

**PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENVASADO DE FUNGICIDA EN
PRESENTACIÓN DE 1 LITRO EN LA EMPRESA OPERATION SERVICES S.A.S
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LEAN MANUFACTURING**

PRESENTADO POR

YOHANA PATRICIA VILARÓ FLOR

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESPECIALIZACIÓN LOGÍSTICA DE OPERACIONES

BARRANQUILLA

2020

**PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENVASADO DE FUNGICIDA EN
PRESENTACIÓN DE 1 LITRO EN LA EMPRESA OPERATION SERVICES S.A.S
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LEAN MANUFACTURING**

**PRESENTADO POR
YOHANA PATRICIA VILARÓ FLOR**

**Proyecto de grado presentando como requisito,
Para optar al título de
ESPECIALISTA EN LOGÍSTICA DE OPERACIONES**

**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN LOGÍSTICA DE OPERACIONES
BARRANQUILLA**

2020

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	vi
INTRODUCCIÓN	7
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	8
1.1 MISIÓN	8
1.2 VISIÓN	8
1.3 POLITICAS	8
1.4 SERVICIOS.....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.1 DIAGRAMA CAUSA EFECTO	13
3. ALCANCE DEL PROYECTO	14
4. OBJETIVOS.....	14
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
5. JUSTIFICACIÓN.....	15
6. MARCO DE REFERENCIA.....	16
6.1 MARCO TEORICO.....	16
6.1.1 HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING	16
6.1.2 LEAN MANUFACTURING	18
6.1.3 OCHO DESPERDICIOS (MUDAS) DE LEAN MANUFACTURING	18
6.1.4 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	20
6.2 MARCO CONCEPTUAL.....	25
6.3 ESTADO DEL ARTE.....	26
7. MARCO METODOLOGICO	31
7.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
7.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	32
7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	32
8. CRONOGRAMA.....	34
9. DIAGNOSTICO	35
9.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	35
9.2 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	38

9.3	IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS.....	42
9.4	VSM DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA.....	45
10.	PROPUESTAS DE MEJORA SEGÚN HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING ...	47
11.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	56

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Diagrama de causa - efecto	13
Ilustración 2. Diagrama de proceso.....	38
Ilustración 3. VSM del estado actual	46
Ilustración 5. VSM del estado futuro	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fases de la metodología	33
Tabla 2. Cronograma de actividades.....	34
Tabla 3. Tiempos perdidos Reenvase#1 año 2019	38
Tabla 4. Costo de lavado de equipo año 2019.....	39
Tabla 5. Tiempos de producción por frascos	40
Tabla 6. Tiempos de producción por cajas.....	41
Tabla 7. Tiempo de estibado/paletizado.....	41
Tabla 8. Desperdicios.....	44
Tabla 9. Análisis de tiempos VSM actual	47
Tabla 10. Reducción de costos lavado de tanque.....	48

INTRODUCCIÓN

Con el transcurso del tiempo, la industria ha venido evolucionando para adaptarse a los cambios del mercado, los clientes cada vez son más exigentes, hay más variedad de producto, hay más opciones de oferta y demanda. En medio de este crecimiento, las empresas buscan reinventar sus procesos de tal manera que el negocio sea rentable y se ajuste a las necesidades del cliente.

Una de las metodologías creada para lograr ese punto de equilibrio entre rentabilidad y satisfacción del cliente es Lean Manufacturing. El objetivo principal de la metodología Lean es fomentar la cultura de mejora continua, mediante la optimización de los recursos; humanos, físicos y tecnológicos.

En el desarrollo del siguiente proyecto, se aplicará la metodología Lean sobre el proceso de envasado de Fungicida en presentación de 1 litro en la empresa Operation Services S.A.S.

Se realizará un diagnóstico del estado actual de la línea, a través de un análisis de tiempos de cada una de las actividades que son desarrolladas, por otra parte, se tendrán en cuenta algunos datos históricos asociados a las paradas no programadas más recurrentes. Lo anterior, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y ofrecer soluciones de ingeniería que nos permitan eliminar del proceso todas aquellas actividades que no agregan valor, ayudando así a mejorar la eficiencia de la línea de envasado.

PLAN DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENVASADO DE FUNGICIDA EN PRESENTACIÓN DE 1 LITRO EN LA EMPRESA OPERATION SERVICES S.A.S MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LEAN MANUFACTURING

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 MISIÓN

Somos proveedores de servicios industriales cumpliendo con estándares de seguridad, calidad y productividad, comprometidos siempre con el medio ambiente.

Ofrecemos como valor agregado la confianza, seriedad y cumplimiento, que garantiza nuestro crecimiento y consolida la relación con nuestros clientes.

Mantenemos un ambiente de trabajo armónico en toda la organización, donde capacitación y desempeño son pilares del crecimiento personal y del desarrollo integral de los equipos de trabajo.

1.2 VISIÓN

Seremos reconocidos como una empresa líder en proveer servicios para plantas industriales, soportados en la diversificación, en el conocimiento del entorno donde se desarrolla nuestro negocio y en una excelente cultura organizacional.

1.3 POLITICAS

- OPERATION SERVICES S.A.S, empresa prestadora de servicios industriales con énfasis en el sector químico, está comprometida con la satisfacción total de

nuestros clientes y de las partes interesadas. Para garantizarlo, se implementó el Sistema Integrado de Gestión el cual:

- Promueve condiciones de trabajo sanas y seguras mediante:
- La identificación de los peligros y los aspectos ambientales.
- Evaluación y valoración de los riesgos e impactos ambientales.
- La implementación de controles.
- Previene accidentes de trabajo, enfermedades laborales, daños a la propiedad, contaminación ambiental y la afectación de la calidad del servicio en todas las actividades desarrolladas.
- Brinda el respaldo financiero, tecnológico, físico, técnico y humano calificados para garantizar la eficacia de nuestro sistema.
- Cumple los requisitos legales vigentes y otros aplicables.
- Promueve la consulta y participación de los trabajadores.
- Da tratamiento a los datos personales conforme a lo establecido por la ley.
- Fomenta un clima laboral adecuado que refleje productividad

La revisión periódica y la mejora continua de nuestro sistema, nos permite ser sostenibles en el tiempo y certificar por terceros la conformidad de nuestra gestión.

1.4 SERVICIOS

La empresa tiene por objeto la prestación del servicio en el área administrativa, contable, financiera, tributaria, tecnológica, industrial, asesoría comercial, de suministros y de personal para todo tipo de sociedades, empresas, plantas industriales y/o agroindustriales y para entidades públicas y del estado a cualquier nivel. La

empresa puede prestar servicios comúnmente denominados de Outsourcing y/o insourcing para prestar, directamente o en asocio con terceros, servicios de aseo, operación industrial, recepción de mercancías, servicios de apoyo administrativo y entrega de correspondencia, servicios de archivo, transcripción de datos, jardinería, pintura, cerrajería, servicios de mantenimiento tales como pero no limitarlos a: servicios eléctricos, hidráulicos, reparación y mantenimiento de ascensores, plomería, etc. Servicios de lavandería, mudanzas y trasteos, así como el cargue y descargue de mercancías, y logística de eventos y en general, todos aquellos servicios que pudiere necesitar una empresa, colegio, hospital, clínica, cafetería, entidad financiera, persona natural o entidad con o sin ánimo de lucro que no constituyen el objeto principal de la empresa, persona ó entidad pero que sean requeridas para el desarrollo del mismo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta la posición geográfica de Colombia, el sector agrícola es uno de los que más proyección de crecimiento tiene, en ese mismo sentido existe una gran expectativa de que la demanda de fungicidas aumente. Teniendo en cuenta lo anterior las empresas productoras de fungicidas tienen la necesidad de fabricar productos de alta calidad y costos competitivos.

En la actualidad Operation Services se encuentra prestando servicios dentro de una de las mayores empresas a nivel mundial formuladora de fungicida, suministrando personal operativo en las diferentes áreas. Dentro de las actividades desarrolladas por la empresa, se encuentra el proceso de envasado de fungicida en solución concentrada en presentación desde 1 litro en el área de Reenvase # 1. La empresa lleva desarrollando esta actividad desde el año 2008, sin embargo, esta línea de producción

funciona desde hace más de 20 años, en sus inicios fue concebida para envasar productos líquidos, por lo que la máquina llenadora instalada se ajustaba a esta especificación del producto.

Por otra parte, las demás actividades que intervienen en el proceso como son la preparación de material de empaque, tapado, encajado, estibado y paletizado, se definieron cómo actividades manuales, es decir son desarrolladas totalmente por el recurso humano.

Desde entonces han sido pocas las intervenciones de ingeniería realizadas para adecuar el proceso a los cambios que ha sufrido la planta de producción en los últimos años. La característica del producto a envasar en la actualidad es una solución concentrada, es decir son sólidos suspendidos en una solución, ya sea en base acuosa u oleosa, no obstante, la máquina envasadora sigue siendo la misma de hace más de 20 años. Por otro lado, aunque son dos formulaciones distintas para envasar en una misma área, sólo se cuenta con un tanque de alimentación hacia la máquina llenadora, lo que implica que cada vez que exista un cambio en el tipo de producto a envasar, debe realizarse un lavado a todo el sistema de llenado.

El proceso de preparación de material de empaque hace referencia a la marcación y colocación de la etiqueta a la unidad de envasado y armado de cajas, esto al igual que el encajado y el estibado siguen siendo procesos manuales. El proceso de tapado, paletizado, marcación de frascos y etiquetas, cuentan con una ayuda mecánica para realizar la actividad. Además, el proceso depende de la disponibilidad de un operador de montacargas para la colocación de insumos y retiro de producto terminado.

Realizando un análisis de la producción desde enero hasta diciembre del año 2019, se observó que la línea presentó un 12% de su tiempo disponible en paradas no programadas. El restante del tiempo que representa el 88% está definido como tiempo utilizado en actividades para el desarrollo del envasado. Este tiempo incluye periodos de espera de un proceso a otro, tales como son:

1. Tiempo invertido en la preparación del material de empaque: En esta etapa intervienen todos los integrantes de la línea, hasta que todo el material no se encuentre listo no se inicia el proceso de envasado.
2. Tiempo de espera, mientras se desocupa la mesa giratoria del final de la línea: Debido a que el encajado del producto es manual, la mesa giratoria que se encuentra al final de la línea se llena más rápido de lo que se encaja, hasta el punto de no contar con espacio para seguir reteniendo el producto, entonces, la actividad de llenado es detenida hasta que todo el producto es encajado.
3. Tiempo de espera invertido en completar de manera manual con producto las unidades envasadas que llenó la máquina por debajo del nivel requerido.
4. tiempo de espera de la disponibilidad del montacargas.

Teniendo en cuenta la situación descrita de la línea de llenado surge el siguiente interrogante, **¿Qué acciones de mejora se pueden proponer para aumentar la productividad en la línea de envasado de fungicida en la empresa Operation Services?**

2.1 DIAGRAMA CAUSA EFECTO

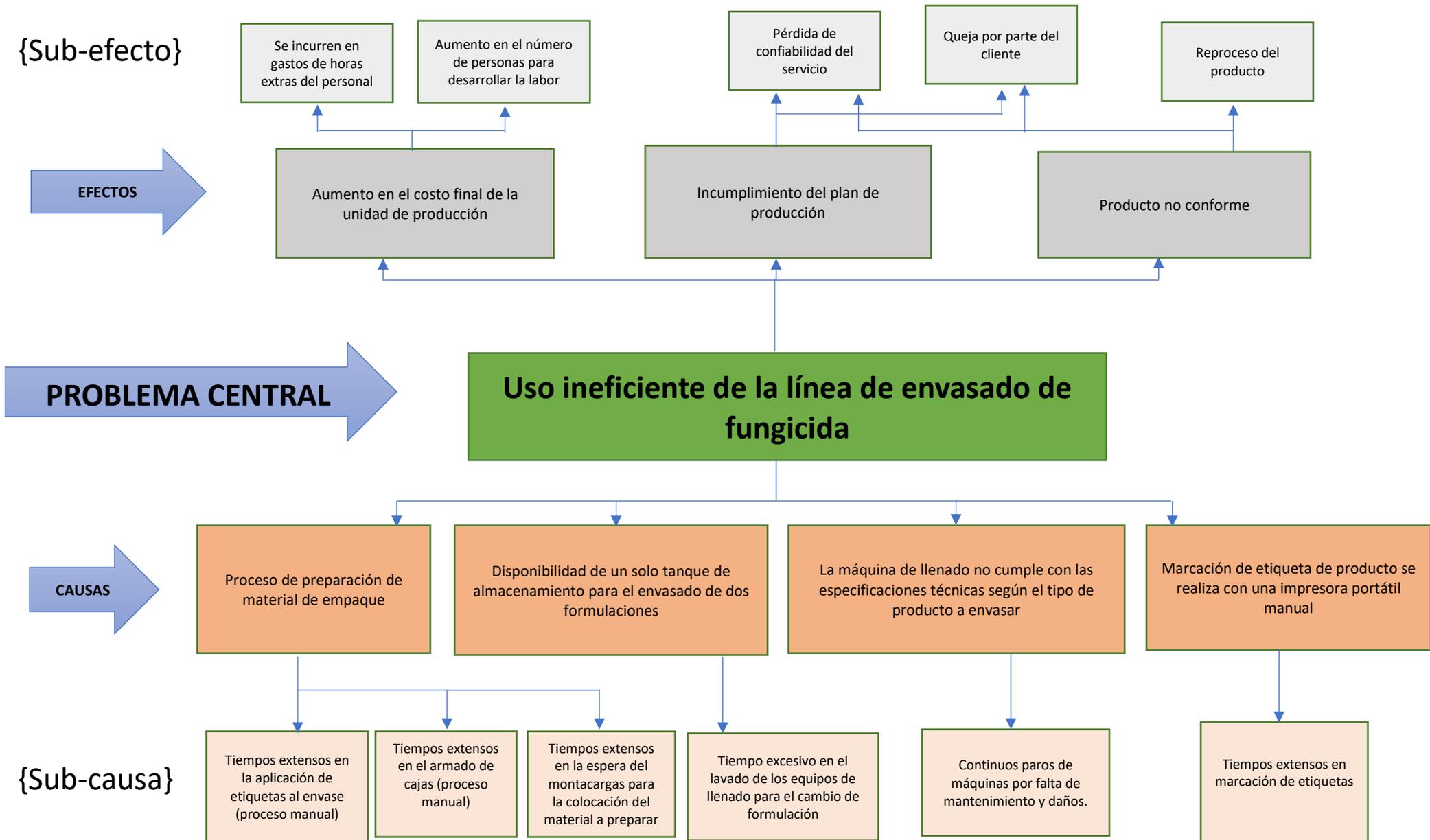


Ilustración 1. Diagrama de causa - efecto

3. ALCANCE DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta que Operation Services S.A.S es una empresa contratista en modalidad de Outsourcing el alcance del proyecto se centraliza en la operación de reenvase #1 en presentación 1 Litro, cuya responsabilidad de operación va desde suministrar el recurso hasta velar por el buen funcionamiento de los equipos, de presentarse alguna novedad durante la operación por ejemplo fallas de mantenimiento, Operation Services realiza el cobro igual del servicio por el personal programado para la producción y realiza un reporte de mantenimiento, pero no es responsable de la corrección, es de aclarar que la operación presenta otros inconvenientes como una alta variabilidad en el programa de producción e inventarios, sin embargo, esto no es de estudio en el desarrollo del proyecto ya que esta información no es del control de Operation Services S.A.S

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar estrategias para el mejoramiento del proceso de envasado de fungicidas en presentación de 1 litro en la empresa Operation Services aplicando la metodología de Lean Manufacturing

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar diagnóstico del estado actual de la línea de envasado de fungicida que permita identificar oportunidades de mejora.
- Analizar las actividades que no agregan valor al proceso de envasado usando la metodología de Lean Manufacturing.

- Proponer acciones de mejora sobre el proceso de envasado de fungicidas usando la metodología de Lean Manufacturing

5. JUSTIFICACIÓN

Operation Services S.A.S es una empresa dedicada a la prestación de servicios industriales mediante la subcontratación in-house ó insourcing. Actualmente su operación en su mayoría se concentra en la industria química. Uno de sus principales clientes está dedicado a la producción de fungicidas. Entre los servicios que se ofrece está el envasado de fungicida líquido en suspensión concentrada en base acuosa u oleosa. La operación, supervisión y control total del proceso está a cargo de Operation Services, sin embargo, los equipos, instalaciones, insumos, materias primas, producto terminado, son suministrado por el cliente.

Cabe resaltar que la línea cuenta con controles estrictos de calidad, producción y seguridad, para garantizar que el servicio prestado cumpla con el requerimiento del cliente. Sin embargo, al ser una línea obsoleta, presenta deficiencia en su operación.

El costo del servicio está en función de los litros envasados. Las tarifas se basan en el número de personas dedicadas a llenar X cantidad de producto en un turno de 8 horas, este tiempo incluye actividades que no agregan valor al llenado, pero se encuentran contempladas como indispensable para el desarrollo de la misma. Por otra parte, cada vez que la línea presenta paradas no programadas el tiempo “improductivo” es cobrado. Si de este proceso se eliminan las actividades que no agregan valor, la tarifa del servicio presentaría una reducción, sumado a esto, si se logra disminuir las

paradas no programadas, entonces, se lograría aumentar la disponibilidad y en ese mismo sentido la productividad de la línea.

Con la aplicación de la metodología de Lean Manufacturing, se pretende lograr las mejoras de la línea, permitiendo de esta manera que el proceso sea más eficiente y confiable.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO TEORICO.

6.1.1 HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING

La evolución de la economía a nivel mundial ha llevado a que la industria se transforme, adaptándose a las necesidades y exigencia de los clientes. De esta situación no fue ajeno el sector automotriz.

En 1984 Panhard y Levassor (P&L), era reconocida como una de las más grandes empresas automovilísticas del mundo, con un clásico sistema de producción artesano. Este sistema de producción requería un gran número de personal cualificado, quienes a su vez elaboraban y ensamblaban las piezas a mano, representado esto, tiempos altos de producción para una pequeña cantidad de unidades solicitadas. La ventaja de este tipo de producción, es que el cliente definía las especificaciones del producto y este se realizaba a su medida. Sin embargo, para el año 1905 ya P&L, no era la única compañía que usaba este sistema, la oferta y la demanda estaba en crecimiento, la industria necesitaba evolucionar (Womack, Jones y Ross, 2017).

A principios del siglo XX R.F.W Taylor y Henry Ford, dentro de sus procesos de producción introdujeron técnicas para la optimización, convirtiéndose esto en los cimientos sobre los cuales se construirían las primeras cadenas de fabricación de automóviles en masa (Progressa Lean, 2015). Después de la primera guerra mundial la producción en masa tuvo gran acogida por la industria en general. Para los años 60, este modelo de producción fue perdiendo acogida, ya que requiere una alta inversión tecnológica, no se adapta fácilmente a las necesidades del cliente, debido a que se producen grandes tamaños de lotes y con unas determinadas especificaciones (Felipe, 2017)

En 1929 nace Toyota Company, una empresa japonesa dedicada a la fabricación de carros, al igual que otras compañías en el mundo para esta época, una vez terminada la segunda guerra mundial, empieza la búsqueda de estrategias de mejora que le ayudaran a optimizar sus procesos, reduciendo costos de producción, mejorando la calidad de sus productos. En el año 1949, Toyota pasó por una recesión económica debido a su bajo índice en ventas. Es entonces cuando deciden enviar a dos ingenieros de la compañía, Eiji Toyoda y Taiicho Ohno (considerado el padre de Lean Manufacturing), a buscar mejores prácticas en otras empresas, llegando así a visitar a Ford y analizar su sistema de producción en masa, se dieron cuenta que tal cómo estaba estructurada la producción en masa no era aplicable a la Industria Japonesa, pero si sería la base para empezar a construir lo que hoy se conoce como Lean Manufacturing. En primera instancia se concluyó que de sus procesos debían ser eliminados todos los desperdicios, entonces se introduce el término de Just in Time (Justo a tiempo), es decir producir únicamente lo que el cliente requiere. Luego en la evolución de los procesos de

Toyota, se incorporan otras estrategias de mejora como el sistema Kamba, Jidoka, Poka – Yoke. Esta transformación convierte el proceso productivo de Toyota en un éxito y en un referente a nivel mundial (Hernandez y Vizán, 2013).

6.1.2 LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing es una metodología cuyo objetivo principal es la eliminación de los desperdicios, significando esto, retirar de un proceso todas aquellas actividades que no agregan valor. El primer paso para la implementación de esta metodología es entender que todo proceso siempre puede ser mejorado, se trata de crear una cultura organizacional encaminada a la mejora continua (Socconini, 2019). Esto quiere decir que, se debe contar en la empresa con personal capacitado capaz de detectar aquellas actividades que no son indispensables para la operación, tales como: Defecto, tiempos de espera, inventario, exceso de movimientos, transporte, sobreproducción, sobreproceso y personal subutilizado (Rajadell y Sánchez, 2010)

La metodología Lean, parte de la premisa que el producto o servicio debe responder a los requerimientos del cliente. En tal sentido, debe existir una relación cercana con el cliente, entender sus necesidades y expectativas (De Arbulo, 2007). Esto con el fin de que la empresa sea competitiva, garantizando que siempre se encuentre a la vanguardia con las exigencias del mercado.

6.1.3 OCHO DESPERDICIOS (MUDAS) DE LEAN MANUFACTURING

A continuación, se relacionan los 8 desperdicios definidos por Lean Manufacturing:

- **Sobreproducción:** Hace referencia a la acción de realizar una producción con una cantidad mayor en comparación con la demanda, es decir producir por encima

de la necesidad del cliente. Este desperdicio normalmente genera otros desperdicios (Blog de Escuela EADIC, 2012).

- **Exceso de inventario:** Realizar compra ó tener almacenado materia prima, producto intermedio ó producto terminado, en cantidades superiores a la necesitada por la demanda (Delgado, 2018)
- **Tiempos de espera:** Tiempo de espera, retraso y/o paradas de proceso, debido a la falta de información, herramienta, materia prima, insumos, aprobación de calidad, etc. Presentada en alguna ó entre las etapas de la operación (Castañeda, 2017).
- **Transporte:** Tiempo en cual el producto ó servicio no está teniendo una transformación ó modificación de sus características, pero si se realizan movimientos o desplazamientos de elementos, producto, materiales, personas, herramientas, etc.. (Pérez, et al, 2011)
- **Movimientos innecesarios:** Todos aquellos movimientos innecesarios realizados por el personal que no son indispensables para la operación, buscar un papel, escribir, hablar, entre otros (Megías, 2015)
- **Sobreprocesamiento:** Al no tener claridad ó desconocer los requerimientos del cliente, tiene un efecto sobre el proceso ya que conlleva a que se realicen actividades que no agregan valor al producto final, pero si genera un costo, como por ejemplo, agregar una característica al producto que es totalmente indiferente al cliente, usar un equipo ó herramienta no adecuada (Acevedo, 2016)

- **Defectos:** Son los rechazos, defectos ó devoluciones, realizadas por el cliente, sobre producto ó servicios, al no ajustarse a sus necesidades ó por presentar desviaciones de calidad (Salazar, 2019).
- **Personal subutilizado:** Este se presenta cuando no se tiene claridad del perfil de las personas que se necesitan para el desarrollo de las actividades ó prestación del servicio, por ende, sus destrezas y habilidades no se ajustan a las necesidades del proceso. Dentro de esta categoría también se hace referencia a la falta de aprovechamiento sobre las nuevas ideas ó creatividad de los colaboradores (BBCross Business Solutions, 2014)

6.1.4 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing, dentro de su implementación estableció una serie de herramientas, para la mejora de los procesos, algunas se nombran a continuación:

- **Jidoka, Automatización inteligente:** El objetivo principal es empoderar a cada una de las personas que participan en el proceso, hasta el punto que sean capaces de detectar desviaciones de calidad, tomar decisiones como parar un proceso si fuera necesario y corregir la desviación presentada, evitando así producir unidades defectuosas. A este nivel de decisión se requiere contar con personal calificado y entrenado para todas las etapas del proceso. Básicamente Jidoka se divide en cuatro etapas: Detectar, parar, solucionar e investigar. No solo es corregir la desviación detectada, si no, indagar sobre la causa raíz que lo provocó para evitar la recurrencia del mismo (Romero, 2015).

- **JIT, Justo a tiempo:** Esta filosofía tiene como base que se produzca solo lo que se necesita, en el momento justo que se necesita en cada etapa del proceso, teniendo en cuenta la necesidad generada por el cliente. Para esto es indispensable contar con procesos productivos con altos estándares de calidad, producción, mantenimiento y seguridad. Esta filosofía es muy efectiva para reducir costos y ofrecer respuestas rápidas a los clientes (Mendoza, 2013).
- **Situación actual Value Stream Mapping (VSM):**VSM no es más que una representación gráfica de un proceso. En ella a través de íconos que siguen una secuencia lógica se plasma el flujo de la información, así como, cada una de las actividades desarrolladas agreguen ó no valor, durante todo el proceso productivo. Este mapeo es el primer paso para detectar los desperdicios presentados, por eso la importancia que cada detalle del proceso sea tenido en cuenta, información, equipos, personal, tiempos de producción, etc. (Mojica,2018).

Para esto el VSM sigue las siguientes etapas:

- I. Selección de la familia de productos: Se debe definir a familia de producto que será estudiada. Entiéndase como familia el conjunto de productos que pasan por un proceso de transformación de iguales características.
- II. Mapeo del estado actual, teniendo como referencia el flujo de material y de su información: Plasma a través de un diagrama de flujo, la secuencia lógica de todas las actividades que se desarrollan durante el proceso productivo, así como el flujo de la información que en el intervienen.

- III. Mapeo de la situación futura sobre la base de pautas aportadas por Lean Manufacturing: Consiste en mapear el estado de futuro deseado, eliminando del proceso los desperdicios detectados en el paso anterior.
 - IV. Definición e implementación de un plan de trabajo: Finalmente teniendo claridad de cuáles son las actividades que no agregan valor y que deben ser removidas de nuestro proceso, se debe establecer un plan de trabajo que nos encamine hacia la mejora continua y transformación del proceso (Pérez, 2006).
- **5'S:** Es una metodología cuyo objetivo es mejorar el estado del área de trabajo, orientado hacia el orden, limpieza y estandarización. En el puesto de trabajo sólo debe estar los elementos necesarios para la operación, limpios, ordenados y en un lugar asignado. La implementación de este método incluye cinco etapas que son: clasificar, organizar, limpiar, estandarizar y mejora continua. EL objetivo es generar áreas de trabajo segura y reducir los tiempos invertidos en movimientos innecesarios cómo son: la búsqueda de una herramienta, la limpieza de un equipo, etc. (Berganzo, 2016).
 - **Poka-Yoke:** Herramienta de aseguramiento de la calidad para la eliminación de defectos en un producto, son considerados mecanismos que intervienen en el proceso con el fin de garantizar que las características del producto cumplen a totalidad con las especificaciones establecidas, evitando que la calidad de un producto se vea afectada por un error humano. Si en algún momento se presenta alguna desviación de las especificaciones las acciones correctivas, preventivas y de mejora se puedan tomar de manera inmediata, garantizando

así que el producto será entregado en óptimas condiciones hacia la siguiente parte del proceso (Salazar, 2019).

- **Kaizen:** Es una herramienta que se basa en la mejora continua, el objetivo es que toda la fuerza laboral de la organización esté comprometida mejorar y optimizar sus procesos. Para esto, es muy importante que se tengan objetivos claro y conocidos por todos. La filosofía Kaizen usa el circulo de Deming (Planear, hacer, verificar y actuar), como el camino hacia la mejora continua (Granel, 2018).
- **Kanban:** Es una metodología visual que define límite de unidades producidas. Este sistema funciona a través de unas tarjetas, ya sean digitales ó físicas, que tienen como fin establecer un lazo de comunicación entre una actividad y otra, donde se solicita la cantidad necesaria de un recurso en específico (Mesh, 2020).
- **SMED, Cambios rápidos de modelo:** Es una metodología de mejora continua, que tiene con objetivo reducir los tiempos invertidos en los cambios de formato dentro del proceso productivo. La disminución de estos tiempos, reflejan un aumento de productividad y de eficiencia en la línea, obteniendo así mayor capacidad de procesamientos (Pertuz, 2018).
- **Heijunka:** Tiene como objetivo lograr una nivelación en el sistema de producción, apuntando directamente a la eliminación del desperdicio de sobre producción, permitiendo así procesos productivos estables. De esta manera, se producen lotes pequeños ajustados con el requerimiento de la demanda.

Para tal fin, es importante contar con la menor variabilidad posible en la demanda (Cano y Escobar, 2018).

- **TPM, Mantenimiento productivo total:** Es una filosofía diseñada para la eliminación de las paradas de producción producto de avería en los equipos. Su objetivo principal es mantener la integridad de los equipos, que se encuentren en buen estado, limpios, así como garantizar que los equipos usados cumplen con las especificaciones que el proceso exige (García, 2017).
- **Células de trabajo:** Una célula de trabajo tiene como objetivo ordenar grupos ó equipos de personas en una secuencia lógica de proceso, incluyendo cada una de las operaciones indispensable para crear un producto o una fracción de estas. Una vez que las operaciones son reestructuradas en células, cada integrante de la línea logra producir una pieza con más confianza y seguridad. (Ingeniería de calidad, 2018).
- **Sistema Andon:** Es un sistema visual, que envía señales de desviaciones en el proceso productivo. Estos sistemas tienen como objetivo mejorar el flujo de producción, eliminando de este los desperdicios.

Las características más comunes, de estos sistemas son: la señal enviada debe ser una alerta atendida de manera inmediata por el personal de la línea, realiza notificación en línea con la producción si la máquina, equipo, etc. se encuentra en óptimas condiciones.

El ejemplo más comúnmente usado en la industria es el semáforo de colores, que representa: verde: La producción se encuentra dentro de los límites de

operación, ámbar: El equipo funciona de manera intermitente no es confiable,
rojo: En la operación presenta algún problema. (Romero, 2015)

6.2 MARCO CONCEPTUAL.

- **Lean manufacturing:** Conjunto de conceptos, técnicas y principios cuyo objetivo principal es la optimización y mejora continua, basada en la eliminación de actividades que no agregan valor ó desperdicios dentro de un proceso productivo. (Touron, 2016).
- **Desperdicio:** Dentro de un proceso de producción se refiere a cualquier elemento ya sea un servicio, equipo, herramienta, insumo, etc. que genera un costo, pero no valor al producto (Intedy, 2019).
- **Plan de Mejora:** Son un conjunto de acciones encaminadas a optimizar los resultados de un proceso (Plataforma tecnológica Issotools excellence, 2015).
- **Productividad:** Es la relación que existe entre producción e insumos. Dicho de otra manera, es la relación entre lo que se produce y lo que entra ó la relación entre lo que se obtiene y los recursos usados para obtenerlo. (Olavarrieta, 1999)
- **Fungicida:** Sustancia química usada en la protección de cultivos para prevenir ó eliminar el hongo de las plantas.
- **Estudio de tiempo:** Técnica para la medición del trabajo, usada para determinar los tiempos y el ritmo de las tareas desempeñadas dentro de un proceso (Salazar, 2019).

6.3 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se realiza un análisis de los resultados de otros proyectos, donde se ha usado la metodología de Lean Manufacturing como mecanismo para la solución de problemas.

Nike, una de las marcas deportivas más reconocidas y mejor posicionadas a nivel mundial, aplicó la metodología de Lean Manufacturing para la optimización de los procesos.

A pesar que la empresa es reconocida por su alto estándar de calidad, su proceso productivo generaba muchos desperdicios, así como alto volumen de residuos que contaminaban el medio ambiente. Es entonces cuando en el 2004, el CEO de Nike Mark Parker, tuvo la iniciativa de aplicar la metodología Lean, con el objetivo principal de optimizar sus procesos, de tal manera que fueran más amigables con el medio ambiente.

Lo más importante para la empresa era su recurso humano y ahí empezó su implementación. Lo primero fue definir un plan soportado en tres aspectos fundamentales: Liderazgo, personas y proceso. Para esto usaron el modelo de manejo de personal planteado por J. Liker de Toyota. Con esto crearon en su personal sentido de pertenencia por la compañía, creando ambientes de trabajo agradables, interesados todos por el crecimiento de la misma. A partir de esto, Nike consiguió crecer a nivel mundial y abrirse a nuevos mercados en Europa, Asia y América del sur.

Lo segundo fue establecer altos estándares de calidad, consiguiendo así alianzas estratégicas con proveedores que se ajustaran a sus necesidades. La selección de los proveedores en el pasado no era tan selectiva, al no tener establecidos criterios claros

de calidad y además lo podían escoger en plazo hasta de 246 días. Aplicando metodología Lean, fortalecieron sus criterios de selección, siendo más exigentes con la calidad de los materiales que se requerían para la producción y reduciendo sus tiempos del proceso de selección hasta un máximo 152 días. Además, de tener proveedores con altos estándares de calidad, no conformes con esto, definieron un atractivo método de auditorías con el objetivo principal de ayudarlos a optimizar sus procesos, de esta manera, garantizan el cumplimiento de las características de calidad establecidas, para las materias primas.

En resumen, con la implementación de Lean Manufacturing Nike logró:

- Reducir los desperdicios: La meta de reducción de desperdicios de los procesos era del 10%, para finales del 2013, Nike logró una reducción del 11%.
- Reducción de Emisión de CO2: La meta de reducción de CO2 es del 20%, para el 2013, habían logrado un 13%.
- Reducir el uso del agua: Su meta de reducción era de un 15%, para el 2013 habían logrado un 23%.
- Reducir tóxicos: Teniendo en cuenta que su materia prima era muy dañina para el medio ambiente, Nike logró implementar gestores químicos y productos ecológicos en sus procesos, de tal manera que pudieran reducir las toxinas liberadas al medio ambiente.

El resultado de todo esto fue, Nike logró mejorar sus procesos productivos y rentabilidad en un 68% durante el año 2013, esto si es comparada con los años anteriores. Logrando así ser reconocida como una de las grandes empresas en la

implementación de Lean Manufacturing en sus procesos de producción. (Robayo Gómez, Rios Pulido, Álvarez Suárez y Oliveros Angarita, 2017).

Otro caso exitoso, es Intel, una de las más grandes compañías de fabricación de Chip en el mundo, quienes también implementaron en sus procesos la metodología Lean Manufacturing,

En el 2010, los cambios empezaron a influir de manera positiva las diferentes áreas del negocio, partiendo desde el diseño y fabricación hasta las ventas, logrando así una reducción del 65% en los tiempos de producción, respondiendo de manera más ágil a la necesidad de los clientes y reduciendo los costos de fabricación. También, se ha trabajado de manera estratégica para reducir el tiempo de desarrollo de nuevos productos, ampliando así su presencia en el mercado, generando oportunidades de crecimiento con nuevos clientes.

Otros beneficios obtenidos fueron:

- Optimización de los equipos de capital: Aplicando la metodología de “Lean Six Sigma” se logró la incorporación de nuevos controles de presupuestos, logrando así, tener mayor claridad y poder ejercer una mejor administración sobre los costos, con el objetivo de disminuir los gastos.
- Comunicación con nuevos clientes: Se crearon centros de ventas en línea a nivel mundial, con el fin de crecer en el mercado y establecer una constante comunicación con sus clientes, ampliando así su departamento de ventas.
- Transformación de la cadena de suministros: Con las estrategias establecidas para aumentar las eficiencias de las líneas de producción, se

lograron reducción del 32% del inventario, reducción del 65% en los tiempos para la entrega de pedidos y triplicar la capacidad de repuestos.

- Agilidad en el desarrollo de producto: Con la aplicación de innovadoras técnicas predictivas e inteligencia empresarial, se logró aumentar la capacidad de procesamiento, aumentar la creación de diseño y eliminar del proceso los costos que no agregaban valor. Con estos cambios se obtuvo una reducción en los tiempos improductivos del 61%, de igual manera se redujo las desviaciones de calidad, todo esto, ayudó aumentar la capacidad productiva de ingeniería en un 25% sin tener que incurrir en gastos adicionales. En conclusión, en el 2010 la compañía logró una reducción de siete millones de dolores, si todas estas estrategias no se hubiesen implementado.

Todo esto, le ha permitido a INTEL seguir posesionándose en el mercado de las tecnologías cómo una de las empresas más confiables, se encuentra siempre a la vanguardia con el desarrollo de nuevos productos. Su estrategia de encuesta y entrevista con clientes, le ha permitido siempre conocer sus necesidades y tener objetivos claros de producción. (Intel, 2011).

Por último, se hace referencia a la multinacional DOW Chemical, una de las más grandes empresas de la industria química, quienes comenzaron con la implementación de Six Sigma en el año 1998 como plan piloto en algunas células del negocio, los resultados logrados en el primer año fueron tan satisfactorios que decidieron extender la implementación en toda la empresa en el año 1999. Su filosofía fue enfocar la metodología de Six Sigma en los clientes. En el informe anual de 1999, revela que,

reforzando los conceptos de calidad y productividad en sus procesos, les ayuda a conservar un posicionamiento privilegiado en el mercado, al contar con una fidelidad por parte de sus clientes. Además, que establecen una relación muy estrecha con el cliente, que les permite estar actualizados de cuáles son sus necesidades y enfocar sus esfuerzos en el cumplimiento de las mismas.

Algunos de los beneficios logrados con la implementación de Six Sigma se mencionan a continuación:

- En la actualidad han capacitado a más de 2700 empleados en cinturón negro Six Sigma. Mas del 60% de su población están relacionados con los conceptos de Six Sigma.
- Han logrado ahorros de hasta USD 500.000 en los proyectos de Six Sigma.
- Poseen programas enfocados al mejoramiento de la productividad, liderado por sus colaboradores, lo que les ha permitido aumentar su capacidad productiva, según lo menciona su directo ejecutivo, Andreww Liveris.
- La compañía ha aumentado sus ingresos hasta en USD 500.000.000, gracias a la implementación de Six Sigma
- Con la implementación de Six Sigma en la cadena de suministro obtuvieron grandes resultados en el manejo de sus inventarios a nivel mundial, logrando una reducción en promedio de días de ventas en productos agrícolas de origen químico en casi 10% en el año 2004.
- Según el informe anual de resultados del 2004, gracias a las mejoras realizadas en las líneas de producción, han logrado aumentar su productividad en más de un 8% cada año, desde 1992.

- En una de las unidades de producción de plástico, donde se implementó Six Sigma, obtuvieron grandes mejoras, todo esto sin generar una inversión de capital, esto generó un ahorro anual de USD 10.000.000.

Según el informe publicado en el 2002, desde el inicio de la implementación de la metodología Six Sigma, los ahorros financieros obtenidos han superado los resultados esperados. La meta era entregar USD 1.5 millones en EBIT para el 2001 y para el cuarto trimestre del año 2002 ya habían logrado la meta. Esto fue un resultado muy favorable para la compañía, ya que la industria química pasaba por una crisis económica por los costos elevados de los hidrocarburos y el mercado era cada vez más competitivo (Marx, 2009)

Dow Chemical, ha creado grupos dedicados a la implementación de Lean Manufacturing en cada una de las unidades de negocios a nivel mundial, tienen una filosofía de mejoramiento continuo que les ha permitido lograr alto posicionamiento en el mercado, además de construir espacios, seguros y agradables de trabajo.

7. MARCO METODOLOGICO

7.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación de tipo cuantitativo – descriptivo, mediante el cual se realizó un diagnóstico del estado actual y a partir de esto, se proponen acciones de mejora que permita aumentar la capacidad productiva de la línea. Como punto de partida, se realizó un diagnóstico de los tiempos perdidos durante el año 2019 y se realizó un estudio de tiempo sobre cada una de las actividades desarrolladas para el envasado de fungicida del área de reenvase #1.

7.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el desarrollo del proyecto, la población de estudio fue todo el personal operativo, que desarrolla sus actividades en el área de reenvase #1, correspondiente a 8 personas en un turno de 08:00 am hasta las 04:00 pm de lunes a sábado.

7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

FASE	ENTRADA	SALIDA
1. Levantamiento de la información	1. Estudio de la metodología de Lean Manufacturing 2. Analizar el proceso de envasado de fungicida. 3. Recolección de los datos históricos de los tiempos perdidos 2019. 4. Realizar un estudio de tiempo de cada una de las actividades desarrolladas durante el proceso de envasado.	1. Diagrama de Pareto de los tiempos perdidos. 2. Tabla de relación de tiempos.
2. Diagnóstico	1. Identificar los tiempos perdidos que mayor impacto tienen en el proceso	1. Diagnóstico de la empresa

FASE	ENTRADA	SALIDA
	2. Realizar VSM del estado actual. 3. Determinar indicadores Lean para la Mejora.	
3. Análisis de datos	1. Análisis de las variables críticas de producción (tiempo, máquina, persona). 2. Aplicación de la metodología Lean	1. Identificación de oportunidades de mejora del proceso de envasado
4. Solución	1. Acciones de Mejora.	1. Diseño VSM futuro

Tabla 1. Fases de la metodología

8. CRONOGRAMA

Para el desarrollo del proyecto, se propone el siguiente cronograma de actividades:

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
ACTIVIDAD	MES	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación del tema	Planeado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Ejecutado	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Realizar diagnostico del estado actual de la empresa	Planeado	■																											
	Ejecutado	■																											
Identificación del problema de estudio	Planeado	■																											
	Ejecutado	■																											
Planteamiento del problema	Planeado		■																										
	Ejecutado		■																										
Establecer Objetivos	Planeado		■																										
	Ejecutado		■																										
Redactar Marco de Referencia	Planeado			■	■	■	■																						
	Ejecutado			■	■	■	■																						
Definir Marco metodologico	Planeado			■	■																								
	Ejecutado			■	■																								
Presentación del Anteproyecto	Planeado								■																				
	Ejecutado								■																				
Realizar correcciones del Anteproyecto	Planeado									■	■																		
	Ejecutado									■	■																		
Desarrollo de Actividades de Diagnostico	Planeado									■	■	■																	
	Ejecutado									■	■	■																	
Recopilación de la información	Planeado														■	■													
	Ejecutado														■	■													
Aplicación del metodo de Lean Manufacturing	Planeado															■	■	■	■										
	Ejecutado															■	■	■	■										
Definir plan de mejora	Planeado																												
	Ejecutado																												
Análisis de Resultado	Planeado																												
	Ejecutado																												
Ajustes del Proyecto	Planeado																												
	Ejecutado																												
Presentación del Proyecto final	Planeado																												
	Ejecutado																												

Tabla 2. Cronograma de actividades

9. DIAGNOSTICO

9.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Condiciones de Operación

1. Anualmente se definen un plan de producción
2. Mes a mes el plan es confirmado
3. Las etiquetas, frascos y cajas necesarios para la producción tienen un tiempo de espera en planta hasta de 30 días, debido a que en su mayoría es material de importación.
4. Semanalmente se realizan ajustes al programa de producción y se lanzan las ordenes de producción.
5. El recurso humano asignado es de 1 Líder de línea de reenvase, 7 Auxiliares Operativos y 1 Operador de Montacargas no dedicado, solo se solicita el recurso en el momento exacto que surja la necesidad
6. El personal cuenta con 30 minutos de descanso para almorzar.
7. La producción es programada en un solo turno a 8 horas.
8. La demanda del cliente es de 2400 unidades por turno
9. Teniendo en cuenta que en línea de envasado solo se encuentra habilitado un tanque de almacenamiento, para realizar el cambio de producto en la máquina envasadora, se debe realizar un lavado.

A continuación, se detallan las diferentes etapas del proceso:

- **Preparación de material de empaque:** El material (producto, etiquetas, cajas, etc) es requerido a primera hora por el líder del área al operador de montacargas. La preparación de material hace referencia a la marcación con la información variable del producto (Fecha de fabricación, Lote, fecha de vencimiento, etc) en las etiquetas de frasco y de cajas.

El paso de etiquetado incluye marcación y pegado de etiqueta en el frasco. La preparación de cajas incluye marcación de cajas con sus respectivas etiquetas, pegado de etiquetas en cajas y armado de las cajas.

Hasta no completar por completo toda la preparación del material no se da inicio a la etapa de envasado, este tiempo es de aproximadamente 4 horas.

- **Envasado:** El producto es recibido en la línea de llenado en cubos de 1000 litros ó tambores metálicos de 200 litros, este a través de una bomba es enviado a un tanque de almacenamiento que finalmente alimenta el producto a una máquina envasadora de cuatro boquillas.
- **Tapado:** Una vez sale el producto de la máquina envasadora, un auxiliar lo recibe y realiza la clasificación de aquellas botellas que se encuentran por debajo del peso, verificándolo en una báscula, las mismas son segregadas de la línea y se completa adicionando más

producto al frasco de manera manual. Las botellas que cumplen con el peso se les coloca la tapa y esta es ajustada con un torquimetro.

- **Encajado del producto:** Una vez el frasco se encuentre debidamente sellado pasa a una mesa giratoria donde un auxiliar operativo le coloca un panfleto a cada botella, después de esto el producto es almacenado en cajas de 16 unidades, estas son cerradas y aseguradas, la caja pasa por una báscula donde es verificado el peso total, si el peso se encuentra por debajo de lo establecido la báscula tiene un sistema Andon que emite una luz roja avisando que no cumple con las especificaciones, se segrega la caja y es verificada cada unidad hasta completar el pedido.
- **Estibado y paletizado:** Una vez la caja se encuentra lista la carga es colocada por un auxiliar en una maquina paletizadora hasta completar la estiba.
- **Entrega de producto:** Finalizado el paletizado a través de una radio se da aviso al operador de montacargas para que retire la estibas y esta sea trasladado hasta la bodega de almacenamiento de producto final para que sea despachado.

Lo anterior se describe en la siguiente ilustración

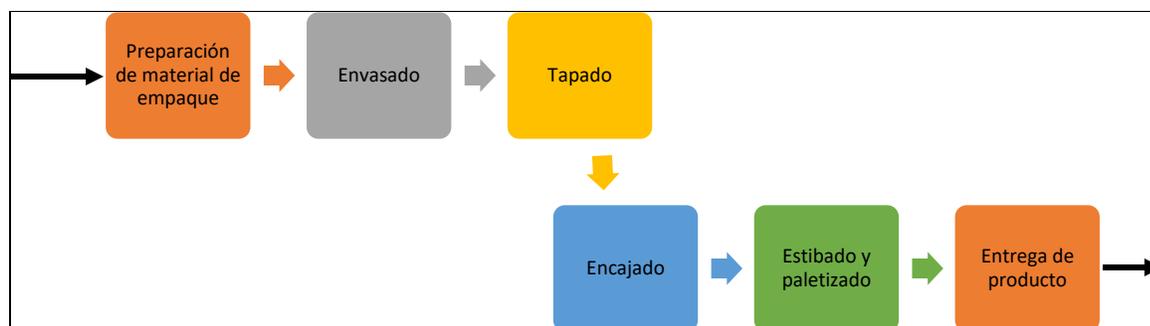


Ilustración 2. Diagrama de proceso

9.2 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Teniendo en cuenta la producción del año 2019, se realiza un análisis de los tiempos perdidos y los sobrecostos de producción asociados al tiempo invertido por el personal operativo de la línea, los resultados obtenidos se encuentran en la siguiente tabla:

CONCEPTO	TIEMPO (H)	COSTO
Lavado de equipos por cambio de producto	131	\$ 16.274.117
Limpieza del área	22	\$ 5.786.004
Daño máquina envasadora	24	\$ 4.763.614
Marcación de etiquetas	16	\$ 2.676.696
Falta de Producto	13	\$ 2.261.678
Revisión de etiquetas	7	\$ 1.709.602
Falta de etiquetas	8	\$ 1.032.592
Falta de tapas	6	\$ 1.024.608
Reetiquetado de Colombia	4	\$ 571.888
Falla de energía eléctrica	4	\$ 516.296
Daño banda transportadora	3	\$ 512.304
Liberación de cajas	2	\$ 369.332
Etiquetas en mal estado	2	\$ 341.536
Falla máquina dominó	2	\$ 341.536
Falla switch de nivel	1	\$ 170.768
Paletizado cajas Flowable	1	\$ 55.592
Total	246	\$ 38.408.163

Tabla 3. Tiempos perdidos Reenvase#1 año 2019

De la tabla 3 podemos observar que el tiempo perdido que mayor porcentaje de participación tiene es el lavado de la máquina envasadora. A continuación, se detalla el costo total de la operación de lavado durante el año 2019.

Actividad	TIPO DE LAVADO		Costo total Anual
	FLOW – OS	OS - FLOW	
Promedio de # de cambios/Año	13	12	\$ 16.274.117
Número de horas hombre/lavado	4	4	
Cantidad de Litros de agua/Lavado	300	400	\$41.296.000,00
Cantidad de Galón de Base Parafinica/Lavado	32	21	\$13.328.432,33
Kg de desecho para incinerar	-	570	\$12.403.200,00
Total			\$83.301.749,33

Tabla 4. Costo de lavado de equipo año 2019

Por otra parte, los daños de la máquina envasadora son muy recurrentes, de las 4 boquillas que tiene solo dos logran llenar completamente los frascos, es decir que por cada 4 frascos llenado dos salen bajo de peso, para minimizar este tiempo perdido y darle continuidad al proceso, el líder en compañía de uno de los auxiliares realiza la segregación y ajustes de los frascos de manera manual.

Teniendo en cuenta los atrasos presentados en la línea el volumen de producción actual es de 1440 litros.

Por otra parte, durante los meses de Junio, Julio y Agosto se realiza una análisis de tiempo de manera aleatoria de las etapas de producciones de reenvase de 1 litro, a continuación se detallan cada uno de ellos:

# de frascos	Marcación de etiquetas	Etiquetado (Seg)	Envasado	Tapado (Seg)	Encajado (Min)
1	20	13	7	8	3
2	17	14	7	8	2
3	17	23	7	7	1
4	22	19	7	7	1
5	19	15	8	8	1
6	21	22	8	8	1
7	17	18	8	8	2
8	18	14	8	8	1
9	20	26	8	8	1
10	19	14	8	7	1
11	19	28	8	7	1
12	19	28	8	7	1
13	22	19	8	7	1
14	20	23	9	7	1
15	23	20	8	7	1
16	24	16	8	8	1
17	18	16	9	8	1
18	25	19	8	7	1
19	20	12	9	7	1
20	19	23	8	8	1
21	18	23	8	8	1
22	19	13	8	8	1
23	20	22	8	8	1
24	17	17	9	8	1
25	18	13	8	8	1
26	18	15	7	8	1
27	19	19	7	8	1
28	21	20	7	8	1
29	23	15	8	7	2
Promedio	20	19	8	8	1

Tabla 5. Tiempos de producción por frascos

# de cajas	Armado de Caja (Seg)	Marcado de Cajas (Seg)
1	25	5
2	24	3
3	26	3
4	24	4
5	23	4
6	25	4
7	26	4
8	23	3
9	24	3
10	25	3
11	24	3
2	26	3
12	23	3
11	26	3
12	24	3
12	26	3
13	25	3
14	25	4
14	24	3
15	25	2
Promedio	25	3

Tabla 6. Tiempos de producción por cajas

# de caja	Estibado (min)
1	2
2	2
3	2
4	1
5	2
6	2
7	1
8	1
9	2
10	1
Promedio	2

Tabla 7. Tiempo de estibado/paletizado

9.3 IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS

Durante las observaciones realizadas en la operación de reenvase y teniendo en cuenta los resultados de los tiempos registrados en la tabla desde la 3 hasta la 7, a continuación, se detallan los desperdicios identificados:

DESPERDICIO	HALLAZGOS
Defectos	<p>Botellas bajo paso, de las 4 boquillas de la máquina llenadora sólo dos llenan el nivel de manera correcta según la especificación del producto.</p>
Tiempos de esperas	<p>Tiempo de espera de montacargas: en la planta solo se cuenta con 1 operador de montacargas por turno para la atención de todas las líneas de envasado, el personal tiene largos tiempos de espera hasta contar con la entrega de los insumos para iniciar la producción y al finalizar el día se invierte un tiempo hasta que retiren el material de la máquina paletizadora.</p> <p>Preparación de material: Hasta no contar con todo el material debidamente identificado no se inicia el proceso de producción, esto debido a que este paso es completamente manual. Si analizamos los tiempos de envasado y el etiquetado (tabla 5), este último requiere mayor tiempo por unidad.</p> <p>Tapado: Intervienen dos auxiliares uno que coloca la tapa y otro que ajusta la tapa con el torquimetro, la persona que</p>

DESPERDICIO	HALLAZGOS
	<p>coloca la tapa tiene tiempos de espera que utiliza para nivelar los frascos que salgan bajo nivel. Estos tiempos de espera son generados por:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las constantes fallas que presenta la máquina llenadora 2. El paso de colocar la tapa al frasco es cuestión de 1 segundo contra el paso de cerrar que es de 8 segundos.
Transporte	<p>La planta formuladora del fungicida se encuentra distante del área de envasado. El movimiento que el montacargas realiza es el siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar el producto terminado del área formuladora 2. Almacenar el producto terminado en su lugar asignado 3. Tomar el producto terminado y lo dispone en el área de reenvase 4. Una vez el producto es succionado al tanque de almacenamiento se debe retirar los tambores vacíos del área y colocarlos en el área de almacenamiento 5. Tomarlos del área de almacenamiento y disponerlos en el área de formulación. Nuevamente empieza el ciclo.

DESPERDICIO	HALLAZGOS
	<p>Los tambores vacíos y llenos se disponen en un área de almacenamiento llamada área de tránsito, ya que en la planta formuladora realizan varios tipos de producto y por políticas de calidad, en el área sólo permanece el material necesario para la producción que se encuentra en proceso.</p>
<p>Exceso de movimiento</p>	<p>La línea de envasado no tiene cerca una oficina dotada de un computador e impresora, por lo que el líder del área se debe desplazar hasta las oficinas administrativas y laboratorio para consultar las especificaciones de calidad del producto, estado de conformidad del mismo, impresión de los procedimientos e instructivos de empaque, marcación de etiquetas.</p>
<p>Creatividad y capacidad no utilizada</p>	<p>Se pudo evidenciar que existen reportes del personal involucrado en la línea donde proponen acciones de mejora e intervención por parte de mantenimiento. Algunas de ellas hasta la fecha no habían sido tenido en cuenta.</p>

Tabla 8. Desperdicios

9.4 VSM DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA

Teniendo en cuenta la descripción del proceso y los resultados obtenidos desde la tabla 3 hasta la 7, se construyó el VSM del estado actual (ver ilustración 2).

Tiempo takt

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo disponible por jornada de trabajo}}{\text{Demanda del cliente por jornada de trabajo}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{(8 \text{ hrs} * 3.600 \text{ sg}) - (30 \text{ min} * 60 \text{ sg})}{2.400 \text{ Unidades/turno}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{27.000 \text{ segundos/turno}}{2.400 \text{ Unidades/turno}}$$

$$\text{Tiempo Takt} = 11,25 \text{ sg/Unidad}$$

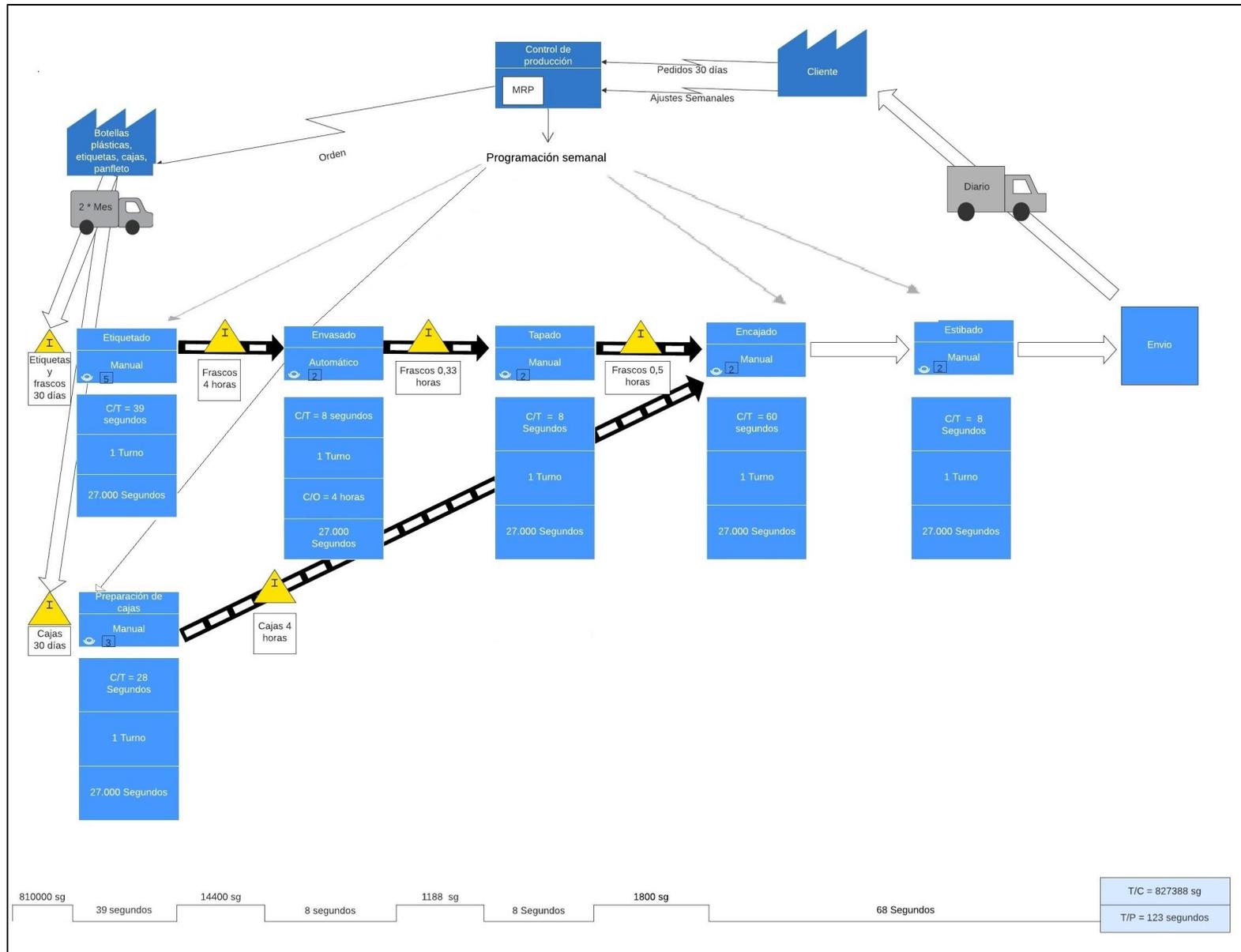


Ilustración 3. VSM del estado actual

De la ilustración anterior podemos concluir:

- Tiempo total de ciclo (T/C): 827.388 segundos
- Tiempo total de procesamiento (T/P): 123 segundos
- Eficiencia del ciclo:

$$CE = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{Tiempo de ciclo}} * 100$$

$$CE = \frac{123 \text{ sg}}{827388 \text{ sg}} * 100$$

$$CE = 0,015\%$$

ETAPA	DESCRIPCIÓN	# DE AUXILIARES	TIEMPO
1	Preparación de material de empaque	8	39
2	Envasado	2	8
3	Tapado	2	8
4	Encajado	2	60
5	Estibado/Paletizado	2	8
Tiempo Takt 11,25 sg/unidad			

Tabla 9. Análisis de tiempos VSM actual

10. PROPUESTAS DE MEJORA SEGÚN HERRAMIENTAS LEAN

MANUFACTURING

La solución más clara para la optimización de la línea es realizar una alta inversión en equipos de nueva tecnología como son instalación de una maquina etiquetadora y cambio de la máquina envasadora, sin embargo, el requerimiento del cliente va más enfocado a la reducción de costos si tener que realizar grandes cambios a la operación y aumentar la capacidad de producción.

A continuación, se detallan los cambios propuestos:

- SMED, reducción del tiempo de cambio de producto:** En el área de Reenvase #1, existe un segundo tanque que no se encuentra en uso, debido a que no está conectado con la tina de llenado, si este es habilitado lograríamos reducir el tiempo de lavado de 4 horas a 1 hora, tiempo necesario para realizar el lavado de la tina. Para evitar la acumulación de producto en los tanques de almacenamiento es requerido realizar lavado una ó dos veces al año, según su uso, esta actividad puede programarse en horarios fuera de producción tal como se hace en otras líneas de producción y de esta manera no afecta la disponibilidad de la línea. En revisión con el departamento de mantenimiento se realizó un diagnóstico de estado actual del tanque, este se encuentra en óptimas condiciones para su uso, adicional a esto se requiere la instalación de: Dos válvulas, un LSH (sensor de nivel) y tuberías de conexión, según la cotización enviada esto no supera la inversión de \$36.000.000.

A continuación, se detallan la reducción de los costos:

Actividad	OPERACIÓN ACTUAL			PROPUESTA		
	FLOW - OS	OS - FLOW	Costos total Anual	FLOW - OS	OS - FLOW	Nueva propuesta
Promedio de # de cambios/Año	16	17	\$ 16.274.117,00	16	17	\$3.939.620,00
Número de horas hombre/lavado	4	4		1	1	
Cantidad de Litros de agua/Lavado	300	400	\$41.296.000,00	100	125	\$ 9.968.000,00
Cantidad de Galon de Base Parafinica/Lavado	32	21	\$13.328.432,33	10,5	6,3	\$3.251.585,33
Kg de desecho para incinerar	-	570	\$12.403.200,00		95	\$1.459.200,00
Total			\$83.301.749,33			\$18.618.405,33

Tabla 10. Reducción de costos lavado de tanque

Como podemos observar en la tabla anterior la reducción de costos es de \$64.683.344, esto quiere decir que la inversión realizada se recupera en menos de un año. Además de la reducción de costos existen otros beneficios como son: Aumento de la disponibilidad de la línea de envasado, disminución del riesgo de contaminación cruzada, disminución del impacto ambiental al reducir la cantidad de producto a incinerar.

- **Cambio de mangueras de la máquina envasadora:** Tal como se muestra en la tabla 3, otro de los grandes problemas que se tiene en la línea es la falla constante de la máquina envasadora. En conjunto con el área de mantenimiento se realiza una inspección del equipo de llenado y se detecta que las mangueras que alimentan los vasos, no realizan un sellado totalmente hermético, ocasionando que en la succión del producto el quipo tome aire y al momento de alimentar los frascos estos salgan bajo nivel, se propone realizar cambio de manguera, se recibe cotización por valor de \$4.612.701, el objetivo del cambio es eliminar del proceso las unidades que salen por debajo del volumen requerido, además de esto se reduce el tiempo perdido por falla de equipo.
- **Reducir el personal en la actividad de tapado:** Teniendo en cuenta los cambios propuestos para la máquina envasadora, una de las dos personas que se encuentra en el tapado ya no realizaría la labor de completar los frascos que salgan bajo nivel, en ese sentido si analizamos el tiempo de ciclo (8 sg) dividido

entre el takt time (11 sg/unidad), nos refleja que necesitamos 0.73 auxiliares operativos es decir que esta actividad puede ser realizada por un solo auxiliar.

- **Automatización actividad de sellado de caja:** Se propone negociar con el proveedor de la cinta selladora de cajas, el suministro en comodato de una máquina encintadora, esto nos ayudaría a reducir el tiempo de encajado ya que el auxiliar elimina de sus actividades sellar la caja.
- **Ampliar el alcance del sistema Andon de la báscula de caja:** Se realiza un diagnóstico de la báscula pesadora de cajas se pudo constatar que el total de sus funciones no es aprovechado, la báscula actualmente solo se le ingresa el límite inferior de peso y lanza la luz roja, sin embargo, está diseñada para ingresar límite superior, límite inferior y nominal, además, lleva registro de cada uno de los pesos y puede enumerar las cajas, habilitando estas funciones, podemos eliminar del proceso el registro manual de peso de las cajas, reduciendo del tiempo de encajado de 60 segundos a 8 segundos. Teniendo en cuenta el tiempo takt time de 11 segundo por unidad, esta actividad puede pasar a ser desarrollada por un solo auxiliar operativo.
- **Células de trabajo:** Teniendo en cuenta que las etapas de envasado, tapado y encajado tiene el mismo tiempo de ciclo de 8 segundos, se pueden unificar y trabajar como una célula con tres auxiliares operativos, de esta manera reducimos los movimientos de transporte de la unidad de envasado de una etapa a la otra.
- **Reducción de tiempos de espera de Montacargas:** Para garantizar el inicio a primera hora de la producción se establece que el listado del material requerido

para la misma, sea entregado con mínimo un día de anticipación al operador de montacargas.

- **Instalación de oficina de reenvase:** Con el objetivo de disminuir los traslados del personal hasta las oficinas administrativas, se propone instalar en el área, una oficina equipada de un computador e impresora y que se encuentre conectada a la red de la empresa.
- **Cambio de presentación de tambores a cubos:** Para eliminar el exceso de movimiento que debe realizar el auxiliar para ingresar y retirar la manguera de succión de un tambor a otro se sugiere que todos los productos sean entregados en presentación de cubos.
- **Incluir en el proceso tarjetas kanban y supermercados:** Teniendo en cuenta que el producto final se encuentra en cajas de 16 unidades, este será el tamaño de las tarjetas Kanban. Para este caso se sugiere introducir un almacén antes de la operación de envasado y antes de las actividades de preparación de empaque.
- **Nivelar preparación etiquetado:** El tiempo de ciclo de esta actividad es 39 segundos, dividido entre el tiempo tak (11 sgunidad), reducimos el número de auxiliares de 5 a 4

Nota: Por política de ergonomía de la empresa, para cargar la caja final en las actividades de estibado y paletizado, es indispensable la intervención de dos auxiliares.

- **Jornada 5S:** Una vez realizado los cambios, se propone realizar jornada 5S con todo el personal, realizar estándar, publicarlo y realizar auditorías de manera aleatoria para garantizar el cumplimiento del mismo.
- **VSM futuro:** Teniendo en cuenta las modificaciones propuestas anteriormente y los resultados obtenidos, a continuación, se ilustra el VSM del estado futuro.

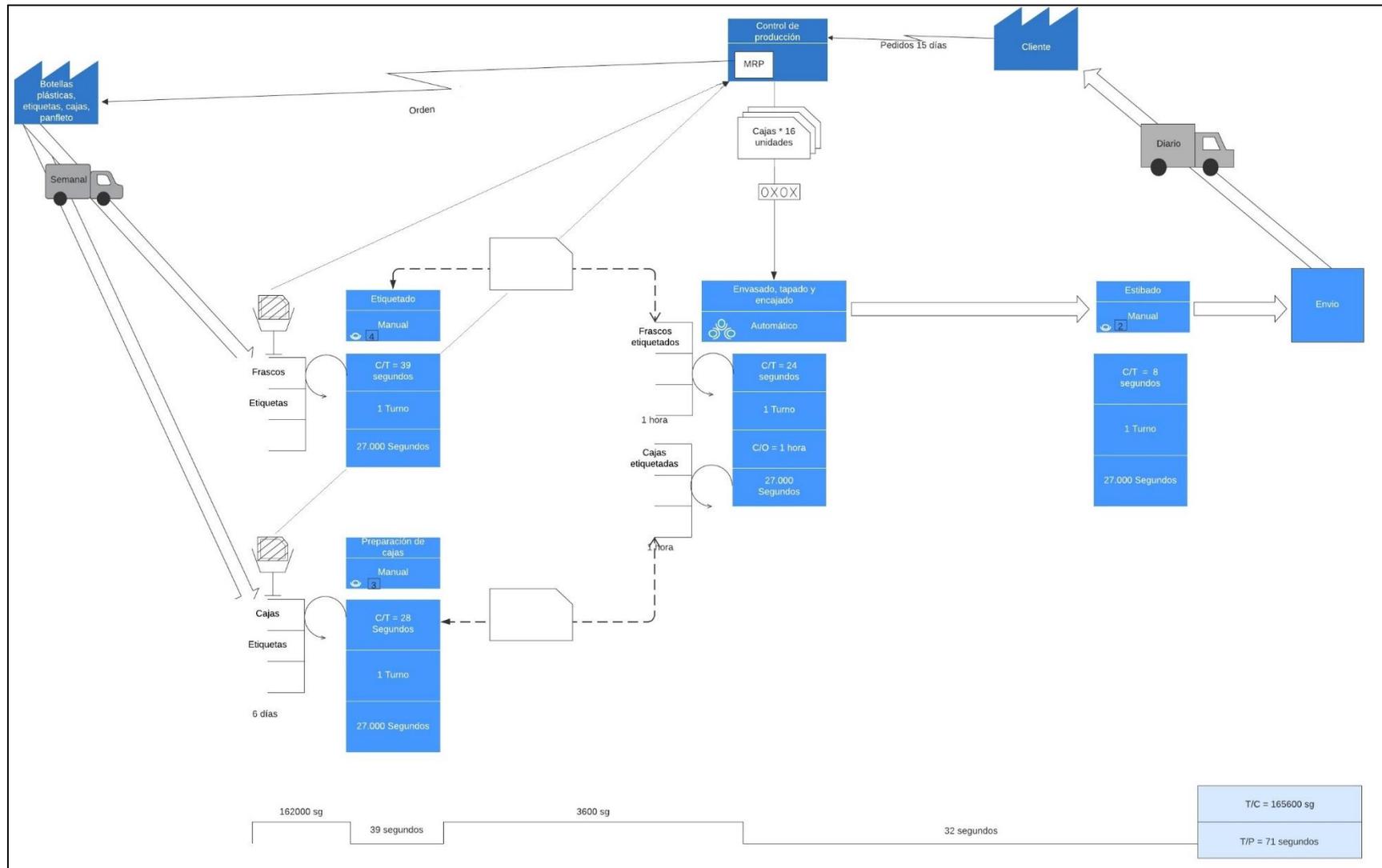


Ilustración 4. VSM del estado futuro

De la ilustración anterior podemos concluir:

- Tiempo total de ciclo (T/C): 165.600 segundos
- Tiempo total de procesamiento (T/P): 71 segundos
- Eficiencia del ciclo:

$$CE = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{Tiempo de ciclo}} * 100$$

$$CE = \frac{71 \text{ sg}}{165600 \text{ sg}} * 100$$

$$CE = 0,043\%$$

ETAPA	DESCRIPCIÓN	# DE AUXILIARES	TIEMPO
1	Preparación de material de empaque	7	39
2	Envasado	3	24
3	Tapado		
4	Encajado		
5	Estibado/Paletizado	2	8
Tiempo Takt 11,25 sg/unidad			

Tabla 11. Análisis de tiempos VSM futuro

11. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las mejoras propuestas podemos concluir lo siguiente:

- El personal necesario de la línea se puede reducir de 8 personas a 5 auxiliares y 1 líder, si bien el proceso sólo necesita 5 auxiliares esta mejoría le permite al líder de la línea dedicar más tiempo a las actividades de supervisión del proceso.
- El tiempo total de ciclo se disminuye de 827288 segundos a 165600 segundos
- El tiempo total de procesamiento pasa 123 segundos a 71 segundos
- La eficiencia del ciclo aumenta de 0,015% a 0,043%
- Al lograr producir con el tiempo Takt, el volumen de producción por turno aumentaría de 1440 litros a 2400 litros, teniendo en cuenta que las tarifas establecidas para este servicio están en función de los litros envasado y el número de personal asignado para la operación, todas las mejoras propuestas como un conjunto, nos permitirían hacer una reducción en las tarifas por litro de llenado por lo menos del 47%.

- Se le recomienda al cliente revisar sus procesos de inventario y planificación de la producción, de tal manera que se pueda reducir la alta variabilidad de estos y disminuir los atrasos de producción asociados.

BIBLIOGRAFÍA

- Womarck, J., Jones, D. y Roos, D. (2017): *La máquina que cambio el mundo*. Barcelona: Profit.

(https://books.google.com.co/books/about/La_m%C3%A1quina_que_cambi%C3%B3_el_mundo.html?id=HktIDgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true).
- Progressa Lean (2015). *Origen y Evolución del Lean Manufacturing*. Recuperado de <https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>.
- Felipe, A. (2017). *Historia de Lean Manufacturing*. Recuperado de <https://historia-biografia.com/historia-del-lean-manufacturing/>
- Hernandez, J. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: Marge Books.

(<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lean+manufacturing&ots=DHHUzZDI8Q&sig=4jswoTnDpFdCZviRoroGj93PGvc#v=onepage&q=lean%20manufacturing&f=true> página 1)

- Rajadell, M. y Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.
<https://books.google.com.co/books?id=mZCh1a3L8M8C&printsec=frontcover&dq=lean+manufacturing&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjmgomh86TpAhXCUt8KHZTZDGwQ6AEILTAB#v=onepage&q=lean%20manufacturing&f=true> pag 31)
- De Arbulo, P. (2007). *Businerr Pocket: La gestión de costes en lean manufacturing*. España: Netbiblo, S.L.
<https://books.google.com.co/books?id=xjrRJM4TFV8C&pg=PA13&dq=lean+manufacturing&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjUnZ3i0KzpAhUVCs0KH59BHM6AEIUUDAF#v=onepage&q=lean%20manufacturing&f=true> pag 24)
- Escuela EADIC, (2012). *Los 7+1 despilfarros tipificados en el Lean Manufacturing*. Recuperado de <https://www.eadic.com/despilfarros-lean-manufacturing/>
- Delgado, A. (2018). *Los 8 grandes despilfarros de tu empresa*. Recuperado de <https://www.emprendedores.es/gestion/a78428/mudas-lean-manufacturing-despilfarros-de-tu-empresa/>
- Castañeda Ramos, L. (2017). *Implementación de herramientas de manufactura esbelta para reducir desperdicio y lograr mejora continua en los procesos productivos de las plantas de Flexo Spring en la ciudad de Bogota*. Recuperado de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14844/2/2017_Herramientas_Reducir_Plantas.pdf

- Pérez, J, et al. (2011). *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo*. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000300009
- Megías, J. (2015). *¿Qué es Lean Manufacturing?*. Recuperado de <http://ite4.com/que-es-lean-manufacturing.html>.
- Acevedo Robles, J. (2016). *Aplicación de filosofía Lean Manufacturing ara optimización de tiempo de ciclo en la industria textil*. Recuperado de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/6054/Tesis%20Documento%20Final%20%28Textil%29%20Juan%20Pablo.pdf?sequence=2>
- Salazar, B (2019). *Los siete desperdicios*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/los-siete-desperdicios/>.
- BBCross Business Solutions, (2014). *El octavo desperdicio: Subutilización en general*. Recuperado de <https://sixsigmacr.wordpress.com/2014/08/05/el-octavo-desperdicio-subutilizacion-en-general/>
- Romero, A. (2015). *La herramienta Jidoka*. Recuperado de <http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-jidoka/>
- Mendoza Mendoza, E. (2013). *Justo a tiempo como herramienta para mejorar el servicio al cliente en empresas comercializadoras de equipo de cómputo de la*

ciudad de Quetzaltenango. Recuperado de

<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/01/01/Mendoza-Edvin.pdf>

- Mojica Osorio, D. (2018). *Propuesta de mejoras de capacidad de la producción en el área de pastelería en la organización Gate Gourmet Colombia*. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22396/1/T.G.-Diego%20M%C3%B3jica-V18.pdf>
- Pérez, L. (2006). *El mapeo del flujo de valor. Contabilidad y Negocios, volumen 1, pp 41-44*. (<https://www.redalyc.org/pdf/2816/281621766009.pdf>)
- Berganzo, J. (2016). *Las “5 eses” para ser más productivo*. Recuperado de <https://guiasbus.us.es/bibliografiaycitas/apa>.
- Salazar, B. (2019). *Poka-Yoke. A prueba de errores*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/poka-yoke-a-prueba-de-errores/>.
- Grane, M. (2018). *¿Qué es y en qué consiste la filosofía Kaizen?, pasos y ejemplos*. Recuperado de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos>.
- Mesh, J. (2020). *Metodología Kanban: Revoluciona tu manera de trabajar más ágil*. Recuperado de <https://blog.trello.com/es/metodologia-kanban>.
- Pertuz Ridríguez, A.(2018). *Implementación de la metodología (SMED) para la reducción de tiempo de alistamiento (Set Up) en máquinas encapsuladoras de una empresa farmacéutica en la ciudad de Barranquilla*. Recuperado de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/18111/1/72245661.pdf>.

- Cano, C. y Escobar, L. (2018). *Caracterización teórica y su relación en la implementación de herramientas Lean Manufacturing en procesos de manufactura*. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14824/1/CanoCastilloCindyVanesa2018.pdf>
- García, S (2017). *TPM – Total productive maintenance*. Recuperado de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>
- Ingeniería de calidad (2017). *¿Qué son células de trabajo?, Implementación de las células de trabajo*. Recuperado de <https://www.ingenieriadecalidad.com/2018/10/que-son-celulas-de-manufactura.html>
- Romero A. (2015). *Los dispositivos Andon*. Recuperado de <http://www.angelantonioromero.com/los-dispositivos-andon/>
- Touron, J (2016). *Lean Manufacturing: Definición, origen y evolución*. Recuperado de <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>
- Intedya, (2019). *Lean Manufacturing: Herramienta de ámbito mundial para reducir costes y desperdicios*. Recuperado de <https://www.intedya.com/internacional/intedya-noticias.php?id=290#submenuhome>.
- Plataforma tecnológica IsoTools excellence, (2015). *Cómo elaborar un plan de mejora continua*. Recuperado de <https://www.isotools.org/2015/05/07/como-elaborar-un-plan-de-mejora-continua/>.

- Olavarrieta, J. (2019). *Conceptos generales de productividad, sistemas, normalización y competitividad para la pequeña y mediana empresa*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana. Dirección de difusión universitaria.
- Salazar, B. (2019). *Estudio de tiempos*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>
- Robayo, A., Rios, M., Álvarez, A. y Oliveros, L (2017). *Lean Manufacturing: Trabajo fundamentos de sistemas de la información*. Recuperado de <http://angelicarobgo.blogspot.com/2017/05/lean-manufacturing.html>
- Intel, (2011). *Intel revela sus modelos de productividad y planeación estratégica*. Recuperado de <https://newsroom.intel.la/intel-revela-sus-modelos-de-productividad-y-planeacion-estrategica/>
- Marx, M. (2009). *Dow Chemical Company – Six Sigma*. Recuperado de <https://www.isixsigma.com/industries/chemicals/dow-chemical-company-six-sigma/>