



UNIVERSIDAD
ICESI

DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA ENFOCADO AL ÁREA DE LLENADO DE LA
COMPAÑÍA XYZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN
MANUFACTURING

PROYECTO DE GRADO

EFRÉN MAURICIO VALENCIA VELANDIA

**Asesor de investigación
LEONARDO RIVERA**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA ENFOCADO AL ÁREA DE LLENADO DE
LA COMPAÑÍA XYZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE
LEAN MANUFACTURING**

EFRÉN MAURICIO VALENCIA VELANDIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Maestría en Ingeniería Industrial con Énfasis en Logística

Asesor: LEONARDO RIVERA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014**

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE GRAFICAS.....	5
LISTA DE TABLAS	6
LISTADO DE ANEXOS.....	7
AGRADECIMIENTOS.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. MARCO DE REFERENCIA.....	11
2.1 ANTECEDENTES	11
2.2 MARCO TEÓRICO.....	14
2.2.1 Lean Manufacturing.....	14
2.2.1.1 Value stream mapping (VSM)	15
2.2.1.2 5S.....	15
2.2.1.3 Trabajo estándar	16
2.2.1.4 SMED	16
2.2.1.5 Jidoka	17
2.2.1.6 TPM.....	17
2.2.1.7 Justo a tiempo (JIT).....	18
2.2.1.8 Heijunka	18
2.2.1.9 Pokayoke.....	18
2.2.2 Desperdicios en las plantas de manufactura.....	18
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.2 ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO	23
4. OBJETIVOS.....	24
4.1 OBJETIVO GENERAL	24
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4.3 RESULTADOS ESPERADOS.....	24
5. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	25
5.1 Descripción proceso fabricación.....	25
5.1.2 Proceso de llenado.....	27
5.2 Selección de línea piloto.....	29

5.2.1 Descripción de la línea seleccionada	30
5.3 Situación actual línea 50	31
5.3.1 Value Stream Map Actual.....	32
5.4 Identificación de desperdicios	34
5.5 Identificación de herramientas Lean a utilizar por tipo de desperdicio	38
5.6 Plan de implementación herramientas Lean seleccionadas.....	44
5.6.1 Plan de implementación 5s	44
5.6.2 Plan implementación trabajo estándar	48
5.6.3 Plan implementación SMED.....	50
5.6.4 Plan implementación TPM.....	52
5.7 Plan de implementación integrado	55
5.7.2 Impacto esperado implementación 5s.....	57
5.7.3 Impacto esperado implementación Trabajo estándar.....	57
5.7.4 Impacto esperado implementación SMED	57
5.7.5 Impacto esperado implementación TPM	58
5.7.6 Value Stream Mapping futuro.....	58
5.9 Presupuesto base para implementación de plan integrado.....	60
5.8 Validación del plan propuesto	61
5.8.1 Validación del plan propuesto en la parte operativa.....	62
5.8.2 Validación del plan propuesto en parte administrativa	62
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
7. BIBLIOGRAFÍA.....	66

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1: Porcentaje de despilfarro. Fuente: Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad.....	11
Gráfica 2: Modelo conceptual de implementación de lean manufacturing. Fuente: Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing.	13
Gráfica 3: integrada Versión planes de implementación. Fuente: rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing.....	14
Gráfica 4: OEE compañía XYZ mes a mes.....	22
Gráfica 5: Proceso de fabricación compañía XYZ	26
Gráfica 6: Descripción proceso de fabricación.....	29
Gráfica 7: Porcentaje de participación de las líneas tipo líquidos	30
Gráfica 8: Nivel de ocupación línea 50	32
Gráfica 9: Value Stream Mapping (VSM) Línea 50.....	33
Gráfica 10 Value stream mapping futuro o esperado.....	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Metodologías de implementación de lean manufacturing. Fuente: Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing	12
Tabla 2: Identificación de desperdicios, posibles causas y herramientas de lean que los mitigan.....	20
Tabla 3: Comparativo OEE entre filiales	22
Tabla 4: OEE líneas de producción	23
Tabla 5: Clasificación de líneas de producción por tipo de producto	27
Tabla 6: Eficiencia líneas de líquidos.....	29
Tabla 7: Referencias de la línea 50	30
Tabla 8: Desperdicios identificados en la línea 50	35
Tabla 9: Identificación de posibles herramientas a utilizar por desperdicio identificado.....	40
Tabla 10: Herramientas de Lean seleccionadas.....	43
Tabla 11: Plan de implementación 5s.....	46
Tabla 12: Plan implementación trabajo estándar.....	49
Tabla 13: Plan implementación SMED	51
Tabla 14: Plan implementación TPM	54
Tabla 15: Plan implementación integrado.....	55
Tabla 16: Dependencia, impacto esperado, obstáculos, actividades claves y recursos de las herramientas Lean seleccionadas	56
Tabla 17 Estado actual y futuro de indicadores a impactar	60
Tabla 18 Presupuesto base para implementación de plan integrado	61

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Formato estándar de orden y limpieza	68
Anexo 2 Formato estándar visual 5s.....	69
Anexo 3 Formato tarjeta roja 5s.....	70
Anexo 4 Listado de tarjetas rojas.....	71
Anexo 5 Círculo frecuencia de uso	72
Anexo 6 Formato auditoría 5s.....	73
Anexo 7 Formato estándar de trabajo.....	74
Anexo 8 Formato flujo de cambio	75
Anexo 9 Formato test de chequeo SMED.....	76
Anexo 10 Formato tarjeta de anomalía	77
Anexo 11 Formato listado tarjetas de anomalía.....	78
Anexo 12 Formato mantenimiento autónomo	79
Anexo 13 Formato auditoría mantenimiento autónomo	80
Anexo 14 Formato auditoría mantenimiento preventivo.....	81

AGRADECIMIENTOS

A mi familia.

1. INTRODUCCIÓN

La apertura económica y el crecimiento de los mercados han hecho que algunos sectores industriales se enfrasquen en lo que se conoce como la *guerra del centavo*, donde todos luchan por obtener dinero reduciendo en mayor medida los costos; enfocándose en el modelo “taylorista”, basado en la estructura jerárquica, orientación del producto y la producción en masa. El beneficio es producir más de lo mismo al menor costo posible.

Sin embargo el trabajar bajo este concepto no permite generar valor diferencial en cuanto a diversidad, calidad e innovación; lo cual es una exigencia del mercado actual. Teniendo las empresas que adaptar sus procesos a los constantes cambios que se presentan en el mercado, disminuyendo sus tamaños de lotes, tiempos de respuesta y aumentando las referencias de productos por línea de producción, sin afectar los niveles de calidad.

En algunos casos esa adaptación que sufre la organización no es planeada, se da como reacción a las exigencias del mercado, pensando en cumplirlas sin medir las pérdidas en las que se incurre. Una de ellas es la *pérdida de eficiencia operacional*, dado que el modelo de producción bajo el cual la compañía XYZ fue concebida es la fabricación de grandes tamaños de lotes y pocos cambios.

Lean manufacturing aparece como una filosofía en la cual mediante el uso de distintas herramientas las organizaciones logran ser más competitivas. La respuesta de este reconocimiento está en su enfoque hacia la mejora continua. Por lo cual las compañías han basado su modelo de producción en brindar a sus clientes productos que cumplan a cabalidad con sus expectativas; mediante la aplicación de metodologías de mejora enfocadas en un adecuado aprovechamiento de los recursos operacionales (tiempo, mano de obra y equipos).

Siendo evidente que toda compañía debe migrar en un corto plazo hacia estrategias enfocadas en mejora continua, se hace necesario entender como la implementación de herramientas pertenecientes a Lean Manufacturing permite lograr disminución de los costos de fabricación y de inventario, mayor aprovechamiento del talento humano y el espacio, incremento en la eficiencia operacional y un evidente incremento en la rentabilidad del negocio.

A partir de lo anterior, el presente trabajo pretende diseñar y proponer un plan de mejora enfocado al área de llenado de la compañía XYZ, con una línea piloto seleccionada como base de posible implementación; estableciendo actividades a ejecutar para el aumento de la eficiencia operacional, por medio del uso de herramientas pertenecientes a Lean Manufacturing.

Para lograr el aumento esperado se estudiará una línea de producción perteneciente al proceso de llenado, la cual ha sido seleccionada con el fin de

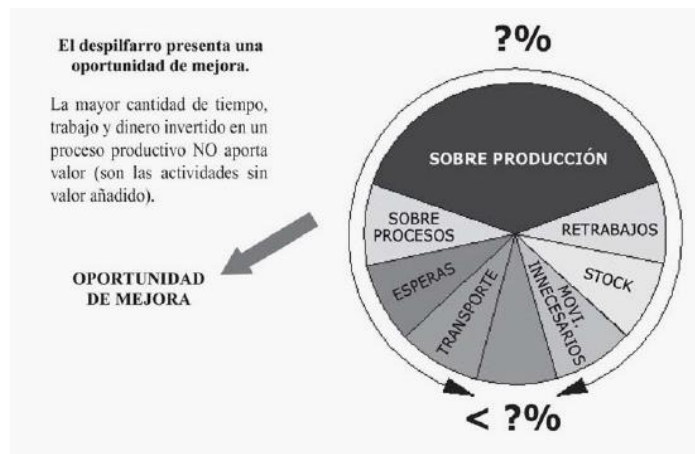
generar mayor visibilidad de las actividades a implementar. Documentando su situación actual, identificando los desperdicios que afectan directamente la eficiencia operacional, las herramientas de Lean a utilizar para mitigar cada uno de los desperdicios, los impactos esperados, obstáculos a superar y los recursos necesarios. Adicionalmente se espera que las propuestas planteadas en este trabajo sirvan como punto de partida para la implementación de estrategias de mejora, basadas en Lean Manufacturing, en las diferentes líneas y áreas de la organización.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 ANTECEDENTES

“Debido a las grandes transformaciones de la economía, los clientes son cada vez más exigentes, informados y conscientes del papel importante que juegan, porque son quienes valoran el producto. Los cambios de hábitos, estilos de vida y preferencias han transformado el panorama cultural, social y económico del mundo, obligando a las empresas a ser más flexibles, adecuar los productos y servicios a la nueva realidad, con nuevas formas de producción y todo ello apoyados en los tres aspectos fundamentales de la competitividad: calidad, rapidez de respuesta y coste.

En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo mismo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor y entonces constituyen un despilfarro. Tradicionalmente, los procesos de mejora se han centrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo, se deduce que existe una enorme oportunidad de mejora.”(Sanchez y Rajadell, 2010)



Gráfica 1: Porcentaje de despilfarro. Fuente: Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad

Dada la creciente necesidad de los sectores industriales de ser más eficientes operacionalmente, las empresas han optado por adoptar metodologías de mejora que les permita tomar acciones eficaces sobre las oportunidades de mejora que se tienen en el proceso productivo.

De acuerdo a los literarios de la tesis de maestría “**Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing**” (Cruz y Burbano,

2012). Lean resulta ser la opción más adecuada para trabajar en un entorno industrial que pretende aumentar la eficiencia operacional bajo los siguientes pilares: la filosofía de mejora continua, el control de la calidad, la eliminación de desperdicio, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios.

En este documento se plantea una metodología genérica para la implementación de lean manufacturing. Adicionalmente, después de realizar el estudio de la situación actual de las operaciones, se proponen actividades específicas de mejora que permitan reducir desperdicios a través del uso de algunas herramientas de lean.

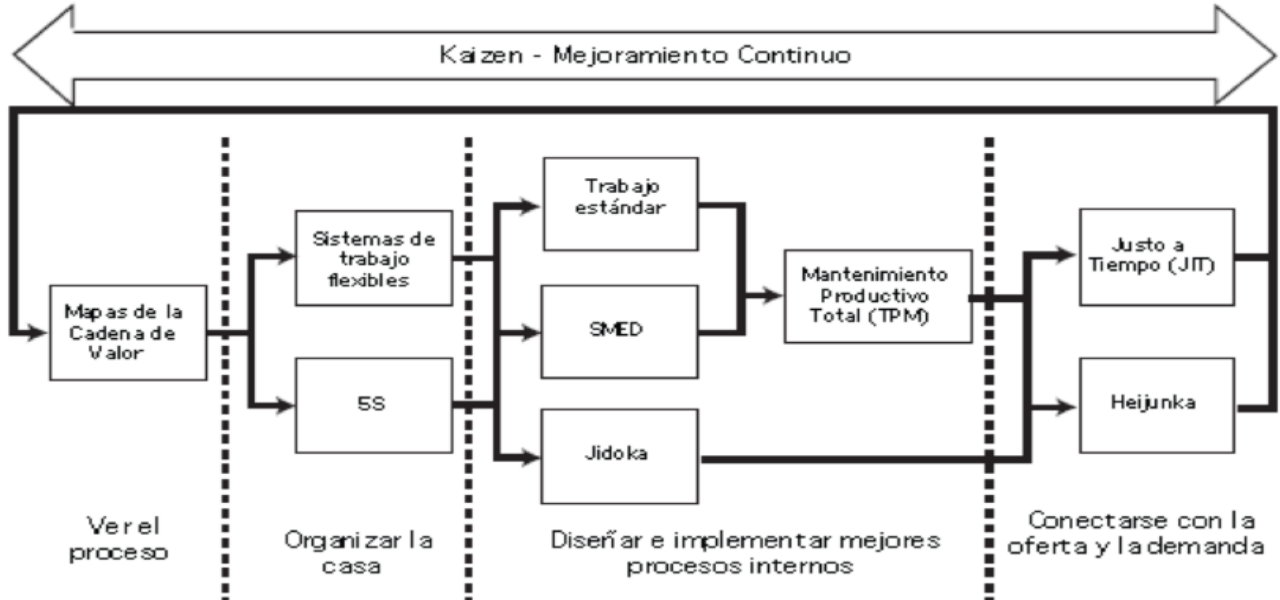
Para establecer la metodología de implementación los autores se enfocaron en cinco métodos, los cuales se describen en la siguiente tabla:

Lean Thinking. Womack y Jones (1996)	Manual de la Lean Aerospace Initiative. Hines Y Taylor (2000)	Going Lean. Crabil, et al. (2000)	Implantación de Gestión Lean. Fortuny et al(2008)	Implementación Lean. Rivera (2008)
1. Iniciar 1-1. Encontrar agente de cambio (líder) 1-2. Conseguir el conocimiento en Lean. 1-3. Encontrar una palanca (motivo) 1-4. Mapear la cadena de valor. 2. Crear una nueva organización 2-1. Reorganizar los productos por familia. 2-2. Crear funciones Lean 4. Instalar sistemas de negocios Lean. 4-1. Crear un sistema contable Lean. 4-2. Pagar a la gente de acuerdo al desempeño de la compañía. 4-3. Implementar el concepto de transparencia. 4-4 Fijar Prioridades. 5. Concluir la transformación. 5-1. Aplicar los conceptos en proveedores y clientes. 5-2. Desarrollar una estrategia global.	0. Adoptar el paradigma lean. 0-1. Construir la visión (algunos directivos senior). 0-2. Establecer la necesidad. 0-3. Adoptar pensamiento lean (los líderes claves). 0-4. Compromiso Gerencial 0-5. Consegur la adopción por los directivos senior. 1. Preparar 2. Definir el valor. 2-1. Definir amplitud de implantación inicial (proceso piloto). 2-2. Definir al cliente. 2-3. Definir el valor para el cliente final. 3. Identificar la cadena de valor. 3-1. Registrar la actual cadena de valor 3-2. Dibujar flujos producto e información 3-3. Dibujar movimientos operarios 3-2. Dibujar movimientos de herramientas 3-3. Recopilar datos de base (costes, tiempos, calidad) 4 – Diseñar el sistema de producción. 4-1. Desarrollar la cadena de valor futura. 4-2. Definir el takt time. 4-3. Revisar las decisiones de fabricar o comprar. 4-4. Planificar una nueva disposición. 4-5. Incorporar a los proveedores. 4-6. Diseñar sistemas visuales de control. 4-7. Estimar y justificar costes. 4-8. Planificar el sistema de mantenimiento (TPM) 5. Implementar producción basada en el flujo. 6. Implementar el sistema pull total. 7. Luchar por la perfección.	1. Análisis del desperdicio. 2. Determinación de la dirección. 3. Análisis de la perspectiva general. 4. Mapa detallado 5. Implicación de proveedores y clientes. 6. Comprobar que el plan sigue la dirección prevista y conseguir apoyo.	1. Recogida de datos. 2. Formación acerca de lean manufacturing. 3. Análisis de las operaciones y su flujo. 4. Trazado del value stream map actual 5. Fase central de estudio y diseño 6. Trazado del value stream map futuro 7. fase de implantación	1. Ver el proceso 2. Organizar la casa 3. Diseñar e implementar mejores procesos internos. 4. Conectarse con la oferta y la demanda.

Tabla 1: Metodologías de implementación de lean manufacturing. Fuente: Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing

La metodología genérica seleccionada fue la planteada por Rivera (2008), ya que se considera que *“reúne el mapa conceptual de cada fase de implementación, desde el entendimiento del proceso, el diseño y la implementación de las mejoras al interior del proceso hasta la conexión con la oferta y la demanda”* (Cruz y Burbano, 2012).

En la siguiente figura se muestra la estructura del modelo seleccionado:



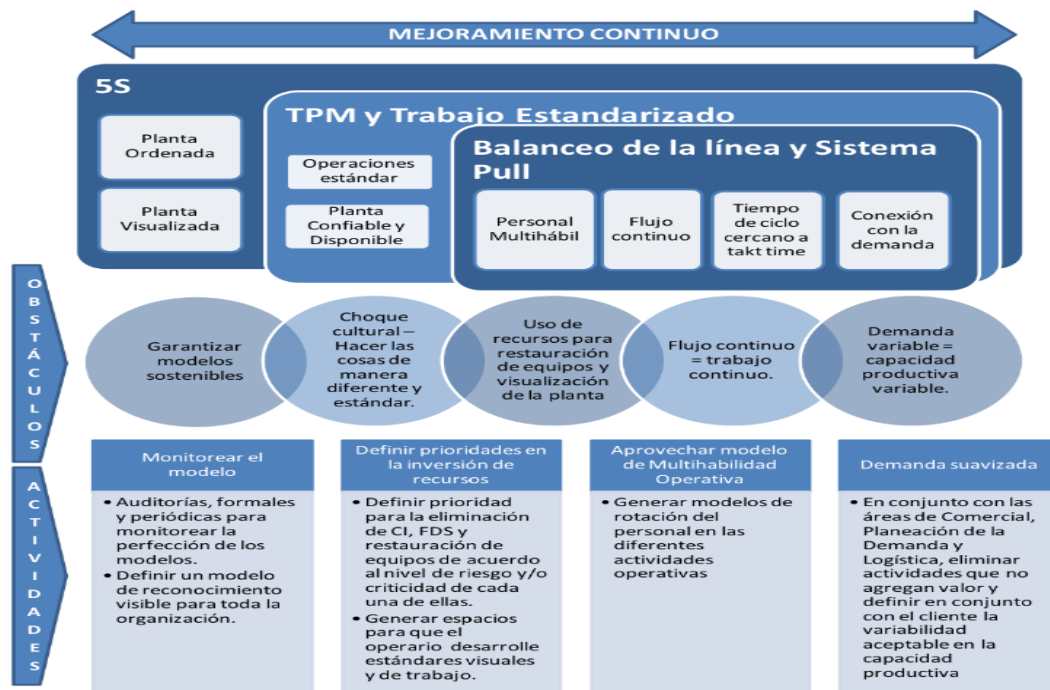
Gráfica 2: Modelo conceptual de implementación de lean manufacturing. Fuente: Justificación conceptual de un modelo de implementación de lean manufacturing.

Seleccionar una metodología genérica de implementación de un modelo de mejora continua, no garantiza su desarrollo. En los libros *“Liquid Lean. Developing Lean Culture In The Process Industries”* y *“Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad”*, se hace referencia a que para garantizar una adecuada implementación, el modelo seleccionado se debe adaptar a las condiciones de la organización. *“El análisis del entorno es interesante porque dos empresas difícilmente tendrán una organización y gestión de la producción igual o muy parecida si sus países respectivos presentan diferentes características sociales o culturales.”*(Sanchez y Rajadell, 2010). Lo mismo sucede al comparar dos organizaciones que se pueden dedicar a la misma actividad pero su funcionamiento o manejo presentan diferencias.

Teniendo en cuenta lo anterior en la tesis **“Propuesta de mejora para la operación de una zona franca mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing”** (Angulo y Gómez, 2012) para dar inicio a la implementación se realiza un análisis de la situación actual de la operación a involucrar en una metodología Lean, mediante la herramienta VSM (Value Stream Mapping), identificando las actividades que agregan y no agregan valor. Una vez identificado los desperdicios (actividades que no agregan valor) se realiza la asignación de las herramientas de lean manufacturing que permita mitigarlo.

Ya con las herramientas asignadas por tipo de desperdicio se logra establecer los planes de implementación de cada una de las herramientas seleccionadas.

Obteniendo como resultado planes de implementación de cada una de ellas con su respectivo impacto esperado, y la versión integrada de cada uno, lo cual le permitirá a la compañía realizar el cambio de un sistema de manufactura convencional, hacia un sistema de manufactura con un enfoque de mejora continua.



Gráfica 3: integrada Versión planes de implementación. Fuente: rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Lean Manufacturing

Es una filosofía de producción que tuvo sus orígenes en Japón con el sistema de producción Toyota, cuyos objetivos principales son la eliminación del desperdicio y la creación de valor (Manotas y Rivera, 2007).

Lean Manufacturing ha sido definida de múltiples formas; entre éstas definiciones se encuentra que “*Lean manufacturing es un sistema integrado que permite lograr la producción de bienes y servicios con el mínimo costo*” (Shah et al., 2007, p. 789). Igualmente es asociada con la eliminación del desperdicio especialmente donde hay exceso de inventarios y de capacidad, con el fin de minimizar los efectos de la variabilidad en la cadena, tiempo de procesamiento o la demanda.

Para entender con mayor profundidad Womack (1996) define cuatro principios del pensamiento lean:

1. Valor: Es creado por la empresa pero debe ser definido por el cliente.
2. Flujo del valor: Consiste en identificar la cadena de valor y hacer que el valor creado se mantenga en el flujo.
3. Flujo: Sistema de producción pull (halar) desde el cliente.
4. Perseguir la perfección: Dirigir y gestionar hacia la perfección.

Entre los beneficios de aplicar las herramientas pertenecientes a Lean Manufacturing se encuentran: reducción del tiempo de entrega a los clientes, reducción de inventarios, reducción del desperdicio, ahorros financieros, reducción de re trabajos y entendimiento de los procesos.

A continuación se realiza análisis de las herramientas pertenecientes a lean manufacturing:

2.2.1.1 Value stream mapping (VSM)

Es la herramienta que nos permite visualizar y analizar todas aquellas acciones (con valor y sin valor añadido) que tienen lugar desde la compra de la materia prima hasta la llegada del producto acabado a manos del cliente y que nos muestra su diseño, desde el concepto hasta su despliegue. Esta herramienta nos permite visualizar el flujo de producción partiendo de la materia prima y con llegada en el cliente (Taylor y Francis, 2010).

2.2.1.2 5S

Es un programa educativo cuyo objetivo es perfeccionar el comportamiento de las personas, reflejándose en un cambio de hábitos y actitudes, y también mejorar continuamente los factores que afectan los entornos físicos de trabajo, creando condiciones adecuadas de trabajo para todas las personas en todos los niveles jerárquicos de la organización. “5S” es un programa de origen japonés que incluye acciones que proporcionan: calidad de vida para las personas, incremento de la productividad, mejora de los valores éticos y morales, entre otros beneficios. La sigla “5S” viene de las iniciales occidentales de cinco palabras japonesas, que son:

SEIRI – Sentido de utilización: Separar los elementos necesarios de los innecesarios, desechando los últimos. Saber usar sin desperdiciar.

SEITON – Sentido de ordenación: Ordenar/arreglar lo que quedó, es decir, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Saber ordenar para facilitar el acceso y el repuesto de ítems.

SEISO – Sentido de limpieza: Limpieza y eliminación de las fuentes de suciedad. Saber usar sin ensuciar.

SEIKETSU – Sentido de estandarización: Estandarización resultante del buen desempeño en las tres primeras S. Saber trabajar de forma estandarizada y con limpieza.

SHITSUKE – Sentido de disciplina: Disciplina para mantener en marcha las cuatro primeras S. Saber cumplir rigurosamente lo establecido (Taylor y Francis, 2009)

2.2.1.3 Trabajo estándar

Indica que los procesos y prácticas exitosas se adoptan como estándar y luego se las transfiere a las líneas de producción y a los trabajadores, quienes una vez que lo incorporan, lo realizan siempre igual. Está basado en la idea de que la calidad, la seguridad y el aumento de eficiencia deben ser comprendidos y ejercidos con claridad por parte de los colaboradores (Rivera, 2008).

2.2.1.4 SMED

SMED (Quick Changeover) por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o serie de técnicas, de Lean Manufacturing, que hacen posible la reducción dramática en el tiempo de alistamiento y cambio de referencia de una máquina.

El tiempo de cambio de referencia se define como el tiempo que transcurre desde que se produce la última pieza correcta del producto A hasta que se produce la primera pieza correcta del producto B a la eficiencia total.

Los objetivos de SMED son:

- Crear la posibilidad de producir mediante lotes más pequeños sin afectar el costo.
- Reducir la cantidad e inventario.
- Mejorar la calidad del producto.
- Reducir desperdicios (tiempo, movimientos y material).
- Incrementar la flexibilidad de la planta.

- Mejorar en el tiempo de entrega del producto.

En el enfoque de SMED las operaciones de alistamiento o cambio de referencia se componen de actividades internas y actividades externas. Las actividades internas son aquellas que se deben realizar mientras el equipo está apagado o no se encuentra produciendo; por ejemplo un nuevo dado solo se puede instalar en la prensa cuando esta se encuentra parada. Las actividades externas en cambio son las que se pueden realizar mientras el equipo está operando; por ejemplo los tornillos para instalar el dado, pueden ser ensamblados y ordenados mientras la prensa está operando.

La clave del SMED está en poder identificar las actividades que son internas y externas; separarlas, convertir la mayor cantidad de actividades internas a externas y luego perfeccionarlas para optimizar la operación al máximo (Rivera, 2008).

2.2.1.5 Jidoka

Capacidad que tienen las líneas de producción de detenerse cuando se detectan problemas, tales como el mal funcionamiento de los equipos, retraso en el trabajo o problemas de calidad, tanto por las mismas máquinas que son capaces de detectar las anomalías como por los propios trabajadores, que pueden presionar un botón que detiene inmediatamente la línea. De este modo, se previene que los defectos no pasen al siguiente proceso, asegurando así la construcción de la calidad durante todo el proceso de producción (Rivera, 2008).

2.2.1.6 TPM

Total productive maintenance tiene por objetivo mantener el sistema de producción de forma eficiente y total, contando con la participación de todos. Es una forma de gestión que transforma los modelos tradicionales de administración y trata de eliminar continuamente las pérdidas, obteniendo una evolución permanente de la estructura empresarial por medio del perfeccionamiento constante de las personas, de los medios de producción y de la calidad de los productos y servicios.

2.2.1.7 Justo a tiempo (JIT)

Significa producir sólo lo necesario, en el momento justo, y en la cantidad necesaria. Apunta a producir productos de calidad al más bajo costo y de manera más eficiente.

2.2.1.8 Heijunka

Es una de las partes clave del proceso just-in-time. Con 'just-in-time' los costes de inventario se reducen al mínimo por tener las piezas necesarias y en el momento que hay que entregarlas. Heijunka es la eliminación de desniveles en la carga de trabajo. Esto se consigue con una producción continua y eficiente. Produciendo lo que se necesita cuando se necesita.

Heijunka también elimina los trabajos de sobrecargas o intensos que pueden llevar a problemas de seguridad y calidad.

2.2.1.9 Pokayoke

Dispositivos electrónicos encargados de detectar las situaciones anormales de los procesos críticos en el momento en que ocurren, y detienen la línea de producción hasta que se realice la operación correctamente. Cuando un trabajador detecta un problema lo informa a su Team Leader, tirando de un cordel que inmediatamente acciona un tablero luminoso llamado ANDON: un típico método de control visual que les permite a los Team Leaders controlar si las actividades de producción están procediendo con normalidad o no. Consecuentemente, el Team Leader observará el problema y definirá las acciones de mejora inmediatas a seguir.

2.2.2 Desperdicios en las plantas de manufactura

La implementación de Lean Manufacturing parte del diagnóstico de la situación actual, la cual se realiza por medio del Value stream mapping, permitiendo identificar desperdicios a lo largo de todo el proceso.

En lean los desperdicios o mudas son considerados como toda actividad que absorbe recursos y que no agrega valor al producto, es decir todo lo que el cliente no está dispuesto a pagar (Allen, Robinson y Stewart, 2001). Existen diversas fuentes que originan estos desperdicios en los diferentes sistemas productivos, por lo cual se han establecido siete grandes desperdicios (Suzaky, 1987):

1. Defectos: Producir partes que no cumplan las especificaciones.
2. Tiempos de espera: Operaciones o personas esperando debido a falta de materiales, equipos o información.
3. Movimiento: Desplazamientos movimientos innecesarios del personal para ejecutar una actividad.
4. Transporte: Transporte de materias primas, productos y equipos que no agregan valor al producto.
5. Sobre procesamiento: Realizar operaciones que no son necesarias para la producción o ensamble del producto.
6. Sobre producción: Fabricar más productos del que demanda el cliente.
7. Inventario: Exceso de materia prima, material en proceso o producto terminado.

Cada desperdicio presenta características, posibles causas y herramientas de Lean Manufacturing que pueden ser aplicadas para su mitigación, como se muestra la tabla 4:

TIPO DE DESPERDICIO	CARACTERÍSTICAS	POSIBLES CAUSAS	POSIBLE PROPUESTAS DE MEJORA	
SOBRE PRODUCCIÓN	Gran cantidad de stock	Procesos con baja capacidad	Flujo de pieza a pieza (lote unitario de producción)	
	Equipos sobredimensionados	Pobre aplicación de la automatización	Plena implementación del sistema pull (kanban)	
	Flujo de producción no balanceado o nivelado	Tiempos de cambio y de preparación largos	operaciones simples de cambio de utillajes y herramientas (SMED), para reducir el tiempo necesario para tales operaciones	
	Presión sobre la producción para aumentar la utilización	Procesos pocos confiables	Reducción de horas de trabajo de las operarios	
	No hay prisa para atacar los problemas de calidad	Programación inestable	Nivelación de la producción (utilización de las herramientas Hei-junka)	
	Tamaño grande de los lotes de fabricación	Respuesta a las previsiones, no a las demandas	Revolución del concepto del inventario	
	Excesivo material obsoleto		Establecer un programa de estandarización de las operaciones para mantener la sincronía con el proceso de producción	
TIEMPOS DE ESPERA	Necesidad de espacio extra para almacenaje	Falta de comunicación		
	El operario espera a que la máquina termine	Métodos de trabajo poco consistentes	Nivelación de la producción , Equilibrado de la línea	
	La maquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente	Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos	Layout específico de producto (fabricación en células en U)	
	Un operario espera a otro operario	Desequilibrios de capacidad	Poka-yoke (sistemas o procesos a pruebas de errores)	
	Exceso de colas de material dentro del proceso	Producción en grandes lotes	Automatización con un toque humano (Jidoka)	
	Paradas no planificadas	Pobre coordinación entre operarios y/o entre operarios y máquinas	Cambio rápido de herramientas, plantillas, utillajes, moldes, troqueles, etc. (SMED)	
	Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas	Tiempos de preparación de máquina o cambios de utillajes complejos	Introducción de la formación en la propia línea de fabricación. Adiestramiento polivalente de operarios	
Tiempo para ejecutar re procesos	Falta de maquinaria apropiada	Evaluar el sistema de entregas de proveedores		
	operaciones "caravana": falta personal y los operarios procesan lotes en más de un puesto de trabajo	Mejorar la manutención de la línea ed acuerdo con la secuencia de montaje		
	operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas			
TRANSPORTE / MOVIMIENTOS	Los contenedores son demasiado grandes, pesados o, en definitiva, difíciles de manipular	Layout mal diseñado. Deficiencias en la distribución en planta del proceso industrial	Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles	
	Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales dentro del proceso	Gran tamaño de los lotes	Cambio gradual a la producción y distribución en flujo, para tener cada pieza de trabajo moviéndose a través de la cadena de procesos de forma que sean correctamente procesadas en el tiempo de ciclo fijado	
		programas no uniformes		
	Las carretillas circulan vacías por la planta	Tiempos de cambio o de preparación demasiados largos	Trabajadores polivalentes (multifuncionales)	
Falta de organización en el puesto de trabajo				
	Excesivo stock intermedio			
	Pobre eficiencia de operarios y máquinas			
SOBRE PROCESO	No existe estandarización de las mejoras técnicas o procedimientos	Cambios de ingeniería sin cambios de proceso	Diseño del proceso más apropiado mediante un flujo continuo de una unidad cada vez	
	Maquinaria mal diseñada o capacidad calculada incorrectamente	Toma de decisiones a niveles inapropiados	Análisis y revisión detallada de las operaciones y los procesos	
	Aprobaciones redundantes o procesos burocráticos inútiles	Procedimientos y políticas no efectivos	Mejora de plantillas empleando el concepto de la automatización humana	
	Excesiva información (que nadie utiliza y que no sirve para nada)	Falta de información de los clientes con respecto a los requerimientos	Plena implementación de la estandarización de procesos	
EXCESO DE INVENTARIO	Falta de especificaciones y ejemplos claros de trabajo		Just in time (JIT)	
	Excesivos días con el producto acabado o semi elaborado. Rotación baja de existencias	Procesos con baja capacidad		
	Grandes costes de movimiento y de mantenimiento o posesión del stock	Cuellos de botella no identificados o incontrolados		
	Excesivo equipo de manipulación (carretillas elevadoras, etc.)	Proveedores no capaces		
	Excesivo espacio dedicado al almacén	Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos		Decisiones de la dirección general de la empresa
		Previsiones de ventas erróneas		
Container o cajas demasiado grandes	Re trabajo (volver a procesar algo por segunda vez) por defectos de calidad del producto	Problemas e ineficiencias ocultas		
DEFECTOS	Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero	Disposición de maquinaria inadecuada o ineficiente	Automatización con toque humano (jidoka) y definición de la estandarización de las operaciones	
	Planificación inconsistente	Proveedores o procesos no capaces	Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (andon)	
	Calidad cuestionable	Errores de los operarios	Poka-Yoke (a prueba de errores)	
	Flujo de proceso complejo	Entrenamiento y/o experiencia del operario inadecuada	incremento de la fiabilidad de las maquinas: sistema de mantenimiento productivo	
	Recursos humanos adicionales para operaciones de inspección y repetición de trabajos	Herramientas o utillaje inadecuado	Aseguramiento de la calidad en cada actividad	
	Espacio y herramientas extra para el re trabajo	Proceso productivo deficiente	Producción en flujo continuo	
	Maquinaria poco fiable		implementación de estándares	
Baja moral de los operarios	Establecimiento de control visual 5S			

Tabla 2: Identificación de desperdicios, posibles causas y herramientas de lean que los mitigan

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía XYZ es una multinacional de origen europeo que opera en más de 60 países y es líder en productos para la salud, higiene y de limpieza para el hogar, con más de 21.000 empleados alrededor del mundo y con presencia de sus productos en más de 180 países.

La planta de producción de Cali, está estratégicamente ubicada con el objetivo principal de abastecer el mercado nacional y parte de la región de Latinoamérica, esta operación viene presentando un crecimiento por año entre el 20% y 30% desde hace aproximadamente 5 años, gracias a sus productos innovadores y a la posibilidad de exportar a las filiales de otros países como Francia, Bélgica, Brasil, Costa Rica y México.

En Colombia la organización lleva aproximadamente 23 años, tiempo durante el cual ha cambiado en diferentes ocasiones de razón social, evolucionando y estableciendo como prioridad el mejorar su competitividad en el mercado. Al presentar un crecimiento exponencial, en la demanda de sus productos, la capacidad de respuesta se ha visto impulsada por decisiones e implementaciones inconclusas en las líneas de producción disminuyendo la eficiencia operacional.

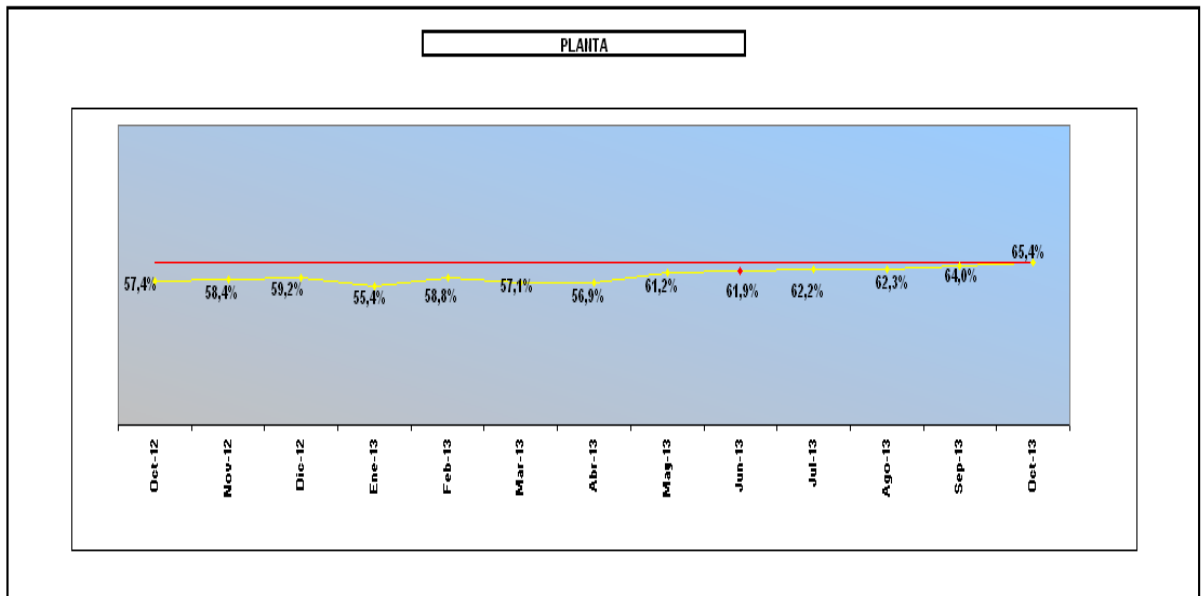
La compañía mide su eficiencia operacional por medio del OEE (Overall equipment effectiveness) el cual tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponibilidad: Cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto del tiempo que se quería que estuviera funcionando (quitando el tiempo no planificado)
- Rendimiento: Durante el tiempo que ha estado funcionando, cuánto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.
- Calidad: Es el indicador más conocido por todos. Cuánto ha fabricado bueno respecto del total de la producción realizada (bueno y malo).

En la grafica 1 se muestra que en el transcurso del año 2013 la eficiencia operacional de la planta (OEE) presenta una tendencia positiva, con una meta establecida del 65% OEE total planta, cerrando el mes de octubre en 65.4% OEE. Sin embargo el encontrarnos en un mercado de alta competencia al realizar un comparativo con otras filiales de la compañía o con competidores (observar tabla No. 1), se obtiene que aún cumpliendo con la meta establecida la eficiencia sigue siendo baja.

Filiales compañía XYZ	OEE Octubre 2013	META
Colombia	65,40%	65%
Brasil	73,12%	70%
México	72,63%	70%
Estados unidos	76,90%	75%

Tabla 3: Comparativo OEE entre filiales



Gráfica 4: OEE compañía XYZ mes a mes

Siendo aun más profundos y observando el comportamiento de OEE de las líneas de producción, los cuales se muestran en la tabla No. 2, este no tiene un comportamiento uniforme; es decir, se tienen líneas con eficiencias muy altas y otras muy bajas. Visto en términos de costos, toda eficiencia que esté por debajo de la meta representa una posible pérdida para la empresa, dado que al momento de establecer los costos estándar de fabricación de los productos se tiene en cuenta la eficiencia meta, más no la eficiencia real; por lo cual se estaría consumiendo mayor cantidad de recurso que la establecida en el estándar (materiales, tiempo, mano de obra, entre otros).

	OEE Octubre 2013	META
Línea 1	55,40%	65%
Línea 2	71,50%	65%
Línea 3	60,70%	65%
Línea 4	68,50%	65%
Línea 7	49,20%	65%
Línea 11	86,00%	65%
Línea 50	51,30%	65%
Línea Colapsibles	53,50%	65%
Línea Doy pack 1	68,60%	65%
Línea Doy pack 2	71,00%	65%
Línea 15	51,40%	65%
Línea 16	88,00%	65%
Línea 19	70,50%	65%
Línea 20	54,00%	65%

Tabla 4: OEE líneas de producción

3.2 ALCANCE DEL TRABAJO DE GRADO

A través del desarrollo de este proyecto se pretende diseñar y proponer un plan de mejora enfocado al área de llenado de la compañía XYZ, seleccionando una línea piloto, identificando las oportunidades de mejora con el fin de mejorar la eficiencia operacional.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mejora de la eficiencia operacional para una línea de producción seleccionada del área de llenado de la compañía XYZ.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar diagnóstico operacional de las líneas de llenado, enfocados en las eficiencias operacionales de las mismas.
- Seleccionar línea piloto para desarrollo de la propuesta de mejora.
- Identificar las oportunidades de mejora para aumentar la eficiencia operacional.
- Seleccionar la metodología de mejora a ser utilizada.
- Establecer las herramientas, de la metodología de mejora seleccionada, a ser utilizadas para abordar cada oportunidad de mejora.
- Diseñar propuesta de ejecución de cada una de las herramientas seleccionadas.
- Validar la propuesta de mejora.
- Presentar propuesta de mejora definitiva.

4.3 RESULTADOS ESPERADOS

El trabajo de grado pretende proponer un plan de mejora enfocado a una línea de producción del área de llenado de la compañía XYZ que permita aumentar su eficiencia operacional.

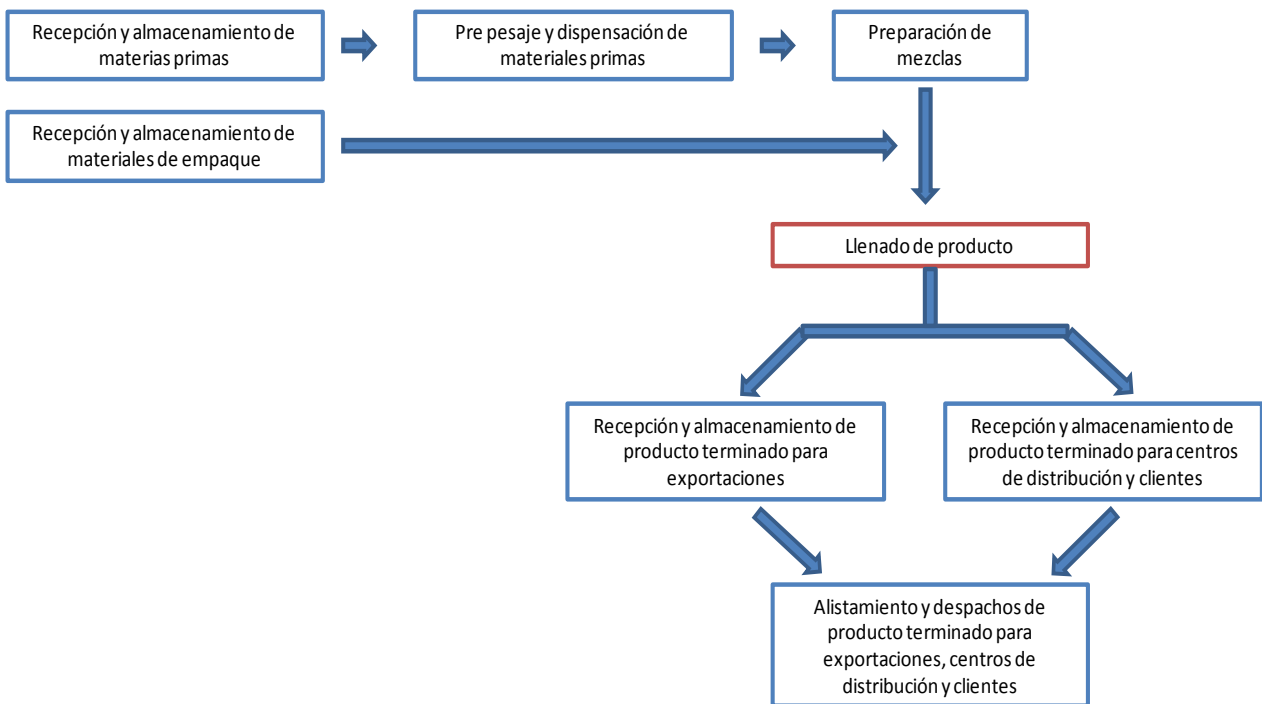
5. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Para llevar a cabo la realización el diseño del plan de mejora enfocado al área de llenado se definen las siguientes etapas:

1. Describir el proceso de fabricación y proceso de llenado.
2. Seleccionar la línea piloto.
3. Describir la situación actual línea seleccionada.
4. Identificar los desperdicios de la línea seleccionada.
5. Identificar y seleccionar las herramientas Lean a utilizar por tipo de desperdicio.
6. Diseñar plan de implementación por herramienta Lean seleccionada
7. Diseñar el plan de implementación integrado.
8. Validación del plan propuesto.
9. Ajustes al plan de implementación generado.

5.1 Descripción proceso fabricación

El proceso de fabricación comprende desde la recepción de materiales hasta el almacenamiento de producto terminado, como se muestra en la grafica 5, el proceso de llenado es parte de este proceso.



Gráfica 5: Proceso de fabricación compañía XYZ

El proceso inicia cuando se genera una orden de producción la cual indica el producto y la cantidad a fabricar. Adicionalmente contiene una explosión de materiales según el tipo de producto a fabricar y el tamaño de lote.

De esta forma se activa el proceso de pre pesaje y dispensación de materias primas, que consiste en la preparación de todos los componentes (materias primas) especificados en la ordenes de producción, generando lotes de producción. Para esta labor se cuenta con un área de 84 m² y 8 balanzas analíticas industriales. Los ingredientes para esta etapa son suministrados por la bodega de materias primas con una previa revisión y aprobación por parte del departamento de calidad. Una vez los ingredientes de cada lote están pre alistados son trasladados en estibas al área de mezcla para su preparación, un lote por estiba.

El proceso de preparación de mezcla tiene como objetivo mezclar de manera homogénea los ingredientes de cada lote. Para la preparación de mezcla el área cuenta con 120 m², 24 tanques de preparación, los cuales tienen una capacidad que oscila entre las 2 y 3 toneladas. Para la aprobación y llenado de cada lote se revisa la densidad, PH, concentración de cada componente y viscosidad.

Una vez la mezcla es aprobada pasa al proceso de llenado, el cual consiste en entregar a la línea correspondiente la mezcla. Este transporte se realiza por medio de tuberías, donde por medio de bombas neumáticas se envía la mezcla de los tanques de mezclado a los de llenado de cada línea.

El proceso llenado se centra en las líneas de producción, punto en el que se unen los materiales de empaque, previamente inspeccionados y liberados por el departamento de calidad, y la mezcla de producto. En donde el producto es envasado, tapado/sellado, empacado y estibado, para ser entregado al área de almacenamiento de producto terminado.

Ya con el producto terminado en el área de almacenamiento se activa el proceso de recepción y almacenamiento de producto terminado, que radica en separar el producto terminado en dos grandes grupos:

- Productos para exportación.
- Productos para centros de distribución y clientes.

5.1.2 Proceso de llenado

Este proceso como se menciona anteriormente está focalizado en las líneas de producción, las cuales presentan procesos en común como lo son el envasado, tapado/sellado, empacado y estibado. La compañía cuenta con catorce (14) líneas las cuales se encuentran clasificadas por tipo de producto, como se muestra en la tabla 5.

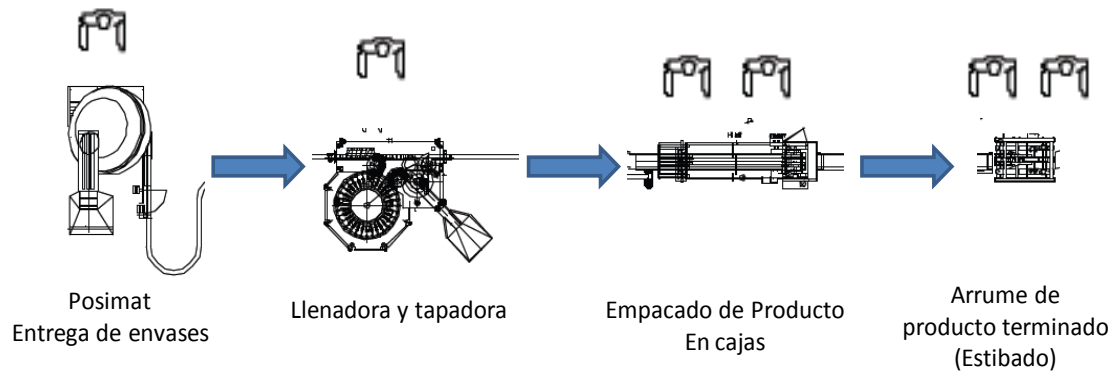
TIPO DE PRODUCTO	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	CAJAS PROMEDIO MES	TOTAL	% PARTICIPACIÓN CAJAS/MES
LIQUIDOS	Línea 3	22.100	214.610	55,67%
	Línea 4	11.800		
	Línea 50	93.000		
	Línea Doy pack 1	6.500		
	Línea Doy pack 2	40.110		
	Línea 15	10.100		
CREMAS	Línea 19	31.000	39.810	10,33%
	Línea 16	17.000		
	Línea 7	11.400		
BETÚN PASTA	Línea Colapsibles	11.410	64.100	16,63%
	Línea 1	24.100		
POLVOS	Línea 2	40.000	67.000	17,38%
	Línea 11	49.000		
	Línea 20	18.000		
	TOTAL		385.520	

Tabla 5: Clasificación de líneas de producción por tipo de producto

Dado los diferentes tipos de producto que se manejan por línea de producción se realiza la descripción de un solo tipo de producto, con el fin de acotar el alcance del proyecto e ir estableciendo el foco del mismo. Según lo anterior se establece como criterio el porcentaje de participación, dado en cajas promedio por mes, de las líneas de producción, obteniendo como resultado que las líneas de producción que trabajan con producto tipo líquido tienen el porcentaje más alto, 55,6% (ver tabla 5), por lo cual la descripción detallada del proceso de llenado se realizará basado en estas líneas las cuales cuentan con cuatro etapas:

1. Entrega de envases: Esta es la etapa inicial del proceso, tiene como objetivo el garantizar el suministro continuo de envases a la máquina llenadora, para ello se cuenta con un equipo marca Posimat, que cuenta con una tolva y un tambor centrifugo. Un operador es el encargado de alimentar la tolva del equipo con envases, los cuales por medio de una banda son transportados al tambor centrífugo que se encarga de entregar el envase en pie a la banda transportadora de entrada a la llenadora.
2. Llenado / Tapado: Etapa que tiene como objetivo garantizar el contenido neto a ser envasado y la no filtración de las unidades. Se toma como una sola etapa dado que es un bloque el que realiza el proceso de llenado e inmediato tapado. La primera parte del bloque cuenta con una base giratoria en donde entra el envase y es sostenido por unas pinzas, las cuales son las encargadas de orientar el envases y permitir que las boquillas de llenado ingresen por la parte superior. Las boquillas son las encargadas de dosificar el producto en el interior del envase. La segunda parte del bloque igualmente cuenta con una base giratoria y pinzas que sostienen el envase lleno, permitiendo que los mandriles ubiquen la tapa en la boca del envase y del torque, los mandriles son los encargados de tomar la tapa, sostenerla, ubicarla en la boca del envase y girar para dar torque.
3. Empaque de producto en caja: Etapa en donde se ubican las unidades en cajas según su unidad de empaque. El proceso se puede realizar de dos maneras automático y manual, según la velocidad de la línea.
4. Arrume de producto terminado (Estibado): Etapa que tiene como fin garantizar las cajas por estiba a ser almacenadas. Este proceso se realiza de forma manual en todas las líneas de líquidos, donde una o dos personas, según la velocidad de la línea, se encargan de tomar las cajas con producto en su interior para arrumarlas en estibas plásticas para ser entregadas al área de almacenamiento.

En la gráfica 6 se muestra la secuencia anteriormente descrita y la cantidad de personal que se necesita en cada etapa, en total por línea de líquidos se tiene una tripulación entre cuatro y seis personas capacitadas para desempeñar su labor específica.



Gráfica 6: Descripción proceso de fabricación

Realizando una síntesis de la tabla 2 en donde se muestra el OEE de cada línea de producción, las líneas de líquidos presentan las siguientes eficiencias:

TIPO DE PRODUCTO	LÍNEA DE PRODUCCIÓN	OEE OCTUBRE 2013
LIQUIDOS	Línea 3	60,70%
	Línea 4	68,50%
	Línea 50	51,30%
	Línea Doy pack 1	68,60%
	Línea Doy pack 2	71,00%
	Línea 15	51,40%
	Línea 19	70,50%

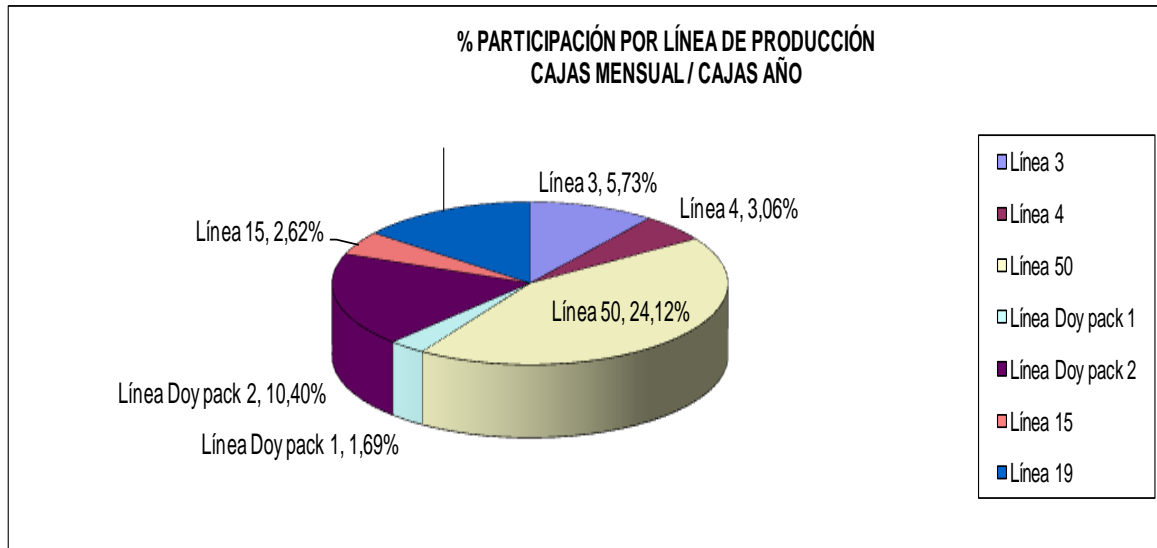
Tabla 6: Eficiencia líneas de líquidos

Basado en el porcentaje de participación como criterio de decisión, se seleccionara una de las líneas tipo líquido; pues son estas las que presentan un mayor porcentaje de participación (55,67%, ver tabla 5).

5.2 Selección de línea piloto

Para la selección de la línea piloto se mantendrá el porcentaje de participación, dado en cajas promedio por mes, como criterio de decisión; puesto que es de alta importancia en la producción total de la planta y genera mayor visibilidad de las acciones de mejoras que se lleven a cabo.

En la gráfica 7 se muestra el porcentaje de participación de las líneas de producción tipo líquidos, seleccionando la línea 50, con un porcentaje de participación del 24,12%, siendo este el mayor, tanto de las líneas tipo líquidos como del total de las líneas pertenecientes a la compañía.



Gráfica 7: Porcentaje de participación de las líneas tipo líquidos

5.2.1 Descripción de la línea seleccionada

En la línea 50 se trabajan los productos de mayor rotación en el mercado para la compañía XYZ, lo que la hace ser la línea más importante en la planta de producción. En esta se trabajan dos tipos de productos con base en agua: quita manchas (para ropa) y limpiador de pisos. El primero tiene cuatro referencias y el segundo tiene tres, las cuales se muestran en la tabla 7:

	Tipo de producto	Referencia
Línea 50	Quita manchas	450 ml
		900 ml
		1800 ml
		Galón
	Limpiador de pisos	500 ml
		1000 ml
		2000 ml

Tabla 7: Referencias de la línea 50

La línea de producción maneja una tripulación de cinco personas la cual no varía entre referencias. Sin embargo, el cambio entre referencias si se ve afectado; ya que para cada una, las máquinas pertenecientes a la línea necesitan diferentes formatos.

La línea cuenta con cuatro máquinas de las cuales tres necesitan cambio de formatos:

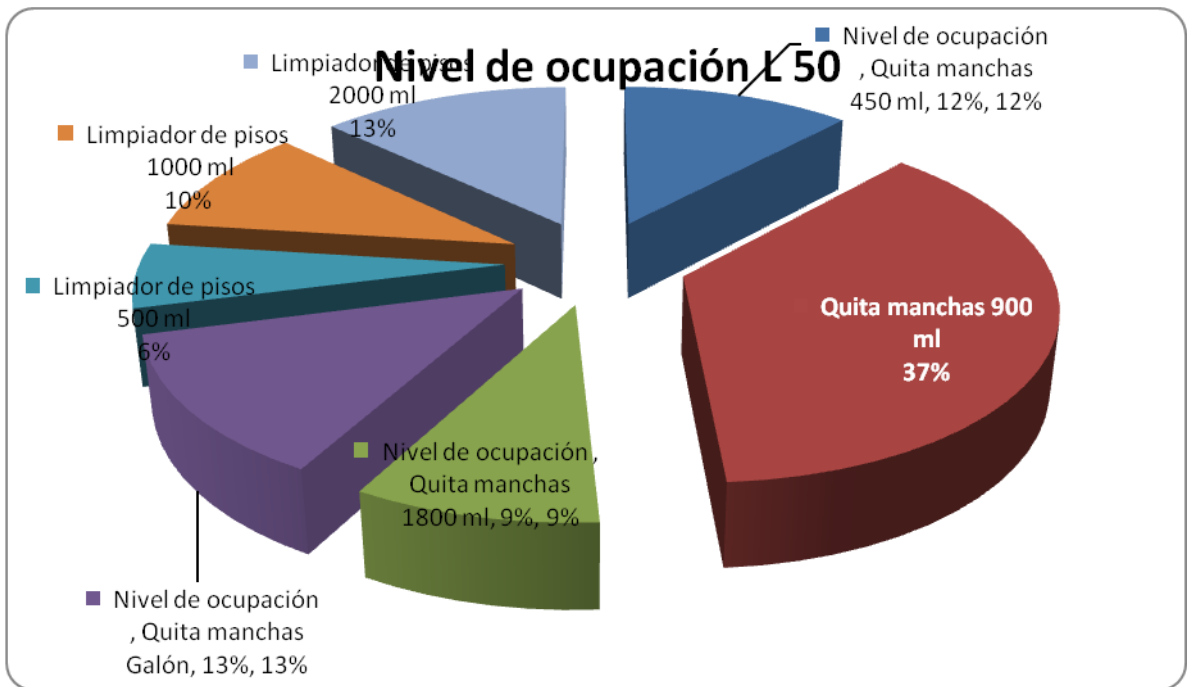
1. Alimentador de envase (Posimat): Requiere cambio de formatos.
2. Llenadora / Tapadora: Requiere cambios de formatos.
3. Encajadora (Combi): Requiere cambio de formatos.
4. Selladora: No requiere.

Las primeras tres máquinas son manejadas por un solo operador, a diferencia de la selladora, esta última requiere de dos operadores pues se encuentra al final de la línea y es donde se realiza el proceso de armado de estibas. Un operador es quien estiba y el segundo es encargado de trasladar las estibas al área de almacenamiento. En el gráfico 6 se muestra la distribución de la línea.

5.3 Situación actual línea 50

La reseña realizada acerca de las metodologías de implementación de Lean manufacturing en la tesis de maestría "**Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de lean manufacturing**" (ver tabla 3) y con el soporte del modelo conceptual planteado por Leonardo Rivera en el 2008 (ver gráfica 3), el primer paso a ejecutar para dar inicio al diseño de un plan de mejora es realizar el diagnostico de la situación actual del proceso a mejorar. En este caso es el proceso de llenado enfocado en la línea 50.

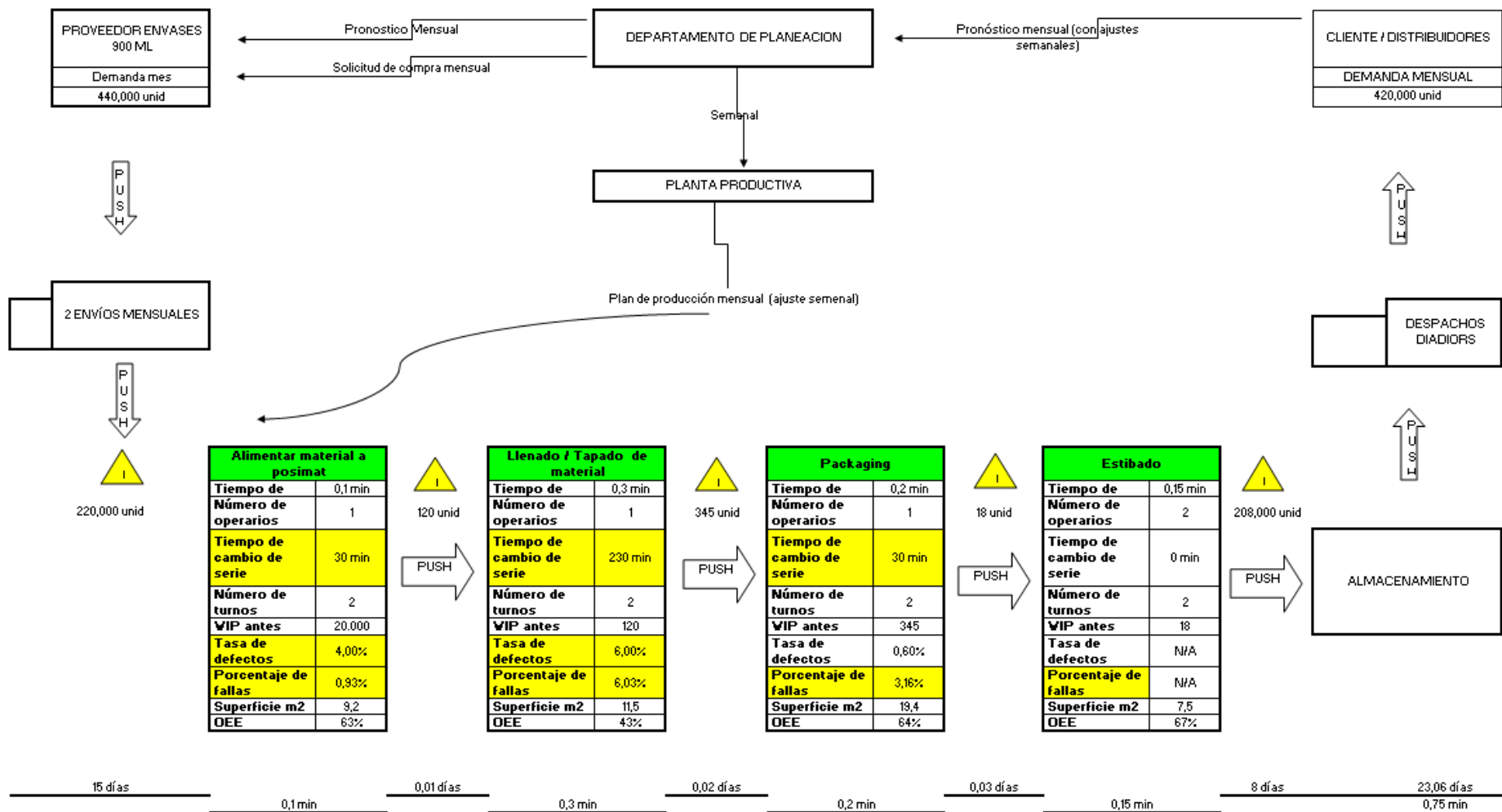
Para llevar a cabo este diagnostico se utilizará el Value Stream Mapping (VSM), herramienta de Lean que permite identificar aquellas acciones con valor y sin valor del proceso; es decir, identificar los desperdicios. Para ello se seleccionó la referencia de quitamanchas 900 ml, la cual presenta el mayor nivel de ocupación en la línea, 37% (ver gráfica 8), además es importante resaltar que entre las diferentes referencias la secuencia de operación no presenta significativas variaciones.



Gráfica 8: Nivel de ocupación línea 50

5.3.1 Value Stream Map Actual

En la gráfica 9 se presenta el value stream map para la producción de la referencia quitamanchas 900 ml.



Gráfica 9: Value Stream Mapping (VSM) Línea 50

5.4 Identificación de desperdicios

En el libro Lean Thinking, Womack y Jones explican que al iniciar un proceso de implementación de Lean manufacturing es necesario cartografiar la situación actual, mostrando el flujo de materiales y de información. (En aras de alcanzar los objetivos del presente proyecto el proceso que se debe analizar es el de fabricación) apoyados en el Value Stream Mapping. El objetivo es identificar las operaciones que aportan valor con respecto de las operaciones que serán consideradas mudas (desperdicios).

El análisis del flujo empieza en el almacén del producto terminado y continua “aguas arriba” hasta el almacén de materia prima. El objetivo es realizar el recorrido completo del proceso en el Gemba (piso de producción) y registrar todo lo que ocurre en la hoja de datos de proceso.

Una vez se tiene un registro de la situación actual y de acuerdo a los siete tipos de desperdicios presentados en el marco teórico y soportado en el value stream map realizado, en la tabla 8 se evidencian los desperdicios identificados en el proceso.

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO
DEFECTOS	Daño del envases a la salida del alimentador de envases (posimat)
	Marcación de trazabilidad incorrecta en el corrugado del producto
	Envases con tapa torcida o ausencia de tapa
	Diligenciamiento incorrecto de formatos de chequeo (boletines de eficiencia, arranques de línea, despeje de línea, PCC, etc)
TIEMPOS DE ESPERA	Tiempos de espera en el alimentador de envases mientras que el operador busca envases en bodega
	Tiempos de espera entre puestos de trabajo. Cuando una estación para, las que se encuentran aguas abajo se ven afectadas
	Tiempos de espera durante los cambios de referencias. Se realizan los cambios de cada maquina en forma secuencial
	Tiempos de espera en los arranques de turno. La línea dura entre 15-20 minutos parada mientras se diligencian formatos de chequeo

Tabla 8: Desperdicios identificados en la línea 50

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO
MOVIMIENTO	No se cuenta con herramental necesario para ajustar cada máquina de la línea, el operario tiene que ir a buscar en otros lugares
	El operario debe aplicar varias vueltas de stretch film a la estiba de PT
	En los cambios se presentan excesos de movimientos para localizar las piezas de cambio
TRANSPORTE	Durante las corridas de 900 ml se requiere en repetidas ocasiones del montacargas para bajar estibas que se encuentran almacenadas en pisos superiores al segundo
	Movimiento interno de estibas de materiales y PT con gatos manuales, evidenciando rutas repetitivas que generan congestión al interior de la planta
SOBRE PROCESAMIENTO	Registros de boletín de eficiencia de toma de manera manual y se transcribe a plataforma de análisis
	Uso de espacio, tiempo y capacidad para reprocesar unidades defectuosas (ej: mal tapada)
	Se evidencian materiales regados en el piso que obligan a tomar tiempo del turno para su recolección y contabilización
	No se tienen en la línea procesos estandarizados para el manejo de cada máquina
	Revisión repetitiva de producto terminado ya estibado para garantizar su adecuado estado

Tabla 8 Desperdicios identificados en la línea 50

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO
INVENTARIO	Se evidencia variaciones en el inventario. Inventario de lento movimiento o no disponible (agotado) de materiales. Estas pérdidas en paradas por faltantes son de alrededor de \$6 MM mensuales
	Alto nivel de inventario en bodega interna de materiales
	Se necesita un área amplia establecida para el almacenamiento de PT
SOBRE PRODUCCIÓN	No se cumple con los pedidos de cliente
	Adiciones y cancelaciones al plan de producción
	Fallas constante en equipos

Tabla 8 Desperdicios identificados en la línea 50

De los desperdicios identificados se pueden establecer elementos en común:

- Movimientos innecesarios.
- Falta de orden en planta.
- Alto tiempo en el cambio entre referencia.
- Procesos faltos de estandarización.
- Baja retención de conocimiento operativo.
- Esperas entre cada estación de la línea por fallas en equipos.

5.5 Identificación de herramientas Lean a utilizar por tipo de desperdicio

En esta sección se pretende establecer las herramientas de Lean a utilizar para generar cambios en el proceso de llenado permitiendo eliminar aquellas actividades identificadas con anterioridad que no agregan valor. De tal manera que se logre dar una mejora en la eficiencia operacional (OEE) del proceso.

En la tabla 9 se identifican las herramientas de Lean que pueden ser utilizadas para mitigar los desperdicios encontrados en el sistema productivo. Las herramientas planteadas en la tabla se basan en los siguientes conceptos:

- Disminuir la acumulación de inventario al inicio y final del proceso.
- Introducir mejoras en el diseño y métodos de trabajo.
- Reducir los tiempos de espera.
 - De personas y equipos, debido a los tiempos de cambio entre referencias.
- Eliminar los movimientos de materiales y productos terminados derivados de una inadecuada distribución de la planta.
- Mitigar los movimientos innecesarios del personal, causados por una inadecuada ubicación de las herramientas de trabajo.
- Eliminar defectos de calidad, buscando y corrigiendo su causa raíz.
- Incrementar la habilidad multifuncional del personal, para lograr una mayor rotación del personal.

Como el objetivo es lograr mejorar eficiencia operacional (OEE) las herramientas que serán tenidas en cuenta para generar el plan de mejora son: 5s, trabajo estándar, SMED y TPM. Estas se seleccionaron considerando que son las de mayor impacto sobre los desperdicios y problemas identificados (Ver tabla 9), que afectan directamente la eficiencia OEE: disponibilidad, rendimiento y calidad, a través de los indicadores de porcentaje de fallas, tasa de defectos y tiempos de cambio de serie.

5s y trabajo estándar son consideradas la base para la implementación de Lean Manufacturing y la mejora continua (Rivera, 2008). SMED permitirá mejorar los tiempos de cambio entre referencias, los cuales como se observan en la Grafica 9 (VSM) son de alto impacto, siendo superiores a treinta minutos. Por último TPM permitirá aumentar la confiabilidad de los equipos permitiendo que estos presenten una mayor disponibilidad y menor porcentaje de fallas.

El orden establecido para la implementación de las herramientas es: 5s, trabajo estándar, SMED y TPM. El orden asignado se debe a que elementos de las primeras herramientas son considerados requisitos para la aplicación de las siguientes (Rivera, 2008. Rajadell y Sánchez, 2010).

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO	CAUSAS DEL DESPERDICIO	HERRAMIENTAS LEAN APLICABLES
DEFECTOS	Daño del envases a la salida del alimentador de envases (posimat)	No se tienen parámetros y proceso de cuadros claros y a disposición de la tripulación de la línea	TRABAJO ESTANDARIZADO (Establecer procedimiento estándar para cuadro de posimat) POKAYOKE (Diseño de la manija de cuadro de aires, aumentar altura 2 cm, para las referencias de 1800 ml y 2000 ml)
	Marcación de trazabilidad incorrecta en el corrugado del producto	Errores humanos por falta de revisión y control	5s (Creación de conciencia) TRABAJO ESTANDARIZADO (Establecer procedimiento único y de común entendimiento para revisión y ajuste de equipos marcadores)
	Envases con tapa torcida o ausencia de tapa	Fallas en ajuste de tapadora y falta de mantenimiento en el bloque de la tapadora	TPM (Implementación de mantenimiento autónomo y preventivo, estableciendo rutinas de lubricación e inspección)
	Diligencia amiento incorrecto de formatos de chequeo (boletines de eficiencia, arranques de línea, despeje de línea, PCC, etc)	Errores humanos por falta de revisión y conciencia	5s (Creación de conciencia) TRABAJO ESTANDARIZADO (Establecer procedimiento único y de común entendimiento para revisión y ajuste de equipos marcadores)
TIEMPOS DE ESPERA	Tiempos de espera en el alimentador de envases mientras que el operador busca envases en bodega	El operador que alimenta el Posimat no puede abandonar su posición dado que la maquina depende directamente de él	BALANCEO DE LÍNEA (Distribuir las cargas de trabajo entre operadores)
	Tiempos de espera entre puestos de trabajo. Cuando una estación para, las que se encuentran aguas abajo se ven afectadas	Fallas constantes en cada parte de la maquina lo cual genera micro paradas	TPM (Implementación de mantenimiento autónomo y preventivo, estableciendo rutinas de lubricación e inspección)
	Tiempos de espera durante los cambios de referencias. Se realizan los cambios de cada maquina en forma secuencial	Las partes de cambio no se encuentran a la mano Los operarios no tienen conocimiento de su rol al momento de realizar el cambio, esperan a ser accionados	5s (Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar) TRABAJO ESTANDARIZADO (Establecer procedimientos claros de cambios)
	Tiempos de espera en los arranques de turno. La línea dura entre 15-20 minutos parada mientras se diligencian formatos de chequeo	Las personas no arrancan su labor hasta que el líder de línea no terminar de diligenciar formatos de arranque	SMED (Disminución de tiempos de cambio) BALANCEO DE LÍNEA TRABAJO ESTANDARIZADO

Tabla 9: Identificación de posibles herramientas a utilizar por desperdicio identificado

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO	CAUSAS DEL DESPERDICIO	HERRAMIENTAS LEAN APLICABLES
MOVIMIENTO	No se cuenta con herramental necesario para ajustar cada máquina de la línea, el operario tiene que ir a buscar en otros lugares	Las herramientas no se encuentran en un solo lugar, adicionalmente no cuenta con todas las herramientas necesarias	5s (Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar)
	El operario debe aplicar varias vueltas de stretch film a la estiba de PT	No se cuenta con la herramienta para realizar la operación. Esta actividad requiere un recurso dedicado solo a ella, afectando la ergonomía del operador	Tecnología para colocación de stretch (enfardadora semi automática)
	En los cambios se presentan excesos de movimientos para localizar las piezas de cambio	Las herramientas no se encuentran en un solo lugar, adicionalmente no cuenta con todas las herramientas necesarias	5s (Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar)
TRANSPORTE	Durante las corridas de 900 ml se requiere en repetidas ocasiones del montacargas para bajar estibas que se encuentran almacenadas en pisos superiores al segundo	No se cuenta con la herramienta para acceder a los racks de segundo y tercer nivel manualmente.	Gatos manuales para acceder a racks de segundo y tercer nivel
	Movimiento interno de estibas de materiales y PT con gatos manuales, evidenciando rutas repetitivas que generan congestión al interior de la planta	El flujo de producto terminado evidencia repetidos recorridos, especialmente por la ubicación de la bodega	Análisis de flujo de materiales (Redefinir layout de planta y definición de rutas de transporte)
SOBRE PROCESAMIENTO	Registros de boletín de eficiencia de toma de manera manual y se transcribe a plataforma de análisis	No se cuenta con la herramienta para realizar la captura de datos en línea	Sistema de toma de datos en línea (Tecnología de código de barras)
	Uso de espacio, tiempo y capacidad para reprocesar unidades defectuosas (ej: mal tapada)	El flujo de la línea de producción no cuenta con detección automática de defectos, para su separación	TPM
	Se evidencian materiales regados en el piso que obligan a tomar tiempo del turno para su recolección y contabilización	La maquina no se encuentra en su estado básico (condición ideal), por lo cual presenta pérdidas de material en el transcurso de su proceso	5s (rutinas de inspección y detección de defectos) TPM Mantenimiento autonomo)
	No se tienen en la línea procesos estandarizados para el manejo de cada máquina	Los operadores no tienen el conocimiento de cómo generar los procedimientos	TRABAJO ESTANDARIZADO
	Revisión repetitiva de producto terminado ya estibado para garantizar su adecuado estado	No se cuenta con herramientas de detección de defectos automática, por lo cual defectos como producto mal tapado o filtrando no se detecta inmediatamente	JIDOKA (Tecnología de inspección 100% de las cajas)

Tabla 9: Identificación de posibles herramientas a utilizar por desperdicio identificado

TIPO DE DESPERDICIO	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO	CAUSAS DEL DESPERDICIO	HERRAMIENTAS LEAN APLICABLES
INVENTARIO	Se evidencia variaciones en el inventario. Inventario de lento movimiento o no disponible (agotado) de materiales. Estas pérdidas en paradas por faltantes son de alrededor de \$6 MM mensuales	La compañía maneja un sistema PUSH, adicionalmente maneja una política de inventario fija para todos sus materiales (2 semanas)	SISTEMA PULL (Mitigar nivel de inventario)
	Alto nivel de inventario en bodega interna de materiales	En busca de disminuir el riesgo los planeadores toman la decisión de comprar más materiales para cubrir las posibles variaciones en la demanda	
	Se necesita un área amplia establecida para el almacenamiento de PT	Los despachos de producto terminado a centro de distribución o clientes se envían solo hasta que el se encuentre el producto consolidado	
SOBRE PRODUCCIÓN	No se cumple con los pedidos de cliente	Alta variabilidad en los pronósticos	SISTEMA PULL
	Adiciones y cancelaciones al plan de producción		
	Fallas constante en equipos	Equipos de producción con más de 10 años de uso, sin tener mantenimiento preventivo o planeado	TPM (Implementación de mantenimiento preventivo y planeado)

Tabla 9: Identificación de posibles herramientas a utilizar por desperdicio identificado

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN DEL DESPERDICIO	CAUSAS DEL DESPERDICIO
5s Trabajo Estandar SMED TPM	Marcación de trazabilidad incorrecta en el corrugado del producto	Errores humanos por falta de revisión y control
	Diligenciamiento incorrecto de formatos de chequeo (boletines de eficiencia, arranques de línea, despeje de línea, PCC, etc)	Errores humanos por falta de revisión y conciencia
	Tiempos de espera durante los cambios de referencias. Se realizan los cambios de cada máquina en forma secuencial	Las partes de cambio no se encuentran a la mano
		Los operarios no tienen conocimiento de su rol al momento de realizar el cambio, esperan a ser accionados
	No se cuenta con herramental necesario para ajustar cada máquina de la línea, el operario tiene que ir a buscar en otros lugares	Las herramientas no se encuentran en un solo lugar, adicionalmente no cuenta con todas las herramientas necesarias
	En los cambios se presentan excesos de movimientos para localizar las piezas de cambio	Las herramientas no se encuentran en un solo lugar, adicionalmente no cuenta con todas las herramientas necesarias
	Uso de espacio, tiempo y capacidad para reprocesar unidades defectuosas (ej: mal tapada)	El flujo de la línea de producción no cuenta con detección automática de defectos, para su separación
	Se evidencian materiales regados en el piso que obligan a tomar tiempo del turno para su recolección y	La máquina no se encuentra en su estado básico (condición ideal), por lo cual presenta
	No se tienen en la línea procesos estandarizados para el manejo de cada máquina	Los operadores no tienen el conocimiento de cómo generar los procedimientos
	Fallas constante en equipos	Equipos de producción con más de 10 años de uso, sin tener mantenimiento preventivo
Envases con tapa torcida o ausencia de tapa	Fallas en ajuste de tapadora y falta de mantenimiento en el bloque de la tapadora	

Tabla 10: Herramientas de Lean seleccionadas

5.6 Plan de implementación herramientas Lean seleccionadas

5.6.1 Plan de implementación 5s

La implementación de 5s sigue un proceso establecido en cinco pasos o fases, que en japonés se componen con palabras cuya fonética empieza por “s”:

1. Seiri (Eliminar lo innecesario)
2. Seiton (Ordenar: Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa)
3. Seiso (Limpiar e inspeccionar)
4. Seiketsu (Estandarizar: Fijar normas de trabajo que deben ser respetadas)
5. Shitsuke (Disciplina: Construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse)

Estas fases comprometen tanto a la dirección como a los niveles operativos, en la búsqueda de mejores niveles de rendimiento. Para ello se necesitan de asignación de recursos (estanterías, herramientas de limpieza, demarcación de zonas, etc.), la adaptación a la cultura organizacional y el compromiso del personal involucrado en el proceso.

5s tiene como objetivo evitar que se presenten síntomas disfuncionales en la empresa, tales como:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, herramientas, etc.
- Desorden; pasillos ocupados, herramientas sueltas, cartones, etc.
- Elementos dañados: indicadores, alertas, herramientas, etc.
- Falta de instrucciones y señales comprensibles para todos.
- No uso de elementos de protección personal: gafas, botas, guantes, etc.
- Averías de materiales y producto terminado.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos innecesarios de personas, herramientas y materiales.
- Falta de espacio en el área (línea)

Con el objetivo de adoptar esta herramienta de Lean en la línea seleccionada se han definido las etapas de implementación (ver tabla 11) con el respectivo impacto en cada una de ellas. Adicionalmente se debe tener en cuenta que durante la implementación de las etapas se deberá dar uso a los siguientes formatos estándar:

- Estándar de orden y limpieza (ver anexo 1)
- Estándar visual 5s (ver anexo 2)
- Tarjeta roja 5s (ver anexo 3)
- Listado de tarjetas rojas 5s (ver anexo 4)
- Circulo de frecuencia de uso (ver anexo 5)
- Auditorías 5s (ver anexo 6)

Etapa	Método	Resultado Esperado	Tiempo Requerido
Formalizar el compromiso de la dirección	Divulgación general de la iniciativa de implementación de 5s a cargo del área de Recursos humanos.	Visibilidad desde la alta dirección, con efecto casca, es decir, hasta la planta de producción	1 semana
Selección de línea piloto para implementación de 5s	Definición del alcance del proyecto y los resultados esperados en la línea piloto	Resaltar el compromiso ante la compañía del equipo que conforma la línea piloto	1 semana
Definir los desperdicios a ser atacados	Revisión de los desperdicios a ser atacados con 5s Selección de desperdicios a ser atacados (La selección se debe realizar entre el gerente de producción y el coordinador de planta)	Establecer los indicadores a ser impactados: - Eficiencia de producción. - Tiempos de cambios. - "0" condiciones inseguras - Costo de no calidad - "0" focos de suciedad. - Todo equipo y herramienta en un lugar determinado - "0" herramientas innecesarias.	2 semanas
Entrenar al equipo de trabajo en la metodología 5s	Entrenamiento liderado por el ingeniero de procesos. - Origen de 5s. - Beneficios de 5s. - Fases de implementación 5s.	Incrementar el nivel de compromiso del personal	3 semanas
Definición de indicadores a monitorear	Se deben definir los indicadores que se monitorearan durante la implementación de cada S: - Avances de programa 5s (Auditoría 5s) - Espacio libre liberado "m2" - Calidad del sitio de trabajo - # Re procesos por turno - Incidentes y condiciones inseguras reportadas y cerradas	Visibilidad del impacto de la metodología a implementar Incremento de la motivación y el compromiso del personal	9 meses
Implementación 1s	Identificar cada uno de los objetos y/o documentos de la línea de producción	Liberación de espacio útil en la planta	1 mes
	Analizar separadamente cada documento y/u objeto de la línea de producción	Reducción del tiempo necesario para acceder a los materiales, herramientas, utillajes, etc.	
	Detectar oportunidades de mejora mediante la utilización de tarjetas rojas		
	Registrar tarjetas rojas en el Listado de tarjetas rojas	Facilidad para el control visual	
	Después de tener el listado de los objetos con todas las tarjetas rojas se procede a decidir si se elimina o se guarda		
	Se debe llevar control del status de cada objeto (El cual debe ser definido)	Aumento de la seguridad en el lugar de trabajo	
Definir la disposición de objetos a guardar según el circulo de frecuencia de Uso			

Tabla 11: Plan de implementación 5s

Etapa	Método	Resultado Esperado	Tiempo Requerido
Implementación 2s	Determinar donde se utiliza cada elemento	Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso	1 mes
	Definir ubicación más o menos próxima según indique el círculo de frecuencia de uso	Disponer de un lugar adecuado	
	Establecer condiciones del lugar de almacenamiento (Cajón, cartón, Establecer visualmente cual será su uso	Evitar duplicidades	
	Establecer visualmente cual debe ser su estado después de uso		
Implementación 3s	De los objetos identificados pertenecientes a la línea de producción, identificar focos de suciedad	Integrar la limpieza como parte del trabajo diario (Restaurar las condiciones de trabajo iniciales)	1 mes
	Identificar focos de suciedad de manera visual	Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria	
	Establecer tripulación a llevar a cabo la limpieza de cada objeto de la línea de producción seleccionada	Centrarse tanto o más en la eliminación de las causas de la suciedad y sus consecuencias	
	Establecer procedimiento de limpieza, usando el formato estándar de orden y limpieza		
	Establecer tiempos de limpieza para cada objeto de la línea		
	Disminuir los tiempos de limpieza por medio de acciones que mitiguen los focos de suciedad		
	Realizar la limpieza de los objetos según su frecuencia		
Reportar condiciones inseguras o anormales de la máquina (Se reportan a seguridad o mantenimiento respectivamente)			
Implementación 4s	Establecer las acciones a estandarizar haciendo uso de las tarjetas rojas	Mantener los niveles conseguidos en las tres primeras "S"	3 meses
	Realizar gestión visual (Fotos, dibujos, etc.) o lecciones de un punto. Estándar de orden y limpieza	Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que estos se aplican correctamente	
	Establecer procedimientos de manejo y uso de los objetos que se encuentran en cada área de la línea de producción	Transmitir a todo el personal la enorme importancia de estándares	
	Realizar revisión continua de cada procedimiento para establecer mejoras	Establecer procedimientos de trabajo alineados con todo el personal (todos trabajan de un mismo modo)	
Implementación 5s	Establecer rutinas de recorridos por parte de la alta dirección	Respetar las normas y estándares regulares del funcionamiento de una organización	3 meses
	Establecer rutinas diarias de aplicación "5 minutos de 5s"	Reflexionar sobre el grado de aplicación y cumplimiento de las normas	
	Realizar evaluación periódica de los indicadores definidos	Mantener la disciplina y la autodisciplina, mejorando el respeto del propio ser y de los demás	
	- Realizar reconocimiento al cumplimiento de los estándares	Incremento en la eficiencia y conocimiento de los equipos por parte de los operarios	

Tabla 11 Plan de implementación 5s

El plan de implementación 5s tiene una duración de 7 meses, incluyendo el periodo de capacitación al personal. El foco de la implementación es la línea 50 y

en caso de mostrar éxito durante la implementación se extenderá de manera paulatina a las siguientes líneas tipo líquido. 5s es considerada en este trabajo la base del proceso de mejora y un paso primordial para lograr un trabajo estándar.

5.6.2 Plan implementación trabajo estándar

Un trabajo estandarizado se define como una efectiva combinación de recursos (máquinas, mano de obra, métodos de trabajo y materiales); con lo que se busca fabricar productos de alta calidad, bajo costo, con rapidez, flexibilidad y seguridad (Hirano, 2009), permitiendo establecer procedimientos de trabajo replicables y unificados, haciendo fácil el retener y transferir el conocimiento tanto técnico como operativo.

Esta herramienta de Lean se apoya fuertemente en la “cuarta s”, expuesta en la tabla 11; cuyo objetivo es realizar las actividades al interior del proceso siempre de la misma forma, evitando duplicidad en la información, re trabajos y pérdida del conocimiento operativo. Permitiendo controlar los cambios realizados en cada uno de los procesos, evidenciando así posibles mejoras.

Con el fin de retener el conocimiento y de establecer procedimientos confiables, en la tabla 12, se establecen las etapas ejecutorias para realizar la implementación de esta herramienta. Adicionalmente durante esta implementación se deberá hacer uso del siguiente formato estándar:

- Estándar de trabajo (ver anexo 7)

Etapa	Método	Resultado Esperado	Tiempo Requerido
Formalizar el compromiso de la dirección	Divulgación general de la iniciativa de implementación de trabajo estándar a cargo del área de Recursos humanos.	Visibilidad desde la alta dirección, con efecto casca, es decir, hasta la planta de producción	1 semana
Selección de línea piloto para implementación de 5s	Definición del alcance del proyecto y los resultados esperados en la línea piloto	Resaltar el compromiso ante la compañía del equipo que conforma la línea piloto	1 semana
Definir los desperdicios a ser atacados	Revisión de los desperdicios a ser atacados Selección de desperdicios a ser atacados (La selección se debe realizar entre el gerente de producción y el coordinador de planta)	Establecer los indicadores a ser impactados: - Tiempos de cambios - Capacitación a personal. - Tiempo de lavados. - Estándares de producción (cajas/turno)	2 semanas
Entrenar al equipo de trabajo en la metodología de trabajo estándar	Entrenamiento liderado por el ingeniero de procesos.	Establecer procesos estandarizados que permitan una adecuada transferencia del conocimiento	3 semanas
Generación de estándares	Apalancados en la 4s y con la participación activa del personal, se deben establecer y documentar estándares de trabajo estableciendo: - Tiempos de ciclo - Secuencias de trabajo - Herramientas a utilizar	Procesos de fácil identificación en cada parte de la línea de producción. - Formato de operaciones estándar - Lecciones de un punto	2 meses
Garantizar la sostenibilidad del modelo apoyado en la 5s	Garantizar que los procedimientos estandarizados sean cumplidos y de fácil entendimiento: - Auditorias de seguimiento en planta - Utilización de procedimientos estándar para la capacitación del personal nuevo o inexperto. - Actualización del plan de entrenamiento del personal operativo	Generar estándares de comportamiento y trabajo sostenibles	2 meses
Retar el status quo	Establecer estándares más exigentes, por medio de: - Recorridos en planta con participación de la alta dirección. - Reuniones de socialización de posibles mejoras con el personal operativo. - Reconocimientos a nuevos retos - Monitorear los avance en la reducción de los tiempos de ciclo	Incremento en la eficiencia y conocimiento de los equipos por parte de los operarios	6 meses

Tabla 12: Plan implementación trabajo estándar

Durante los 8 meses de implementación de esta herramienta se eliminarán prácticas individuales no adecuadas y establecerá una forma única de realizar cada actividad, fortaleciendo el conocimiento de los procesos y la generación de estándares que permitirán asignar los tiempos de cada actividad.

Dentro de la procedimentación de cada actividad se encuentran la estandarización de los cambio entre referencias que servirán como base para la implementación de SMED.

5.6.3 Plan implementación SMED

Los cambios rápidos son una innovación aportada por los japoneses en la organización científica del trabajo. La herramienta SMED (single minute Exchange of die), según su creador Shigeo Shingo, tiene sus orígenes en ciertos trabajos que fueron realizados en 1950, en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda. Sin embargo, su desarrollo termino en los años setenta en la fábrica de Toyota.

SMED tiene por objetivo la reducción del tiempo de cambio. Este tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera del producto “B”, que deben cumplir con las especificaciones establecidas en la compañía. Para lograr el propósito se requiere un cambio de actitud por parte del personal operativo, un enfoque en mejora continua y recursos destinados para cambio de partes de la maquina o adaptaciones a llevar a cabo que permitan disminuir los tiempos de cambio.

Lograr implementar esta herramienta de Lean exigetener en consideración de tres ideas fundamentales (Sánchez, Rajadell, 2010):

1. Siempre es posible reducir los tiempos de cambio de serie hasta casi eliminarlos completamente.
2. No es solo un problema técnico, sino también de organización.
3. Solo con la aplicación de un método riguroso se obtiene los máximos resultados a menor costo.

En la tabla 13 se encuentra la propuesta de las etapas a emprender para la implementación de SMED, dentro de algunas de estas etapas se dará uso a los siguientes formatos estándar:

- Flujo de cambio(ver anexo 8)
- Test de chequeo SMED(ver anexo 9)

Etapa	Método	Resultado Esperado	Tiempo Requerido
Formalizar el compromiso de la dirección	Divulgación general de la iniciativa de implementación de SMED a cargo del área de Recursos humanos.	Visibilidad desde la alta dirección, con efecto casca, es decir, hasta la planta de producción	1 semana
Selección de línea piloto para implementación de SMED	Definición del alcance del proyecto y los resultados esperados en la línea piloto	Resaltar el compromiso ante la compañía del equipo que conforma la línea piloto	1 semana
Definir los desperdicios a ser atacados	Revisión de los desperdicios a ser atacados con SMED Selección de desperdicios a ser atacados (La selección se debe realizar entre el gerente de producción y el coordinador de planta)	Establecer los indicadores a ser impactados: - Eficiencia de producción. - Tiempos de cambios. - Todo equipo y herramienta en un lugar determinado - "0" herramientas innecesarias.	2 semanas
Entrenar al equipo de trabajo en la metodología SMED	Entrenamiento liderado por el ingeniero de procesos.	Establecer procesos estandarizados que permitan una adecuada transferencia del conocimiento	1 mes
Identificar las operaciones que hacen parte de la línea	- Grabar un video de las actividades realizadas en un cambio - Listado de actividades a realizar en cada cambio de manera secuencial. - Ingresar actividades en formato flujo de cambio y los tiempos de cada una.	Visualización del proceso de cambio e identificación de actividades	1 mes
Separar las operaciones de cambio internas de las externas	- Haciendo uso del formato flujo de cambio se identifican las operaciones internas de las externas.	Establecer foco sobre las actividades internas que representan para la maquina	1 mes
Convertir las operaciones de cambio internas en externas	- Realizar pre alistamiento. - Automatización en partes de cambio. - Disminuir ajustes manuales. - Realizar cambios en herramientas utilizadas para cambios tales como tornillos, tuercas, etc. Para no tener que utilizar herramientas y disminuir ajustes.	Reducción en tiempos de maquina parada durante el cambio	2 meses
Reducir las operaciones internas	- Eliminar herramientas utilizadas (destornilladores, llaves Allen, etc.) - Utilizar códigos de colores (Gestión Visual) - Establecer posiciones prefijadas de piezas de cambio - Realizar pre alistamiento de las partes de cambio	- Reducción en tiempo de cambio - Integración de los movimientos de los operarios.	1 mes
Reducir las operaciones externas	- Establecer operaciones que se puedan realizar de manera paralela - Eliminar ajustes. - Operaciones de cambio estandarizadas.		1 mes
Seguimiento y control	- Realizar auditoria (Test de chequeo) verificando avances	- Garantizar sostenibilidad del proceso	6 meses

Tabla 13: Plan implementación SMED

SMED brindará mayor flexibilidad y disponibilidad en las maquinas, durante su implementación se establecerán nuevos procesos de cambio de referencias en los

cuales se eliminaran las actividades internas (requieren maquina parada) y se reducirán los ajustes de las partes.

5.6.4 Plan implementación TPM

TPM (mantenimiento productivo total) tuvo su origen en una empresa proveedora del sector automóvil llamada Nipon Denso Co. Ltd. La cual implemento con éxito esta herramienta a partir de 1969, cuando realizo la implementación de sistemas automatizados de transferencia rápida, los cuales requerían de una alta fiabilidad.

El verdadero sentido de tener TPM es tener la participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo, estableciendo y realizando acciones de mejora en los equipos desde su diseño hasta su puesta en marcha.

Dado que la eficiencia operacional de una planta industrial está directamente ligada al correcto funcionamiento de las máquinas; la finalidad de TPM es asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que su trabajo sea continuo, entregando un producto terminado que cumpla con los estándares de calidad en los tiempos de ciclo establecidos.

En la búsqueda por alcanzar el objetivo TPM exige:

1. Involucrar en la implementación a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
2. Promover TPM mediante actividades de mantenimiento autónomo, llevadas a cabo por pequeños grupos (ejemplo: tripulación de línea).
3. Construir capacidades competitivas sostenibles en el tiempo.

Una vez se implemente TPM se espera obtener:

1. Maximización de la eficiencia del equipo y de las instalaciones, mitigando las paradas por fallas en los mismos.
2. Un sistema de mantenimiento idóneo para toda la vida útil del equipo.
3. Mejoras en la fiabilidad de máquinas e instalaciones.

Para lograr la implementación de TPM se proponen las etapas mostradas en la tabla 14 estableciendo el impacto de cada una de ellas. Durante la ejecución de las mismas se deberá dar uso de los siguientes formatos estándar:

- Tarjeta de anomalía (ver anexo 10).
- Listado de tarjetas de anomalía (ver anexo 11).
- Estándar de mantenimiento autónomo (ver anexo 12).
- Auditoría mantenimiento autónomo (ver anexo 13).
- Auditoría mantenimiento planeado (ver anexo 14).

Etapa	Método	Resultado Esperado	Tiempo Requerido
Formalizar el compromiso de la dirección	Divulgación general de la iniciativa de implementación de TPM a cargo del área de Recursos humanos.	Visibilidad desde la alta dirección, con efecto casca, es decir, hasta la planta de producción	1 semana
Selección de línea piloto para implementación de TPM	Definición del alcance del proyecto y los resultados esperados en la línea piloto	Resaltar el compromiso ante la compañía del equipo que conforma la línea piloto	1 semana
Definir los desperdicios a ser atacados	Revisión de los desperdicios a ser atacados con TPM Selección de desperdicios a ser atacados (La selección se debe realizar entre el gerente de producción y el coordinador de planta)	Establecer indicadores a ser impactados: - Aumento de la disponibilidad de los equipos. - Porcentaje de fallas. - Ciclo de vida y aspecto de los equipos. - Producto no conforme. - Averías - Porcentaje de tarjetas de anomalía cerradas	3 semanas
Selección de consultor externo experto en TPM	Seleccionar el consultor externo experto en TPM el cual dará soporte al durante el proceso de implementación	Consultor externo definido	3 semanas
Selección del equipo para implementar TPM	Selección del personal a cargo de la implementación, a cargo del gerente de producción y el coordinador de mantenimiento.	Equipo de trabajo comprometido e involucrado con la implementación	1 semana
Entrenar al equipo de trabajo en la metodología TPM	Ayudado en el consultor realizar entrenamiento en los pilares		2 meses
Definir y monitorear indicadores	Selección de indicadores tales como: - Incidentes reales y condiciones inseguras - Confiabilidad de equipos - Eficiencia operacional - Avances del implementación TPM	- Visibilidad del impacto de la metodología - "0" porcentaje de fallas - "0" defectos de calidad	6 meses
Implementación de mantenimiento autónomo	-Restaurar las condiciones básicas de los equipos. Utilizar jornadas de tarjeteo (Tarjetas de anomalía) - Identificación de puntos de difícil acceso y fuentes de suciedad. - Establecer estándares y rutinas de inspección, limpieza y lubricación. - Modificación de equipos para facilitar las rutinas establecidas. - Establecer acciones de mejoramiento.	- Mitigar el deterioro de los equipos - Equipos en condiciones básicas de operación - Prevenir el deterioro de los equipos - Identificar de manera preventiva fallos en los equipos	2 meses
Implementación de mantenimiento planeado	- Seguimiento a través de auditoría TPM (MA y MP)		2 meses

Tabla 14: Plan implementación TPM

TPM absorbe las rutinas de inspección y limpieza de la herramienta 5s, al definir estándares y rutinas de inspección, limpieza y lubricación para la detección de posibles fallas en los equipos. Adicionalmente, identifican partes de maquina a

cambiar o modificar para facilitar las inspecciones y disminuir las paradas no planeadas.

5.7 Plan de implementación integrado

Una vez se tienen detallados cada uno de los planes de las herramientas seleccionadas para el aumento de la eficiencia operacional de la línea 50; en la tabla 15 se muestra el plan integrado para 5s, trabajo estándar, SMED y TPM, entendiendo las dependencias entre cada una de las fases de implementación. De esta manera se logra integrar las diferentes herramientas de Lean junto con los impactos esperados de cada una de ellas.

PLAN	IMPACTO	TIEMPO REQUERIDO
Lanzamiento y entrenamiento	Lanzamiento, entrenamiento a equipos de trabajo y capacitación al personal operativo	De 4 a 6 meses
5s Trabajo estandar SMED	<ul style="list-style-type: none"> - Planta ordenada. - Estandares de trabajo definidos. - Grupos autónomos de trabajo. - Planta visualizada. - Mejoramiento en OEE. - Disminucion en tiempos de cambio. 	De 6 a 8 meses
TPM	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoramiento OEE. - Sustancial mejora en confiabilidad de maquinas. - Reducción porcentaje de fallas. - Recuperación condiciones básicas en equipos e instalaciones. 	De 5 a 7 meses

Tabla 15: Plan implementación integrado

En toda implementación de planes enfocados en la mejora continua se deben identificar los obstáculos, actividades claves para superar los obstáculos y los recursos necesarios para lograr su ejecución; con el fin de evitar desviarse de los resultados esperados. La tabla 16, evidencia la dependencia de cada una de las herramientas y sus etapas de implementación, adicionalmente los obstáculos identificados, las actividades claves para superar los obstáculos, los recursos

necesarios y el impacto esperado que se debe ver reflejado en indicadores tales como: Porcentaje de fallas, tasa de defectos y tiempo de cambio de serie.

HERRAMIENTA	IMPACTO ESPERADO	OBSTACULOS	ACTIVIDADES CLAVES	RECURSOS
5s	Planta Ordenada Planta visualizada	Garantizar sostenibilidad del modelo Establecer visualización estándar	Monitoreo y control del modelo: - Auditorías 5s con frecuencia definida - Visibilidad de la ejecución de cada una de las etapas	Tiempo de personal operativo para ejecución de orden y limpieza Recursos para orden y organización (Estanterías, porta formatos, herramientas para ajustes, etc.)
Trabajo estándar	Operaciones estándar Retención del conocimiento operativo Cero defectos	Choque cultural, realizar las actividades de manera unificada, estándar y diferente	Establecer equipos a ser parametrizados Establecer procesos a ser estandarizados Generar espacios para que los operadores desarrollen los estándares	Tiempo de personal operativo para generar procedimientos estandarizados
SMED	Reducción tiempos de cambio Operaciones de cambio estándar Roles operativos durante cambio definidos	Cambio de partes de la maquina para disminuir tiempos de cambio	Convertir actividades internas en externas Establecer presupuesto para compra de partes	Video cámara Tiempo de personal operativo para discusión de actividades a eliminar o convertir de internas a externas Recurso para cambio de partes de maquina (estandarización de tornillos, tuercas, herramientas, etc.)
TPM	Línea disponible y confiable Reducción de fallas en equipos Equipos y plan de mantenimiento autónomo y preventivo definidos	Adquisición de recursos para restablecer condiciones básicas de equipos	Definir plan de trabajo de tarjetas de anomalías Ejecutar los planes de mantenimiento autónomo Ejecutar los planes de mantenimiento preventivo	Tiempo de personal operativo para ejecución de mantenimiento autónomo Disponibilidad de línea para mantenimiento preventivo

Tabla 16: Dependencia, impacto esperado, obstáculos, actividades claves y recursos de las herramientas Lean seleccionadas

Una vez se logre la implementación de los planes evidenciando mejoría de la eficiencia operacional de la línea se sugiere seguir con la metodología establecida, replicando los planes en las demás líneas de producción que tengan productos con base agua.

5.7.2 Impacto esperado implementación 5s

Se pretende mejorar el flujo de la operación enfocándose en la limpieza y el orden; logrando optimizar la distribución de los objetos (ejemplo: piezas de cambio, herramienta, etc.) en el espacio de trabajo. Se mejoran e identifican las condiciones de seguridad y se visualizan las oportunidades de mejora para cada actividad que genere desorden u obstrucción en el flujo de la línea.

Las 5s se convierten en la base para generar sentido de pertenencia del personal operativo, posibilitando migrar hacia modelos de trabajo estándar, SMED y TPM. Pues en la medida que los operadores definen estándares visuales se va identificando cual es el estado ideal de cada actividad o espacio de la línea que afecten el adecuado desarrollo del trabajo y generen fallas en los equipos, procesos y calidad de los productos.

5.7.3 Impacto esperado implementación Trabajo estándar

Al ir identificando las actividades o procesos que generan tiempos perdidos y defectos de calidad por fallas a causa de falta de procedimientos adecuadamente establecidos y divulgados; se hace necesario establecer un trabajo y conocimiento estándar, logrando mitigar las prácticas individuales reteniendo el conocimiento.

Los procedimientos de trabajo estandarizados se deben articular con el programa de capacitación operativa; permitiendo que se aumente las habilidades del personal, fortaleciendo el conocimiento en los diferentes procesos de la línea. En la medida que el personal tenga en conocimiento los estándares de cada proceso, se evolucionara a estándares cada vez más exigentes.

5.7.4 Impacto esperado implementación SMED

Dentro de los procedimientos de trabajo estandarizados se deben encontrar los procesos de cambio; en los cuales se deben tener estipulados los tiempos que se requieren para llevar a cabo cada actividad durante el cambio. Partiendo de esta base, puede implementar un modelo SMED, el cual busca reducir al máximo los tiempos de cambio de cada actividad, identificando las actividades internas y

externas durante el cambio, reduciendo significativamente las actividades internas que requieren detener la producción en la línea.

Adicionalmente se debe trabajar en eliminar todo tipo de ajustes a través de actividades de pre alistamiento de piezas de cambio o herramientas que se requieren antes y durante el cambio.

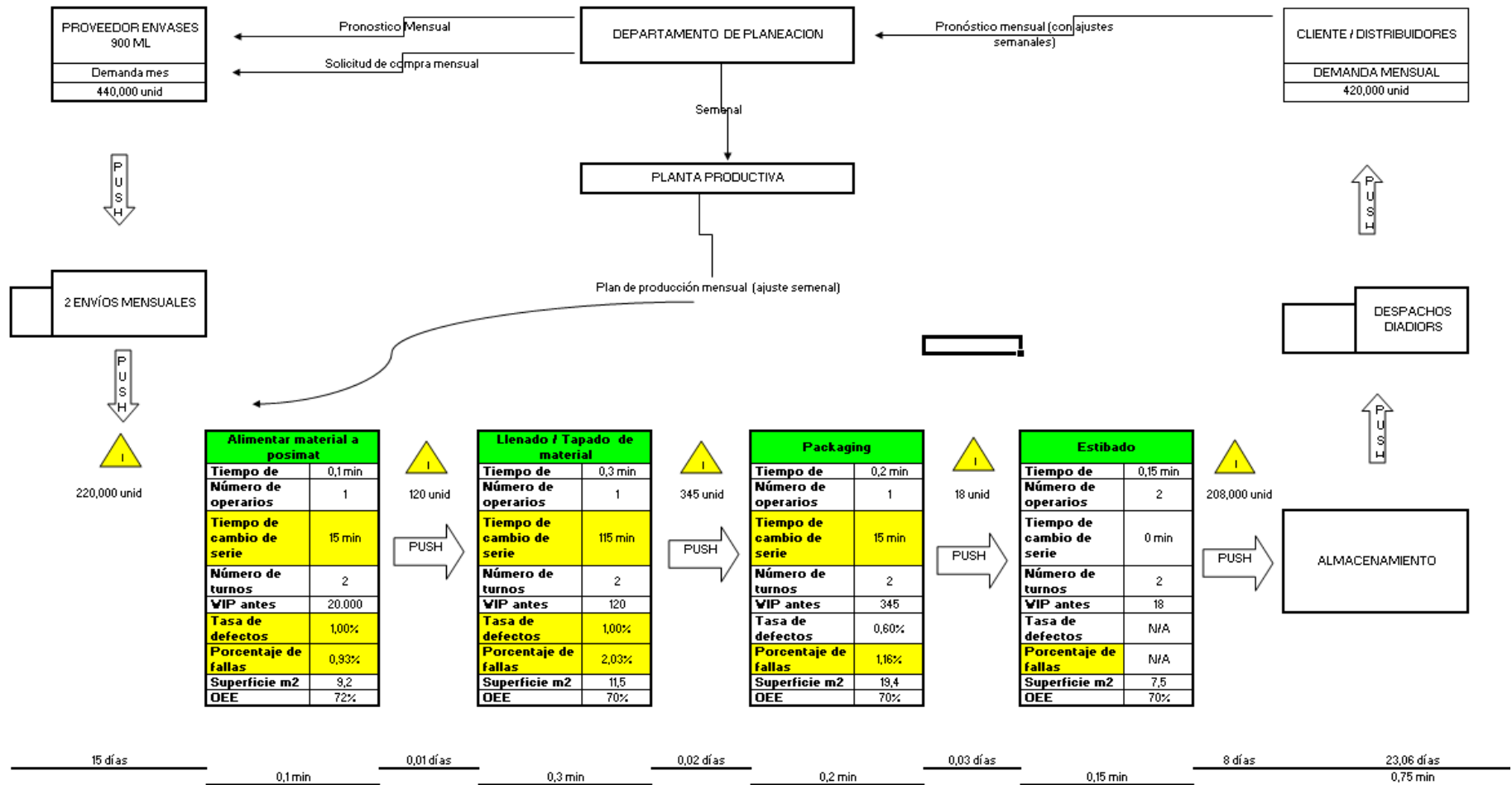
5.7.5 Impacto esperado implementación TPM

Una vez se trabaja en identificar y mitigar las fallas operativas a través del modelo de trabajo estándar, crece la necesidad de incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos pertenecientes a la línea. Es aquí donde se hace necesaria la implementación de TPM, estableciendo planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, con el fin de reducir las frecuencias de falla y tiempo requerido para mantenimiento.

TPM permite definir cuáles son los equipos y repuestos de alto impacto, así mismo los niveles de inventarios de repuestos. Logrando garantizar y aumentar la vida útil de las partes y equipos.

5.7.6 Value Stream Mapping futuro

Al llevar a cabo la implementación del plan integrado se establece como meta el cumplir con una eficiencia operacional (OEE) del 70%, 5% por encima de la meta inicial (65%), por lo cual el value stream mapping futuro o esperado es el siguiente:



Gráfica 10 Value stream mapping futuro o esperado

Teniendo en cuenta que la línea 50 inicialmente presentaba una eficiencia operacional (OEE) del 51,3% el establecer como nueva meta el alcanzar el 70% de OEE implica mejorar indicadores tales como:

- Tiempo de cambio de serie (ver tabla 17)
- Tasa de defectos (ver tabla 17).
- Porcentaje de fallas (ver tabla 17).

Alimentar material a posimat		
	Actual	Esperado
Tiempo de cambio de serie	30 min	15 min
Tasa de defectos	4%	1%
Porcentaje de fallas	0.93%	0.93%
OEE	63%	72%

Llenado / Tapado de material		
	Actual	Esperado
Tiempo de cambio de serie	230 min	115 min
Tasa de defectos	6%	1%
Porcentaje de fallas	6.03%	2.03%
OEE	43%	70%

Packaging		
	Actual	Esperado
Tiempo de cambio de serie	30 min	15 min
Tasa de defectos	0.60%	0.60%
Porcentaje de fallas	3.16%	1.16%
OEE	64%	70%

Estibado		
	Actual	Esperado
Tiempo de cambio de serie	0 min	0 min
Tasa de defectos	N/A	N/A
Porcentaje de fallas	N/A	N/A
OEE	67%	70%

Tabla 17 Estado actual y futuro de indicadores a impactar

El aumentar 18.7% de OEE en la referencia seleccionada, quitamanchas 900 ml, da como beneficio económico \$214 por caja producida, considerando que la producción promedio es de 34.000 cajas mensuales, se espera un beneficio total de \$7.276.000 mensuales.

Para el cálculo del beneficio se tuvo en cuenta la ruta de costo asignada al producto quitamanchas 900 ml, en esta se encuentra definida la velocidad estándar (cajas/hora), la tripulación (personal operativo) y el OEE de la línea. Con estos tres parámetros la compañía calcula las horas hombre necesarias para sacar 100 cajas y así establecer el costo de producir un número determinado de cajas. El lograr un aumento de OEE significa entonces disminuir el tiempo requerido para cumplir con la producción esperada, traduciéndose en un beneficio económico de \$214 pesos en el caso de la referencia quitamanchas 900 ml.

5.9 Presupuesto base para implementación de plan integrado

Teniendo en cuenta que la compañía esta interesada en realizar la implementación de las herramientas 5s y TPM (RCM) se tomará como punto de partida el presupuesto destinado para estas dos herramientas aumentando su alcance para las herramientas adicionales trabajo estándar y SMED. En la tabla... se muestra el presupuesto base para la implementación del plan integrado.

El recurso humano a utilizar es la tripulación de la línea 50, un total de 10 personas, 5 por turno y un técnico de mantenimiento. Los demás ítems son elementos que se necesitarían durante la implementación para llevar a cabo la adecuada ejecución del plan integrado.

Recurso	Presupuesto
Operadores de línea 50	\$ 65.280.000,00
Porta formatos y estantería	\$ 50.000.000,00
Juego de herramientas de cambio	\$ 3.000.000,00
Software de RCM (TPM) para control de inventario de repuestos	\$ 40.000.000,00
Repuestos críticos de la línea	\$ 30.000.000,00
Placas para identificación y marcación	\$ 8.000.000,00
Piezas de manejo 5s	\$ 30.000.000,00
	\$ 226.280.000,00

Tabla 18 Presupuesto base para implementación de plan integrado

Considerando que el presupuesto base es de \$226.280.000 y el ahorro mensual de lograr la meta es de \$7.276.000 mensuales, el retorno de la inversión es de 2.6 años, considerando que el máximo periodo de retorno permitido por la compañía es de 3 años el proyecto presenta viabilidad económica.

5.8 Validación del plan propuesto

En aras de establecer si el modelo planteado durante el desarrollo de este trabajo de grado cumple con las necesidades actuales de la organización, siendo congruente con su estrategia de negocio; se realiza el proceso de validación con la parte administrativa y operativa de la compañía. Por el lado operativo se selecciona un técnico de mantenimiento y un operador líder que desempeñan su labor en la línea 50. Por la parte administrativa se realiza la validación con el gerente de producción y el director de operaciones.

Para realizar el proceso de validación se tomaron los planes de implementación de cada herramienta (tablas 11, 12, 13 y 14), el plan integrado (tabla 15) revisando su alcance, los desperdicios identificados a mitigar, y los resultados esperados.

5.8.1 Validación del plan propuesto en la parte operativa

Las principales observaciones del personal técnico y operativo son respecto al cronograma de trabajo para llevar a cabo la implementación de cada herramienta. Es decir, establecer el tiempo destinado para las capacitaciones y los horarios de trabajo, para cumplir con las actividades designadas en cada plan.

Los tiempos destinados para la ejecución de los planes deben ser distintos al horario laboral, para no generar sobre cargas ni atrasos en las implementaciones (Horas extras o sacar a los operarios de línea).

Para ellos los principales problemas de la línea son: la falta de orden de los elementos como herramientas y piezas de cambio, al igual que la ausencia de las mismas; la transferencia del conocimiento al no tener procedimientos de trabajo estandarizados (se maneja un nivel de rotación del 80% anual en la tripulación de la línea); la baja confiabilidad de las maquinas, muchas paradas por falta de mantenimientos planeados y por último la carencia de procedimientos de trabajo estándar que se traducen en altos tiempos de cambio.

La propuesta les parece novedosa, ya que anteriormente no se había expuesto un plan claro que pretendiera la mejora continua. Aunque al mismo tiempo se muestran escépticos pues la compañía no ha mostrado interés en este tipo de iniciativa durante los últimos años.

5.8.2 Validación del plan propuesto en parte administrativa

El enfoque dado por el personal administrativo (gerente de producción y director de operaciones) es estratégico, es decir, de que modo los planes de cada herramienta y el plan integrado se acoplan al plan estratégico de la compañía.

La compañía XYZ globalmente está buscando que el crecimiento de su negocio no solo este dado por el mercado de productos para el hogar sino también por productos de higiene, teniendo que modificar sus estándares de producción e infraestructura. Dado lo anterior, las exigencias en el cumplimiento de indicadores y estándares de calidad han crecido, basando la estrategia de la compañía en lograr la sostenibilidad.

El primer paso para ello, establecido por la casa matriz, es poner la casa en orden, para ello a partir del mes de julio de 2014 se dará inicio a la implementación de 5s tanto para la parte administrativa como operativa; con fecha de finalización en enero de 2015. Herramienta que es fase inicial del plan de implementación propuesto. Hasta el momento es la única directriz recibida por la casa matriz.

Al revisar los tres planes de implementación (trabajo estándar, SMED y TPM) y el Value stream mapping esperado, se establece que el plan propuesto es de alto impacto y con resultados esperados alcanzables, debido a que por políticas gubernamentales los trabajadores temporales solo pueden prestar el servicio por un periodo máximo de doce meses, generando una alta rotación de personal y una falta evidente en la retención del conocimiento. Adicionalmente la flexibilidad de las líneas de producción se están viendo afectadas por dos razones principalmente, altos tiempos de cambio entre referencias (SMED) y baja disponibilidad de las maquinas (TPM).

En Junio de 2014 se iniciara la implementación de RCM, mantenimiento basado en confiabilidad, la cual es una iniciativa local que busca aumentar la disponibilidad de los equipos y coincide con el alcance planteado en la implementación de TPM.

La implementación de 5s y RCM se realizará con recurso interno, dado que el principal obstáculo que tiene la compañía es la falta de recurso económico para asignar recursos humanos adicionales que permitan acelerar la implementación.

Según lo anterior, la gerencia de producción y dirección de operaciones solicita revisar si los tiempos de implementación de cada herramienta propuesta en el trabajo de grado contempla que el recurso humano necesario debe ser interno, y debe cumplir tanto con sus funciones asignadas como con la implementaciones de los planes establecidos. Adicionalmente destaca la viabilidad económica del proyecto, al cumplir la meta propuesta (70% OEE), ya que se obtiene un retorno de la inversión inferior a 3 años.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que se derivan del proyecto:

1. El presente trabajo presenta una metodología de implementación de Lean manufacturing desarrollada y adaptada para su aplicación a nivel operativo, teniendo en cuenta las circunstancias particulares de la línea seleccionada y el objetivo final que es el aumento de la eficiencia operacional. Durante el trabajo se propone la implementación de herramientas de Lean específicas y la secuencia de implementación.
2. Para llevar a cabo la propuesta de cada plan de implementación se realizó el estudio de la situación actual de la línea 50, dado que la literatura estudiada recomienda el establecer el punto de partida, para así identificar de manera puntal los desperdicios a eliminar con el fin de cumplir con el objetivo trazado. Definiendo así que las herramientas a ser implementadas son 5s, trabajo estándar, SMED y TPM.
3. Al poner en marcha la implementación de los planes de aplicación de las herramientas Lean seleccionadas, se esperan mejoras significativa en la eficiencia operacional de la línea seleccionada, costos de producción y flexibilidad en la producción, logrando llegar a la meta establecida de 70% OEE. Algunas de las mejoras específicas que se buscan obtener son: reducción de los tiempos de cambio; reducción de porcentaje de falla de los equipos; mayor involucramiento del personal operativo en las mejoras y en la reducción de los desperdicios identificados; roles de trabajo definidos; disminución de defectos de calidad; eliminación de movimientos innecesarios.
4. En caso que se realice la implementación del plan propuesto se establecieron como indicadores a mejorar el porcentaje de fallas, tiempo de cambio de serie y tasa de defectos. Estableciendo un estado futuro o esperado y la meta de cada indicador, con el fin del realizar seguimiento y control de avances.
5. El establecer el beneficio económico y el presupuesto base para llevar a cabo la implementación del plan integrado, se logra calcular el retorno de la inversión, que en este caso es de 2.6 años, incentivando a la directiva y gerencia a llevar a cabo la propuesta de mejora planteada ya que se tiene un resultado esperado tangible.
6. La metodología de implementación propuesta se puede hacer extensible a otras líneas y áreas de producción, sin embargo se debe tener en cuenta que las herramientas seleccionadas en este trabajo no son de aplicación

universal. La selección de la misma depende de la situación actual de la línea o área, por lo cual se debe primero cartografiar el estado actual identificando los desperdicios que se decidan eliminar y el impacto esperado, teniendo en cuenta las necesidades y los recursos disponibles de cada organización.

7. El identificar el beneficio económico de realizar la implementación de las herramientas y cumplir con la meta, permite incentivar a la organización (directivos y gerentes) a llevar a cabo la ejecución del plan de mejora propuesto.
8. Para llevar a cabo una implementación exitosa de un modelo lean se debe tener una metodología clara de implementación. Este trabajo se basa en el en una implementación estándar de Lean Manufacturing por lo cual es necesario definir objetivos específicos, obstáculos, planes de implementación, impacto esperado y formatos de revisión de avances.
9. Destacar el aporte del plan al establecer la meta (70% OEE) y el beneficio económico de llegar a ella, facilita la consecución de recursos que son de importancia en caso de iniciarse un proceso de implementación.
10. Este trabajo de grado tiene como propósito el establecer planes de implementación de herramientas Lean para el aumento de la eficiencia operacional de la línea seleccionada, sin embargo para llevar a cabo una implementación total de Lean Manufacturing se debe realizar una visualización más amplia de toda la cadena de valor de la organización y extender la metodología de mejora a las demás líneas y áreas de la organización.
11. Para llevar a cabo la implementación de las herramientas se debe contar con la aprobación y compromiso de la compañía, desde los directores hasta el nivel operativo, ya que se requiere de: presupuesto, cambios estructurales en el proceso, disposición al cambio y disposición de personal operativo para re organizar los procesos internos. Lo cual demanda un alto compromiso de la compañía desde los directores hasta el nivel operativo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Arnheiter, E. y Maleyeff, J. The integration of lean management and six sigma. The TQM Magazine. 2005.

Cruz, Isabel y López, Jorge. Rediseño de un sistema productivo utilizando herramientas de Lean Manufacturing. Tesis de maestría. Colombia: Universidad ICESI. 2012.

Floyd, R. Liquid Lean . Developing lean culture in the process industries. Taylor & Francis Group. 2010.

Fortuny Jordi, et al. Metodología de Implementación de la Gestión Lean en Plantas Industriales. En: Universal Business Review. Octubre-Diciembre, 2008.

Goldratt, Eliyahu. The Haystack Syndrome: Sifting Information out of the Data Ocean. New York: North River Press, 1990.

Leonardo Rivera Cadavid, (2009, Enero). Justificación conceptual de un modelo de Implementación de lean manufacturing”, Heurística, Revista de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle, pp. 91 – 106.

Mabry, R. y Morrison, K. Transformation to Lean Manufacturing by an Automotive Component Supplier. En: Computers & Industrial Engineering. 1996, vol. 31.

Manotas, D., Rivera, L. Lean Manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. Colombia: Universidad ICESI. 2007.

Ohno, Taiichi. Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Portland: Productivity Press, 1998.

Rajadell, M., Sánchez, J. Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos. 2010.

Serrano, Ibon. Análisis de la Aplicabilidad de la Técnica de Value Stream Mapping en el Rediseño de Sistemas Productivos. Tesis Doctoral. España: Universidad de Girona, 2007

Shah, R. y Ward, P. Defining and developing measures of lean production. Journal of operations management. 2007. vol. 25, no. 4, p. 785–805.

Villaseñor, Alberto y Galindo, Edber. Manual de Lean Manufacturing, Guía Básica. Mexico D.F: Editorial Limusa, 2007.

Womack, James y Jones, Daniel. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

ANEXO 1 Estándar de orden y limpieza

ESTANDAR DE ORDEN Y LIMPIEZA								
ÁREA / ZONA			LÍNEA					
ZONA DE LIMPIEZA			ELEMENTOS DE LIMPIEZA UTILIZADOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN	RESPONSABLE	TIEMPO DE LIMPIEZA	FRECUENCIA	DOCUMENTO REFERENCIA
SECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN DE CONDICIÓN IDEAL						
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Anexo 1 Formato estándar de orden y limpieza

ANEXO 2 Estándar visual 5s

ESTÁNDAR VISUAL 5S			
OBJETIVO	CONTROL	CONDICIÓN NORMAL	ANORMAL => QUIÉN HACE QUÉ
Descripción visual del estandar			
OBSERVACIONES:			
UBICACIÓN DE LA FICHAS:			PONER AQUÍ EL RESPONSABLE: FECHA:

ANEXO 3 Tarjeta roja 5s

N° de Referencia		
Nombre		
Acción	Eliminar	
	ordenar	
	Limpiar	
	Estandarizar	
	otras:	
Fecha:	Colocación de la etiqueta ___ / ___ / 20__	Realización acción ___ / ___ / 20__

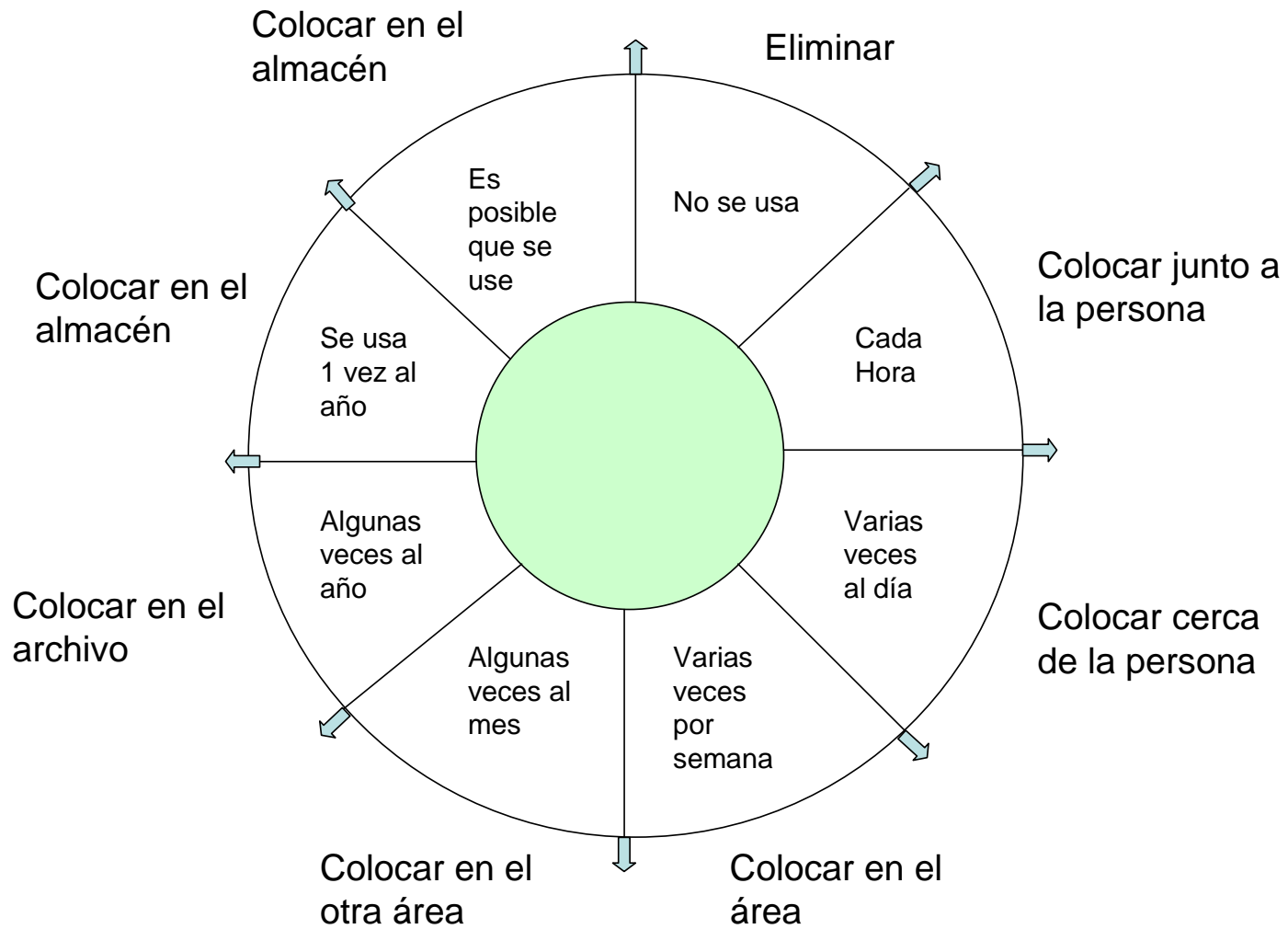
Anexo 3 Formato tarjeta roja 5s

ANEXO 4 Listado de tarjetas rojas

N°	Área	Problema	Fecha Colocación	Acción	Responsable	Fecha Realización
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						

Anexo 4 Listado de tarjetas rojas

ANEXO 5 Círculo de frecuencia de uso



Anexo 5 Círculo frecuencia de uso

ANEXO 6 AUDITORIAS 5s

Auditorías 5´s Líneas de Producción		
Línea:	Fecha:	Calificación final:
		COMENTARIOS
1S ELIMINAR	Calificación	
¿Hay Materiales de más en inventario en la línea?		
¿Hay objetos personales innecesarios en la línea?		
¿Hay equipos y herramientas que no se utilicen en la línea?		
¿Hay restos de señalización de la línea obsoletos o en mal estado?		
¿Hay documentación innecesaria en la línea?		
2S ORDENAR	Calificación	
¿Están en su ubicación definida los materiales de la línea?		
¿Están señalizados los elementos móviles de la línea?		
¿Está libre de obstáculos fijos el acceso a los cuadros eléctricos de las máquinas de la línea?		
¿Están los útiles y herramientas en su ubicación y cerca de la zona de uso?		
¿Están los elementos de limpieza en su ubicación y en buen estado?		
3S LIMPIEZA E INSPECCIÓN	Calificación	
¿Hay piezas, papeles u otros materiales en el suelo?		
¿Hay cables eléctricos o tubos en el suelo que dificulten su limpieza?		
¿Están los cuadros eléctricos cerrados?		
¿Están las máquinas y puestos de trabajo limpios?		
¿Están las estanterías y áreas de almacenaje limpias?		
4S ESTANDARIZAR	Calificación	
¿Hay pautas de limpieza en cada estación de trabajo?		
¿Están identificados los materiales de la línea?		
¿Está la documentación estándar de línea actualizada?		
¿Se aplica la gestión visual en el entorno de la línea?		
¿Es conocida la documentación de línea por el personal de la línea?		
5S DISCIPLINA	Calificación	
¿Se respeta la limpieza planeada?		
¿Se respeta las auditorías planeadas?		
¿Se actualiza el plan de acción?		
¿Se respetan las marcas del suelo?		
¿Se mantiene limpia la línea?		

Calificaciones:
0 no implementado
1 implementación parcial
3 implementación avanzada
5 Implementación total

Anexo 6 Formato auditoría 5s

ANEXO 7 Estandar de trabajo

FORMATOS DE OPERACIONES ESTANDAR								
ÁREA / ZONA			LÍNEA					
ACTIVIDADES			ELEMENTOS DE UTILIZADOS	EQUIPOS DE PROTECCIÓN	RESPONSABLE	TIEMPO DE TRABAJO		
SECUENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD				MANUAL	MÁQUINA	CAMINATA
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Anexo 7 Formato estándar de trabajo

ANEXO 8 Flujo de cambio

Fecha:	
Línea de producción:	
N° de operarios:	
N° de estaciones:	

Paso	ACTIVIDADES Descripción Actividad / Operación	Tiempo (Segundos)				Tipo de actividad	
		Manual	Automático	Tiempo total	Acumulado	Externa	Interna
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

TIEMPO DE CAMBIO	
Tiempo operaciones internas	
Tiempo operaciones externas	

Anexo 8 Formato flujo de cambio

ANEXO 9 Test de chequeo SMED

TEST DE CHEQUEO		MÁQUINA:				RESPONSABLE/FECHA:
CHEQUEO DE LA PREPARACIÓN		N° de estaciones				
N°	FACTOR DE CHEQUE	ESTACIÓN DE TRABAJO				
		1	2	3	4	5
1	¿Son fáciles de alcanzar las plantillas y herramientas durante el cambio de partes?					
2	¿Se colocan las plantillas y herramientas de acuerdo con el orden de uso durante el cambio?					
3	Si se utilizan carros de transporte para el transporte de herramientas y partes ¿Están ordenados?					
4	¿Se guardan las partes, plantillas y herramientas de forma ordenada y en un lugar preciso?					
5	¿Tiene el manual de operaciones de cambio de partes instrucciones para cada máquina?					
6	Los operarios ¿Efectúan los cambios de acuerdo con los manuales?					
7	¿Se han establecido estándares de calidad para cada producto?					
8	¿Hay muestras libres de defectos de cada producto en un lugar visible como referencia?					
9	¿Están los instrumentos de medida que se necesitan guardados cerca de la máquina que los requiere?					
10	¿Se mantienen ordenados los instrumentos de medición?					
11	¿Está claro dónde están las herramientas y otros elementos reemplazables después del cambio de partes?					
12	¿Está claro dónde tienen que volver las herramientas y otros elementos reemplazables después del cambio de partes?					
13	¿Está cerca de la máquina la próxima pieza que va a ser cambiada?					

Anexo 9 Formato test de chequeo SMED

ANEXO 10 Tarjeta de anomalía

TARJETA DE ANOMALÍA	
N° TA	Fecha:
Línea / Equipo	
Solicitado por:	
Descripción del problema:	
Observaciones:	

Anexo 10 Formato tarjeta de anomalía




ANEXO 11 Listado tarjeta de anomalías

N°	Área	Problema	Fecha Colocación	Acción	Responsable	Fecha Realización
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						
32						
33						

Anexo 11 Formato listado tarjetas de anomalía

ANEXO 12 Mantenimiento autónomo

Estandar Mantenimiento autónomo																						
Planta/proceso:				Elaborado por:				Revisión N°:														
Área/Equipo:				Código:				Fecha:														
DIAGRAMA																						
Descripción de equipos y ubicación visual de tipo de MA																						
IDENTIFICACIÓN EQUIPO			Actividad	Tipo MA	Puntos	Cantidad	Herramienta	Tiempo	Responsable	Frecuencia												
N°	Código	Nombre								D	S	Q	M	2M	3M	4M						

TIPO DE MANTENIMIENTO AUTONOMO (MA)	
	Punto de inspección
	Punto de limpieza
	Punto de lubricación

ANEXO 13 Auditoría mantenimiento autónomo

LÍNEA	EVALUADOR	
FECHA	PUNTAJE FINAL	
Categoría	Aspecto a evaluar	Calificación
Evaluación de la limpieza inicial	¿ Se ha eliminado el polvo y la suciedad de los equipos?	
	¿Existen elementos innecesarios junto a los equipos?	
	¿Los equipos tienen identificados las partes más importantes a mantener?	
	¿Se tienen identificadas las condiciones óptimas de los equipos?	
	¿Se han identificado con tarjetas de anomalía aquellos equipos que requieren eliminación de fuentes de contaminación?	
Evaluación de las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso	¿ Se han identificado las causas de generación de fuentes de contaminación?	
	¿ Existen lecciones de un punto LUP para reconocer anomalías que garanticen el estado óptimo de los equipos?	
	¿Se encuentran identificadas las áreas de difícil acceso?	
	¿Se encuentran priorizadas y definidos planes de implementación para eliminar las fuentes de contaminación crónicas y lugares de difícil acceso?	
Evaluación de los estándares de limpieza y lubricación	¿ Se han formulado estándares de limpieza y lubricación: lugar y frecuencia?	
	¿ Se han identificado junto a los equipos los puntos clave para garantizar la limpieza y lubricación de los equipos?	
	¿ Se han introducido controles visuales para facilitar las actividades de limpieza y lubricación?	
	¿ Se realiza monitoreo del cumplimiento de los estándares de limpieza y lubricación?	
	¿ Se han realizado pequeñas modificaciones a los equipos para facilitar las actividades de limpieza y lubricación?	
	¿ Se han establecido controles visuales de manera que se identifique cuando un equipo se ha desviado de sus condiciones básicas de operación?	
Evaluación de la inspección general de los equipos	¿ Se han formulado estándares de inspección de los equipos?	
	¿ Se garantiza la condición óptima de los equipos mediante la inspección de los mismos?	
	¿ Se han implementado controles visuales para facilitar la inspección de los equipos?	
	¿ Se han documentado casos de éxito donde la inspección ha permitido realizar reparaciones inmediatas de condiciones anormales?	
	¿ Existe conocimiento y uso de herramientas de análisis de causas como espina de pescado o análisis de fallas?	
Evaluación de inspección general de procesos	¿Existen controles visuales sobre el rendimiento de los procesos y equipos?	
	¿Se han generado planes de acción para los eventos identificados que ocasionan el bajo rendimiento?	
	¿Se han implementado herramientas para incrementar la fiabilidad de los procesos?	
	¿ Existe evidencia de capacitación a operadores del manejo de los procesos y forma de realizar las tarjetas de anomalías?	
	¿Se han actualizado los manuales de operación de manera que se permita replicar las lecciones aprendidas con el manejo de tarjetas de anomalías?	
	¿Se han implementado controles visuales que contengan procedimientos de operación, montaje y ajustes que permitan sostener o mejorar la eficiencia de los procesos?	
Evaluación de la práctica de autogestión	¿ Se ha mejorado la calidad del producto?	
	¿Se han establecido estándares que permitan mantener la calidad del producto?	
	¿Se han establecido los diagramas de flujo de proceso, con los puntos críticos de inspección que impactan la calidad del producto?	
	¿Existe conocimiento y uso de herramientas para el análisis de los procesos como: FMEA (Análisis del modo y efecto de falla)	
	¿ Se ha evidenciado mejora de la eficiencia del proceso?	

Calificaciones:
0 no implementado
1 implementación parcial
3 implementación avanzada
5 Implementación total

Anexo 13 Formato auditoría mantenimiento autónomo

ANEXO 14 Auditoría mantenimiento preventivo

LÍNEA		EVALUADOR	
FECHA		PUNTAJE FINAL	

Calificaciones:
0 no implementado
1 implementación parcial
3 implementación avanzada
5 Implementación total

Categoría	Aspecto a evaluar	Calificación
Evaluación y entendimiento del equipo	¿Se tienen actualizados los registros de los equipos?	
	¿Se ha establecido el nivel de criticidad de cada equipo?	
	¿Se mide la frecuencia, severidad de la falla y pequeñas paradas, costos de mantenimiento, costo de maquina parada, etc?	
Evaluación corrección del deterioro	¿Se han establecido acciones en conjunto con el mantenimiento?	
	¿Se han establecido medidas para evitar la ocurrencia de fallos ya identificados y de alta frecuencia?	
	¿Se han introducido mejoras para reducir los fallos de procesos?	
Evaluación del sistema de gestión de información	¿Se tiene un sistema de gestión de datos de fallas en maquina?	
	¿Se tiene un sistema de gestión del mantenimiento de los equipos?	
	¿Se tiene control del presupuesto de los equipos críticos?	
	¿Se tiene sistema de control de repuestos críticos?	
Evaluación del sistema de mantenimiento	¿Se tiene establecido cronograma de mantenimiento periódico?	
	¿Se ha establecido planes de mantenimiento de los equipos y componentes críticos?	
	¿Se realiza monitoreo a contratistas?	
	¿Ha incrementado la eficiencia en las intervenciones de mantenimiento en las paradas programadas?	
Evaluación del programa de mantenimiento preventivo	¿Se han establecido técnicas de diagnóstico de equipos?	
	¿Se tiene cronograma de mantenimiento preventivo?	
	¿Se tienen seleccionados los equipos y componentes a realizar mantenimiento preventivo?	
	¿Se ha desarrollado metodología de diagnóstico?	
Evaluación de auto-gestión	¿Se tiene evidencia en la mejora de confiabilidad: Porcentaje de fallas, FMEA, disponibilidad de equipos?	
	¿Se tiene mejora en la sostenibilidad del mantenimiento?	
	¿Se tiene evidencia en ahorros de costos de mantenimiento y presupuesto?	

Anexo 14 Formato auditoría mantenimiento preventivo