SMED) para la reducción de tiempos durante el cambio de formato, del mismo modo, se presentan mejoras relacionadas a la eliminación de tiempos por traslados de herramientas, ajustes en los equipos; logrando reducir el tiempo por paradas de planta en un 52%. Con relación al segundo caso, se propone la implementación de límites de control para las mermas de manera que se pueda reducir la variabilidad de las mismas, y a la vez, se permita realizar el aseguramiento de las mejoras antes mencionadas. Las propuestas de mejora presentadas no son independientes una de la otra, por el contrario, se logra una sinergia entre ellas que permite el mejor aprovechamiento de recursos (como insumos, maquinaria, mano de obra) y el aumento de tiempo disponible para la producción, lo cual se traduce en mayores ventas, mayores ingresos, y por lo tanto, mayor rentabilidad para la empresa.

Tuarez. C., (2013). Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total); este trabajo de estudio tiene como objetivo principal la implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continua, bajo esta filosofía la línea de embotellado realizó énfasis en mejorar las condiciones de equipos y disminuir tiempos muertos en la llenadora de botellas, ya que la velocidad teórica de esta máquina es la que marca el ritmo de producción y es la que más afectaba a la utilización de línea (eficiencia). Al implementar uno de los pilares de esta filosofía como lo fue el de capacitación y entrenamiento, se pudo visualizar como los operarios se involucraban para aprender y conocer un poco más tanto del funcionamiento de sus máquinas como en mejorar sus habilidades técnicas. Por otra parte lograron optimizar las tareas de mantenimiento preventivo gracias a que los operarios empezaron a realizar las tareas básicas de inspección en las máquinas entre estas actividades estaban la inspección de estado de la maquinaria, logrando así el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo que en el mes de Enero estaba en un 57% y se pudo aumentar al mes de Junio al 91 %; Además lograron reducir la cantidad de tareas de mantenimiento correctivo no planificado que empezó con 25 actividades en el mes de Enero y al mes de Junio se redujo a 13, esto gracias al uso de las tarjetas de identificación de averías que colocaban con criterio técnico los operarios y hacían más fácil al departamento de mantenimiento observar los potenciales daños y dar una solución que evitara la detención de equipos en el proceso normal de producción y con ello se logró mejorar la confiabilidad de los mismos; finalmente la Eficiencia General de los Equipos o Overall Equipment Efficiency (OEE) de la llenadora de botellas se aumentó al 74.84% cuando antes se encontraba en 66.67%, lo que fue un aumento considerable, todo esto gracias a la implementación de la filosofía TPM.

Pedraza. P., & Herrera., J. (2013). Propuesta de mejoramiento basada en Lean Manufacturing para la disminución de desperdicios en la empresa Torre Blanca Agencia Grafica, con el presente Proyecto la empresa busco reducir sus tiempos de proceso, inventarios de producto en proceso, defectos y cualquier subutilización de recursos disponibles que se pueda presentar; en pro de la empresa, de modo que esta pueda

mejorar su proceso de producción a través del aumento de la productividad, la reducción de costos y tiempos de entrega, logrando de esta manera aumentar la satisfacción y lealtad de los clientes con los que cuenta actualmente, así como atraer otros nuevos y ampliar su mercado, llegando a poder ofrecer un menor precio de venta, todo esto en base a la filosofía Lean Manufacturing mediante el análisis de la cadena de valor y bajo los lineamientos de SMED el cual consiste en alcanzar un alistamiento de menos de 10 minutos, la empresa logro disminuir los tiempos de alistamiento, los cuales son más representativos y no generan valor agregado al producto final.

Sutari Orville (2015) en su caso de estudio “Process Improvement using Lean Principles on the Manufacturing of Wind Turbine Components” presenta un trabajo de investigación centrado en la mejora del proceso de fabricación de las góndolas para turbinas eólicas. Lean Manufacturing es implementado para mejorar la productividad en términos de tiempo de procesamiento de la producción y para reducir los costos de reproceso, usando herramientas como el análisis de causa raíz y Kaizen las cuales son usadas conjuntamente para crear resultados eficientes para el proceso de fabricación, mediante la evaluación de la situación actual y el establecimiento de una línea base de trabajo; obteniendo como resultados la aceleración de los horarios de trabajo y la reducción de costos.

Solís, M., (2015). En su implementación de un plan piloto de TPM en una llenadora de puré de banano, el cual consiste en atacar los problemas más relevantes que presenta el caso de estudio para aumentar la eficiencia de los equipos mediante las cero averías, involucrando totalmente a los operarios, para evitar futuras paradas en los equipos, para esto se diseña un manual de mantenimiento preventivo que permite planificar las actividades de mantenimiento en la maquina llenadora de puré de banano; además se logra el diseño de un sistema de cinco eses mediante estándares de control visual para mejorar el proceso productivo de este, y por último logro establecer los costos de implementación y operación normal del programa de Mantenimiento Productivo Total; como resultado final además de haber implementado lo antes mencionado se logra un impacto del TPM a otras zonas de la empresa que no estaban incluidas en este proyecto y en otros puntos del área de mantenimiento que fueron monitoreados mediante índices adicionales.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

La empresa caso de estudio produce, comercializa y distribuye vinos, aperitivos y cócteles en Colombia, promueve el cultivo de uva con recursos propios o de terceros, cuenta con una bodega de elaboración con capacidad de 6 millones de litros, de los cuales más de 1'500.000 corresponde a vasijas de roble para vinos. En la figura 1 se aprecia la ubicación de la empresa embotelladora de bebidas alcohólicas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca.

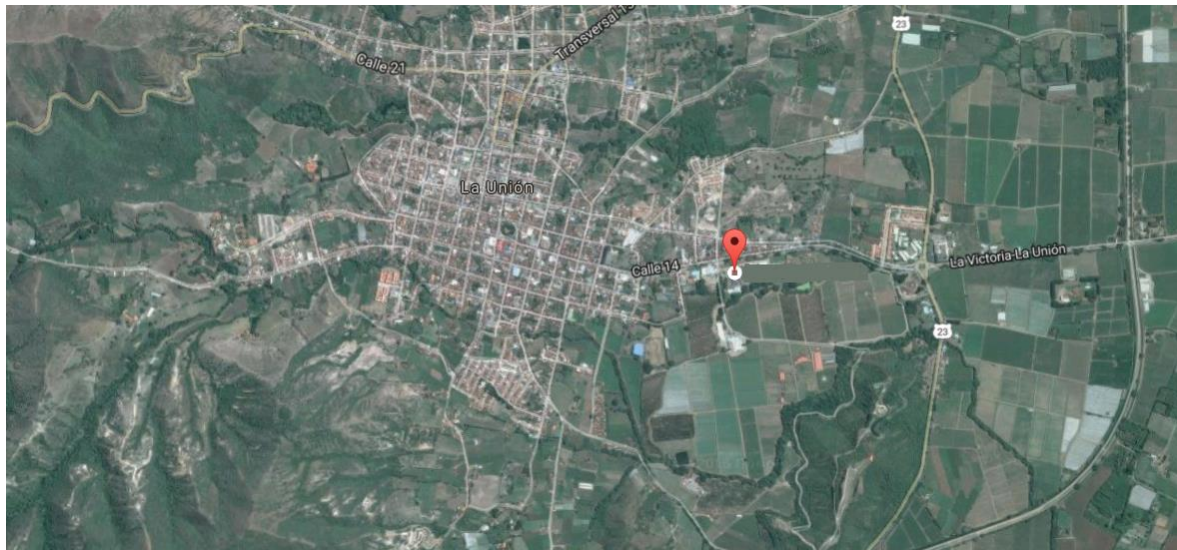


Figura 1. Zona Norte del Valle del Cauca, ubicación empresa caso de estudio

Fuente: Google Earth ®

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO

La empresa referencia para este estudio, hace poco incursionó en la elaboración de una nueva bebida alcohólica para lo cual creó una línea de embotellado sin tener en cuenta factores como: disposición de la planta y el conocimiento de los empleados sobre la elaboración del producto. Por lo tanto, la empresa caso de estudio, maneja este proceso de manera empírica, donde se identifican desperdicios que no agregan valor al producto o que no contribuyen a la transformación del mismo, donde no se produce de manera rápida y eficiente, generando largos tiempos de alistamiento, mermas e inventarios.

El proceso se realiza en un turno de trabajo de 7:00 a.m. a 12:00 p.m. y de 1:00 p.m. a 6:00 p.m. para realizar un lote promedio de 300 batches, cada uno de 12 botellas. Se

inicia con una etapa de alistamiento, (desinfección, limpieza y cambio de formato) la cual dura alrededor de 3 horas, la segunda etapa es la preparación que se realiza en 2,5 horas y la etapa de producción se desarrolla en 3 horas, esta fase se conforma de la siguiente manera: lavado, llenado, rubinado, encapsulado, etiquetado y empackado, para lo cual se presenta en la figura 2 el diagrama de flujo correspondiente al proceso.

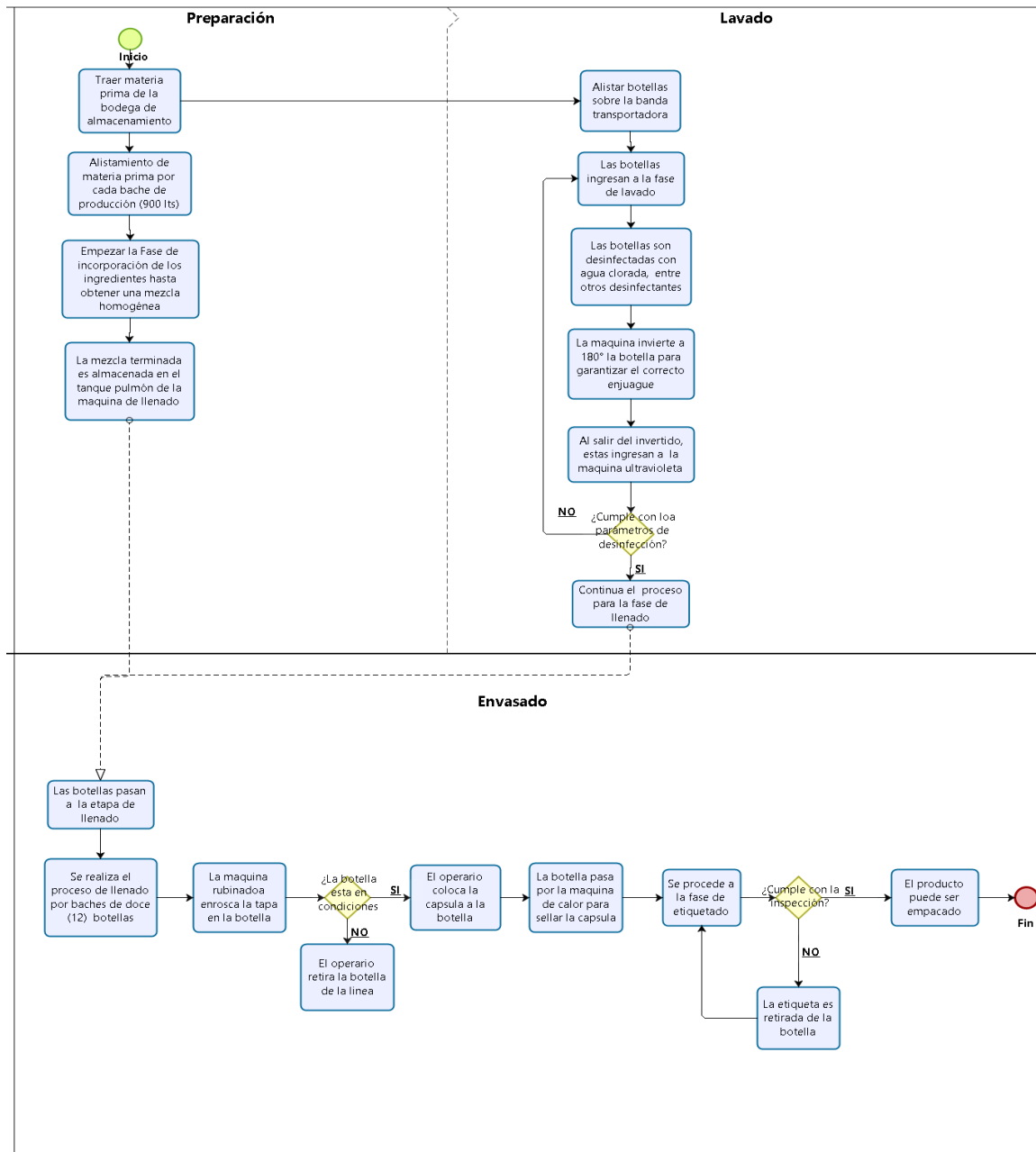


Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 1 se presenta el requerimiento de mano de obra para cada una de las áreas de la línea del proceso, además de especificar el número de máquinas involucradas en cada fase.

Área	Número de Máquinas	Número de Operarios
Preparación	5	2
Lavado	1	3
Llenado	1	1
Rubinado	1	1
Encapsulado*	0	1
Etiquetado	1	2
Empacado*	0	2

Tabla 1. Número de Operarios por áreas

Fuente: La Empresa.

*Las actividades de encapsulado y empacado son realizadas de manera manual.

En la Tabla 2 se especifica la capacidad de la línea, el tipo de unidad que maneja el proceso, cuantas botellas conforman dicha unidad y la unidad de volumen del producto.

Unid de proceso	Tamaño de batch	Unidades
1 Batch	12 Botellas	Litros

Tabla 2. Resumen unidad de producción de la línea.

Fuente: La Empresa.

La línea de producción se maneja en batches de 12 botellas, donde cada botella tiene 750 cc, es decir nueve (9) litros por batch, el tiempo de producción es de cinco (5) horas, donde se producen 1,66 batches por minutos, es decir 0,56 minutos por batch. Se adjunta tabla de conversiones correspondientes al proceso.

En un día promedio de producción se realizan tres (3) lotes en tres horas de producción para un total de 300 batches es decir 3600 botellas. **Tabla 3 y 4.**

Lotes	Batches	Botellas	Litro	Litros / Lote
3	300	3600	2700	900

Tabla 3 .Resumen producción día promedio

Fuente: La empresa.

Botellas = Número de batches x Número de botellas.

CC = Número de botellas x capacidad de botella.

Litros = CC/1000.

Litros/Lote = Litros / Número de lotes

Tiempo de Producción (horas)	Lotes/hora	Litros/hora	Litros/min	Batch/min	Min/batch
3	1	900	15	1,66666667	0,6

Tabla 4. Resumen de equivalencias

Fuente: La empresa.

Lotes/Horas = Numero de lotes x Tiempo total de producción

Litros/Hora = Litros/Lote

Litros/Min = (Litros/Hora) / 60

Batch/Min= (Batch en Litro) / (Litros/Min)

Min/Batch= 1 / (Batch/Min)

5.2. EL PRODUCTO.

El producto es una bebida alcohólica, creada a partir de la mezcla entre crema y alcohol, azúcar, esencias y otros ingredientes que no son dados por la empresa. Este producto se debe almacenar entre 0 y 25 grados centígrados. Es una bebida que puede ser consumida sola, con hielo o como parte de un coctel. En la tabla 5 se muestran los costos de producción de una botella de la bebida alcohólica.

INSUMO	PRECIO
Botella	\$2170, 74
Etiqueta, Contra etiqueta	\$109,04
Tapa	\$94,10
Capsula	\$61,50
Mezcla	\$5250

Tabla 5. Costo Insumos del Producto

Fuente: La empresa

El producto es tratado térmicamente (pasteurización a 75°C), luego llevado a una temperatura de 24°C para el posterior llenado. En la Tabla 6 se presentan los parámetros de las características fisicoquímicas del producto.

Parámetros	Valores
PH	6.5 - 6.7
Temperatura entrada	28°C
Temperatura salida	22°C
Viscosidad	54 - 60 cps
Alcohol	14.3°
Tiempo retención de pasteurización	10 min

Tabla 6. Características Fisicoquímicas

Fuente: La empresa

El producto se ofrece en una presentación de 750 ml. **(Figura 3)**



Figura 3. Botella de vidrio 750 ml

Fuente: La empresa

5.3. PROCESO PRODUCTIVO

La elaboración el producto se realiza de manera continua, es decir, es una producción en línea. A continuación, se presenta la secuencia de actividades del proceso productivo:

- **Mezclado:** es la primera fase de la etapa de preparación, en esta operación se mezclan los sólidos que conforman el producto (azúcar, leche en polvo, entre otros.) en un Tribler.
- **Homogenización:** se realiza la homogenización en dos tanques agitadores de la mezcla que sale del Tribler con una solución hidroalcohólica la cual se compone de agua, alcohol y Whisky Escoces.
- **Pasteurización:** Se eleva la mezcla a una temperatura de 75°C.
- **Enfriamiento:** en esta etapa la mezcla recibe tratamiento de frío hasta alcanzar una temperatura de 24°C, para proceder al embotellado
- **Almacenamiento:** en un tanque se mantiene la temperatura de la mezcla para la fase de llenado. Este equipo alimenta las mangueras de la maquina llenadora.
- **Lavado:** las botellas que ingresan a la línea son invertidas, a la vez son enjuagadas y bañadas con chorros de agua clorada. Las botellas permanecen invertidas el tiempo suficiente para que se pueda eliminar cualquier resto de agua clorada.
- **Llenado:** este proceso se realiza en una embotelladora automática, que consta de 12 cabezales que van llenando la mezcla en las botellas.

- **Rubinado:** las botellas son tapadas mecánicamente por una encapsuladora con un solo cabezal.
- **Encapsulado:** esta operación es realizada de manera manual por un operario, el cual se encarga de poner las cápsulas a cada una de las botellas para que estas sean selladas por una máquina de calor.
- **Etiquetado:** las botellas ingresan a la máquina etiquetadora, la cual coloca la etiqueta y contra etiqueta, esta operación es apoyada por un operario quien realiza una inspección del producto.
- **Codificado:** se codifican las botellas por medio de un láser el cual marca la fecha de vencimiento y el lote con un fin de trazabilidad.
- **Empacado:** las botellas son empacadas por dos operarios, en cajas de 12 unidades cada una.

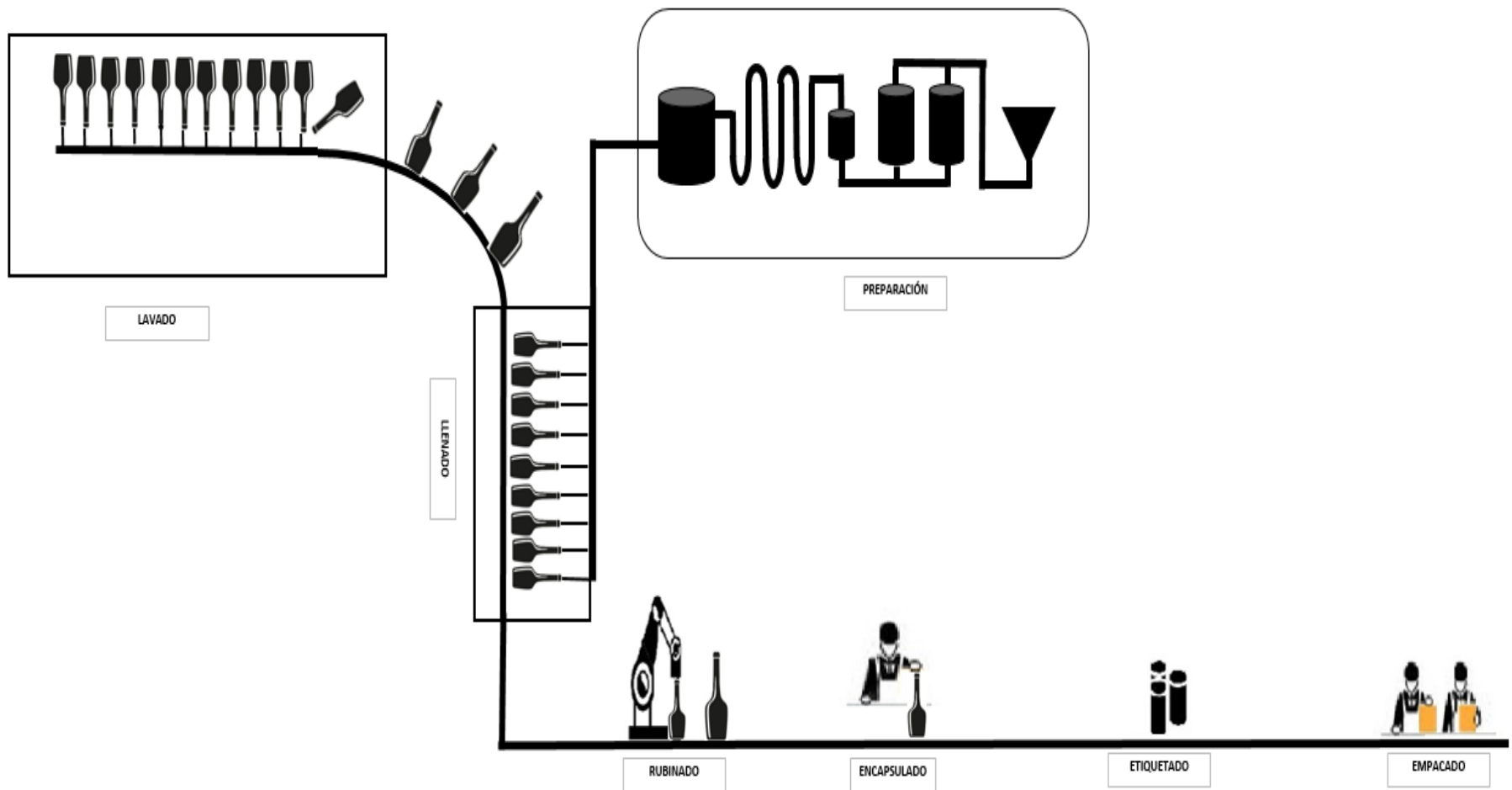


Figura 4. Bosquejo Distribución de la planta.

Fuente: Elaboración propia

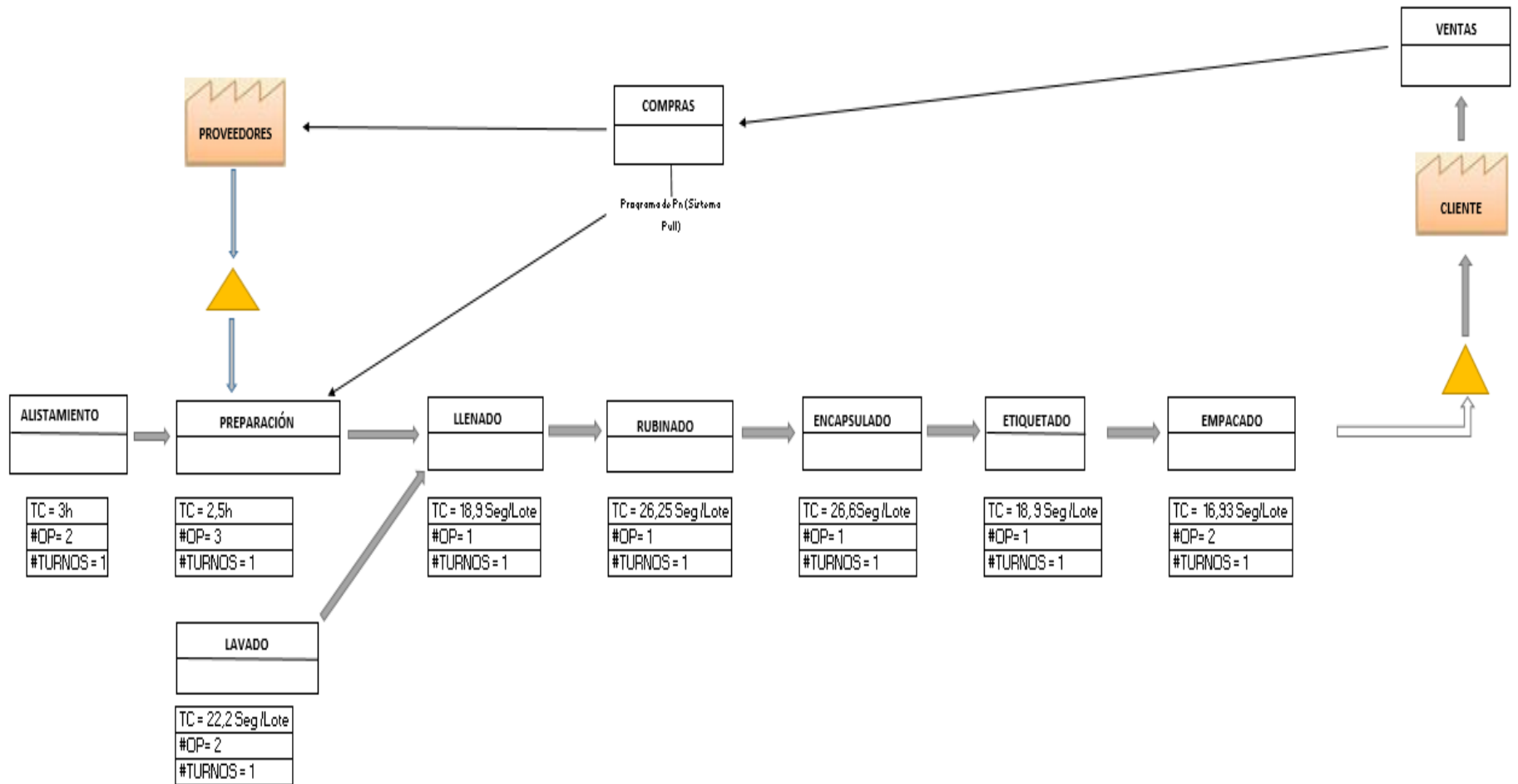


Figura 5. Value Stream Mapping sistema actual.

Fuente: Elaboración propia

Tras recolectar la información para hacer el Value Stream Mapping (VSM) actual se ha realizado el mapa de la situación actual desde que se recibe el requerimiento del área de ventas según las necesidades del cliente, para que el área encargada realice la compra de la materia prima a los proveedores, hasta que se entrega el producto al cliente, y esta información retroalimenta el ciclo, esto se puede ver en la Figura 5. Los cuadros representan cada operación y se colocan datos como el número de trabajadores (#OP), el tiempo de ciclo (TC), y el número de turnos al día. Los tiempos de ciclo son tiempos promedios de cada proceso.

El total de tiempo de espera de producción obtenido es relativo al tiempo que se demore el proceso de compra entre dicha área y los proveedores; también se ve involucrado esperas por fallas mecánicas, el tiempo de actividades que no agregan valor representan un porcentaje de tiempo aún indiscriminado de espera de producción total.

6. DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS RELEVANTES

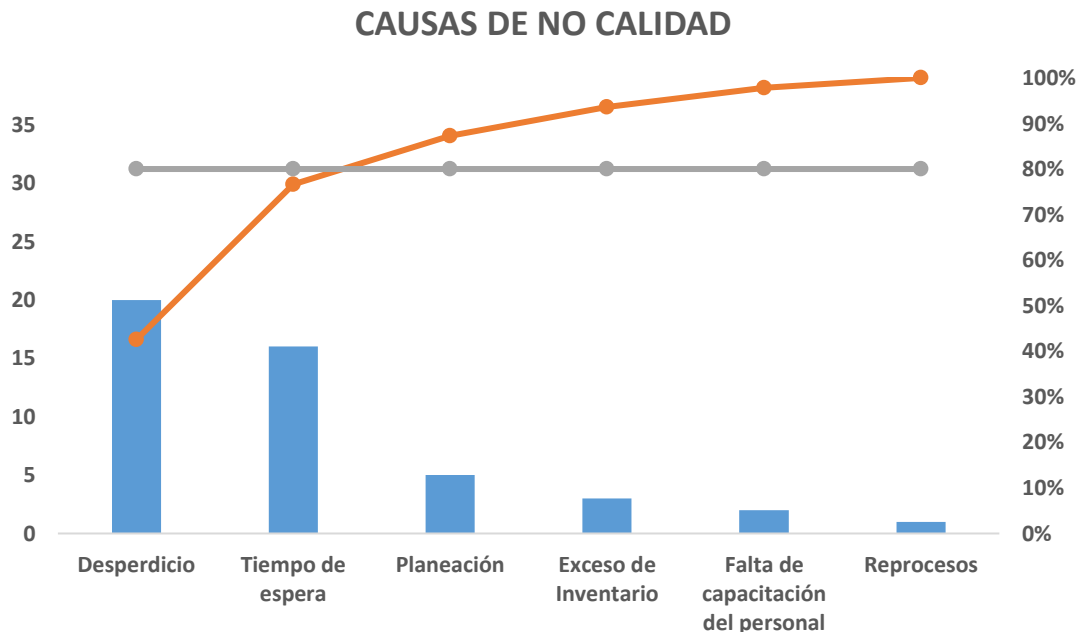
Para la identificación de los problemas actuales en la empresa, se utiliza el Value Stream Mapping (Figura 5), además se realizaron visitas a la planta embotelladora, de esta manera se pudo observar todas las etapas del proceso productivo, y se entrevistó a los operarios, al jefe de planta, y al gerente de producción; con los datos e información recolectada, se ha realizado una gráfica de Pareto, la cual permite identificar los problemas críticos en la planta, los cuales actualmente son:

CAUSAS DE NO CALIDAD	EVENTOS	%ACUMULADO	%
Desperdicio Materia Prima	20	43%	0,426
Tiempo de espera	16	77%	0,340
Planeación	5	87%	0,106
Exceso de Inventario	3	94%	0,064
Falta de capacitación del personal	2	98%	0,043
Reproceso	1	100%	0,021
TOTAL	47		

Tabla 7. Frecuencia de Causas de No Calidad

Fuente: La empresa

La tabla 7 muestra los datos de diferentes factores que conllevan a costos de no calidad en la línea de producción de la bebida alcohólica los cuales fueron recolectados en un mes, a partir de esta se genera el siguiente gráfico. (Grafica 1).



Grafica 1. Diagrama de Pareto Causas de No Calidad

Fuente: La Empresa
Elaboración Propia

El diagrama de Pareto plantea que el 20% de las causas originan el 80% de las fallas. Una vez aplicado dicho principio se evidencian las diferentes causas que representan el 80 por ciento del total de los costos de no calidad los cuales corresponden a: desperdicios y tiempo de espera.

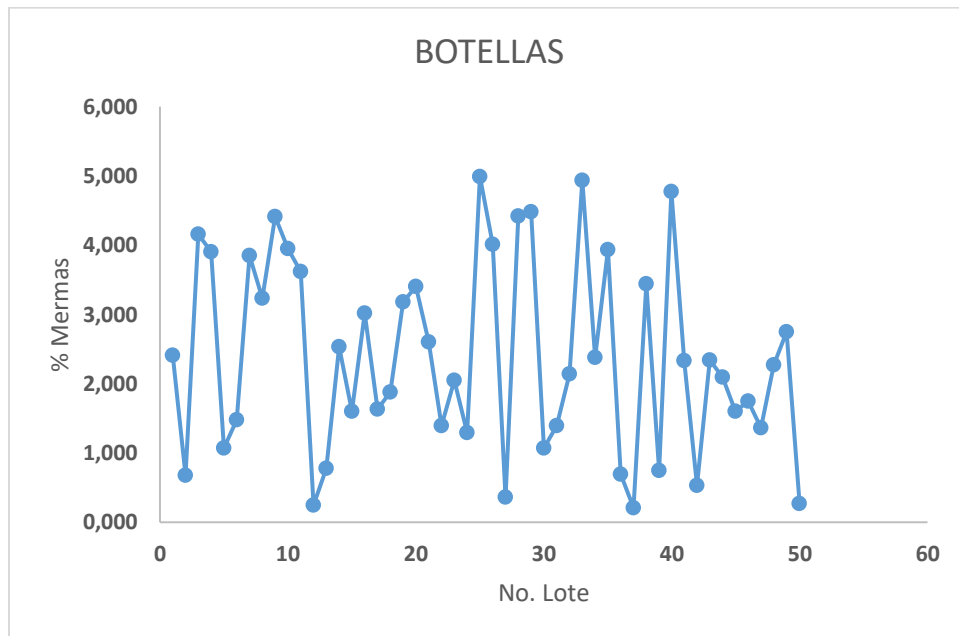
Problema 1: Desperdicio: Porcentaje de mermas

Se presenta un alto y variable porcentaje de mermas en las botellas, tapas, y etiquetas utilizadas en el proceso de producción de la bebida alcohólica. Las mermas tanto de botellas y etiquetas generan paradas de la producción, demoras, desviaciones en los inventarios y gastos no planificados.

Actualmente no se realiza un control estadístico del proceso, por dicho motivo, no hay límites mínimos ni máximos establecidos para las mermas que se generan en el proceso productivo de la elaboración de bebidas alcohólicas.

Como se ve en la Grafica 2 las mermas de botellas en una muestra de 50 lotes totales de producción varían entre el 0% y 5% con picos que van desde 0,210% hasta el 5%. Las mermas de botellas son generadas por las caídas que estas sufren a lo largo de la línea de producción, en la salida del invertido de la etapa de lavado, en el transcurso de las botellas entre lavado y llenado, y en la rubinadora. Al dañarse una botella

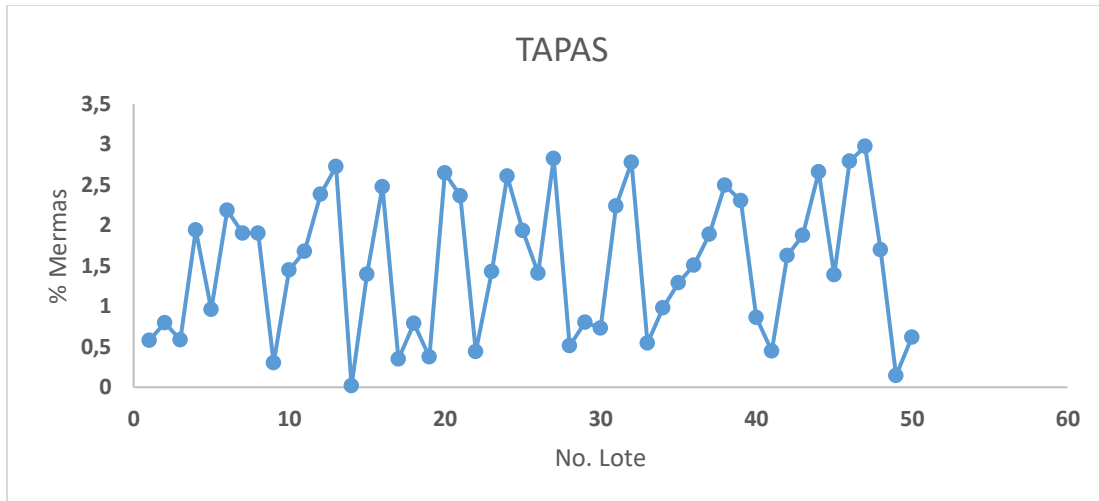
independientemente de la etapa en la que se encuentre el operario encargado del área retira la botella de la línea.



Grafica 2. Mermas de botellas

Fuente: La empresa
Elaboración Propia

En el caso de las tapas, Grafica 3, en una muestra de 50 lotes totales el % mínimo de mermas es de 0,015% y el máximo es 3%. Las mermas de tapas son generadas por la rubinadora, ya que es una máquina adaptada y todavía presenta fallas.

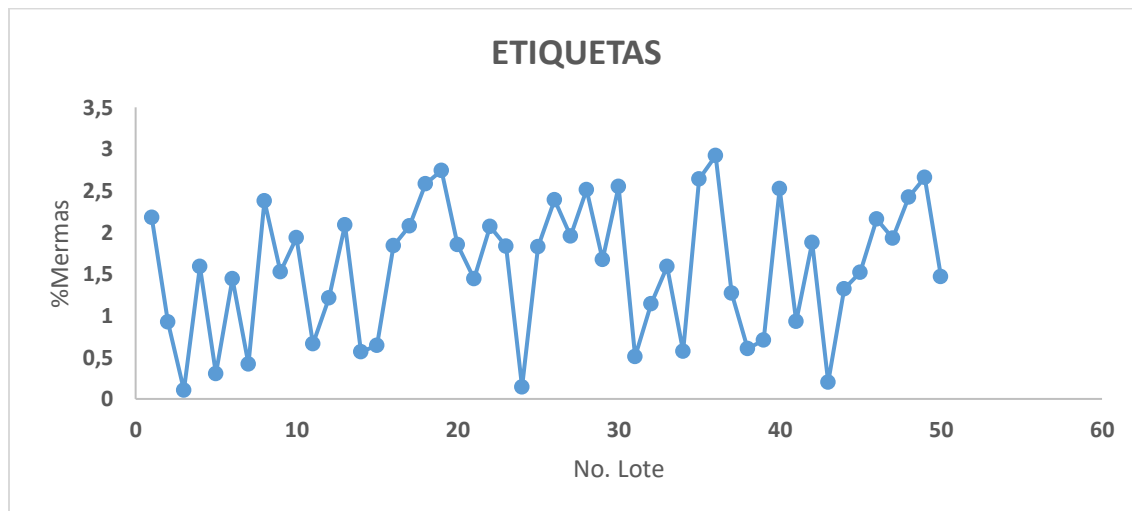


Grafica 3. Mermas de tapas

Fuente: La empresa

Elaboración Propia

Por otro lado, en la Grafica 4 se observa para una muestra de 50 lotes totales las mermas de etiquetas en la línea de embotellado varían entre 0% y 3%, con un mínimo de 0,143% y un límite superior de 3%, dichas mermas se presentan en la mayoría de los casos por imperfectos en el pegado de las etiquetas ya que la máquina ha sido adaptada de otro tipo de presentación.

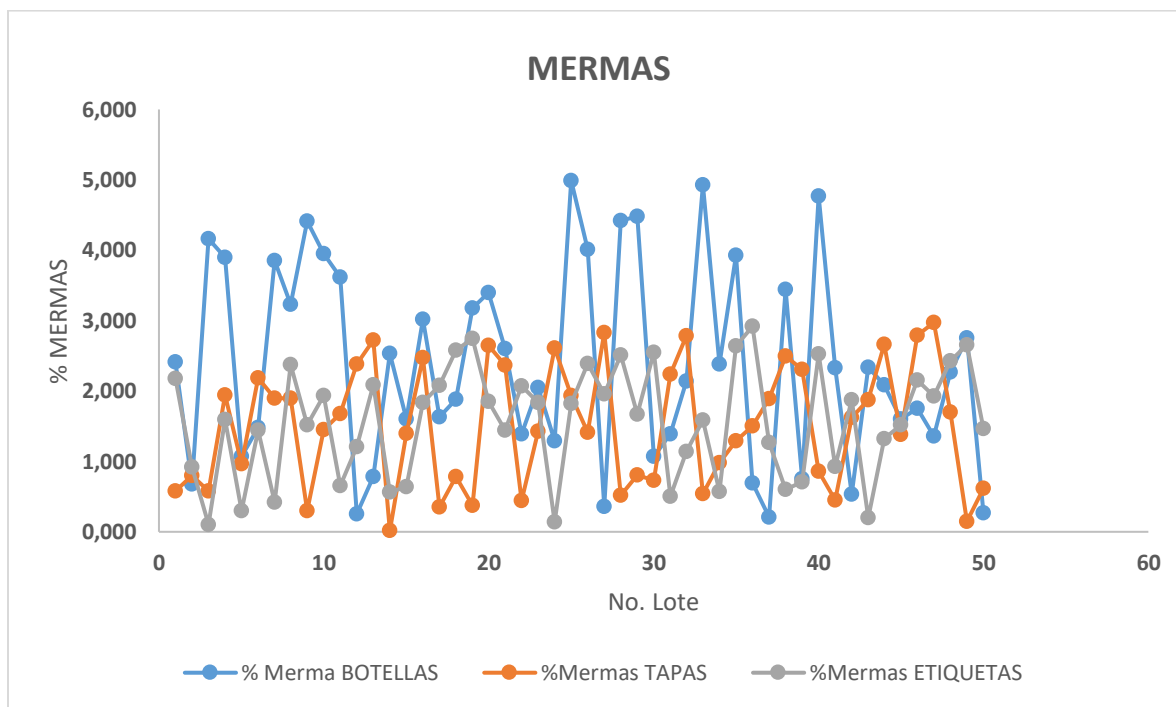


Grafica 4. Mermas de etiquetas

Fuente: La empresa

Elaboración Propia

Las mermas tanto de botellas, tapas y etiquetas generan paradas en la línea de producción, demoras, desviaciones en los inventarios y gastos no planificados. En la Grafica 5 se observa la variación existente en las mermas por cada lote de producción, las botellas son la materia prima que genera mayor merma mientras que las mermas de las etiquetas y tapas siguen una tendencia similar.



Grafica 5. Mermas de botellas, tapas y etiquetas

Fuente: La empresa
Elaboración Propia

Problema 2: Tiempo muerto por paradas de planta

La línea de producción en la que se elabora dicha bebida alcohólica tiene paradas significativas mensualmente.

Los tiempos de paradas de planta, representan Horas-Máquina (H-M) y Horas-Hombre (H-H) perdidas e improductivas. Debido a que el proceso productivo es en línea, si una máquina se detiene, toda la producción debe parar. Las paradas en la producción generan disminución de los niveles de productividad global, de los operarios, y de las máquinas; adicionalmente, no se logra aprovechar la capacidad máxima de la planta. Los costos de H-M y H-H de la línea son mostrados en la Tabla 8.

Línea Embotellado	Pesos/hora
Hora-Hombre	\$81.876 / 10 Operarios \$8.187,6 Operario
Hora-Maquina	\$8463,40

Preparación	Pesos/hora
Hora-Hombre	\$13.680 / 2 Operarios \$6.840 Operario
Hora-Maquina	\$ 18843,91

Tabla 8. Costos Hora – Hombre, Hora – Máquina línea de producción

Fuente: La empresa
Elaboración Propia

6.1. ANÁLISIS DE CAUSAS DE LOS PROBLEMAS

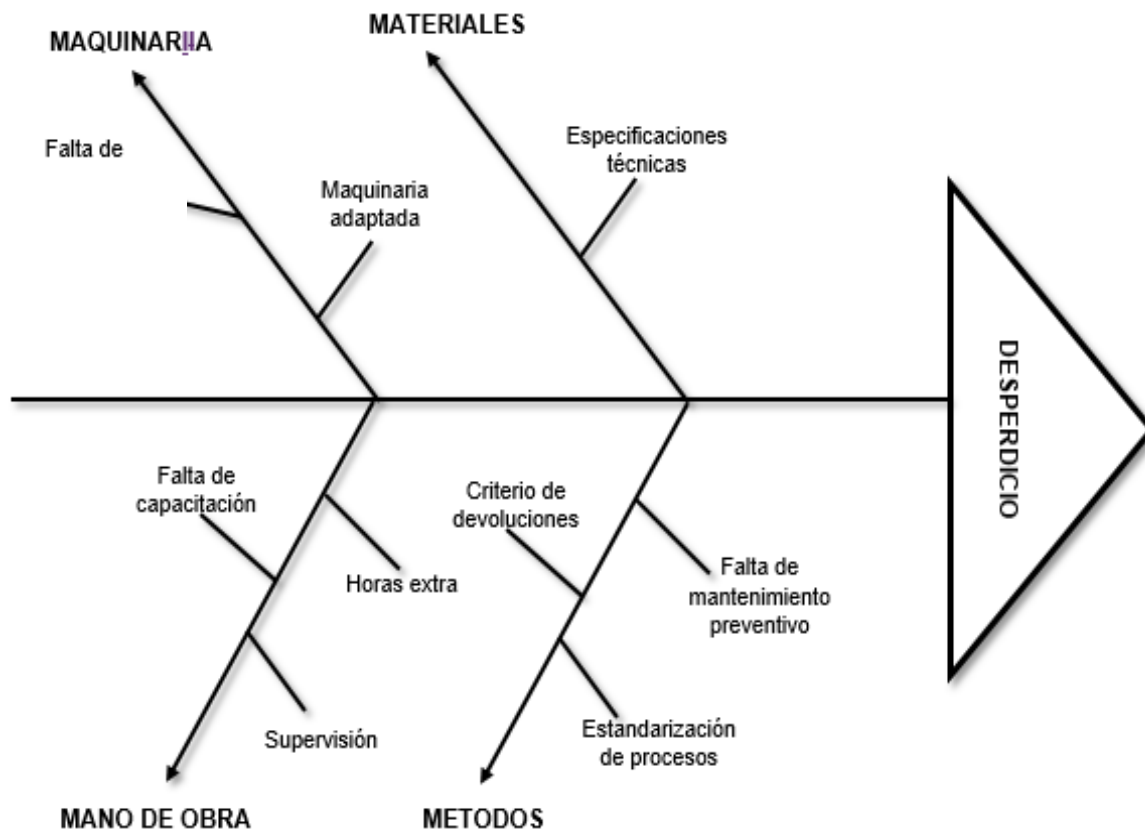


Figura 6. Causa-efecto desperdicios (Porcentaje de Mermas de botellas, tapas y etiquetas)

Fuente: Elaboración Propia

6.1.1. DESPERDICIOS.

Los porcentajes de las mermas de botellas, tapas y etiquetas oscilan en rangos similares; estos componentes son igual de importantes ya que sin uno de ellos el producto no puede

salir al mercado, por tal razón a continuación se analizarán las causas de estos tres factores a partir del diagrama causa-efecto (Figura 6).

- Mermas de botellas.

Las botellas son transportadas mediante una banda, la cual empieza su recorrido en el área de lavado donde una mala calibración en las estrellas y bornes que componen la maquina puede ocasionar que las botellas no estén correctamente ajustadas y al momento de realizar el invertido para el enjuague estas se caigan de la línea y deban ser desechadas.

En la etapa de rubinado, se producen mermas de botellas, ya que la maquina realiza un movimiento automático sin diferenciar la presencia o ausencia de una botella, ocasionando al momento de una mala sincronización entre la máquina y botella el quiebre de la boca de esta.

- Mermas de tapas.

Una inadecuada calibración de la maquina rubinadora puede ocasionar defectos de tapado, tales como torque flojo, tapa montada o ruptura de la misma, dichas unidades son retiradas de la línea por el operario generando mermas de tapas, además de líquido y botellas.

- Mermas de etiquetas.

La máquina etiquetadora es de una tecnología antigua, además de ser adaptada para las diferentes referencias de productos de la empresa caso de estudio. Esta posee un sistema de brochas las cuales pegan la etiqueta y contra etiqueta con pegamento al cuerpo de la botella ocasionando que la etiqueta no queda totalmente fija, dejando pliegues, rupturas, arrugas, doble etiqueta, entre otros defectos.

6.1.2. TIEMPO MUERTO POR PARADAS EN PLANTA.

Las causas relacionadas al problema de la empresa caso de estudio se explican en la Figura 7.

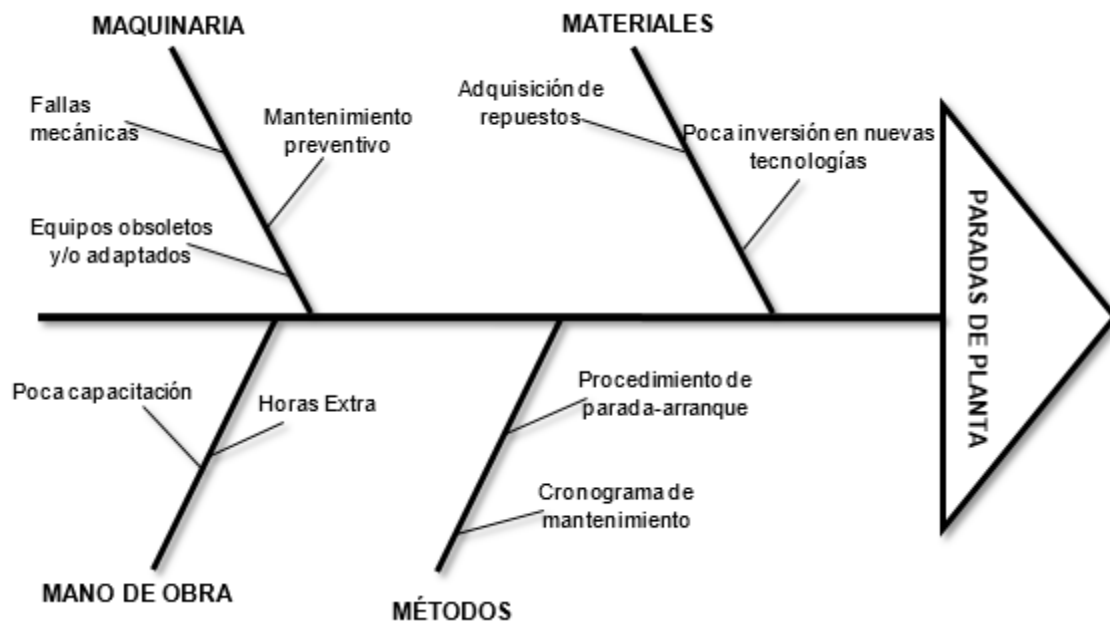


Figura 7. Causa-efecto Paradas de planta

Fuente: Elaboración Propia

- Causas relacionadas a la maquinaria.

La línea de producción está conformada por cuatro máquinas que han sido adaptadas para el proceso y algunas de ellas son antiguas, por tal razón el cambio de formato de la referencia clásica al nuevo producto genera demoras al no haber precisión al ser ejecutadas; lo cual a la vez produce fallas mecánicas.

La empresa no cuenta con un cronograma de mantenimiento preventivo para la maquinaria.

- Causas relacionadas con materiales.

Debido a que las maquinas son antiguas la adquisición de repuestos es un factor crítico para la empresa, generando en la mayoría de los casos donde se presenta una parada por esta causa un incremento en el tiempo total de paradas de planta. Adicionalmente se cuenta con poco presupuesto para invertir en nuevas tecnologías.

- Causas relacionadas a la mano de obra.

Los operarios que laboran en la línea de producción han tenido poca capacitación sobre el manejo tanto del producto como de la adaptación de la maquinaria para esta referencia. Se requieren horas extra para la finalización del proceso.

- Causas relacionadas a métodos.

La empresa no cuenta con manuales de procedimientos, por lo tanto, el proceso de parada y arranque de la maquinaria después del cambio de formato es realizado por los operarios de manera empírica, igualmente se prescinde de cronogramas de mantenimiento, Procedimientos Operativos Estandarizados (POE's), entre otros.

7. PROPUESTAS DE MEJORA.

En el capítulo 6 se determinó, a partir del gráfico de Pareto, que los problemas más relevantes en la planta de producción son:

1. Alto porcentaje de mermas (tapas, botellas, y etiquetas). Se explicaron los motivos que contribuyen a la generación de dichos problemas, en ese sentido, el objetivo es disminuir o eliminar las causas detectadas para mitigar el impacto de las mismas.
2. Tiempo muerto por paradas de planta.

En la Tabla 9 se presentan propuestas de mejora asociadas a dichas causas, así mismo, se detalla la frecuencia y responsable de la ejecución de la acción correctiva.

CAUSAS RELEVANTES	PROPUESTA DE MEJORA	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Procedimiento del cambio de formato no estandarizado	Implementación de la metodología SMED y posterior elaboración de manuales para el cambio de formato.	Única vez	Jefe de Planta
Inexistencia de mantenimiento preventivo	Implementación de TPM, pilar de capacitación y pilar mantenimiento preventivo	Única vez	Jefe de Planta y Departamento de Mantenimiento

Tabla 9. Propuesta de mejora

Fuente: Elaboración Propia

Se ha determinado seleccionar las soluciones que permitan eliminar, total o parcialmente, las causas más importantes de los problemas expuestos. El tiempo excesivo por paradas de planta será reducido mediante la implementación de la metodología SMED para el cambio de formato, luego de ello se procederá a elaborar manuales de procedimientos para que las actividades sean realizadas de manera óptima. Un paso paralelo, además, sería la capacitación de los operarios para que puedan ser multifuncionales y las tareas se realicen en menor tiempo.

Por otro lado, el alto porcentaje de mermas en botellas, tapas, y etiquetas, será reducido mediante la implementación de la metodología de mejora TPM (Total Productive Maintenance) la cual permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, los equipos y el sistema, mediante la aplicación de conceptos como: prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total de las personas; logrando

reducir las fallas, no conformidades, tiempos de cambio y apoyo a las actividades de orden y limpieza.

7.1. PROPUESTA DE MEJORA N°1.

SMED (Single Minute Exchange of Die) es una técnica desarrollada para acortar los tiempos de cambios de herramientas o utillaje en las máquinas durante la fabricación de productos de especificación distinta en una misma línea de producción; esto se logra mediante la simplificación de las actividades realizadas durante los cambios, involucrando al factor humano para trabajar de una manera más inteligente con el menor esfuerzo posible. Aunque dichos tiempos no necesariamente son acortados a diez minutos, se logra una reducción significativa.

El uso del método de cambio rápido (Quick changeover-smed) le ayuda al equipo de producción a reducir tiempos muertos para la mejora de los procesos de ajuste de productos nuevos y productos modificados, de igual forma permite mejorar las actividades asociadas a mantenimiento. (Reyes 2009).

El objetivo de SMED es reducir el tiempo de preparación de ajuste, desde la última pieza del producto anterior hasta la primera pieza del nuevo. Hay dos tipos de preparación:

- **Preparaciones internas (IED):** Operaciones realizadas con maquina parada.
- **Preparaciones externas (OED):** Operaciones realizadas con la maquina operando.

Consta de cuatro pasos básicos y sencillos:

Paso 1: Observar y medir.

Paso 2: Separar actividades internas y externas.

Paso 3: Convertir actividades internas a externas.

Paso 4: Análisis de reducción de tiempos de las actividades internas y externas.

7.1.1. SITUACIÓN ACTUAL.

El cambio de formato se refiere al conjunto de operaciones que se realizan en los equipos de la línea de producción en cuanto a preparación, calibración, limpieza, entre otros, para que estos puedan pasar de una referencia a otra. Las máquinas involucradas en el cambio de formato son las siguientes: lavadora, rubinadora, llenadora y etiquetadora.

- **Cambio de formato en la lavadora:**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Traer llave Allen N°4	X		X		4
2	Realizar el cambio de referencia del Tornillo Sin Fin	X				8
3	Desinstalar Bornes con pinzas manuales	X				8
4	Traer Bornes correspondientes a la nueva referencia	X		X		4
5	Instalar Bornes	X				10
6	Desinstalar estrellas de manera manual	X				5
7	Traer estrellas correspondientes a la nueva referencia	X		X		4
8	Instalar la estrella de entrada y salida	X				5
9	Desinstalar puente	X				6
10	Traer puente correspondiente a la nueva referencia	X		X		4
11	Instalar puente	X				7

Total Tiempos (min):	49	0	16	TOTAL (min):	65
----------------------	----	---	----	--------------	----

Tabla 10. Situación Actual Cambio de formato en la lavadora

Fuente: Elaboración propia.

- **Cambio de formato en la rubinadora:**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Traer herramienta Boca Fija # 17, 13 y 14	X		X		15
2	Ajustar la rubina	X				20
3	Ajuste de la altura de la botella de la nueva referencia	X				15
4	Traer llave Allen N°8	X		X		10
5	Instalar estrella de entrada	X				10
6	Ajuste del brazo de la rubina para entrada de tapas	X				15
7	Regular altura para la botella	X				5
8	Ajuste del vibrador de tapas a la altura designada en el paso anterior	X				8

Total Tiempos (min):	73	0	25	TOTAL (min):	98
----------------------	----	---	----	--------------	----

Tabla 11. Situación Actual Cambio de formato en la rubinadora.

Fuente: Elaboración propia

- **Cambio de formato en la llenadora:**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Lavado de la máquina	X				60
2	Traer detergentes de la bodega	X		X		10
3	Segundo enjuague con detergentes 1,2 y 3	X				30
4	Enjuague con agua a temperatura de 30°C	X				15
5	Lavado con desinfectante	X				30
6	Traer llave Allen N° 4	X		X		5
7	Armar las boquillas para el llenado de la nueva referencia	X				35
8	Realizar el montaje de las boquillas a la máquina	X				30
9	Traer llave fija de dos bocas, llave estrella y llave Inglesa ajustable.	X		X		15
10	Montaje de mangueras con el respectivo empaque	X				25
11	Conectar tubería del tanque de llenado a la máquina	X				5
12	Encender la máquina, ensayo de la altura de la botella	X				16
13	Ajustar entrada de la botella	X				10
14	Purgar máquina	X				2

Total Tiempos (min):	258	0	30	TOTAL (min):	288
----------------------	-----	---	----	--------------	-----

Tabla 12. Situación Actual Cambio de formato en la llenadora.

Fuente: Elaboración propia

- **Cambio de formato en la etiquetadora:**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Montar tanques de pegantes, rodillos engomadores y canaletas.	X			X	6
2	Recoger del taller la llave Allen N°6	X		X		8
3	Montar Tambor de Uñas y sujetar con la llave Allen N°6	X			X	4
4	Montar Tambor Engomador de etiquetas y contra etiquetas con la llave Allen N°6	X			X	6
5	Traer la llave Allen N°10	X		X		4
6	Colocar puente y estrellas de entrada y salida de botellas y sujetar con llave N°10 y Allen N°6	X			X	10
7	Regular altura de la máquina para la botella correspondiente	X			X	5
8	Llevar boca fija N° 10 y llave Allen N°4	X		X		5
9	Ajustar Magazin porta etiquetas.	X			X	5
10	Ajustar banda transportadora, abrir las barandas para la anchura de la botella	X			X	6
11	Suministrar el pegante y colocar la etiqueta correspondiente	X			X	5
12	Ensayar el etiquetado	X			X	5
13	Encender Biojet y programar número de lote y fecha de vencimiento del producto.	X			X	3

Total Tiempo (min):	55	0	17	TOTAL (min):	72
---------------------	----	---	----	--------------	----

Tabla 13. Situación Actual Cambio de formato en la etiquetadora.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. Situación propuesta.

La técnica SMED permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de herramientas, también llamado utillaje, necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- Reducir el tamaño del inventario
- Reducir el tamaño de los lotes de producción
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en la reducción del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que, no solo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks (inventarios) innecesarios, no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

En la tabla de actividades para el cambio de formato se lograron identificar operaciones internas, las cuales se pueden realizar con la maquina operando, tales como el traslado de herramientas, este tipo de actividad no generan valor al producto por lo tanto se considera la eliminación de las mismas, de igual forma se pretende estandarizar el proceso ya que las máquinas son operadas por los diferentes operarios de la planta y según la metodología empleada por cada uno varían los tiempos y formas del alistamiento.

La propuesta de mejora de traslado de herramientas consiste en asignar un carro porta herramientas para cada máquina ya que actualmente se cuenta con una habitación donde están ubicadas las herramientas y las partes y repuestos de cada máquina según la referencia que requiera, la habitación se encuentra distante a la zona de producción (Figura 8).



Figura 8. Carro Porta Herramientas

Las máquinas que requieren cambio de formato con la respectiva herramienta son: lavadora, llenadora, rubinadora, etiquetadora, una vez hecho el alistamiento de cada máquina se designa un lugar de almacenamiento equidistante a cada una de las estaciones de trabajo permitiendo el fácil acceso a estas y la disminución de movimientos por parte de los operarios.

Cada carro está equipado con las herramientas necesarias para cada máquina, la relación de estas se encuentra en la siguiente tabla:

Máquina	Herramienta	Cantidad
Lavadora	Llave Allen N°4	1
	Pinzas	1
Llenadora	Llave Allen N°4	1
	Llave Inglesa	1
	Llave Estrella	1
	Llave Fija Dos Bocas	1
Etiquetadora	Llave Allen N°4	1
	Llave Allen N°6	1
	Llave Allen N°10	1
	Llave Boca Fija N° 10.	1
Rubinadora	Llave Boca fija #17	1
	Llave Boca fija #13	1
	Llave Boca fija #14	1
	Llave Allen N°8	1

Tabla 14. Herramientas correspondientes a cada máquina

Elaboración Propia

✓ **Situación a partir de SMED**

• **Cambio formato máquina Lavadora**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Realizar el cambio de referencia del Tornillo Sin Fin	X				8
2	Desinstalar Bornes con pinzas manuales	X				8
3	Instalar Bornes	X				10
4	Desinstalar estrellas de manera manual	X				5
5	Instalar la estrella de entrada y salida	X				5
6	Desinstalar puente	X				6
7	Instalar puente	X				7

Total Tiempos (min):	49	0	16	TOTAL (min):	49
----------------------	----	---	----	--------------	----

Tabla 15. Situación Propuesta Cambio formato máquina Lavadora.

Elaboración propia.

Al eliminar el traslado de herramientas con la implementación del carro porta herramientas se obtiene una reducción del 25% en el tiempo de alistamiento de la máquina lavadora pasando de 65 a 49 minutos.

- **Cambio formato máquina Rubinadora**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Ajustar la rubina	X				20
2	Ajuste de la altura de la botella de la nueva referencia	X				15
3	Instalar estrella de entrada	X				10
4	Ajuste del brazo de la rubina para entrada de tapas	X				15
5	Regular altura para la botella	X				5
6	Ajuste del vibrador de tapas a la altura designada en el paso anterior	X				8

Total Tiempos (min):	73	0		TOTAL (min):	73
----------------------	----	---	--	--------------	----

Tabla 16. Situación Propuesta Cambio formato máquina Rubinadora.

Elaboración propia.

Al eliminar el traslado de herramientas con la implementación del carro porta herramientas se obtiene una reducción del 26% en el tiempo de alistamiento de la máquina rubinadora pasando de 98 a 73 minutos.

- **Cambio de formato máquina llenadora**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Lavado de la máquina	X				60
2	Segundo enjuague con detergentes 1,2 y 3	X				30
3	Enjuague con agua a temperatura de 30°C	X				15
4	Lavado con desinfectante	X				30
5	Armar las boquillas para el llenado de la nueva referencia	X				35
6	Realizar el montaje de las boquillas a la máquina	X				30
7	Montaje de mangueras con el respectivo empaque	X				25
8	Conectar tubería del tanque de llenado a la máquina	X				5
9	Encender la máquina, ensayo de la altura de la botella	X				16
10	Ajustar entrada de la botella	X				10
11	Purgar máquina	X				2

Total Tiempos (min):	258	0		TOTAL (min):	258
----------------------	-----	---	--	--------------	-----

Tabla 17. Situación Propuesta Cambio formato máquina Llenadora.

Elaboración propia.

Al eliminar el traslado de herramientas con la implementación del carro porta herramientas se obtiene una reducción del 11% en el tiempo de alistamiento de la máquina llenadora pasando de 288 a 258 minutos.

- **Cambio de formato máquina Etiquetadora**

N°	Actividad	Categoría				Tiempo (Min)
		Interna	Externa	Desperdicio		
				SI	NO	
1	Montar tanques de pegantes, rodillos engomadores y canaletas.	X			X	6
2	Montar tambor de uñas y sujetar con la llave Allen N°6	X			X	4
3	Montar tambor engomador de etiquetas y contra etiquetas con la llave Allen N°6	X			X	6
4	Colocar puente y estrellas de entrada y salida de botellas y sujetar con llave N°10 y Allen N°6	X			X	10
5	Regular altura de la máquina para la botella correspondiente	X			X	5
6	Ajustar Magazín porta etiquetas.	X			X	5
7	Ajustar banda transportadora, abrir las barandas para la anchura de la botella	X			X	6
8	Suministrar el pegante y colocar la etiqueta correspondiente	X			X	5
9	Ensayar el etiquetado	X			X	5
10	Encender Biojet y programar número de lote y fecha de vencimiento del producto.	X			X	3

Total Tiempo (min):	55	0		TOTAL (min):	55
---------------------	----	---	--	--------------	----

Tabla 18. Situación Propuesta Cambio formato máquina Etiquetadora.

Elaboración propia.

Al eliminar el traslado de herramientas con la implementación del carro porta herramientas se obtiene una reducción del 23% en el tiempo de alistamiento de la máquina etiquetadora pasando de 72 a 55 minutos.

Se empleó como segunda fase de SMED la estandarización del proceso de cambio de formato de las máquinas mediante un instructivo de trabajo llamado POE (Procedimiento Operativo Estándar), el cual consta de instrucciones escritas para diversas operaciones particulares o generales y aplicables a diferentes productos o insumos que describen en forma detallada la serie de procedimientos y actividades que se deben realizar en ese lugar determinado. Esto ayuda a que cada persona dentro de la organización pueda saber con exactitud qué le corresponderá hacer cuando se efectúe la aplicación del contenido del POE en la misma. Los POE garantizan la realización de las tareas respetando un mismo procedimiento.

Beneficios de los Procedimientos Operativos Estándar:

- Ofrece a los trabajadores los procedimientos correctos para mantener la seguridad y consistencia de las operaciones
- Reduce las variaciones (en la ejecución de los procesos) y evita los malos entendidos entre los trabajadores
- Sirve como material de entrenamiento para los nuevos empleados y al mismo tiempo refuerza y refresca las instrucciones a todos, incluyendo los más experimentados

1. POE (Procedimiento Operativo Estándar) Maquina Lavadora.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO LAVADORA	CÓDIGO	Página 1 de 2: POE-PDT-01
		EDICION: 1	
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐	

1. OBJETIVO

Realizar las labores de cambio de formato en la máquina lavadora de botellas de la línea de producción.

2. ALCANCE.

Todo el personal que integra el área de producción.

3. RESPONSABLE.

Este procedimiento es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.

4. DEFINICIONES.

- **Llave Allen:** herramienta usada para atornillar/desatornillar tornillos que tienen cabeza hexagonal interior medida en milímetros.
- **Tornillo Sin Fin:** dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí, mediante un sistema de dos piezas: el "tornillo" (con dentado helicoidal), y un engranaje circular denominado "corona".
- **Bornes:** Nombre aplicado por la empresa fabricante de la máquina para las pinzas sujeta boquillas.
- **Estrella:** rueda dentada (engranaje, piñón) con el perímetro totalmente cubierto de dientes, ya sean rectos (longitudinales), curvos y/u oblicuos.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO LAVADORA	Página 2 de 2 CODIGO : POE-PDT-01
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

5. CONDICIONES GENERALES

- Para la realización del cambio de formato en la máquina lavadora es necesario que la persona responsable porte adecuadamente los implementos de protección personal, como son: gafas protectoras, botas de seguridad, guantes de cuero o lona.
- Para el desarrollo de esta actividad el personal encargado debe disponer de una caja de herramientas que contiene: Llave Allen, llaves, pinzas, entre otros, la cual debe colocarse al final de la tarea en el lugar designado.
- El personal encargado de realizar el cambio de formato debe alistar previamente las piezas que serán reemplazadas con el fin de reducir el tiempo de máquina parada.

6. PROCEDIMIENTO

No.	Descripción	Responsable
1	Cambio del tornillo Sin Fin con Llave Allen n° 4.	Operario máquina lavadora
2	Desinstalar los bornes que sujetan las botellas con pinzas n° 20, una vez retirados instalar los bornes correspondientes a la nueva medida de la boca de botella.	
3	Desinstalar la estrella o rueda dentada desenroscando los tornillos que la ajustan a la máquina	
4	Instalar estrella de entrada y salida de manera manual respectivas para el tamaño del cuerpo de botella	
5	Desinstalar el puente que conecta las estrellas de entrada y salida de botellas a la maquina; ajustar la referencia indicada por el Jefe de Producción.	

REVISADO POR:	APROBADO POR:

2. POE (Procedimiento Operativo Estándar) Maquina Llenadora.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO LLENADORA	Página 1 de 2 CODIGO : POE-PDT-02
		EDICION : 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

1. OBJETIVO

Realizar las labores de cambio de formato en la máquina llenadora de la línea de producción.

2. ALCANCE.

Todo el personal que integra el área de producción.

3. RESPONSABLE.

Este procedimiento es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.

4. DEFINICIONES.

- **Llave Allen:** herramienta usada para atornillar/desatornillar tornillos que tienen cabeza hexagonal interior medida en milímetros.
- **Desinfectante:** Producto que permite eliminar las bacterias, los virus o los microorganismos, permite mitigar los riesgos de contaminación.
- **Detergente:** sustancia que se utiliza para limpiar ya que dispone de propiedades que le permiten quitar la suciedad sin afectar el material sometido al proceso de limpieza.

5. CONDICIONES GENERALES

- Para la realización del cambio de formato en la máquina llenadora es necesario que la persona responsable porte adecuadamente los implementos de protección personal, como son: gafas protectoras, botas de goma con suela antideslizante, guantes de hule, tapaboca, delantal de caucho.
- Para el desarrollo de esta actividad el personal encargado debe disponer de una caja de herramientas que contiene: Llave Allen, desinfectantes, detergente, entre otros, la cual debe colocarse al final de la tarea en el lugar designado.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO LLENADORA	Página 2 de 2 CODIGO : POE-PDT-02
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

- El personal encargado de realizar el cambio de formato debe alistar previamente las piezas y sustancias químicas que serán utilizadas con el fin de reducir el tiempo de máquina parada.

6. PROCEDIMIENTO

No.	Descripción	Responsable
1	Realizar el lavado inicial de la maquina	Operario máquina llenadora
2	Se realiza el segundo lavado de la maquina con diferentes detergentes	Operario máquina llenadora y jefe de desinfección.
3	Se enjuagan los detergentes aplicados con agua a temperatura de 30°C	Operario máquina llenadora
4	Se realiza un segundo lavado a la maquina con desinfectante	
5	Armar las boquillas de llenado para la nueva referencia con los respetivos accesorios tales como: empaque, retenedores, oring.	
6	Realizar el montaje de las boquillas y el tambor de sellado de boquillas el cual posee un cuerpo cilíndrico de ajuste y oring de sellado final. Este tambor viene roscado a un eje saliente que empata el cilindro de llenado.	
7	Montaje de mangueras con su respectivo empaque a la máquina.	
8	Conectar tubería del tanque de llenado a la maquina	
9	Realizar el ajuste de la altura del cabezal de llenado mediante la manivela giratoria que se encuentra en la parte superior de la máquina.	
10	Ajustar la entrada de la botella a la línea de llenado	Operario máquina llenadora
11	Purgar maquina	

REVISADO POR:	APROBADO POR:

3. POE (Procedimiento Operativo Estándar) Máquina Etiquetadora.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO ETIQUETADORA	Página 1 de 2 CODIGO : POE-PDT-03
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

1. OBJETIVO

Realizar las labores de cambio de formato en la máquina etiquetadora de botellas de la línea de producción.

2. ALCANCE.

Todo el personal que integra el área de producción.

3. RESPONSABLE.

Este procedimiento es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.

4. DEFINICIONES.

- **Llave Allen:** herramienta usada para atornillar/desatornillar tornillos que tienen cabeza hexagonal interior medida en milímetros.
- **Boca Fija:** herramientas manuales que se utilizan para hacer esfuerzos de torsión al apretar o aflojar tuercas, tornillos y pernos (pieza metálica parecida a un tornillo, pero de mayo tamaño).
- **Etiqueta:** Papel identificativo que se pega sobre una botella.
- **Pegamento:** Sustancia líquida o pastosa que sirve para adherir cosas.
- **Estrella:** rueda dentada (engranaje, piñón) con el perímetro totalmente cubierto de dientes, ya sean rectos (longitudinales), curvos y/u oblicuos.

5. CONDICIONES GENERALES

- Para la realización del cambio de formato en la máquina etiquetadora es necesario que la persona responsable porte adecuadamente los implementos de protección personal, como son: gafas protectoras, botas de seguridad, guantes de cuero o lona.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO ETIQUETADORA	Página 2 de 2 CODIGO : POE-PDT-03
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

- Para el desarrollo de esta actividad el personal encargado debe disponer de una caja de herramientas que contiene: Llave Allen, llave de boca fija, pegamento entre otros, la cual debe colocarse al final de la tarea en el lugar designado.
- El personal encargado de realizar el cambio de formato debe alistar previamente las piezas que serán utilizadas con el fin de reducir el tiempo de máquina parada.

6. PROCEDIMIENTO

No.	Descripción	Responsable
1	Montar tanques de pegantes, rodillos engomadores y caletas sobre la maquina	Operario máquina etiquetadora
2	Montar tambor de uñas con ayuda de una llave Allen n°6.	
3	Montar tambor engomador de etiquetas y contra etiquetas con llave Allen n°6.	
4	Instalar puente y estrellas (entrada y salida) de botellas a la máquina, utilizando la llave n°10 y llave Allen n°6 respectivamente.	
5	Regular altura de la máquina para la botella correspondiente	
6	Ajustar magazín corta etiquetas utilizando llave boca fija n°10 y llave Allen n°4.	
7	Ajustar banda transportadora, adaptar las barandas a la anchura de la botella.	
8	Suministrar el pegante y colocar la etiqueta correspondiente en el magazín (depósito de etiquetas)	
9	Realizar un ensayo del proceso de etiquetado.	
10	Encender B Biojet y programar número de lote y fecha de vencimiento correspondiente al lote a producir.	

REVISADO POR:	APROBADO POR:

4. POE (Procedimiento Operativo Estándar) Maquina Rubinadora.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO RUBINADORA	Página 1 de 2 CODIGO : POE-PDT-04
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

1. OBJETIVO

Realizar las labores de cambio de formato en la máquina rubinadora de botellas de la línea de producción.

2. ALCANCE.

Todo el personal que integra el área de producción.

3. RESPONSABLE.

Este procedimiento es responsabilidad del Jefe de Mantenimiento.

4. DEFINICIONES.

- **Llave Allen:** herramienta usada para atornillar/desatornillar tornillos que tienen cabeza hexagonal interior medida en milímetros.
- **Boca Fija:** herramientas manuales que se utilizan para hacer esfuerzos de torsión al apretar o aflojar tuercas, tornillos y pernos (pieza metálica parecida a un tornillo, pero de mayo tamaño).
- **Estrella:** rueda dentada (engranaje, piñón) con el perímetro totalmente cubierto de dientes, ya sean rectos (longitudinales), curvos y/u oblicuos.

5. CONDICIONES GENERALES

- Para la realización del cambio de formato en la máquina rubinadora es necesario que la persona responsable porte adecuadamente los implementos de protección personal, como son: gafas protectoras, botas de seguridad, guantes de cuero o lona.

	PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN CAMBIO DE FORMATO RUBINADORA	Página 2 de 2 CODIGO : POE-PDT-04
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

- Para el desarrollo de esta actividad el personal encargado debe disponer de una caja de herramientas que contiene: Llave Allen, llave de boca fija, entre otros, la cual debe colocarse al final de la tarea en el lugar designado.
- El personal encargado de realizar el cambio de formato debe alistar previamente las piezas que serán utilizadas con el fin de reducir el tiempo de máquina parada.

6. PROCEDIMIENTO

No.	Descripción	Responsable
1	Ajustar la rubina con boca fija n°17, 13, 14	Operario lavadora máquina
2	Ajuste de la altura de la botella de la nueva referencia	
3	Instalar estrella de la entrada de botellas hacia la maquina rubinadora	
4	Ajuste del brazo de la rubina para la entrada de tapas con llave Allen n°8, regular la altura para la botella	
5	Ajuste del vibrador de tapas a la altura de la botella	

REVISADO POR:	APROBADO POR:

Como última fase de la propuesta SMED, se busca capacitar a los operarios con el fin de que estos puedan realizar el alistamiento de las máquinas de manera apropiada, optimizando las horas disponibles de producción, de igual forma se pretende que cada uno de los operarios desarrollen la capacidad de realizar el cambio de formato de cualquiera de las máquinas presentes en la línea.

	PLAN DE CAPACITACIÓN SMED	Página 1 de 3 CODIGO : PL-SMED-01
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

1. OBJETIVO.

Capacitar a los operarios de la línea de producción mediante en la formación en la técnica SMED (Single Minute Exchange Of Die), para la aplicación de planes de mejora sistemáticos de los cambios de formato.

2. ALCANCE.

Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, y todos los operarios que integran a la línea de producción.

3. RESPONSABLE.

Jefe de Producción y equipo Técnico.

4. DESCRIPCIÓN.

El plan de capacitación tendrá como base el siguiente contenido:

1. Introducción

- Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) y el sistema SMED
- Beneficios del SMED

2. Términos y definiciones

3. Preparándose para el SMED

- Pasos Básicos en una operación de cambio (set-up)
- La aplicación de las 5S y la gestión visual
- Las etapas del SMED

	PLAN DE CAPACITACIÓN SMED	Página 2 de 3 CODIGO : PL-SMED-01
		EDICION: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐

4. Implementando el SMED

- Formación del equipo de trabajo,
- Establecimiento del Plan de Capacitación del equipo
- Análisis y documentación del proceso de cambio actual
- Separación de actividades externas e internas

Listas de chequeo

- POE'S (Procedimiento Operativo Estándar)

Anclajes funcionales,

- Eliminación de ajustes, etc.
- Estandarización de actividades
- Revisión de todo el ciclo anterior para identificar nuevas oportunidades de mejora

5. Talleres y ejercicios.

5. METAS.

Capacitar al 100% de jefes de departamentos y personal operativo involucrados en la línea de producción.

6. ESTRATEGIAS.

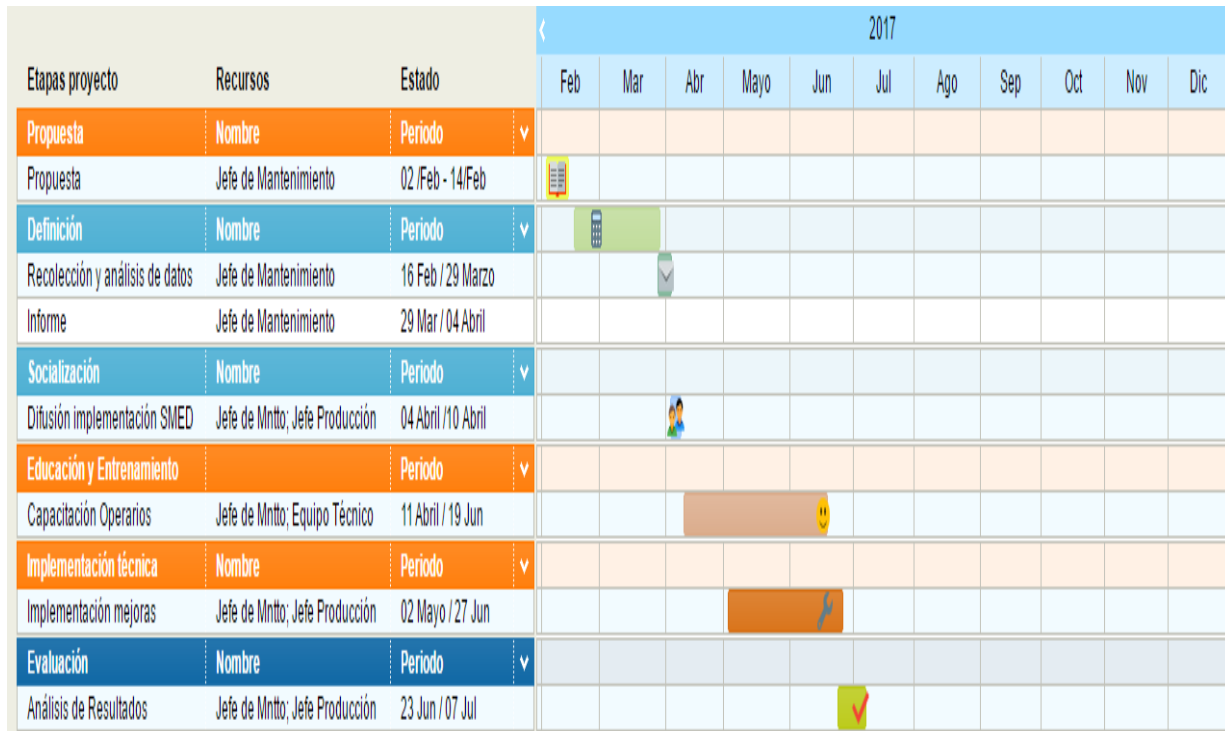
- Desarrollos de trabajos prácticos en cada una de las maquinas involucradas.
- Realizar talleres para afianzar los conocimientos aprendidos.
- Metodología de exposición (dialogo).

7. DURACIÓN.

La duración total de capacitación será de cuarenta y ocho (48) horas, aplicando tres veces a la semana, dos (2) horas por día para un lapso de dos meses.

✓ Cronograma de Implementación de la Propuesta

Para la implementación de la propuesta se plantea el siguiente diagrama de Gantt en el cual se determina los lapsos de tiempo para cada una de las actividades involucradas en el desarrollo de esta herramienta de mejora. (Grafica 6)



Grafica 6. Diagrama de Gantt

Elaboración Propia.

7.2. PROPUESTA DE MEJORA N°2.

En el punto 6 se planteó la mejora que permite la generación de menor cantidad de desperdicios tales como tiempo, reproceso, mermas, etc. El siguiente paso es el aseguramiento de dichas mejoras mediante la metodología TPM, en este caso, la implementación de un cronograma de mantenimiento del proceso productivo y un plan de capacitación para el personal involucrado.

El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implementadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las eficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El objetivo de esta herramienta es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados.

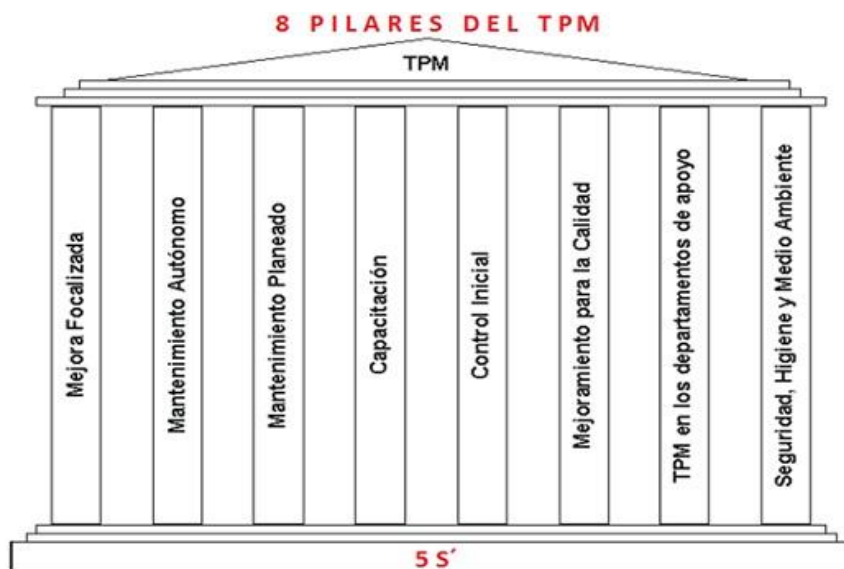


Figura 9. Pilares TPM

Como se muestra en la Figura 9 el TPM se sustenta sobre ocho (8) pilares que a su vez se sustentan sobre la metodología 5's.

- ✓ **Mejora Focalizada:** eliminar sistemáticamente las pérdidas ocasionadas en el proceso productivo, dichas pérdidas pueden presentarse en los equipos (fallas, cambios y ajustes, paradas, defectos, etc.), en los recursos humanos (gerenciales, movimientos, falta de sistemas automáticos, seguimiento y corrección, etc.) y en el proceso productivo (recursos, tiempos y paradas programadas).
- ✓ **Mantenimiento Autónomo:** identificar, diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de los equipos y de este modo prolongar la vida útil del mismo. Cada operario debe conocer y cuidar su equipo ya que estos pasan mayor tiempo con este que cualquier técnico de mantenimiento, el cual podrá reconocer alguna variabilidad que se presente en el proceso habitual de su equipo, desarrollando la capacidad de detectar a tiempo fallas potenciales.
- ✓ **Mantenimiento Planeado:** El operario diagnostica la falla y la indica con etiquetas, números, formas y colores específicos en la máquina de forma que cuando el personal de mantenimiento llegue a repararla pueda ir directo a la falla y la elimine. Por lo tanto, a este tipo de mantenimiento se le puede definir como: "Un conjunto de actividades sistemáticas y metodológicas para construir y mejorar continuamente el proceso".
- ✓ **Capacitación:** esta actividad tiene como objetivo aumentar las capacidades y habilidades de los empleados. Algunas ventajas que se obtienen son: formar personal competente en equipos y en la mejora continua de su área de responsabilidad, estimular el autodesarrollo del personal, desarrollar recursos

humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras y estimular la formación sistemática del personal.

- ✓ **Control Inicial:** Consta básicamente en implementar lo aprendido en las máquinas y procesos nuevos. Desde este pilar se pretende reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento, así como incluir los equipos en proceso de adquisición para que su mantenimiento sea el mínimo. Se pretende con este pilar, asegurar que los equipos de producción a emplear sean: fiables, fáciles de mantener, fáciles de operar, seguros, lograr un arranque vertical (arranque rápido, libre de problemas, correcto desde el principio).
- ✓ **Mejoramiento para la calidad:** Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el “cero defectos” es factible. Las acciones del MC buscan verificar y medir las condiciones “cero defectos” regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad. El Mantenimiento de Calidad se basa en: realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad, prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentra dentro de los estándares técnicos, observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a las situaciones de anormalidad potencial, realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final y realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.
- ✓ **TPM en los departamentos de apoyo:** eliminar las pérdidas en los departamentos de apoyo tales como, finanzas, compras, almacén, entre otras, en estos departamentos las siglas de TPM toman el siguiente significado: **T** (Total participación de los empleados), **P** (Productividad, volúmenes de ventas y ordenes por persona) y **M** (Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos).
- ✓ **Seguridad, Higiene y Medio Ambiente:** asegurar un ambiente de trabajo confortable y seguro, ya que suele suceder que la contaminación es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos accidentes son ocasionados por la mala distribución de los mismos. El objetivo de este pilar es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

7.2.1. Situación actual

La línea de embotellado en la cual se enfoca esta investigación está constituida por cuatro (4) máquinas industriales, la máquina encargada del llenado ha sido adaptada para este proceso, por tal razón las demás máquinas se programan al ritmo de esta. A continuación, se presentan las especificaciones de cada una.

Máquina	Marca	Descripción	Capacidad	Voltaje	Año de Instalación
Lavadora	Tanuzi	Máquina enjuadora rotativa de 18 pinzas, compuesta de cuatro motores	3600 botellas/hora	220/380 V	2012
Llenadora	KM-LA12B	Máquina llenadora automática lineal de 12 boquillas, la cual combina en una sola operación, las funciones de ajuste de envase, llenado de productos, garantiza los niveles de llenado y evacuación de los envases que ya han sido llenados. Dichas funciones se pueden activar e forma independiente por medio de la interfaz PLCHMI	1440 botellas/hora	220 V AC; tres fases con polo a tierra	2014
Rubinaadora	Bertolazo	Máquina la cual por medio de un mecanismo de estrella con alojamiento para 6 botellas toma una a una del transportador obligándola a pasar por el dispensador de tapas provisto, inicialmente de un depósito de tapas, un vibrador, un ducto y par de foto celdas que colocan la tapa en la botella, luego la botella con la tapa realiza una estación de centrado donde un cabezote de desplazamiento vertical rotatorio acciona las rubinas formando la roca y ajuste de la tapa, realizada esta operación la botella regresa nuevamente al transportador.	3600 tapas/hora	220/380 V	1988
Etiquetadora	Cavagnino / Gatti	Máquina compuesta por un mecanismo de levas, piñones y microswch. Las botellas entran al tornamesa donde un microswch da la señal de entrada de la botella para que el magazin (depósito de etiquetas) libere la etiqueta del cilindro engomador, este a su vez libera la etiqueta que es retirada por el rodillo de uñas, el cual lo pega en la botella; esta sigue su recorrido en el tornamesa pasando por el sistema de alisado para ser dispuesto al sistema de contra etiqueta. Dicho sistema opera igual que el de etiqueta.	3600 botellas/hora	220/380 V	1988

Tabla 19. Especificaciones Maquinas Línea de Embotellado

Fuente: La empresa

A partir de la Tabla 19 se puede evidenciar la capacidad de producción de la línea dada por la máquina llenadora 1440 botellas / hora, actualmente en una jornada laboral de cinco (5) horas de envasado se producen 3600 botellas, se habla de eficiencia con base a la velocidad nominal de la máquina más lenta, cuello de botella, lo cual arroja una eficiencia del 50%.

7.2.2. Situación propuesta

A partir de lo expuesto anteriormente, se deriva el diagnóstico de la empresa caso de estudio con el objetivo de evaluar el estado del proceso productivo, en cuanto a rendimiento, madurez, fortalezas, debilidades, entre otros aspectos.

Los indicadores de medición a emplear para este sistema y sus fórmulas de cálculo son los siguientes:

1. **Disponibilidad:** capacidad del equipo para estar en funcionamiento en un instante cualquiera, en las condiciones de utilización y reparación específicas.

✓ Disponibilidad Propia:

$$DP = \frac{TF}{TF + TAP}$$

TF = Tiempo disponible para producir (Tiempo Real)

TAP = Tiempo de parada propia (Set-Up)

✓ Disponibilidad intrínseca o de explotación:

$$TR = TF - TAP$$

$$Di = \frac{TR - TAI}{TR}$$

Donde:

TR = Tiempo requerido (tiempo de producción)

TAI = Tiempo de parado inducido (parada imprevista)

2. **Tasa de Calidad:** razón porcentual para medir la eficiencia productiva de la maquinaria.

$$Tq = \frac{NPB}{NPTR} = \frac{NPTR - NPD}{NPTR}$$

Donde:

NPD = Número de piezas desechadas

NPB = Número de piezas correctas

NPTR = Número de piezas teóricamente realizables.

3. **Relación de Velocidad:** Es el tiempo mínimo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

$$Rv = \frac{\text{Tiempo Ciclo Real}}{\text{Tiempo Ciclo Teórico}} = \frac{TCN}{TCR}$$

4. **Rendimiento Operacional:** el rendimiento operacional de un equipo depende de los siguientes factores: disponibilidad propia, disponibilidad operacional, desviaciones existentes con respecto al tiempo de ciclo teórico y cantidad de piezas rechazadas a la salida de la máquina, de acuerdo con lo anterior la fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$RO = Dp * Do * Rv * Tq$$

Donde:

Dp = Disponibilidad Propia

Do = Disponibilidad Operacional

Rv = Rendimiento de Velocidad o de Ciclo

Tq = Tasa de Calidad (Cantidad de piezas buenas obtenidas / Cantidad de piezas realizadas).

- **Aplicación a la línea de embotellado caso de estudio.**

En base a las fórmulas citadas anteriormente se determinará cada una para la línea, con el fin de definir la eficiencia del proceso de embotellado de bebidas alcohólicas.

Se toma como referencia un día de jornada laboral de ocho (8) horas, una corrida de producción normal equivalente a tres (3) lotes de 900 Lts cada uno, lo cual arroja un total de 2700 botellas, teniendo como referencia teórica 7200 botellas, que corresponde al ritmo de llenado igual a 1440 botellas / hora, en dicha corrida se tuvo un resultado de 2700 botellas correctas y 53 botellas desechadas. Se presentaron dos averías en el transcurso de la jornada, en la máquina rubinadora y en el pasteurizador (preparación) las cuales se solucionaron en un lapso de 90 minutos.

En promedio las máquinas se encuentran en Stand By una (1) hora mientras se termina el proceso de preparación y se cambia de referencia.

El mantenimiento de esta línea está programado para realizarse solo una vez al año.

Disponibilidad:

✓ Disponibilidad Propia

$$DP = \frac{TF}{TF + TAP}$$

TF= 8 horas de producción

TAP= 3 horas de alistamiento

$$DP = \frac{8}{8 + 3} = \frac{8}{11} = 0,73$$

Tasa de Calidad

$$Tq = \frac{NPB}{NPTR}$$

NPB = 2647 botellas correctas

NPTR = 7200 botellas teóricamente realizables.

$$Tq = \frac{2647}{7200} = 0,36$$

Relación de Velocidad

$$Rv = \frac{\text{Tiempo Ciclo Real}}{\text{Tiempo Ciclo Teórico}} = \frac{TCN}{TCR}$$

TCN= 3 horas de embotellado

TCR= 8 horas laborales

$$Rv = \frac{3}{8} = 0,37$$

Rendimiento Operacional

$$RO = Dp * Do * Rv * Tq$$

Dp= 0,73

Do= 1 hora de Stand By

Rv = 0,37

Tq= 0,36

$$RO = 0,73 * 1 * 0,37 * 0,36 = 0,097$$

$$OEE = Dp * Ro * Tq$$

$$OEE = 0,73 * 0,097 * 0,36 = 0,025$$

OEE PROPUESTO

Disponibilidad:

✓ Disponibilidad Propia

$$DP = \frac{TF}{TF + TAP}$$

TF= 8 horas de producción
TAP= 1,53 horas de alistamiento

$$DP = \frac{8}{8 + 1,53} = \frac{8}{9,53} = 0,84$$

Tasa de Calidad

$$Tq = \frac{NPB}{NPTR}$$

NPB = 5316 botellas correctas
NPTR = 7200 botellas teóricamente realizables.

$$Tq = \frac{5316}{7200} = 0,74$$

Relación de Velocidad

$$Rv = \frac{\text{Tiempo Ciclo Real}}{\text{Tiempo Ciclo Teórico}} = \frac{TCN}{TCR}$$

TCN= 4,46 horas de embotellado
TCR= 8 horas laborales

$$Rv = \frac{4,46}{8} = 0,56$$

Rendimiento Operacional

$$RO = Dp * Rv * Tq$$

Dp= 0,84
Rv = 0,56
Tq= 0,74

$$RO = 0,84 * 0,56 * 0,74 = 0,35$$

$$OEE = Dp * Ro * Tq$$

$$OEE = 0,84 * 0,35 * 0,74 = 0,22$$

$$OEE = 22\%$$

Para el desarrollo de la propuesta de TPM, esta estará enfocada en dos de los pilares de esta metodología, capacitación y mantenimiento planeado o preventivo, ya que estos permiten iniciar la aplicación de los conceptos básicos necesarios, dando pie a que en un futuro cercano se realice la implementación completa de cada uno de los pilares.

El primer paso es plantear un plan de capacitaciones que involucre la participación activa de cada uno de los operarios, jefe de producción, jefe de mantenimiento, el cual se desarrollara de la siguiente manera:

- **Plan de capacitación TPM**

El plan de capacitación del personal tiene como propósito transmitir el conocimiento sobre la metodología a desarrollar, TPM, para lo cual se diseña un programa de capacitación que permite transmitir al personal un conjunto de técnicas y procedimientos necesarios para el desarrollo de los pilares, con el objetivo de mejorar el desempeño de cada uno de los operarios desarrollando actividades tales como:

- ✓ Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- ✓ Comprender el funcionamiento en los equipos.
- ✓ Entender la relación entre los mecanismos del equipo y las características de calidad del producto.
- ✓ Poder analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- ✓ Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- ✓ Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas

	PLAN DE CAPACITACIÓN TPM	Página 1 de 2	
		CODIGO	: PL-TPM
		EDICION	: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐	

1. OBJETIVO.

Capacitar a los operarios de la línea de producción mediante en la formación en la metodología TPM (Total Productive Maintenance), para la aplicación de planes de mejora enfocados a la reducción de pérdidas, promoviendo la participación total con el fin aumentar la confiabilidad de los equipos y el proceso.

2. ALCANCE.

Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, y todos los operarios que integran a la línea de producción.

3. RESPONSABLE.

Jefe de Producción y equipo Técnico.

4. DESCRIPCIÓN.

El plan de capacitación tendrá como base el siguiente contenido:

1. Introducción

- TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- Pilares del TPM
- 5's

2. Pasos para la implementación de TPM

- Definición de la línea piloto

3. Factores claves para el desarrollo de un proyecto TPM

4. Talleres y ejercicios.

5. METAS.

Capacitar al 100% de jefes de departamentos y personal operativo involucrados en la línea de producción.

	PLAN DE CAPACITACIÓN TPM	Página 2 de 2	
		CODIGO	: PL-TPM-01
		EDICION	: 1
		COPIA CONTROLADA : SI ☒ NO ☐	

6. ESTRATEGIAS.

- Desarrollos de trabajos prácticos.
- Realizar talleres para afianzar los conocimientos aprendidos.
- Metodología de exposición (dialogo).

7. DURACIÓN.

Se desarrolla en un lapso de un mes realizando un entrenamiento de dos horas semanales.

Para el segundo pilar se determina un cronograma de mantenimiento preventivo ya que actualmente la empresa caso de estudio no realiza mantenimientos preventivos, solo se enfocan en mantenimientos correctivos.

En la Tabla 20 se encuentran especificadas las actividades a realizar en cada una de las máquinas y la periodicidad con que se deben realizar.

EQUIPO	ACTIVIDADES A REALIZAR	PERIODICIDAD
Triblender	Revisar ajuste del sello	Bimensual
	Revisar aspas	
	Revisar suciedad del equipo	
Tanque agitadores	Revisar agitador	Quincenal
	Revisar aspas	
Homogeneizador	Revisión estado de discos	Quincenal
	Limpieza de discos	
Tanque desairador	Revisar aspas	Quincenal
	Derrames de aceite	
	Revisar válvulas	
Pasteurizador	Desarmar el pasteurizador de placas	Quincenal
	Armar el pasteurizador de placas	
	Revisar empaques	
	Porcentaje de suciedad	
Lavadora	Revisar aceite	Quincenal
	Engrasar chumacera	
	Revisar estado de las estrellas	
	Revisar bombas de agua (limpieza de filtros)	
	Ajuste de tiempos de boquilla	
Llenadora	Revisar boquillas	Quincenal
	Revisar válvulas	
	Revisar bomba helicoidal Nesch	
Rubinadora	Revisar rubinas de grafadora de tapa	Quincenal
	Revisar aceite de motor principal	
	Revisar motor de grafado	
	Revisar chumaceras	
	Revisar aceite del reductor	
	Revisar colector de tapas (vibrador)	
Codificador	Limpieza de cabezote	Semestral
Etiquetadora	Revisar uñas	Quincenal
	Revisar tabores	
	Revisar rodillo engomador	
	Revisar rodillo enfocador de botellas	

Tabla 20. Actividades de Mantenimiento.

Elaboración propia.

A partir de la información anterior se diseñó un plan de Mantenimiento Preventivo y su respectivo cronograma; el diseño se basa en:

1. Tomar la referencia del estado de la maquina antes del mantenimiento
2. Limpieza de la maquina (Inspección), realizar un informe sobre lo encontrado en la máquina.
3. Documentación mediante registro de tarjetas de color, las cuales se encontraran en cada máquina facilitando la tarea de reparación de los especialistas y mecánicos.
 - **Tarjeta Azul:** Registro de anomalías que podría solucionar el operario.
 - **Tarjeta Roja:** Registro de anomalías que debe solucionar el área de Mantenimiento.
4. Revisión de las tarjetas en cada máquina, con el fin de identificar la causa raíz el problema.
5. Realizar el reporte de la actividad de Mantenimiento realizada a partir de lo identificado en las tarjetas e cada máquina.
6. Realizar actividades de entrenamiento a los operarios e métodos de mantenimiento preventivo.

✓ Cronograma de Implementación de la Propuesta

Para la implementación de la propuesta se plantea el siguiente diagrama de Gantt en el cual se determina los lapsos de tiempo para cada una de las actividades involucradas en el desarrollo de esta herramienta de mejora. (Figura 10)

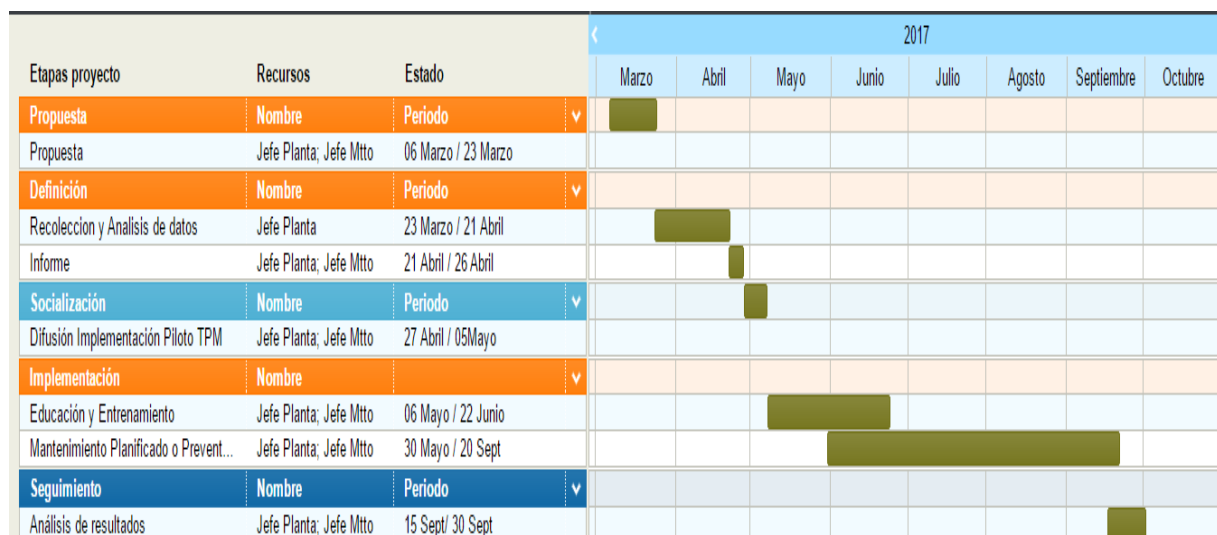


Figura 10. Diagrama de Gantt, Cronograma TPM

Elaboración Propia.

8. MODELO DE SIMULACIÓN.

8.1. SITUACIÓN ACTUAL.

El modelo fue representado en el simulador Arena durante ciento ochenta (180) min, lo cual equivale a tres (3) horas de envasado (comportamiento estándar de la línea); donde se representan gráficamente las seis (6) estaciones de trabajo, exceptuando el área de preparación y el alistamiento previo de la línea.

Para el desarrollo de este modelo se tienen en cuenta los tiempos de ciclo por batch de veinte (20) lotes, arrojando la distribución de cada estación, teniendo como razón de entrada 0.6 min/Batch, realizando 10 réplicas del modelo. **(Figura 11)**

A partir de los datos arrojados por el simulador Arena (Rockwell Software) se puede concluir que el tiempo promedio del sistema es de 92,357 min, donde el modelo evaluó 283 batches, al sistema ingresaron 288 Batches y salieron 283, la diferencia se encuentra en las estaciones de lavado, llenado, rubinado y encapsulado. Los porcentajes de utilización de los recursos son: 2.25% para el lavado, 20.50% llenado, 41.56% rubinado, 24.49% encapsulado, 0.0217% etiquetado. **(Figura 12)**

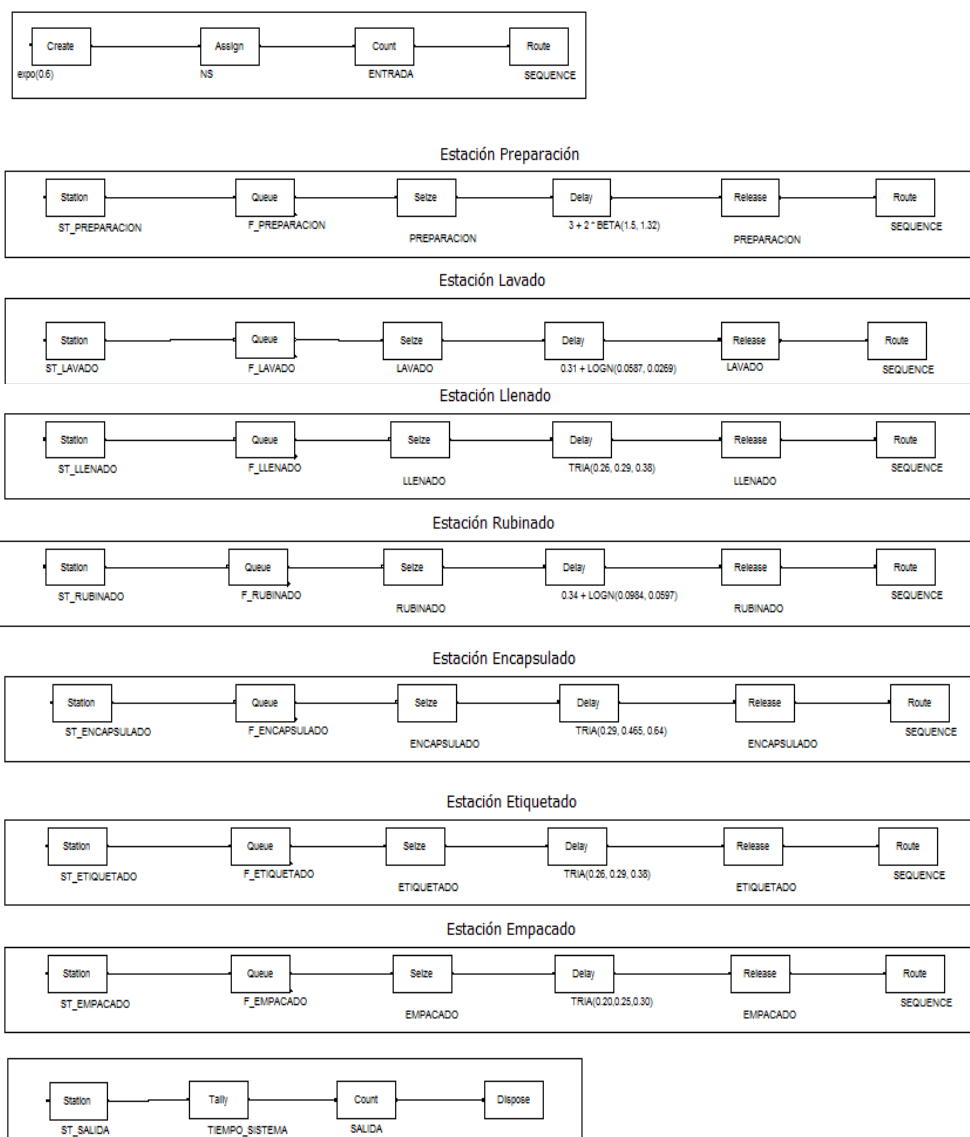
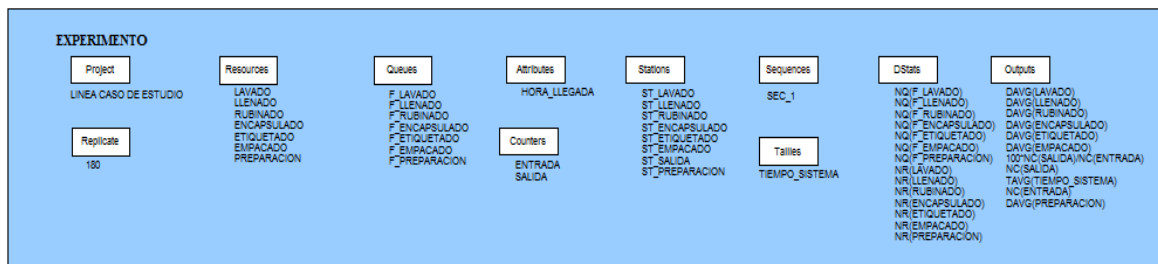


Figura 11. Modelo Situación Actual.

Elaboración propia.

Summary for Replication 10 of 10

Project: LINEA CASO DE ESTUDIO

Run execution date : 1/28/2017

Analyst: NATHALIA CARDONA VINASCO ELIZABETH TIRADO RIOS

Replication ended at time : 180.0 Minutes

Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
TIEMPO_SISTEMA	92.357	(Insuf)	2.1700	178.90	283

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
NQ(F_LAVADO)	.02448	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
NQ(F_LLENADO)	.20495	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
NQ(F_RUBINADO)	.41557	.23962	.00000	5.0000	.00000
NQ(F_ENCAPSULADO)	.24487	.15385	.00000	3.0000	.00000
NQ(F_ETIQUETADO)	2.1750E-04	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
NQ(F_EMPACADO)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
NQ(F_PREPARACION)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
NR(LAVADO)	.58360	.05953	.00000	2.0000	2.0000
NR(LLENADO)	.49475	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
NR(RUBINADO)	.68999	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
NR(ENCAPSULADO)	.73003	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
NR(ETIQUETADO)	.48949	.04475	.00000	1.0000	.00000
NR(EMPACADO)	.38996	.03802	.00000	1.0000	.00000
NR(PREPARACION)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
ENTRADA	288	Infinite
SALIDA	283	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
DAVG(LAVADO)	.03582	.00676	.02448	.05370	10
DAVG(LLENADO)	.23419	.03688	.16910	.33809	10
DAVG(RUBINADO)	.63019	.13754	.41557	1.0180	10
DAVG(ENCAPSULADO)	.41442	.13036	.20689	.83717	10
DAVG(ETIQUETADO)	2.7201E-04	1.4973E-04	5.5378E-05	7.0385E-04	10
DAVG(EMPACADO)	.00000	.00000	.00000	.00000	10
100*NC(SALIDA)/NC(ENTRADA)	98.180	.25705	97.577	98.692	10
NC(SALIDA)	297.10	10.617	278.00	322.00	10
TAVG(TIEMPO_SISTEMA)	91.891	2.0464	87.053	95.249	10
NC(ENTRADA)	302.60	10.696	283.00	328.00	10
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	10

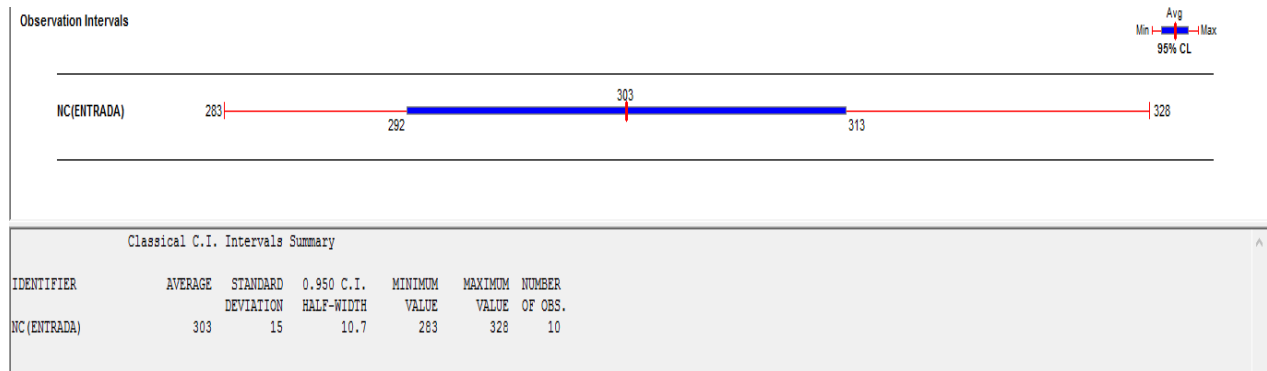
Simulation run time: 0.22 minutes.

Simulation run complete.

Figura 12. Resultados SIMAN Situación Actual.

Elaboración propia.

Se realiza una prueba t-Pareada con el fin de establecer la veracidad de los datos, con un nivel de confianza de 95%, teniendo como resultado una desviación estándar de 15, para un rango de 283 a 328 batches. (**Grafica 7**)



Grafica 7. Resultados t – Pareada situación actual del proceso.

Elaboración propia.

8.2. SITUACIÓN PROPUESTA

Para la propuesta de mejora se plantea un tiempo de producción de doscientos sesenta y ocho (268) min, ochenta y ocho (88) min más que en modelo real, los cuales son ganados a partir de la eliminación de actividades externas con la herramienta de Lean Manufacturing, SMED. Los resultados obtenidos son, 443 batches producidos, con un tiempo promedio en el sistema de 140,49 minutos, los porcentajes de utilización de las maquinas aumenta, 3.52% lavado, 23.40% llenado, 64.40% rubinado, 42.33% encapsulado, 0.032% etiquetado. (**Figura 13**)

Project: LINEA CASO DE ESTUDIO
Analyst: NATHALIA CARDONA VINASCO ELIZABETH TIRADO RIOS

Run execution date : 1/28/2017

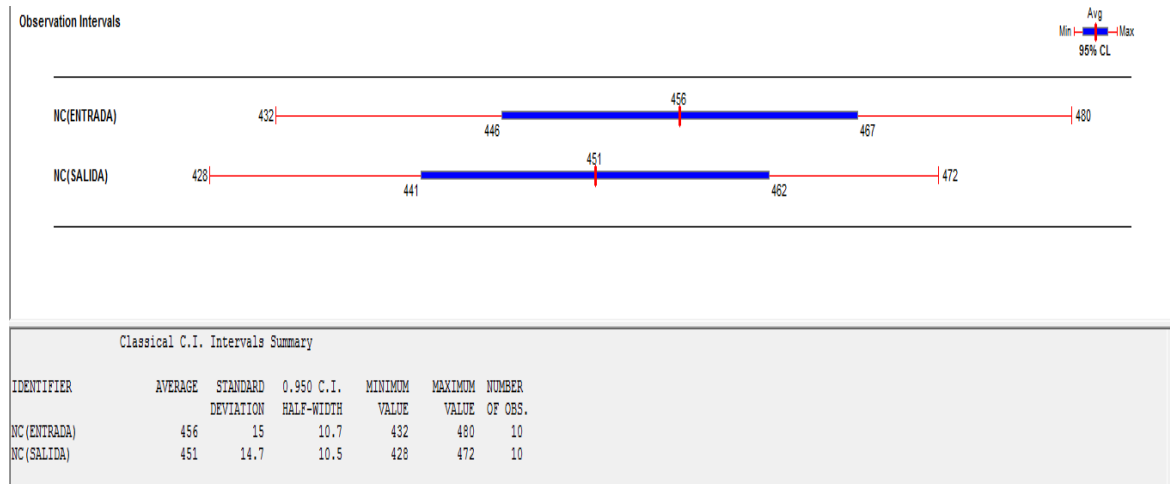
Replication ended at time : 268.0 Minutes
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
TIEMPO_SISTEMA	140.49	(Corr)	2.1700	267.47	443
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
NQ(F_LAVADO)	.03243	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
NQ(F_LLENADO)	.23252	.10718	.00000	4.0000	.00000
NQ(F_RUBINADO)	.67902	(Corr)	.00000	7.0000	.00000
NQ(F_ENCAPSULADO)	.37617	(Corr)	.00000	4.0000	2.0000
NQ(F_ETIQUETADO)	6.1694E-04	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
NQ(F_EMPACADO)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
NQ(F_PREPARACION)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
NR(LAVADO)	.61788	.05996	.00000	2.0000	.00000
NR(LLENADO)	.52129	.04669	.00000	1.0000	.00000
NR(RUBINADO)	.73253	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
NR(ENCAPSULADO)	.76790	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
NR(ETIQUETADO)	.51563	.03749	.00000	1.0000	1.0000
NR(EMPACADO)	.41178	.03154	.00000	1.0000	1.0000
NR(PREPARACION)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
COUNTERS					
Identifier	Count	Limit			
ENTRADA	449	Infinite			
SALIDA	443	Infinite			
OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
DAVG(LAVADO)	.03522	.00465	.02566	.04732	10
DAVG(LLENADO)	.23397	.02578	.18390	.29554	10
DAVG(RUBINADO)	.64396	.08150	.45273	.86223	10
DAVG(ENCAPSULADO)	.42331	.08556	.21270	.64901	10
DAVG(ETIQUETADO)	3.2607E-04	1.7373E-04	8.9195E-05	7.1935E-04	10
DAVG(EMPACADO)	.00000	.00000	.00000	.00000	10
100*NC(SALIDA)/NC(ENTRADA)	98.884	.36257	98.245	99.785	10
NC(SALIDA)	451.30	10.540	428.00	472.00	10
TAVG(TIEMPO_SISTEMA)	137.13	1.8914	132.81	140.49	10
NC(ENTRADA)	456.40	10.749	432.00	480.00	10
DAVG(PREPARACION)	.00000	.00000	.00000	.00000	10
System.NumberOut	.00000	.00000	.00000	.00000	10
Simulation run time: 0.40 minutes.					
Simulation run complete.					

Figura 13. Resultados SIMAN Modelo Propuesto.

Elaboración propia.

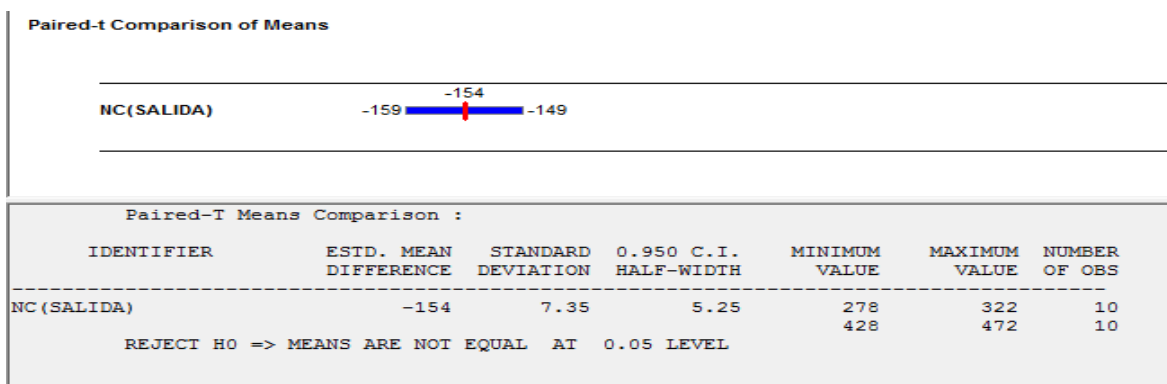
Para la propuesta se realiza de igual forma una prueba T Pareada para confirmar la certeza de los datos obtenidos con un nivel de confianza del 95% arrojando un intervalo entre 428 a 472 batches. **(Grafica 8)**



Grafica 8. Prueba t-Pareada Modelo Propuesto.

Elaboración propia.

Al mismo tiempo se realiza una comparación entre las dos medias con el fin de validar el resultado.

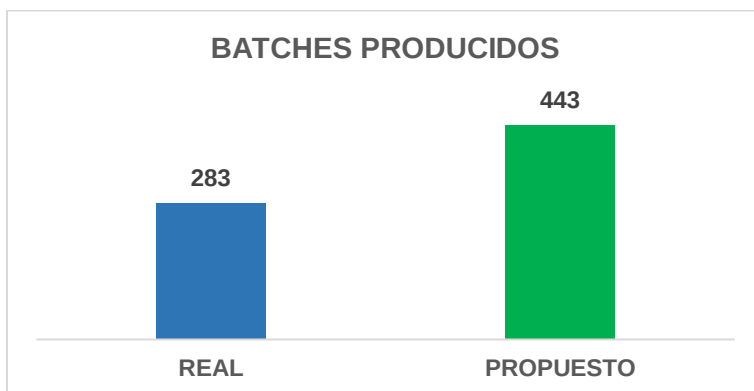


Grafica 9. Prueba Comparación de Modelos.

Elaboración propia.

9. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se puede identificar a partir de la implementación de las propuestas, que la línea caso de estudio puede producir 160 batches más en comparación con el estándar que se maneja actualmente, el cual corresponde a un promedio de 3600 botellas, teniendo una eficiencia del 50%, a partir de los cambios se obtienen 5316 botellas y una eficiencia del 74%.



Grafica 10. Diferencia estándar actual vs propuesto.

Elaboración propia.

La aplicación de la herramienta SMED permite a la línea producir 1716 botellas más para un promedio de cinco horas de producción, teniendo en cuenta que al reducir los tiempos de alistamiento para el cambio de formato, se tendrán ochenta y ocho minutos (88) minutos más para producir, complementándose con la herramienta TPM la cual contribuye a la eliminación de paros no programados, menos averías, menos desperdicios, ya que al implementar esta herramienta se realizara el mantenimiento oportuno de las máquinas, disminuyendo las posibilidades de que alguna de ellas influyan en la calidad del producto, habrá una reducción considerable en el porcentaje de mermas por botellas, tapas y etiquetas, las cuales actualmente crean grandes desperdicios debido a la mala calibración de las máquinas.

Costo Implementación de Propuestas			
Implementación	Frecuencia	Costo Unitario	Costo Total
Carro Porta herramientas	Única vez	\$ 250.000	\$ 1.000.000
Plan de Capacitación SMED y TPM	Semestral	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000

Tabla 21. Costo Implementación de Propuestas.

Elaboración propia.

Botella	Costo Producción	Precio Venta	Utilidad
	\$ 7.685,38	\$ 31.200	\$ 23.514,62

Costo Beneficio			
	Batches Producidos	Botellas	Utilidad x Botella
Real	283	3396	\$ 79.855.649,52
Propuesto	443	5316	\$ 125.003.719,92

Tabla 22. Análisis económico propuesta

Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 22 la utilidad por botellas producidas aumenta en \$45.148.070,40, teniendo la capacidad de recuperar la inversión de las propuestas en menor tiempo.

Por parte de la propuesta de implementación del TPM se desagregan resultados en cuanto a costos directos sobre la línea de producción, o también clasificados como costos derivados por la no calidad, tales como el consumo de energía. En la Tabla 23 se relacionan los valores de KW/Día por jornada laboral, KW consumidos por máquina y las horas de trabajo en las cuales estas se encuentran encendidas.

Máquina	Horas Trabajo	KW/Hora	KW/Día
Triblender	3	11,5	34,5
Homogenización	3	15,8	47,4
Pasteurizador	3,5	33,9	118,65
Lavadora	6,05	23,5	142,175
Llenadora	9,8		230,3
Rubina	6,6		155,1
Túnel de Termo encogido	5		117,5
Etiquetadora	6,2		145,7
Biojet	5		117,5
Banda transportadora	5		117,5
Alumbrado Producción	8	3,0	24
Alumbrado Caldera	8	1,0	8
Total	69,15	88,7	1258,325

Descripción	KW/Día	Valor KW	Total
Consumo Día KW	1258,325	\$ 307,76	\$ 387.262,10
Consumo Mes KW	26424,825	\$ 307,76	\$ 8.132.504,14

Tabla 23. Consumo de Energía Línea Caso de Estudio.

Elaboración propia.

El consumo mes de KW para la línea de embotellado hoy en día es de \$8.132.504,14 para lo cual con la implementación de las propuestas se reducen 88 minutos de consumo en cada una de las máquinas del área de envasado arrojando un ahorro mensual de \$759.397,80 y anual de \$9.112.773,60 contribuyendo a la economía de dicha empresa, y de igual forma al medio ambiente. Tabla 24.

Máquina	Horas Trabajo	KW/Hora	KW/Día
Triblender	3	11,5	34,5
Homogenización	3	15,8	47,4
Pasteurizador	3,5	33,9	118,65
Lavadora	5,05	23,5	118,675
Llenadora	8,8		206,8
Rubidora	5,6		131,6
Túnel de Termo encogido	4		94
Etiquetadora	5,2		122,2
Biojet	5		117,5
Banda transportadora	5		117,5
Alumbrado Producción	8	3,0	24
Alumbrado Caldera	8	1,0	8
Total	64,15	88,7	1140,825

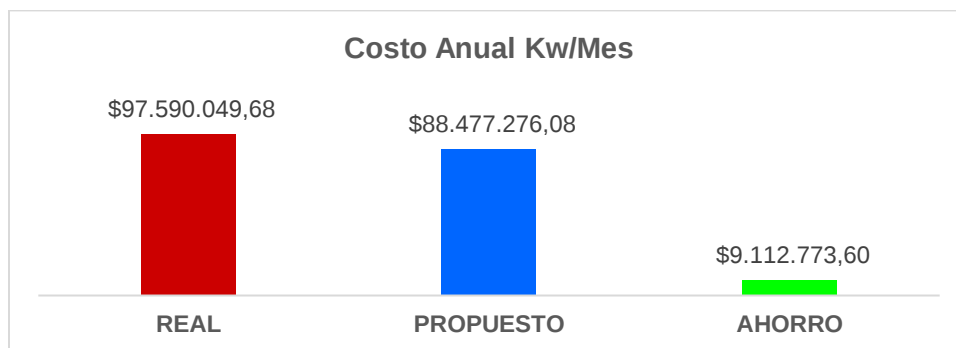
Descripción	KW/Día	Valor KW	Total
Consumo Día KW	1140,825	\$ 307,76	\$ 351.100,30
Consumo Mes KW	23957,325	\$ 307,76	\$ 7.373.106,34

Ahorro Diario	\$ 36.161,80
Ahorro Mensual	\$ 759.397,80
Anual	\$ 9.112.773,60

Tabla 24. Consumo de Energía Por Maquina.

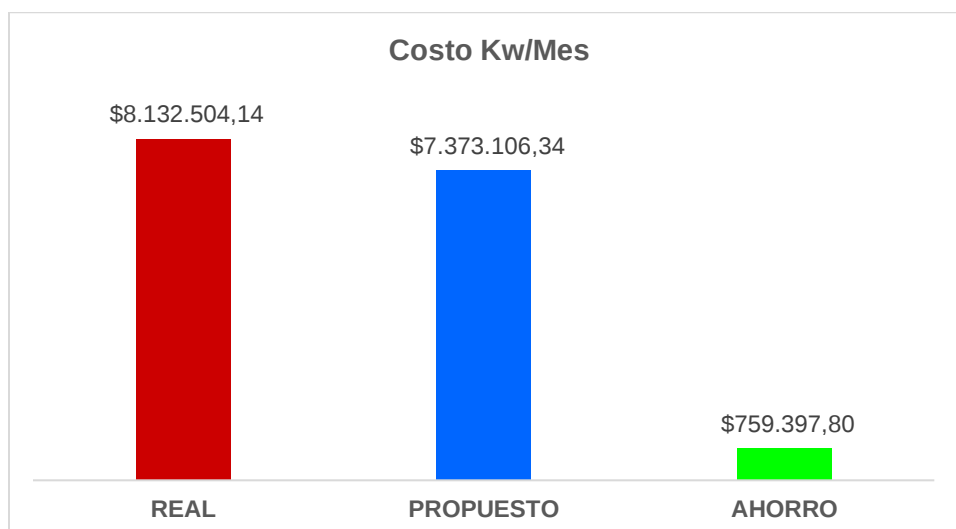
Elaboración propia.

A continuación, se representa gráficamente la diferencia de consumos y su ahorro.



Grafica 11. Costo Anual KW

Elaboración propia.



Grafica 12. Costo Mensual de KW

Elaboración propia.

El ahorro total más la ganancia dado por las dos propuestas de mejora para la empresa caso de estudio será de \$45.907.468,20 mensuales.

10. CONCLUSIONES

Lean Manufacturing más que una regla de implementación para la mejora de un proceso es una filosofía, una estructura de pensamiento direccionada hacia el cambio y mejora continua. Las empresas hoy en día enfrentan un mercado cada vez más competitivo por lo tanto deben implantar herramientas de productividad que ayuden a convertirse y mejorar su posición en el segmento del mercado en el cual participan, en la empresa caso de estudio SMED y TPM.

Las herramientas de la filosofía Lean Manufacturing, SMED y TPM, aportan a las empresas oportunidades de mejora desde diferentes enfoques, para el caso se aplican desde la parte de desarrollo de personal competente y oportuno, hasta el aprovechamiento de las máquinas existentes en la línea de producción.

Ambas herramientas mejoran la calidad del ambiente de trabajo, incrementando la moral de los empleados, permitiendo crear una cultura de responsabilidad y respeto donde la comunicación hace parte eficaz del desarrollo de esta propuesta, donde se busca tener un aprendizaje permanente. Adicionalmente, se podrán eliminar pérdidas que afectan la eficiencia de la planta, reducir los costos del mantenimiento y aquellos asociados a la no calidad, convirtiéndose en una empresa más competitiva al mejorar la capacidad de respuesta al mercado.

El modelo de simulación en el Software Arena permitió validar la efectividad de estas herramientas ya que se refleja la realidad del sistema convirtiéndose en una herramienta complementaria para la toma de decisiones antes de realizar un cambio cuando se requiere inversión para llevarlo a cabo.

El impacto de las propuestas de mejora presentadas, para el cambio de formato, desperdicios y tiempo muerto, se ve reflejado en el incremento del tiempo disponible de producción, ya que se tendrán 88 minutos gracias a la reducción del tiempo total de alistamiento de las máquinas, teniendo una ganancia por botellas producidas de más de \$45.148.070,4. Además del ahorro por menos consumo de energía anual de \$9.112.773,60 al operar las máquinas solo el tiempo necesario.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa llevar un registro histórico de cada uno de los datos recopilados en este trabajo, con el fin de llevar el seguimiento de los indicadores planteados para la solución de posteriores hallazgos en la planta de producción, los indicadores de calidad, disponibilidad y rendimiento son de suma importancia para la implementación de una propuesta de TPM.

Dentro de la planeación de las actividades de los pilares aplicados, capacitación y mantenimiento preventivo, debe tenerse en cuenta la relación con los demás pilares que conforman esta herramienta, así en un futuro será más fácil para la empresa la implementación de estos eliminando desperdicios en otras áreas tales como, compras, servicio al cliente, almacén, despachos, etc.

Se recomienda hablar y concientizar a los empleados de la importancia y utilidad que traerá la implementación de nuevos métodos, para que ellos sepan porque se están haciendo las cosas y se comprometan a colaborar, de otro modo ellos rechazarán lo nuevo, ya que el ser humano por naturaleza tiende a rechazar lo desconocido. Es indispensable para el desarrollo de esta propuesta el compromiso por parte del jefe de producción, jefe de mantenimiento y gerente para crear una cultura de trabajo enfocada a la mejora continua, aprendizaje permanente y comunicación abierta.

Al igual que para la herramienta SMED, el factor relevante para que esta logre ser exitosa es el apoyo de la dirección en el proyecto, en la capacitación del personal para que todos los involucrados aporten ideas en este sentido inculcando el trabajo en equipo para lograr una armonía en la alineación de los objetivos estratégicos de la compañía, para el caso la reducción de tiempos muertos.

Se recomienda para futuras investigaciones extender este estudio al área de planificación de la producción con el fin de documentar el pronóstico y comportamiento de la demanda para programar el proceso productivo y al área de compras para realizar el correcto seguimiento de adquisición de insumos ya que es una actividad crítica en la empresa caso de estudio.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Juran, J. (1988). Juran On Leadership for Quality: An Executive Handbook.
- Sacristán, F. R. (1998). Implantación del TPM-programas y experiencias.
- George, M. L., (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed (General Finance & Investing)
- Villaseñor, A., & Edber, G. (2007). Manual de Lean Manufacturing - Guía Básica. Monterrey, México: LIMUSA.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook*. Esensi.
- Cuatrecasas, LI. (2007). Indicadores de control para la mejora de un proceso de acuerdo con los principios de la producción lean. <http://www.institutolean.org>
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the world: The Story of Lean Production—Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing Worlds Industry*.
- Reyes. P., (2009). Manufactura Esbelta (Lean).
- González Sanmartín, J. A. (2010). Propuesta de mejora para el proceso productivo de inyección de plásticos y serigrafía en la Empresa Indurama-partes y piezas (Bachelor's thesis).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon and Schuster.
- Padilla, L. (2010). Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil. Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2076, 3166.
- Buitrago. M., & Bastidas, V., (2011). Evaluación de la aplicabilidad del Lean Manufacturing y la Simulación orientada al proceso en el contexto de una empresa Valle Cauca.
- Monsalve. F., & Quiñonez. J., (2011). Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping para identificar y reducir los desperdicios del proceso de producción de una empresa de alimentos balanceados para animales.
- Alvarez C., & De la Jara P., (2012). Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes.

- Quesada-Pineda, H. J., Buehlmann, U., & Arias, E. (2013). Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria de Productos de Madera.
- Tuarez. C., (2013). Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- Pedraza. P., & Herrera., J. (2013). Propuesta de mejoramiento basada en Lean Manufacturing para la disminución de desperdicios en la empresa Torre Blanca Agencia Grafica.
- Quezada. M., & Garza J., (2013). Reducing costs associated with waste from a product of a manufacturing company.
- Sutari Orville (2015). Process Improvement using Lean Principles on the Manufacturing of Wind Turbine Components.
- Solís, M., (2015). Implementación de un plan piloto de TPM En la Llenadora de puré de banano.

<https://www.arenasimulation.com/>

Costos de no Calidad.

<http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/departamentos/departamento-contaduria-publica/planta-docente/Documents/Nota%20de%20clase%2068%20costos%20de%20la%20no%20calidad.pdf>

Siete Desperdicios más uno. <http://lean-esp.blogspot.com.co/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html>

www.leansisproductividad.com

ANEXOS

Anexo A. Formato cronograma de mantenimiento preventivo.

		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.																															
		CODIGO:										PAGINA 1										FECHA:											
PERIODO DE PROGRAMACION : AÑO <u>2017</u> FECHA DE REALIZACIÓN _____ F.P.: FECHA DE PROGRAMACION F.R.: FECHA DE REALIZACION																																	
MAQUINA O EQUIPO	MES	DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Triblender		F.P.																															
		F.R.																															
Tanque agitadores		F.P.																															
		F.R.																															
Homogenizador		F.P.																															
		F.R.																															
Tanque Desairador		F.P.																															
		F.R.																															
Pasteurizador		F.P.																															
		F.R.																															
Lavadora		F.P.																															
		F.R.																															
Llenadora		F.P.																															
		F.R.																															
Rubinadora		F.P.																															
		F.R.																															
Etiquetadora		F.P.																															
		F.R.																															
Banda Transportadora		F.P.																															
		F.R.																															
ELABORADO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:																																	

Anexo B. Check-List mantenimiento preventivo.

	CHECK LIST MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Página 1 de 1	
		CODIGO	: CLK-MNTO-01
		EDICION	: 1
		COPIA CONTROLADA	: SI ☒ NO ☐

Programa de formación: Técnico en Sistemas.		Competencia: Realizar mantenimiento preventivo que garantice el funcionamiento de las máquinas.			
CHECK LIST	DESEMPEÑO		PRODUCTO		DURACIÓN:
NOMBRE DEL OPERARIO					

N°	VARIABLES / INDICADORES	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Selecciona la herramienta adecuada de acuerdo a la necesidad			
2	Aplica las normas de seguridad para trabajar bajo las normas de SGSST			
3	Verifica funcionamiento de la máquina antes de realizar el mantenimiento.			
4	Ubica a la mano todas las piezas en orden de ensamble o mantenimiento.			
5	Revisar partes de la maquina (aceite, empaques, aspas, chumacera, boquillas, válvulas, etc.)			
6	Limpiar suciedad de la máquina.			
7	Instala las piezas correspondientes a la máquina.			
8	Verifica correcto funcionamiento de la máquina.			

Anexo C. Tarjeta roja de anomalías TPM.

Tarjeta de Anormalidades												
TARJETA DE OPERADOR DE EQUIPO No. 												
PRIORIDAD	A	B	C	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	PASO	1	2	3	4	5	6	7
Maquina: 												
Detectado por: Fecha: / / Año Mes Día												
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA												

Anexo D. Tarjeta azul de anomalías TPM.

Tarjeta de Anormalidades															
TARJETA DE OPERADOR DE EQUIPO No. _____															
PRIORIDAD	A	B	C	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO											
PASO	1	2	3	4	5	6	7								
Maquina: _____															
Detectado por: _____ Fecha: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 20px;"> </td> <td style="width: 30px; height: 20px;"> </td> <td style="width: 30px; height: 20px;"> </td> </tr> <tr> <td style="font-size: 8px;">Año</td> <td style="font-size: 8px;">Mes</td> <td style="font-size: 8px;">Día</td> </tr> </table>													Año	Mes	Día
Año	Mes	Día													
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA															