

**Propuesta de optimización de la línea de envasado de
insecticidas líquidos en una planta de producción de
agroquímicos ubicada en el Municipio de Amatitlán,
Guatemala**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

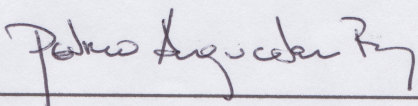


Propuesta de optimización de la línea de envasado de insecticidas líquidos en una planta de producción de agroquímicos ubicada en el Municipio de Amatitlán, Guatemala

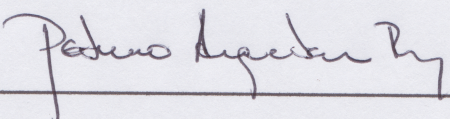
Trabajo de graduación presentado por
Erick Fernando Velásquez Tobar
para optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Industrial.

Guatemala
2014

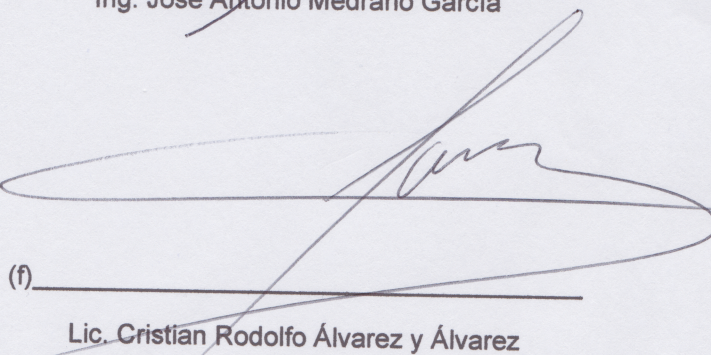
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Pedro José Arguedas

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Pedro José Arguedas Brolo

(f) 
Ing. José Antonio Medrano García

(f) 
Lic. Cristian Rodolfo Álvarez y Álvarez

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de enero de 2014. ✓

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE GRÁFICOS	VIII
LISTA DE IMÁGENES.....	IX
LISTA DE DIAGRAMAS	X
RESUMEN	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Distribución de una planta:.....	4
B. Principios básicos de la distribución en planta:.....	4
C. Tipos de distribución:	5
D. Tipos de flujos de movimientos de materiales:	6
E. Diagrama del Proceso Operativo (DOP):.....	6
F. Diagrama de flujo del proceso:.....	7
G. Diagrama de recorrido:.....	8
H. Estudio de movimiento:	8
I. Tiempo Estándar:	10
J. Tiempo de procesamiento:.....	11
K. Tiempo Takt:	11
L. Tiempo ciclo:	11
M. Cuello de botella:.....	12
N. Kanban:	12
O. Eficiencia General de los Equipos (OEE).....	12
P. Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto (SMED).....	13
Q. Mantenimiento Productivo Total (TPM):.....	14
R. Metodología de las 5 S:.....	14
S. Justo a tiempo (JIT):.....	14
V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, SITUACIÓN ACTUAL.....	15
A. Descripción del producto.....	15
B. Disposición de la planta:	15
C. Operaciones del proceso:	16
D. Descripción del proceso:	16
E. Diagrama de Proceso Operativo de la Operación:.....	18
F. Diagrama de flujo del proceso:.....	18
G. Diagrama de recorrido:.....	18

VI. ANÁLISIS GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL.....	19
A. Análisis estadístico del proceso productivo:.....	19
B. Eficiencia General de los Equipos (OEE):.....	24
C. Causas que originan los tiempos muertos del proceso productivo:.....	25
D. Tiempo ciclo actual del proceso productivo:.....	26
E. Análisis del tiempo Takt:	28
F. <i>Estudio de ergonomía en el proceso:</i>	30
G. <i>Kanban:</i>	31
VII. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROCESO DE ENVASADO	32
PROBLEMAS Y PROPUESTAS DE MEJORA	32
A. Problema 1:Cambios de formato y limpieza de equipo.....	32
B. Problema 2: Disponibilidad de producto formulado.....	34
C. Problema 3:Fallos de equipos en la línea de envasado.....	38
D. Problema 4:Refacción y almuerzo del personal de la línea.....	42
E. Problema 5:Disponibilidad de materia prima.....	43
F. Resumen de propuestas:	44
VIII. ANÁLISIS ECONOMICO DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	50
A. Inversión inicial:.....	50
B. Proyección de ventas:	52
C. Producción en planta:.....	53
D. Costos de fabricación:.....	54
E. Ingresos:.....	55
F. Tasa Mínima Atractiva de retorno (TMAR):.....	55
G. Estados Financieros:.....	56
H. Evaluación financiera:	59
I. Análisis de sensibilidad:	60
IX. CONCLUSIONES.....	61
X. RECOMENDACIONES.....	62
XI. BIBLIOGRAFÍA	63
XII. Anexos.....	65
A. Plano de disposición del edificio	66
B. Estudio de tiempos del proceso de envasado.....	68
C. Diagramas de Procesos Operativos.....	72
D. Diagramas de flujo	83
E. Diagrama de recorrido.....	96
F. Tablas de medición de la producción por presentación	98
G. Diagramas de Proceso Operativo para la limpieza y cambio de formato.	103
H. Cotizaciones realizadas	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Simbología del Diagrama de Proceso Operativo.....	7
Tabla 2: Simbología del Diagrama de flujo del proceso.	7
Tabla 3: Therbligs efectivos.	9
Tabla 4: Therbligs Inefectivos.	10
Tabla 5: Partes que conforman el producto terminado.....	15
Tabla 6: Causas de tiempos muertos durante la operación de la línea.	25
Tabla 7: Tiempo ciclo estándar vs. Tiempo Takt para el envasado de insecticidas.....	28
Tabla 8:Causas de tiempos muertos durante la operación de la línea en el mes de septiembre de 2013.	40
Tabla 9:Cantidad de horas disponibles al mes aplicando propuestas a problemas.	44
Tabla 10: Comparación entre tiempo ciclo actual VS. Tiempo ciclo propuesto para el envasado por presentación de insecticida.....	46
Tabla 11: Comparación entre cantidad producida por turno actualmente VS. Cantidad producida por turno aplicando las propuestas de mejora.	48
Tabla 12: Descripción de la inversión inicial del proyecto.	50
Tabla 13: Cantidad promedio de unidades producidas anualmente por presentación e incremento de producción.....	53
Tabla 14: Costos y gastos de fabricación por pieza.	54
Tabla 15: Ingreso anual por unidades extras producidas.	55
Tabla 16: Cálculo de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno.....	55
Tabla 17: Determinación de la depreciación.....	56
Tabla 20: Resultado de Valor Presente Neto obtenido.....	59
Tabla 21: Analisis de sensibilidad.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Piezas de 100mL producidas por turno de 9 horas.....	20
Gráfico 2: Piezas de 125mL producidas por turno de 9 horas.....	20
Gráfico 3: Piezas de 250mL producidas por turno de 9 horas.....	21
Gráfico 4: Piezas de 500mL producidas por turno de 9 horas.....	22
Gráfico 5: Piezas de 1 Litro producidas por turno de 9 horas.....	23
Gráfico 6: Gráfico de Pareto para los tiempos muertos de operación durante la operación de la línea.	25
Gráfico 7: Gráfico del Tiempo ciclo actual vs. Tiempo Takt para el envasado de insecticidas.....	29
Gráfico 8: Diagrama de Pareto para los fallos de los equipos en la línea de envasado.....	39
Gráfico 9: Diagrama de Pareto de tiempos muertos en el mes de septiembre.	41
Gráfico 10: Tiempo ciclo actual VS. Tiempo ciclo propuesto.....	47
Gráfico 11: Utilización de los equipos actualmente VS. utilización de los equipos con las propuestas de mejora.	48
Gráfico 12: Proyección de la demanda anual.....	52
Gráfico 13: Gráfico de Sensibilidad.	60

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Distribución por posición fija.	5
Imagen 2: Distribución por producto.	6
Imagen 3: Patrones de flujo de movimiento de los materiales.	6
Imagen 4: Iluminación natural en el área de trabajo.	30
Imagen 5: Propuesta de tarjeta Kanban para el personal de formulación.	37
Imagen 6: Repuestos para aplicación de TPM.	52

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de flujo del proceso envasado	16
Diagrama 2: Diagrama de flujo del proceso de formulación y envasado.....	36

RESUMEN

El presente proyecto de investigación propone mejoras al proceso de envasado de los insecticidas líquidos que se formulan en una planta de producción de agroquímicos ubicada en el departamento de Amatitlán, Guatemala. En la actualidad, el proceso es lento por problemas como la falta de estandarización de los procesos de limpieza y cambios de formato, falta de material de embalaje y fallos operacionales de los equipos durante la producción.

El trabajo se subdividió en tres etapas principales:

En la primera etapa se observó y recolectó información del proceso actual de envasado para determinar las causas comunes que generan variabilidad en el mismo. Para ello, se utilizaron herramientas como gráficos de control, diagramas de proceso y de flujo del proceso, diagramas de recorrido y estudios de tiempos que permitieron analizar la situación actual.

La segunda etapa consistió en analizar la información recopilada que sirvió para la generación de las propuestas de optimización al proceso. En esta etapa se utilizaron los conceptos y herramientas del pensamiento estadístico y de manufactura esbelta las cuales, permiten simplificar las operaciones y mantener el proceso controlado. Luego se determinó la nueva Eficiencia General de los Equipos la cual es del 37%. Un 22% más en relación a la actual.

Así también, se determinaron los nuevos tiempos ciclo para el proceso de envasado, los cuales se redujeron en 15 segundos promedio para todas las presentaciones analizadas.

Finalmente la tercera etapa consistió en la realización de una evaluación de los beneficios económicos que trae consigo la implementación de las propuestas de mejora que al proceso. La cual permitió determinar que la inversión de 524,300.00 Quetzales es recuperable a los tres días de implementadas las propuestas.

I. INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de optimización muestra el mejoramiento de la eficiencia del proceso de envasado de los insecticidas líquidos en una planta de agroquímicos que se ubica en el municipio de Amatitlán en Guatemala.

Puesto que la meta de toda empresa es generar mayores ganancias, se hace necesario aplicar metodologías que permitan alcanzar la meta. Basados en la teoría de restricciones, existen tres parámetros que se deben tomar en cuenta para alcanzar la meta:

- Throughput¹.
- Inventarios.
- Gastos de operación.

Para alcanzar la meta en las plantas de producción, se debe aumentar el throughput y reducir los inventarios y los gastos de operación. Para ello se deben utilizar distintas herramientas o metodologías que se describirán a lo largo del presente trabajo.

En general, el estudio realizado reveló que la variabilidad en el desempeño de la línea de envasado detectado por medio del análisis de tablas de control, puede reducirse mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta como Justo A Tiempo, TPM, Kanban y OEE.

Dichas herramientas, permitieron observar una mejora en la utilización de los equipos del 22 por ciento en comparación a la actualidad. Unido a ello, se observa una mejora del 41 por ciento en la productividad de la línea de producción.

Adicionalmente, se realizó el análisis económico en el cual se determinó la factibilidad de la implementación de la propuesta de mejora al proceso, ya que la inversión es recuperable a los 3 días del año 1.

¹Throughput: tasa a la cual el sistema alcanza la meta que expresa como la cantidad de unidades en el sistema partido el tiempo que tarda una unidad en fluir por todo el sistema

II. JUSTIFICACIÓN

Debido a que la agricultura es la actividad económica más fuerte del país², la competencia en el mercado de los agroquímicos es amplia. Es por ello que cualquier ventaja competitiva permite a la industria obtener oportunidades de crecimiento y mayores márgenes de ganancia.

En la actualidad el proceso de envasado de los insecticidas líquidos en la planta de producción de agroquímicos ubicada en el municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala, presenta grandes deficiencias causadas principalmente porque los procesos que ahí intervienen no se encuentran estandarizados y los fallos operacionales del equipo cada vez son mas frecuentes.

Es por ello, que a través de la propuesta de optimización del proceso de envasado, se muestra a los directivos de la planta que si hay oportunidades de mejora de hasta un 41% en la productividad de la línea y una mejora del 22% de la utilización de los equipos. Las cuales se traducen en menores costos de operación y mayores márgenes de ganancia.

²Banco de Guatemala, *Sistema de Cuentas Nacionales 1993 -SCN93- (Año Base 2001) – TRIMESTRALES*.
<http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=84369&aud=1&lang=1>

III. OBJETIVOS

A. General:

Desarrollar una propuesta de mejora al proceso de envasado de insecticidas líquidos que permita un aumento en la productividad de al menos 20%.

B. Específicos:

1. Determinar las causas que retrasan el proceso de envasado de los insecticidas líquidos para obtener el OEE actual del equipo.
2. Determinar los tiempos estándar actuales para la fabricación de una unidad de producto terminado.
3. Desarrollar propuestas de mejora para obtener los nuevos tiempos estándar del proceso de envasado de los insecticidas líquidos.
4. Analizar y determinar los beneficios económicos de la implementación de la propuesta de mejora, mediante un análisis financiero.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Distribución de una planta:

La distribución de una planta, es el ordenamiento físico de todos los elementos industriales que permitan el movimiento de materiales, almacenamiento, personal, equipos de trabajo entre otros.

El objetivo de una distribución adecuada de la planta, es poder integrar todos los factores que afectan la distribución. Buscando que ésta sea lo más económica y segura que se pueda.

B. Principios básicos de la distribución en planta:

La adecuada distribución de una planta debe cumplir con seis principios, los cuales se describen a continuación:

1. *Principios de la satisfacción y seguridad:* Distribución que hace el trabajo más satisfactorio y seguro al personal.
2. *Principio de integración de conjunto:* Distribución que integra hombres, materiales, máquinas, actividades auxiliares y cualquier otro factor.
3. *Principio de la mínima distancia recorrida:* Distribución que permite que la distancia recorrida por el material sea la menor posible.
4. *Principio de flujo de materiales:* Distribución que permite que cada operación este en el mismo orden en que se transforman, tratan o montan los materiales.
5. *Principio del espacio cubico:* Distribución obtenida al utilizar todo el espacio disponible de modo efectivo.
6. *Principio de la flexibilidad:* Distribución que permite el ajuste o reordenamiento al menor costo posible.

C. Tipos de distribución:

1. *Distribución por posición fija:* Distribución en la que el material o componente permanece en una posición fija y la maquinaria, hombres confluyen hacia él. Este tipo de distribución se utiliza cuando se produce una única unidad a la vez y un único producto.

Ejemplo: los montajes de aviones y barcos.

Imagen 1: Distribución por posición fija.



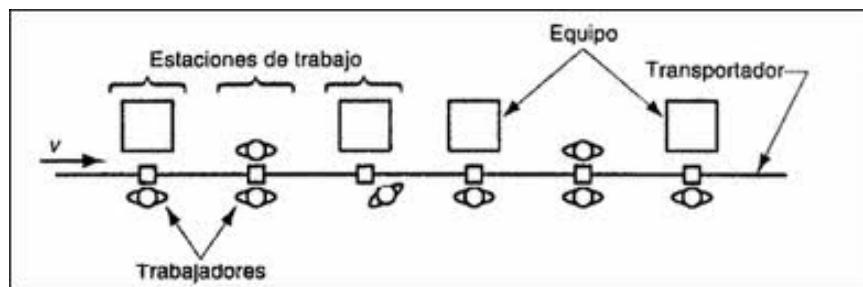
2. *Distribución por proceso:* Distribución en la que todas las operaciones del proceso están agrupadas en un mismo sector.

La característica principal de este tipo de distribución es que el material se desplaza entre puestos diferentes de una misma sección.

3. *Distribución por producto:* En esta distribución el material se desplaza de una operación a otra.

Su característica principal es que los puestos de trabajo, se ubican según el orden establecido, lo cual permite el aprovechamiento del espacio.

Imagen 2: Distribución por producto.



4. *Distribución por tecnología de grupos o distribución celular:* Distribución que agrupa máquinas y equipos para trabajar productos con formas y requisitos similares (familias de productos).

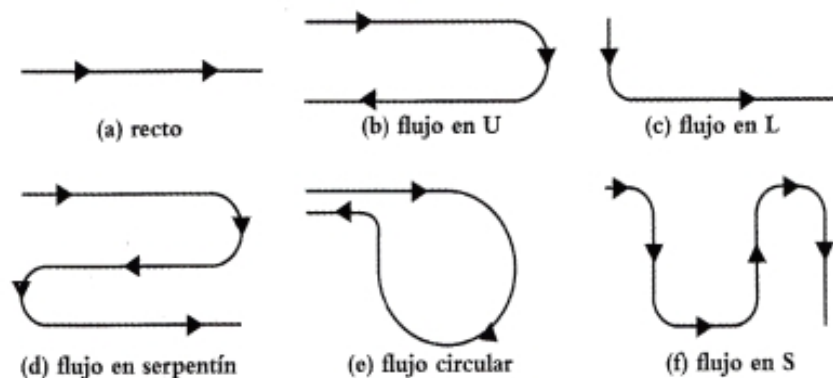
Es importante mencionar, que este tipo de distribución es una combinación entre distribución por proceso y distribución por producto.

D. Tipos de flujos de movimientos de materiales:

Para determinar cuál es la distribución más adecuada de la planta, hay que tomar en cuenta cual es el patrón de flujo de los materiales. Sin embargo ello dependerá de las características del producto y su fabricación.

Es por ello, que existen patrones de flujo de materiales que pueden adaptarse al tipo de distribución que más convenga a nuestro proceso productivo.

Imagen 3: Patrones de flujo de movimiento de los materiales.



E. Diagrama del Proceso Operativo (DOP):

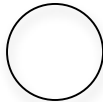

El diagrama de proceso operativo muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos, y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. (Niebel, Freivalds, 2009)

El diagrama de proceso operativo permite obtener información como:

- Diseño de partes
- Tolerancias y especificaciones
- Detalles de manufactura

Para la construcción de un Diagrama de Proceso Operativo se utilizan dos símbolos:

Tabla 1: Simbología del Diagrama de Proceso Operativo.

Actividad	Símbolo	Explicación
Operación		Se lleva cabo cuando hay una transformación intencional del producto.
Inspección		Verificación de la calidad de un producto respecto a un estándar.

Los símbolos, están unidos por líneas verticales que indican el flujo que sigue el proceso. Mientras que las líneas horizontales, indican los ingresos o abandonos de materiales en el proceso.

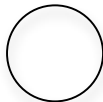
F. Diagrama de flujo del proceso:

Este tipo de diagrama, provee mayor información que el Diagrama del Proceso Operativo ya que permite conocer los movimientos y almacenamientos involucrados en el proceso productivo.


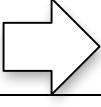
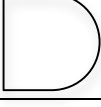

El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. (Niegel, Freivalds, 2009)

A continuación se muestra la simbología utilizada en la construcción de un diagrama de flujo del proceso.

Tabla 2: Simbología del Diagrama de flujo del proceso.

Actividad	Símbolo	Explicación
Operación		Se lleva cabo cuando hay una transformación intencional del producto.

Continuación de tabla 2: Simbología del Diagrama de flujo del proceso.

Inspección		Verificación de la calidad de un producto respecto a un estándar.
Transporte		Cambio o movimiento de un lugar a otro de un objeto.
Retrasos		Retraso del producto hacia el paso siguiente.
Almacenamiento		Se almacena el producto terminado.

G. Diagrama de recorrido:

El diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. (Niegel, Freivalds, 2009)

Además permite visualizar de una manera más fácil el área de estudio y con esto ver la relación de espacio entre los departamentos y los equipos.

H. Estudio de movimiento:

El estudio de movimientos, es un análisis de los movimientos del cuerpo empleados en la realización de un trabajo. El propósito del estudio es reducir o eliminar los movimientos inefectivos y acelerar los efectivos.

El estudio de movimientos se apoya en los diagramas bimanuales que muestran todos los movimientos y retrasos realizados por las manos. El propósito de esto es representar a detalle las operaciones para analizarlas y mejorarlas.

Todo trabajo, ya sea productivo o no, se realiza mediante el uso de combinaciones de 17 movimientos básicos a los que ellos llamaron therbligs, los cuales pueden ser efectivos o inefectivos.

Tabla 3: Therbligs efectivos.

Therbligs efectivos		
Avance directo en el progreso del trabajo. Pueden reducirse pero difícilmente eliminarlo		
Therblig	Símbolo	Descripción
Alcanzar	AL	- Movimiento con la mano vacía desde y hacia el objeto. - Predecesora de tomar - Seguido de soltar
Mover	M	- Movimiento con la mano llena. - La duración depende de la distancia y tipo de movimiento. - Predecesora de tomar - Seguido de soltar.
Tomar	T	- Cerrar los dedos alrededor de un objeto. - Depende del tipo tomar. - Predecesor de alcanzar - Seguido de mover.
Soltar	S	- Dejar el control de un objeto.
Preposicionar	PP	- Posicionar un objeto en un lugar predeterminado. - Ocurre junto con mover.
Usar	U	- Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha.
Ensamblar	E	- Unión de dos partes que van juntas. - Predecesor de posicionar o mover. - Seguido de soltar.
Desensamblar	DE	- Separación de partes que están juntas. - Predecesor de posicionar o mover - Seguido de soltar

Tabla 4: Therbligs Inefectivos.

Therbligs inefectivos		
No avanzan directo en el progreso del trabajo. Si es posible, hay que eliminarse.		
Therblig	Símbolo	Descripción
Buscar	B	- Los ojos o manos se mueven para localizar un objeto
Seleccionar	SE	- Elegir un artículo entre varios.
Inspeccionar	I	- Comparar un objeto con un estándar.
Posicionar	P	- Orientar un objeto durante el trabajo.
Planear	PL	- Hacer pausa para determinar la siguiente acción.
Retraso inevitable	RI	- Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación
Retraso evitable	RE	- El operario es responsable del tiempo ocioso.
Descanso para contrarrestar fatiga	D	- Depende del trabajo físico.
Sostener	SO	- Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza cierto trabajo.

I. Tiempo Estándar:

El tiempo estándar, es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una determinada operación.(Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Esta herramienta permite determinar la carga de trabajo, eliminando desperdicios y reduciendo las variaciones del proceso. Está relacionada con el concepto de tiempo ritmo o tiempo Takt que es una cifra teórica que permite saber el tiempo requerido para producir una pieza o unidad en cada etapa del proceso productivo.

Es importante tomar en cuenta que los cambios en el tiempo estándar tiene efecto sobre factores como el tiempo en que trabajó un equipo y la cantidad de mano de obra requerida.

J. Tiempo de procesamiento:

El tiempo de procesamiento, se define como el tiempo total para procesar un producto a través de toda la planta y comprende el lapso de tiempo desde que ingresa la materia prima al área de operaciones hasta que sale de ésta, ya como producto terminado.

El tiempo de procesamiento considera factores como:

1. Tiempo de preparación: Tiempo en el cual el equipo está siendo preparado y las partes o subensambles están esperando ser procesadas.
2. Tiempo de proceso: Es el tiempo en que una parte o subensamble se encuentra en proceso.
3. Tiempo de cola: Es el tiempo que una parte o subensamble espera un recurso porque éste está procesado una pieza o subensamble.
4. Tiempo de espera: Es el tiempo que espera una pieza por otra pieza con la que se ensamblará.
5. Tiempo ocioso: Es el tiempo total que está inactivo el recurso causado por los tiempos de preparación, procesamiento, tiempo cola y tiempo de espera.

K. Tiempo Takt:

El tiempo Takt (Tiempo ritmo), es una medida que relaciona la demanda total del cliente como factor de tiempo. El función del tiempo Takt, es igualar el proceso de manufactura con la demanda del cliente.

El tiempo Takt está dado por el tiempo total disponible de operación durante un periodo de tiempo partido el número de unidades promedio requeridas por los clientes durante ese periodo de tiempo.

El valor de tiempo Takt puede ser distinto en cada etapa del proceso de manufactura si los equipos involucrados en cada una de estas fases trabaja en distintos turnos.

L. Tiempo ciclo:

El tiempo ciclo es el tiempo promedio entre la producción de dos piezas o lotes consecutivos.

El tiempo ciclo, está relacionado con métricas como la Eficiencia General de los Equipos (OEE) por lo que el cálculo del Tiempo Ciclo está dado por la ecuación:

$T_c = \text{Cantidad de piezas producidas en un día perfecto} \times \text{OEE del sistema.}$

M. Cuello de botella:

Un cuello de botella se puede definir como un recurso, el cual su rendimiento o capacidad limita todo un sistema, por lo que este mismo posee una capacidad inferior a la demanda que se le impone. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Para encontrar los cuellos de botella, se debe analizar las cargas que se colocan en cada recurso. Después se observan los elementos que poseen un exceso de carga, es decir que están programados por encima de su capacidad. Por lo que es muy usual encontrar gran cantidad de inventario enfrente del mismo. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

Existen varias formas de ahorrar tiempo en un cuello de botella, entre las cuales se pueden mencionar, mejorar las herramientas, trabajadores de mejor calidad, lotes de tamaño más grandes, reducción de tiempos de preparación entre otros. (Chase, Jacobs, Aquilano, 2009)

N. Kanban:

Kanban que en japonés significa “tarjeta de instrucción”, es un sistema de producción sumamente efectivo. Su función principal es funcionar como orden de proceso, ya que muestra información de que se producirá, cuanto se producirá y en que equipos se producirá.

Las funciones principales del Kanban es ser un control de la producción y un sistema de mejora del proceso. Como control de la producción permite la integración de los procesos y el desarrollo del sistema de justo a tiempo en el que los materiales llegan en tiempo y cantidad que se requiere para el lote de producción. Como proceso sistema de mejora, facilita diferentes actividades como la reducción y eliminación de desperdicios, mantenimiento preventivo, entre otros.

O. Eficiencia General de los Equipos (OEE)

Es una medida que determina qué porcentaje del tiempo total de producción es realmente productivo. Esto quiere decir que un OEE del 100% representa una producción perfecta (Piezas sin defectos, tan rápido como sea posible y sin tiempos muertos).

El OEE está conformado por tres relaciones porcentuales las cuales se describen a continuación:

1. *Disponibilidad*: Toma en cuenta todos los tiempos muertos (tiempo en el que se podía producir y no se produjo) e incluye el tiempo en el que la máquina ha estado produciendo y el tiempo que la máquina debería haber estado produciendo.

La ecuación que determina la disponibilidad es la siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{Tiempos muertos}}{\text{Tiempo total de operación}}$$

2. *Eficiencia*: Toma en cuenta la pérdida de velocidad de producción, que incluye la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podría haber producido.

La ecuación que determina la disponibilidad es la siguiente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Piezas producidas}}{\text{Piezas previstas}}$$

3. *Calidad*: Toma en cuenta las piezas que no alcanzan los parámetros de calidad y la cantidad total de piezas producidas.

La ecuación que determina la calidad es la siguiente:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Total de piezas producidas} - \text{Piezas defectuosas}}{\text{Total de piezas producidas}}$$

El OEE esta dado por la multiplicación de estas tres relaciones, por tanto:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

P. Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto (SMED)

Sistema que tiene como principio reducir el tiempo que toma completar el cambio de formato de los equipos.

Este sistema, clasifica todas las actividades del proceso en actividades internas y externas. Las internas son las actividades que deben realizarse cuando el equipo está

detenido y las externas son las actividades que pueden realizarse aún con el equipo operando. El objetivo principal es convertir la mayor cantidad de actividades en externas para simplificar el proceso y reducir el tiempo total que el equipo está detenido.

Q. Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Metodología que enfatiza el mantenimiento preventivo y proactivo de los equipos para maximizar la eficiencia operacional de los equipos. Reduciendo los fallos, las bajas de ritmo de producción y los defectos.

La implementación del TPM genera responsabilidad compartida y empoderamiento de los operadores para colaborar en el mantenimiento de sus equipos, lo cual mejora la productividad reduciendo los tiempos ciclo y los defectos.

R. Metodología de las 5 S:

Metodología que permite maximizar la eficiencia de los lugares de trabajo, permitiendo la diversificación de productos, calidad más elevada y reducción de tiempos.

Se basa en cinco principios de los cuales se deriva el nombre de la metodología por las iniciales en japonés:

- Seiri (Clasificar): Eliminar todo lo que no es necesario.
- Seiton (Organizar): Ubicar los elementos necesarios en sitios de fácil acceso.
- Seiso (Limpieza): Limpiar e inspeccionar el área de trabajo.
- Seiketsu (Estandarización): Crear estándares que mantengan los cambios que se han alcanzado.
- Shitsuke (Disciplina): Crear hábito para respetar los procedimientos que se han establecido.

S. Justo a tiempo (JIT):

Metodología que define como se deben optimizar los sistemas de producción. Busca entregar materias primas o componentes a las líneas de ensamblaje a medida que estas son necesarias y su filosofía está enfocada en la demanda.

El Justo a tiempo se basa en cuatro pilares:

1. Evidenciar problemas fundamentales.
2. Eliminar desperdicios.
3. Simplificar.
4. Identificar problemas.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO, SITUACIÓN ACTUAL

A. Descripción del producto.

La línea de producción bajo estudio, se dedica al envasado de insecticidas en estado líquido que se formulan dentro de la planta de producción. Cabe mencionar que los insecticidas ahí envasados son de una misma familia de productos denominada Suspensiones Concentradas (SC). Las presentaciones que se pueden envasar en esta línea de producción son: 100 mililitros, 125 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros y 1 litro. La fabricación de estas presentaciones dependerá de la demanda de mercado.

El producto terminado son envases que contienen el insecticida y cada uno posee las siguientes partes:

Tabla 5: Partes que conforman el producto terminado.

1. Envase.	2. Etiqueta de envase.
3. Tapa.	4. Liner de seguridad.
5. Panfleto.	6. Porta panfleto.

B. Disposición de la planta:

La línea de producción está ubicada en un edificio de 20 metros de frente por 38 metros de longitud³. El interior del edificio tiene columnas de acero que soportan el techo, y recorren longitudinalmente el área formando una separación virtual de la misma.

En la cara lateral derecha del edificio hay dos puertas, de las cuales una es utilizada para el ingreso de materia prima y la otra es utilizada para la salida del producto terminado hacia la bodega de almacenamiento.

La distribución de la planta es una distribución por tecnología de grupos, ya que en cada una de las líneas de producción se trabaja una familia de productos la cual es catalogada por el tipo de solvente y composición química que tiene el insecticida.

El flujo del material durante el proceso productivo es lineal ya que las máquinas y equipos están distribuidos de tal manera que el espacio de la planta se utilice al máximo.

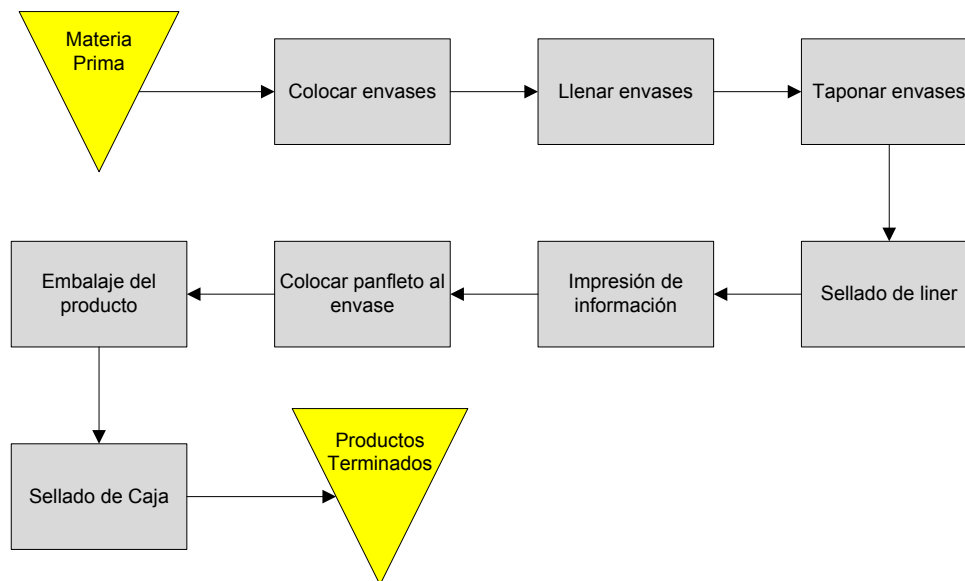
³Véase Apéndice A: "Plano de disposición del edificio".

C. Operaciones del proceso:

El procedimiento de envasado de los insecticidas cuenta con 8 operaciones principales. Cada una de estas, pertenece a una máquina o persona específica para realizarlas. A continuación se enumera cada una de ellas:

1. Preposicionar los envases en la ruleta.
2. Llenar los envases con líquido insecticida.
3. Taponado del envase.
4. Sellado con liner de inducción.
5. Impresión de la información del producto.
6. Colocación de panfleto.
7. Etiquetado del envase (solo para presentación 1 litro).
8. Embalaje del producto.
9. Sellado de caja.

Diagrama 1: Diagrama de flujo del proceso envasado.



D. Descripción del proceso:

1. **Preposicionar los envases en la ruleta:** Este proceso consiste en colocar los envases vacíos en la mesa giratoria que está conectada a una banda transportadora que los lleva a la máquina de llenado. Es importante mencionar que estos envases llegan ya etiquetados al área (a excepción de los envases de 1 litro) por medio de montacargas que los trasladan desde la bodega de materia prima y empaque hasta la línea de producción.

2. **Llenar los envases con líquido insecticida:** Los envases entran en sets de 6 unidades a la máquina de llenado. Esta máquina, envía el producto a través de 6 cilindros de volumen variable. Luego estos cilindros se llenan y el producto es empujado hacia las boquillas dosificadoras gracias a los émbolos que están dentro de los cilindros.

3. **Taponado del envase:** Esta operación consiste en colocarle tapa a los envases con producto. Los envases ya llenos, entran a una máquina que por medio de un seleccionador hace llegar los tapones a una mordaza que los toma y los posiciona sobre los envases. Luego esta mordaza comienza a girar con la tapa y lo enrosca al envase. Cabe mencionar que esta máquina es semiautomática, ya que las tapas son cargados al dosificador manualmente por un operario que se encarga únicamente de realizar esta operación y revisar que el taponado de los envases se realice de manera adecuada para no tener problemas en la operación subsecuente.

4. **Sellado con liner de inducción:** Este paso consiste en sellar los envases con una membrana de aluminio y plástico que se funde junto con el envase al pasar por debajo de una selladora de inducción. Estos liner están insertos en la tapa que se ponen en la operación previa y tienen como función evitar las fugas del producto a través de las tapas.

5. **Impresión de la información del producto:** Este proceso consiste en la impresión del envase con la información que permite dar trazabilidad al producto en caso de reclamos. La información que se imprime sobre el envase, es el número de lote de envasado, línea de producción en que fue envasado el producto, el año de formulación del producto y la fecha de envasado.

6. **Colocación de panfleto:** Este es un proceso manual en su totalidad que consiste en colocar en el cuello del envase el panfleto informativo del producto. Este contiene información de uso, cultivos para los que está permitido utilizarse, plagas contra las que es efectivo y los registros de los países a los cuales se puede exportar.

7. **Etiquetado del envase:** Esta es una operación válida solo para la presentación de litro. Aquí se coloca la etiqueta del envase, que ya tiene el panfleto y la impresión de la información del producto. Por lo que en la presentación de 1 litro se realizan tres operaciones en una.

8. **Embalaje del producto:** Este proceso consiste en colocar manualmente las unidades de insecticida producido en cajas de cartón que fungen como contenedores primarios del producto. Luego de llenar la caja, el operador dobla las pestañas de la caja para enviarla al sellado. Durante este proceso hay una máquina denominada desplegador de cajas que ayuda al operario a abrir la caja y la eleva a una altura de aproximadamente de 1 metro a nivel del suelo, y ergonómicamente ayuda al operario a no agacharse para tomar la caja.

La capacidad de la caja es de 12 y 20 envases dependiendo la presentación que se está produciendo y el producto. Usualmente los cajas con capacidad de almacenamiento de 12 unidades es para la presentación de 1 Litro y las cajas de 20 unidades son para productos en presentaciones menores a 1 Litro.

9. **Sellado de caja:** Este es el proceso final en la línea de producción que consiste en sellar con cinta adhesiva las caras superior e inferior de la caja. Esto se hace con la ayuda de una máquina en la que el operario que está llenando las cajas con envases, empuja la caja por una banda de rodillos y la hace ingresar a la selladora. Luego el operario coloca a la caja una etiqueta que contiene la información del producto.

E. Diagrama de Proceso Operativo de la Operación:

A continuación se muestran los diagramas de proceso de operación para cada una de las presentaciones que son fabricadas en la línea de producción⁴.

F. Diagrama de flujo del proceso:

El diagrama de flujo es una representación gráfica que favorece a la comprensión del proceso. A continuación se muestra el diagrama de flujo para el proceso de envasado en general.⁵

G. Diagrama de recorrido:

A continuación se muestra el diagrama de recorrido de la línea de producción bajo análisis⁶.

⁴Véase apéndice C: “*Diagramas de Procesos Operativos*”.

⁵Véase apéndice D: “*Diagramas del proceso*”.

⁶Véase apéndice E: “*Diagramas de recorrido*”.

VI. ANÁLISIS GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO ACTUAL

El análisis del proceso de envasado de los líquidos insecticidas surge al observar el frecuente incumplimiento de los plazos de producción por los que atraviesa la línea bajo estudio.

Dichos incumplimientos se deben a causas asignables que se analizarán posteriormente y que originan la variabilidad en el tiempo ciclo de producción para cada presentación.

A. Análisis estadístico del proceso productivo:

La variabilidad del proceso se refleja en los siguientes gráficos de control que se obtuvieron a partir de las tablas de medición de la producción de la línea de envasado bajo estudio. Estas tablas son un registro que muestra la cantidad de piezas producidas por turno de 9 horas laborales de los meses de enero a julio del 2013⁷.

Los gráficos de control muestran el desempeño y la variación de un proceso o algún indicador de calidad o productividad a través del tiempo en forma gráfica fácil de entender y e interpretar (Evans, Lindsay, 2008:664).

El límite central (LC) de las gráficas es la media de los datos recolectados del proceso, mientras que los límites control inferiores (LCI) y superiores (LCS) se calculan a partir de la siguiente ecuación:

$$LCI = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

$$LCS = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

Si los valores de la muestra caen fuera de los límites de control ... es posible que causas especiales afecten el proceso, por lo que no es estable y es preciso examinarlo y emprender acciones correctivas adecuadas. (Evans, Lindsay, 2008:667)

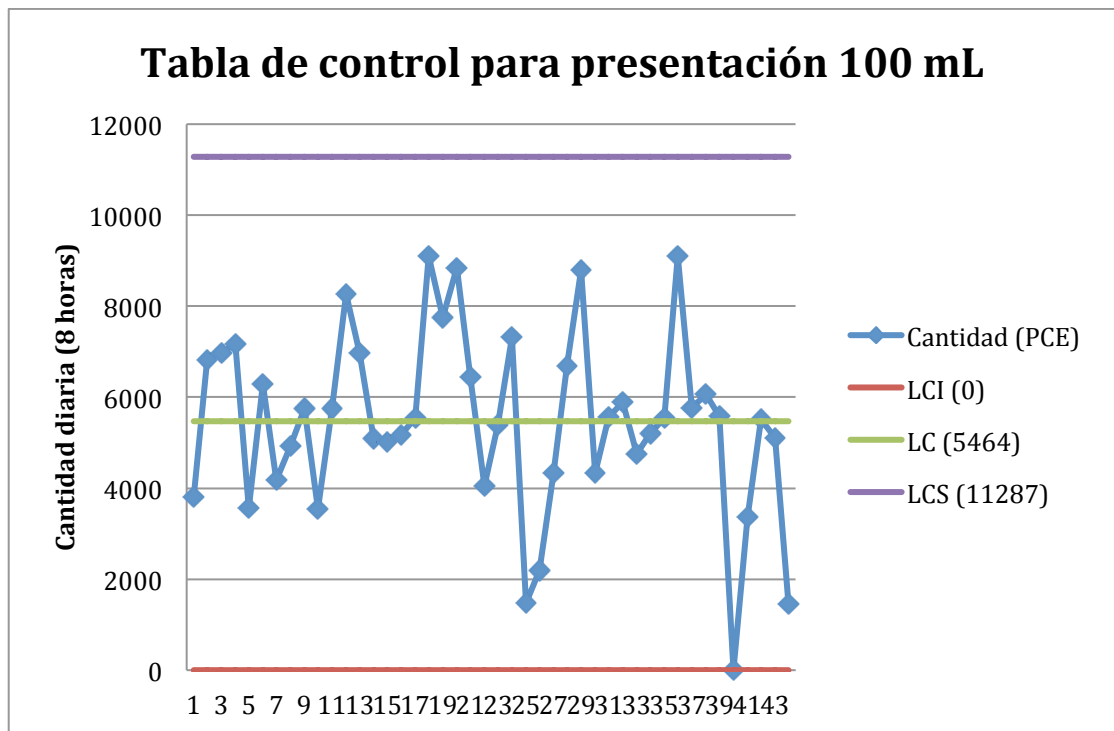
Si los puntos dentro de los límites de control muestran tendencias, cambios o inestabilidad son también causas especiales.

⁷Véase apéndice F: “Tablas de medición de la producción por presentación”.

Gráfico 1: Piezas de 100mL producidas por turno de 9 horas.

En este gráfico, se muestran la cantidad de piezas producidas en cada uno de los 43 turnos de 9 horas que se trabajaron en la línea de envasado bajo la presentación de 100 mL en los meses de enero a julio de 2013.

Así también, se puede observar que el proceso de envasado para esta presentación no es estable puesto que los valores muestran inestabilidad en el proceso. Lo que indica que hay causas asignables.

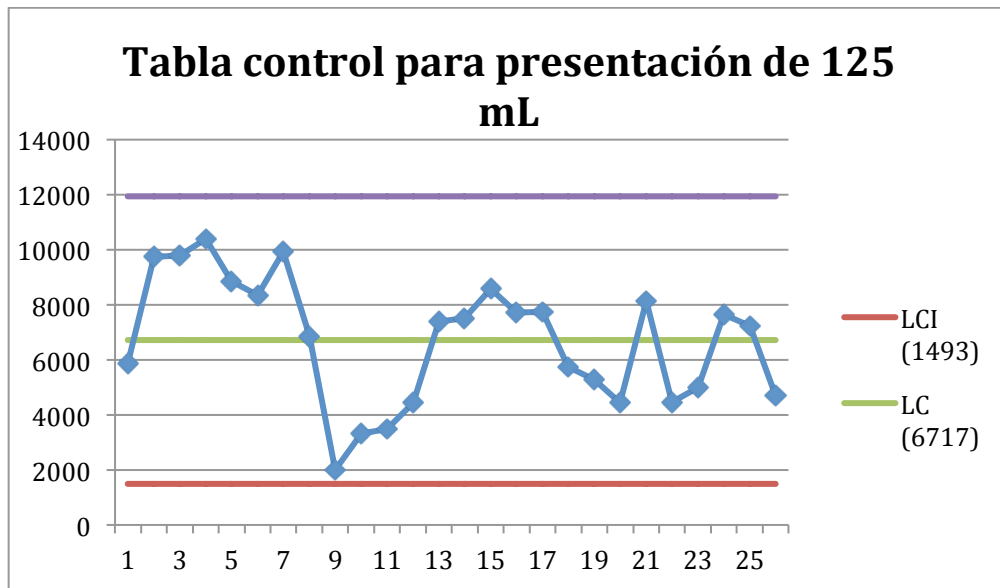


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2: Piezas de 125mL producidas por turno de 9 horas.

En este gráfico, se muestran la cantidad de piezas producidas en cada uno de los 26 turnos de 9 horas que se trabajaron en la línea de envasado bajo la presentación de 125mL en los meses de enero a julio de 2013.

Como se puede observar, el proceso no es consistente, los datos muestran inestabilidad, lo cual indica que el proceso de envasado para la presentación de 125 mL se encuentra fuera de control.

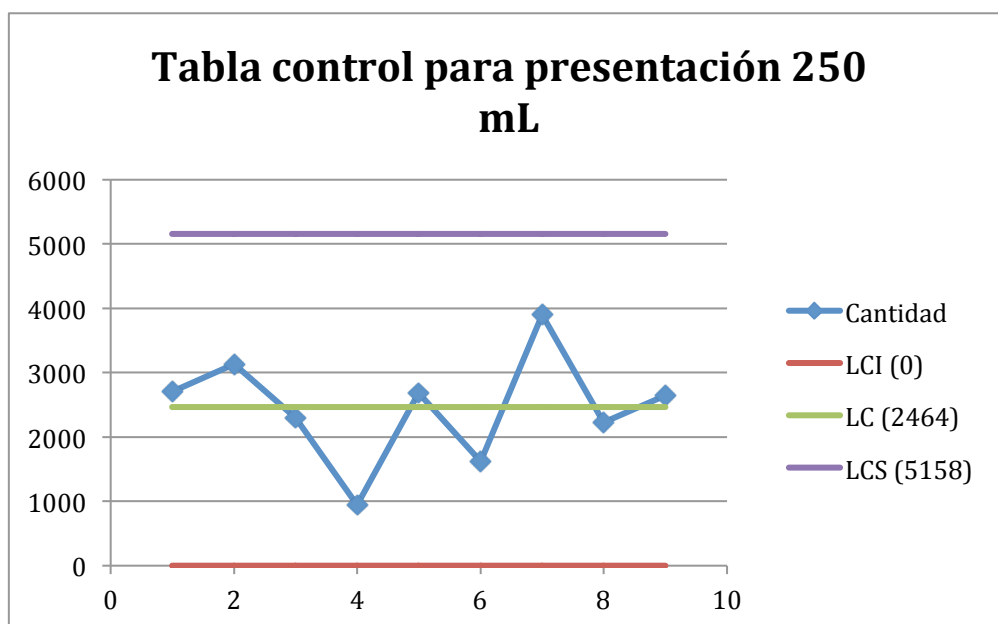


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Piezas de 250mL producidas por turno de 9 horas.

En este gráfico, se muestran la cantidad de piezas producidas en cada uno de los 9 turnos de 9 horas que se trabajaron en la línea de envasado bajo la presentación de 250mL en los meses de enero a julio de 2013.

Aquí se puede observar a que a pesar que todos los datos se encuentran dentro de los límites inferior y superior, se observan variaciones en las cantidades producidas por turno, es decir no hay estabilidad en el proceso, lo cual indica que al igual que en las otras presentaciones, el proceso de envasado para la presentación de 250 mL, está fuera de control y se hace necesario analizar las causas que generan la variabilidad del proceso.

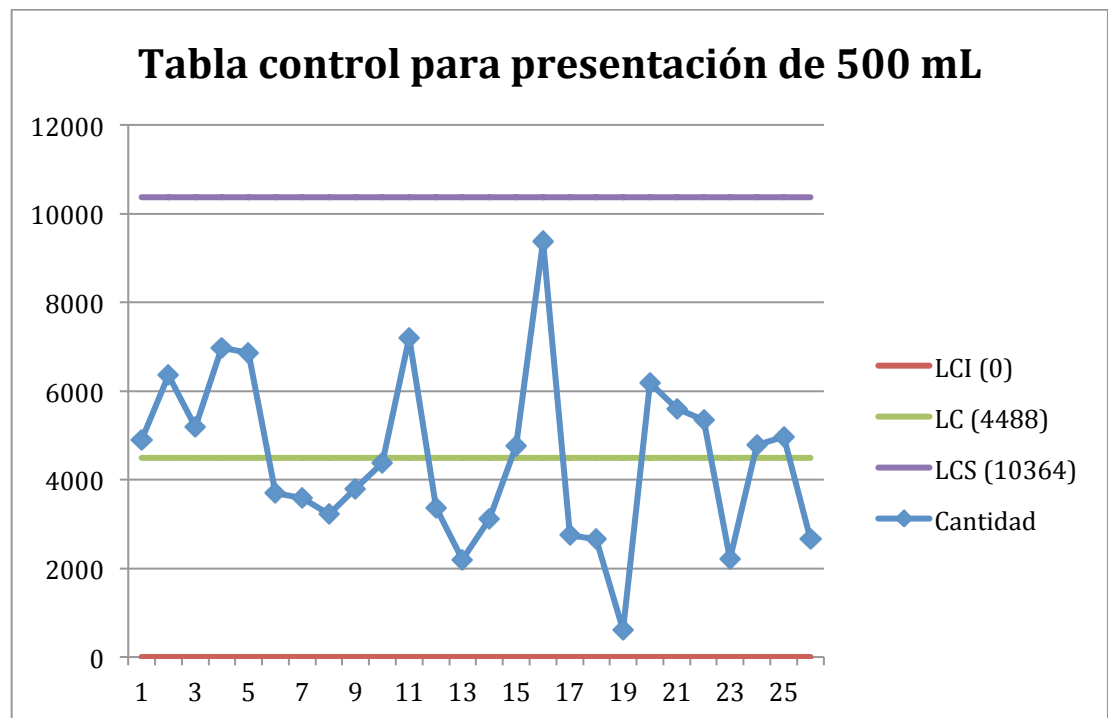


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4: Piezas de 500mL producidas por turno de 9 horas.

En este gráfico, se muestran la cantidad de piezas producidas en cada uno de los 26 turnos de 9 horas que se trabajaron en la línea de envasado bajo la presentación de 500mL en los meses de enero a julio de 2013.

Al igual que en los gráficos anteriores, se observa que hay no hay ninguna tendencia entre los datos y hay gran variabilidad en el proceso de envasado de insecticidas en esta presentación.

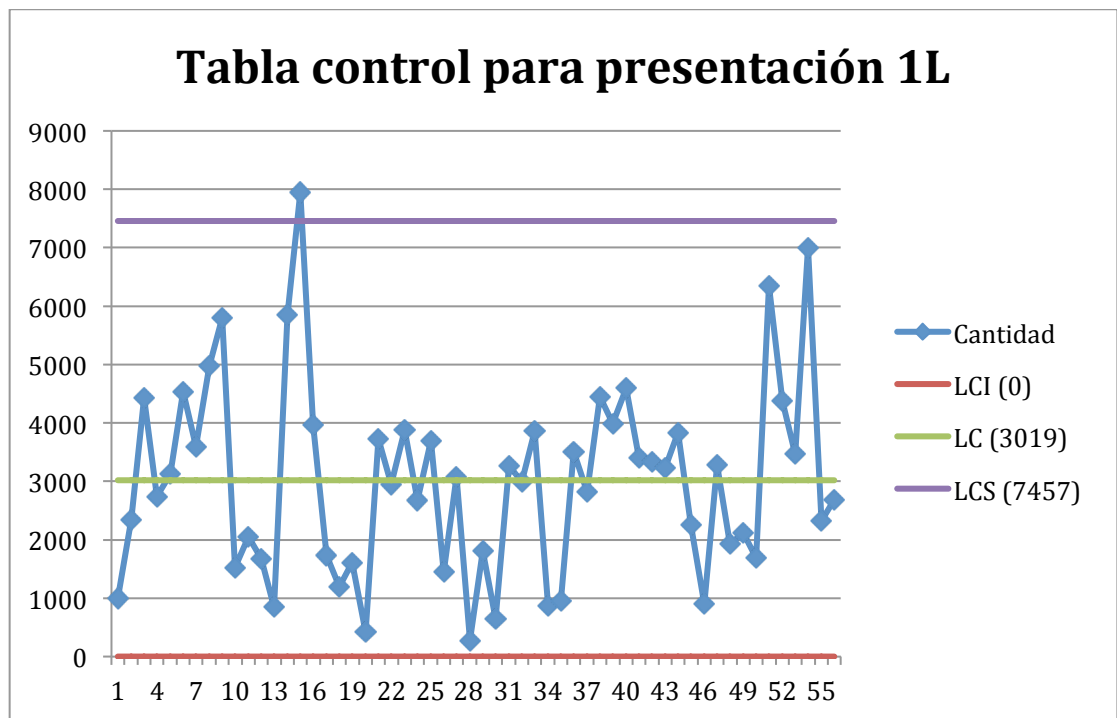


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5: Piezas de 1 Litro producidas por turno de 9 horas.

En este gráfico, se muestran la cantidad de piezas producidas en cada uno de los 56 turnos de 9 horas que se trabajaron en la línea de envasado bajo la presentación de 1 L. en los meses de enero a julio de 2013.

Así también, se observa la variabilidad del proceso ya que no hay una tendencia entre los datos y algunos de ellos se encuentran fuera de los límites de control inferior y superior, lo que indica que estos datos están fuera de la variabilidad natural del proceso bajo estudio.



Fuente: Elaboración propia.

En los gráficos de control anteriores para cada presentación, se puede observar que el proceso de envasado de insecticida líquido es un proceso variable. Dicha variabilidad genera impredecibilidad en el proceso, ya que no permite predecir cual puede ser el desempeño futuro del proceso. Por otro lado, reducen el uso de la capacidad del equipo, ya que de no existir dicha variabilidad se podría aumentar la carga de trabajo al proceso mejorando la utilización del sistema.

Dicha variabilidad en los procesos puede ser generada por causas comunes relacionadas a las materias primas, mano de obra, maquinaria o métodos de trabajo. Por esta razón, se hace necesario realizar un análisis de Eficiencia General de los Equipos (OEE), que permitirá determinar cual es la utilización actual del equipo y las causas comunes que generan la inestabilidad del proceso.

B. Eficiencia General de los Equipos (OEE):

Durante los meses de enero a julio del presente año se midieron los tiempos muertos ocurridos durante la operación de la línea de envasado, y permitió definir lo siguiente:

- Tiempo Total disponible del equipo (Enero a Julio): 4882 horas
- Tiempo Total de Operación de la línea: 1537 horas
- Tiempo muerto total durante la operación: 784 horas
- Producción Real: 768,300 piezas.
- Producción Prevista: 784,000 piezas.
- Cantidad de piezas reprocesadas: 10,000 piezas.

En base a esta información, se calculó cada uno de los factores que conforman el índice de Eficiencia General de los Equipos:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{1537 \text{ horas} - 784 \text{ horas}}{4882 \text{ horas}} = 15.42\% = 15\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{768300 \text{ piezas}}{784000 \text{ piezas}} = 97.99\% = 98\%$$

$$\text{Calidad} = \frac{768300 \text{ piezas} - 10000 \text{ piezas}}{768300 \text{ piezas}} = 98.69\% = 99\%$$

Por tanto el OEE fue calculado de la siguiente manera:

$$\text{OEE} = 15\% \times 98\% \times 99\% = 14.55\% = \mathbf{15\%}$$

Al analizar los resultados de cada uno de los tres factores que conforman el OEE, se observa que la Disponibilidad del equipo es el factor que más afecta la productividad de la línea de envasado actualmente. Por esta razón, hace necesario analizar las causas asignables a los tiempos muertos durante la operación del equipo.

La determinación de estas causas permitirá dar soluciones correctivas de estos problemas y así mejorar la eficiencia de la línea productiva bajo estudio.

C. Causas que originan los tiempos muertos del proceso productivo:

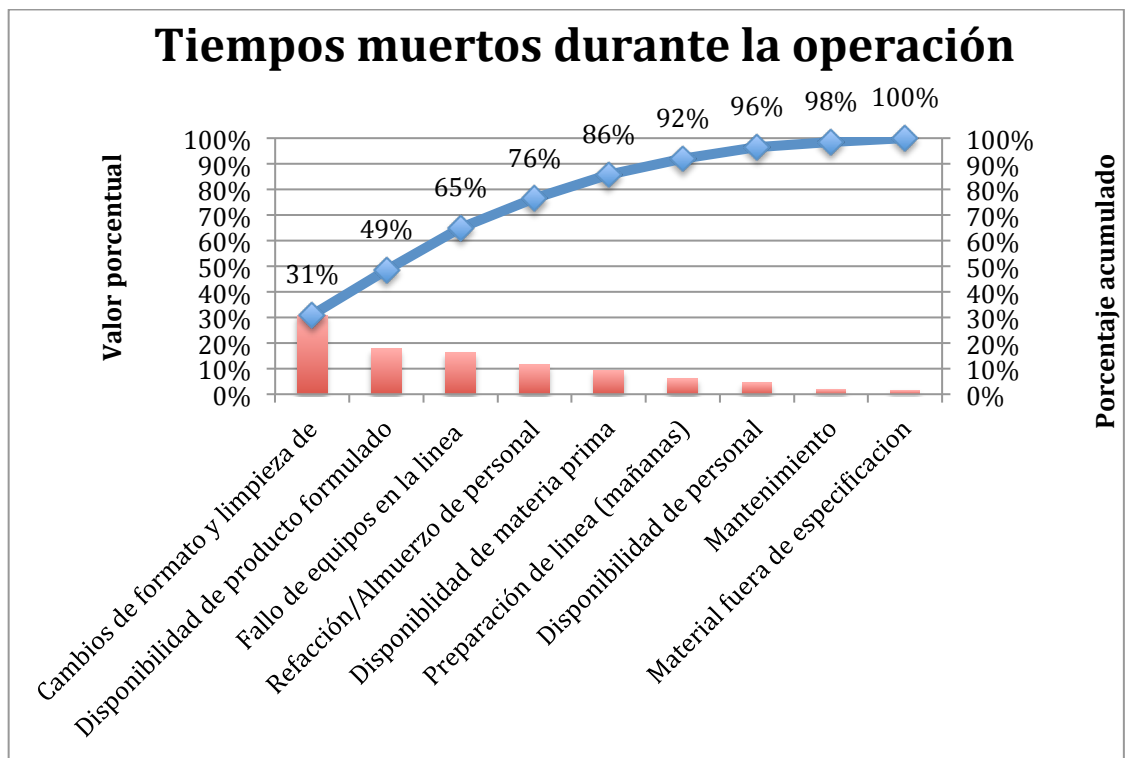
Con la ayuda de la información recopilada de los meses de enero a julio del año 2013 para la obtención de la Eficiencia General de los Equipos se determinó que los tiempos muertos durante la operación de línea son causados por:

Tabla 6: Causas de tiempos muertos durante la operación de la línea.

Causa de tiempos muertos durante la operación	Tiempo (horas)	Valor Porcentual	Porcentaje acumulado
Cambios de formato y limpieza de equipo	242	31%	31%
Disponibilidad de producto formulado	138	18%	49%
Fallo de equipos en la línea	127	16%	65%
Refacción/Almuerzo de personal	90	12%	76%
Disponibilidad de materia prima	73	9%	86%
Preparación de línea (mañanas)	47	6%	92%
Disponibilidad de personal	35	5%	96%
Mantenimiento	15	2%	98%
Material fuera de especificación	12	2%	100%
Total:	784	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6: Gráfico de Pareto para los tiempos muertos de operación durante la operación de la línea.



Fuente: Elaboración propia.

Basándose en el principio de Pareto del 80-20, se observa que las principales causas atribuibles a la pérdida de disponibilidad de la línea de envasado son:

- Cambios de formato de y limpieza de equipo.
- Disponibilidad de producto formulado.
- Fallo de equipo en la línea de envasado.
- Refacción y Almuerzos del personal de la línea.
- Disponibilidad de materia de prima.

Estas causas sumadas representan el 86% de los paros de la línea y se debe realizar un análisis profundo del porque ocurren tan frecuentemente y evaluar la forma de aminorar o reducir su impacto en el desempeño de la línea.

D. Tiempo ciclo actual del proceso productivo:

Luego de haber determinado la Eficiencia Operativa de los Equipos, es posible determinar el tiempo ciclo estándar actual en el proceso de envasado de los agroquímicos.

Este se calcula multiplicando la cantidad total de piezas producidas en un turno normal sin ningún tiempo muerto por la Eficiencia Operativa de los Equipos que ha sido determinada previamente.

Las cantidades producidas durante un turno normal sin tiempos muertos se obtuvieron de las tablas de medición de la producción de los meses de enero a julio del presente año⁸.

Los datos recopilados son:

- 100 mililitros: 9600 piezas por turno: 1067 piezas por hora.
- 125 mililitros: 9600 piezas por turno: 1067 piezas por hora.
- 250 mililitros: 8500 piezas por turno: 944 piezas por hora.
- 500 mililitros: 7520 piezas por turno: 806 piezas por hora.
- 1 Litro: 7000 piezas por turno: 777 piezas por hora.

⁸Véase apéndice F: “*Tablas de medición de la producción*”.

Sabiendo que el OEE actual de la línea de envasado es del 15%, se determina lo siguiente:

$$1. \text{ Tiempo Ciclo para } 100\text{mL} = 1067 \text{ PCE} \times 15\% = 160 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{160 \text{ piezas}} = 0.375 \text{ minutos por pieza} = 22 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 1473 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

$$2. \text{ Tiempo Ciclo para } 125\text{mL} = 1067 \text{ PCE} \times 15\% = 160 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{160 \text{ piezas}} = 0.375 \text{ minutos por pieza} = 22 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 1473 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

$$3. \text{ Tiempo Ciclo para } 250\text{mL} = 944 \text{ PCE} \times 15\% = 142 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{142 \text{ piezas}} = 0.423 \text{ minutos por pieza} = 25 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 1296 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

$$4. \text{ Tiempo Ciclo para } 500\text{mL} = 806 \text{ PCE} \times 15\% = 121 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{121 \text{ piezas}} = 0.496 \text{ minutos por pieza} = 30 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 1080 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

$$5. \text{ Tiempo Ciclo para } 1\text{L} = 777 \text{ PCE} \times 15\% = 117 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{117 \text{ piezas}} = 0.513 \text{ minutos por pieza} = 31 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 1045 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

E. Análisis del tiempo Takt:

- Sabiendo que para la línea de producción bajo estudio, existe una demanda mensual 65,500 litros en promedio, que el turno de trabajo son 9 horas diarias y que se trabajan 20 días al mes, se procederá a calcular el tiempo Takt del proceso.

- *Demanda diaria promedio:* $\frac{65500 \text{ litros}}{20 \text{ días laborales en el mes}} = 3272 \text{ litros diarios}$

- *Tiempo disponible diariamente:*

$$9 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} = 540 \text{ minutos diarios.}$$

- $Tiempo_{Takt} = \frac{540 \text{ minutos}}{3272 \text{ litros}} = 0.16 \text{ minutos por litro} = 10 \text{ segundos por litro}$

Sabiendo que la demanda establece que cada 10 segundos debe envasarse 1 Litro de producto formulado, a continuación se presenta el tiempo ciclo estándar que se requiere por presentación para envasar 1 litro de producto formulado.

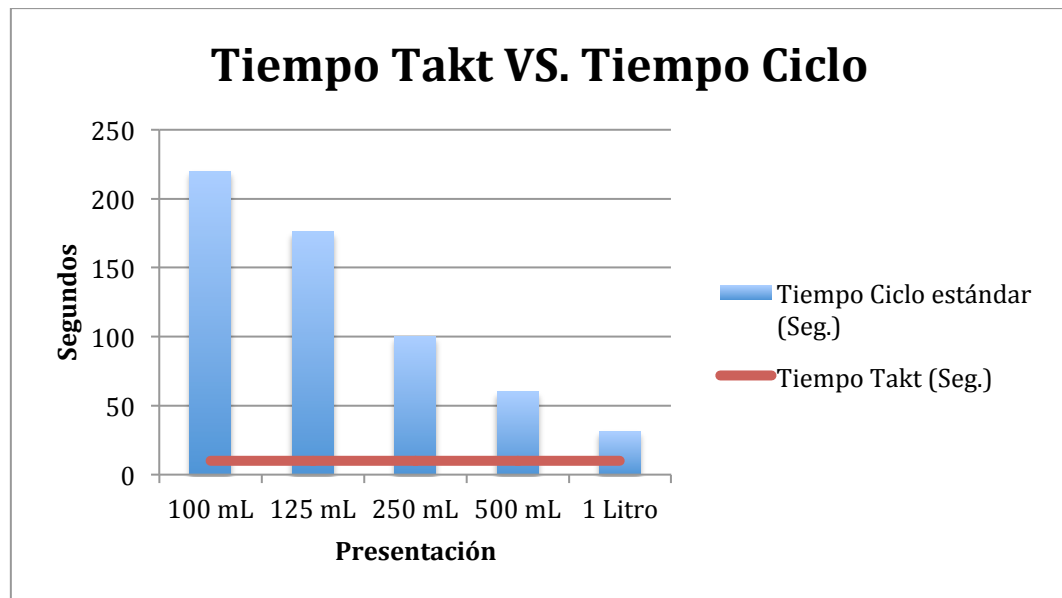
Tabla 7: Tiempo ciclo estándar vs. Tiempo Takt para el envasado de insecticidas.

Esta tabla, muestra el tiempo ciclo que toma por presentación envasar 1 litro de producto formulado versus el tiempo Takt que establece la demanda del producto.

Presentación	Tiempo Ciclo estándar (Seg.)	Tiempo Takt (Seg.)	Diferencia (Seg.)
100 mL	220	10	210
125 mL	176	10	166
250 mL	100	10	90
500 mL	60	10	50
1 Litro	31	10	21

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Gráfico del Tiempo ciclo actual vs. Tiempo Takt para el envasado de insecticidas.



Fuente: Elaboración propia.

Al observar la información de la tabla anterior, se puede establecer que el flujo de la producción está regido por el tiempo que tarda el envasado del producto en las presentaciones de 100 mililitros, 125 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros y 1 Litro. Lo que demuestra que en la actualidad es difícil satisfacer la demanda trabajando a turno normal de 9 horas 5 días a la semana. Lo cual ocasiona que se tengan que trabajar a dobles turnos durante la semana, e incluso se debe incurrir en tiempos extras para poder satisfacer la demanda del cliente. Esto hace inminente que se deban reducir los tiempos muertos durante el proceso de lo contrario los costos operativos seguirán aumentando según la demanda del producto.

Así mismo, se debe hacer notar que según información de la empresa, se tienen expectativas que la demanda para el año 2014 y 2015 aumente por la adquisición de nuevos contratos de exportación con nuevos países de la región, por lo que si la línea continua operando bajo estas condiciones el escenario de cumplimiento de la demanda a futuro no será muy favorable para la planta de producción.

F. Estudio de ergonomía en el proceso:

Situación actual:

1. *Iluminación:* Las ventanas del edificio tiene una longitud de 15 metros por 2 metros de altura. Estas se encuentran a una distancia de 2 metros de la línea de envasado lo que permite la utilización de la luz natural durante el día.

Imagen 4: Iluminación natural en el área de trabajo.



Si la iluminación no fuera la adecuada durante el turno laboral por cuestiones climáticas, la línea posee 4 lámparas halógenas de 75 watts de potencia y 1 metro de longitud. Aunque el trabajo no lo requiere, la luz tiende a ser un tanto tenue y puede disminuir el rendimiento del personal.

2. *Temperatura y ventilación:* Las paredes del edificio cuentan con un sistema que permite la ventilación del habitáculo. No obstante, debido a la gran cantidad de líneas productivas que se han instalado en el área, la ventilación se hace escasa y a ciertas horas del día la sensación térmica dentro del edificio es alta y es común escuchar comentarios del personal sobre la temperatura en la que se encuentran trabajando.
3. *Limpieza:* La limpieza del área de trabajo es buena ya que desde principios del presente año, se implementó la campaña de las 5's que busca mantener las áreas de trabajo ordenadas y las cosas en su lugar.

Si bien es cierto aún falta mucho por mejorar, pero sí se puede afirmar que el orden es bueno en el área de trabajo.

4. *Ruido*: Todos los equipos presentes en el proceso productivo generan distintos niveles de ruido. A pesar de ello, el personal no utiliza ningún tipo de protección personal, lo cual podría causarles molestias al final de turno.
5. *Posición de trabajo*: La posición de trabajo de los operarios en la línea de envasado es estar de pie durante todo el turno, lo cual ocasiona cansancio y disminución de la eficiencia, unido a ello la motivación de los operadores comienza a disminuir.

G. Kanban:

Cada vez que se genera una orden de producción, se imprime una tarjeta Kanban en la que se describe el código y nombre del producto, la presentación en que se envasará, la cantidad de piezas a producir y la lista de materiales que se utilizarán en la orden. Así también, se les entrega a los encargados de línea una tarjeta en la que se describe el peso neto que deben asignar al envase, la cantidad de piezas que deben producir y la fecha que deben de fabricación y vencimiento que debe ser impresa en los envases.

No obstante, se ha podido observar que esta tarjeta no está siendo efectiva porque los operadores no la revisan e imprimen mal las fechas y es motivo de reproceso por lo que a futuro, se debe crear un método de trabajo en el que se establezca la inspección de la información que se le está entregando al encargado de la línea.

VII. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROCESO DE ENVASADO

PROBLEMAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

El siguiente análisis crítico, analiza a fondo las causas asignables de los tiempos muertos en el proceso de envasado, y que como se ha podido observar previamente aumentan el tiempo ciclo para el envasado de los insecticidas líquidos.

Tomando como base el principio de Pareto, se analizaran las causas que acumuladas representa el 86% del tiempo muerto total y que fueron determinadas previamente en el análisis general del proceso.

A. Problema 1: Cambios de formato y limpieza de equipo.

1. **Qué:** Los cambios de formato y limpieza del equipo ocurren una vez que se ha concluido un lote de producción y se iniciará uno nuevo, que especifica distinta presentación de envasado y distinta clase de insecticida.

Actualmente, estos llegan a durar 4 horas normalmente y si el producto posee colorante puede extenderse hasta por 6 horas.

2. **Donde:** El cambio de formato y limpieza se realiza a lo largo de todos los equipos involucrados en el proceso de envasado de los insecticidas.

Estos son:

1. Fajas transportadoras
2. Llenadora
3. Taponadora
4. Selladora de inducción
5. Impresora
6. Selladora de cajas.

3. **Quién:** El proceso de la limpieza del equipo y el cambio de formato es realizado por el personal de la línea, que está conformado por el jefe de la línea y cuatro operarios.

4. **Como:** El proceso no está estandarizado el jefe de la línea decide que y como realizará la limpieza y luego el cambio de formato.

Todas las operaciones involucradas en el proceso de limpieza y cambio de formato se realizan cuando la línea completa está detenida y hasta ese momento se observa si hay alguna pieza que falta o que no está en condiciones para ser usado.

Los operarios que están bajo cargo del jefe de línea no muestran interés en ejecutar el proceso de manera rápida y eficiente. Así también, se observa que únicamente el jefe de línea y un operario ejecutan el proceso cambio de formato y el resto de operadores está esperando que se les indique que hacer, lo que hace más lento el proceso.

Al consultar a los operarios cual es la razón por la que no apoyan en la ejecución de la limpieza y cambio de formato, ellos contestaron que se debe a que no se les ha especificado que es lo que deben realizar y que no poseen conocimiento suficiente de la línea como para trabajar sobre ella ya que es personal subcontratado y solo están la planta durante la época alta de producción.

Solución:

Para reducir los tiempos del cambio de formato y limpieza del sistema, se debe implementar la metodología SMED. Esta permitiría identificar las operaciones que pueden realizarse con el equipo en operación y cuales son las que se necesita que el equipo este detenido para poder ejecutarlas. Esta clasificación de operaciones internas y externas permitiría la reducción del tiempo de preparación actual de la línea.

Sin embargo, antes de implementarla es necesario capacitar al equipo de trabajo sobre los beneficios que dicha metodología tiene. Así mismo permitiría definir roles de trabajo que actualmente durante el proceso no existen.

Es importante notar que para alcanzar el éxito de este sistema es de vital importancia motivar al equipo de trabajo y generar liderazgo entre el jefe de línea y el equipo a su cargo. Además de promover metodologías como 5's no como una simple metodología para ordenar y clasificar las cosas sino como una filosofía de trabajo que permita que las personas se interesen más en lo que realizan día a día.

Según observaciones, se ha determinado que la limpieza y cambio de formato de la línea de envasado, dura entre 3.5 y 4 horas. Por tanto hay que dividir en dos grupos de trabajo al personal, dos operarios que se dediquen a el cambio de formato de la llenadora y otros dos operarios que se dediquen al cambio de formato de la taponadora que son los dos equipos que más tiempo consumen durante esta operación. Esto permitiría reducir en al menos un 50% el tiempo total del cambio de formato porque se realizarían en simultaneo dos actividades⁹.

También habría que invertir en otro juego de cilindros, mangueras y boquillas dosificadoras en la llenadora para hacer el remplazo instantáneamente y ganar el tiempo que tarda el lavar las piezas de los equipos.

Si al menos se lograra reducir el tiempo de las limpiezas y cambio de formato en un 50% del tiempo actual (34 horas al mes en promedio) se tendría una ganancia de 17 horas más de producción en la línea de envasado.

B. Problema 2: Disponibilidad de producto formulado.

1. **Qué:** Cuando la línea de envasado desea comenzar su operación, no puede porque el insecticida aún está formulándose o no ha sido liberado por el laboratorio de control de calidad.

2. **Dónde:** El producto formulado falta en la línea de envasado porque este aún está siendo procesado en la sala de formulación de la planta.

3. **Quién:** Los responsables que el producto formulado esté disponible en el tiempo requerido y en las cantidades requeridas son los formuladores, el jefe de producción y control de calidad.

4. **Cómo:** El problema se origina cuando la línea de envasado se detiene por los cambios de formato, fallos de equipo etc. Lo cual hace que la formulación tenga que detenerse porque los silos de almacenamiento ya están ocupados y no hay espacio para seguir almacenando el resto de producto.

Cuando la línea de envasado comienza a funcionar nuevamente, empieza consumir lo que está almacenado en los silos, pero llega a un punto que el envasado alcanza a la formulación y el cuello de botella se traslada a dicha área.

⁹Véase apéndice G: “*Diagramas de Proceso Operativo para la limpieza y cambios de formato*”.

Para la formulación de 10,000 litros de producto el proceso dura 20 horas en promedio, pero esta puede tomar mayor tiempo algunas veces porque los parámetros a los cuales deben funcionar los equipos en la formulación no están estandarizados y estos son modificados para cada producto. Por lo que el personal de turno debe comunicarse con el jefe de área para pedir los parámetros de los equipos. Esta falta de estandarización se traduce luego en tiempo perdido por no poseer instrucciones claras de que es lo que se debe realizar.

Esto se debe, porque a pesar que todos los insecticidas son de la misma familia de productos los parámetros de los equipos se modifican dependiendo la concentración de material sólido que contenga el producto.

Otro aspecto es que estas formulaciones poseen la característica que al finalizar el mezclado deben hacerse ajustes de parámetros como la viscosidad, el tiempo de vertido y el pH. El problema aquí radica en que solo el jefe de producción decide cual será el ajuste que se realizará por lo que el personal de formulación debe esperar que se le comunique el ajuste que debe realizarse.

Solución:

Con el propósito de eliminar la falta de información en el proceso de formulación es necesario crear tarjetas kanban en las que se especifiquen los parámetros a los cuales el personal de formulación debe configurar en los equipos de formulación para cada insecticida. Esto permitiría reducir el tiempo perdido originado por la falta de comunicación entre los operarios y el jefe de producción.

Así también, tiene como propósito estandarizar los procesos de formulación para que el operario sepa exactamente qué es lo que tiene que hacer y en qué orden. Esto ayudaría a reducir los tiempos muertos que ocurren dentro de la formulación y tener un tiempo de respuesta más rápido.

Puesto que el envasado es un suceso dependiente de la formulación lo recomendable es determinar el tamaño de inventario requerido de producto formulado para que al momento de que la línea de envasado se detuviera y luego comience a operar, esta pueda seguir operando con normalidad mientras que la formulación empieza a suplir nuevamente el producto formulado. Esto permite mantener el ritmo de envasado y reducir los paros de la línea de envasado generados por falta de suministro de producto.

Actualmente se posee una capacidad de almacenamiento de 20,000 litros para esa línea de formulación pero existe la posibilidad de ampliarla 10,000 litros más ya que hay un silo que no se utiliza, ya que anteriormente era utilizado para la formulación de otros productos. La única modificación que habría que realizar, es la conexión de este nuevo silo a la línea de envasado.

La ampliación de la capacidad de almacenamiento permitiría tener cobertura completa de un turno de 9 horas envasando en presentación de 1 litro, tiempo suficiente para continuar con la formulación del producto y evitar el desabastecimiento de producto formulado en la línea de envasado.

Así también, la ampliación de la capacidad de almacenamiento de producto formulado, permitiría eliminar las 20 horas mensuales que se pierden por desabastecimiento de producto formulado.

Diagrama 2: Diagrama de flujo del proceso de formulación y envasado.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 5: Propuesta de tarjeta Kanban para el personal de formulación.

LOGO EMPRESA		Especificación Técnica				VERSIÓN 1		
		Producto A						
Materiales								
Codigo	Estado	Orden	Material					
80206455	L	1	A					
56713454	L	2	B					
56713173	L	3	C					
56713142	L	4	D					
56713136	L	5	E					
56713287	S	6	F					
56713158	S	7	G					
5864689	S	8	H					
45237D	L	9	I					
Datos técnicos de formulación								
t homogenización en RA01:	(0.5) horas	Equipo de molienda:	ZM02/ZM03		Velocidad hacia molinos (kg/h):	500-600		
t recirculación en RA01:	(2-2.5) horas	Apertura de ZM01:	"0"		RPM molino ZM02:	475-575		
T_{máx} en RA01:	40 °C	T_{máx} molinos:	40 °C (alarma a 35 °C)		RPM molino ZM03:	475-575		
T_{traslado} hacia molinos:	(15 - 20) °C	P_{máx} molinos (bar):	3,5		Cantidad de perlas:	190 kg		
Batch estandar:	5700 Kg (± 40Kg)				Tamaño de perlas en ZM02:	1,6mm-2mm		
					Tamaño de perlas en ZM03:	0,8mm-1mm		
					Material de las perlas:	Circonio		
Instrucciones de formulación								
1. Dosificar los ingredientes de la posición 1 a 5 cuidando dejar agua para los ajustes.					Equipo de Protección personal			
					Guantes	<input checked="" type="checkbox"/>		
2. Agregar los ingredientes sólidos de la posición 6 a 8. Homogenizar durante 30 minutos con el agitador a 100 rpm y el Ultra Turrax funcionando.					Casco	<input type="checkbox"/>		
					Lentes	<input checked="" type="checkbox"/>		
3. Recircular por la PUC durante el tiempo establecido en los datos técnicos de formulación. Luego enviar muestra a control de calidad para verificar el pH. Si el resultado es satisfactorio iniciar la transferencia al RA02.					Botas	<input checked="" type="checkbox"/>		
					Respirador	<input checked="" type="checkbox"/>		
4. Al alcanzar las condiciones de temperatura adecuadas para la molienda, iniciar la transferencia hacia los molinos (RA02/RA03) con las condiciones de molienda indicadas.					Cinturón lumbar	<input checked="" type="checkbox"/>		
					Ropa de trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>		
5. Controlar la calidad de la molienda, tomando muestras representativas de la operación, mediante pruebas de tamaño de partícula y tamizado en húmedo.					Tapones	<input type="checkbox"/>		
					Observaciones			Mantener en movimiento el producto durante la adición de materias primas.
6. Cuando se haya transferido la totalidad de los batches hacia el depósito correspondiente (RA03/RA04), iniciar la pre-limpieza de los sistemas transfiriendo 100 kg de agua.								
7. Realizar el ajuste de formula, indicado por el jefe inmediato. Agregando la mezcla de los ingredientes en la posición 1 y 9.								
8. Homogenizar y recircular el producto (1-1.5 horas).								
9. Tomar una muestra y verificar la concentración de activo, tiempo de vertido, tamaño de partícula, tamizado en húmedo y densidad. Esperar resultados para el ajuste del producto.								
10. Esperar la liberación del producto y trasladar hacia el área de llenado correspondiente								

Fuente: Elaboración propia.

C. Problema 3: Fallos de equipos en la línea de envasado.

1. **Qué:** Durante la operación de envasado, algunos de los equipos involucrados en el proceso falla y la línea de envasado debe detenerse para que el jefe de la línea observe cual es el problema y si el mismo puede solucionarlo. Si el equipo que fallo es complejo (sistemas electrónicos) en su reparación, se debe llamar al equipo de mantenimiento y esperar a que resuelvan el problema.

2. **Dónde:** Esto ocurre en los equipos involucrados en todo el proceso de envasado de los insecticidas líquidos.

3. **Quién:** El responsable de mantener operando la línea de envasado es el jefe de la línea y el equipo de mantenimiento.

4. **Cómo:** El problema surge por la mala planificación para realizar mantenimiento preventivo a los equipos, por lo que el mantenimiento pasa de preventivo a ser correctivo.

Estos fallos que se originan durante la operación ocasionan que se acumule el inventario de materia prima esperando a ser procesado y las reparaciones de los equipos muchas veces son de mala calidad porque lo que se desea es reactivar el funcionamiento de la línea y no perder más tiempo.

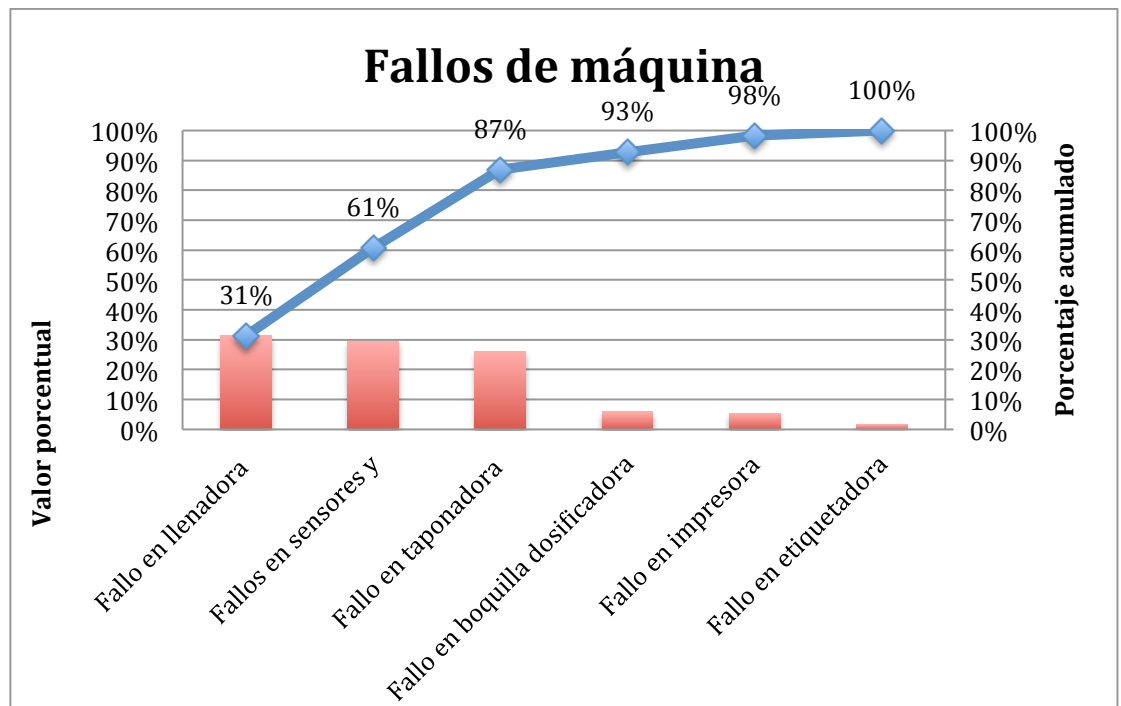
Otro de los factores que se han podido observar, es que el personal de la línea no está capacitado para resolver todos desperfectos de los equipos de la línea y no existe el empoderamiento por parte de mantenimiento a los operarios para que realicen las reparaciones de manera rápida y eficaz, lo cual ocasiona que los tiempos muertos por fallo sean más largos.

También se ha observado, que el personal no está motivado a contribuir en la resolución de los problemas. Los fallos son tan frecuentes que se ha vuelto muy común para ellos y no tienen interés por buscar una solución que les permita erradicarlos. Unido a ello creen que el buen funcionamiento de los equipos es toda obligación del equipo de mantenimiento.

Solución:

Por medio de la medición del OEE se ha podido determinar que los siguientes equipos son los que frecuentemente fallan durante la operación de la línea de envasado.

Gráfico 8: Diagrama de Pareto para los fallos de los equipos en la línea de envasado.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico anterior, el 87% de los fallos de equipo que ocurren en la línea de envasado son originados por problemas en la llenadora, en los sensores electrónico a través de toda la línea y en la taponadora.

Habiendo detectado los principales equipos que fallan en la línea de envasado, es posible implementar las técnicas de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que permitirían planificar el mantenimiento y centrarse específicamente en la mejora de esos puntos. Así también, permitiría la creación de bases de datos para cada uno de los equipos; estas bases de datos servirían como estadísticas para determinar cada cuanto tiempo fallará un equipo o a que se debe cierto tipo de fallo en el equipo. Esto permitiría pasar de un mantenimiento correctivo como es actualmente a un mantenimiento predictivo que es el estado ideal de todas las empresas.

La implementación de esta técnica, también permitiría crear responsabilidad e involucramiento de las actividades a todo el equipo de la planta. Sin embargo, para lograr esto hay que invertir en capacitación del personal sobre el funcionamiento de los equipos y hacerles comprender cuales son los beneficios de esta herramienta (Incremento del tiempo de utilización del equipo durante el turno, reducción de los tiempos ciclo, reducción de los tiempos muertos y eliminación de defectos).

Durante el mes de agosto de 2013 se realizó mantenimiento general a la línea de producción con el objetivo de evidenciar los efectos que la aplicación del Mantenimiento Preventivo Total tiene sobre la producción y la utilización del equipo de envasado.

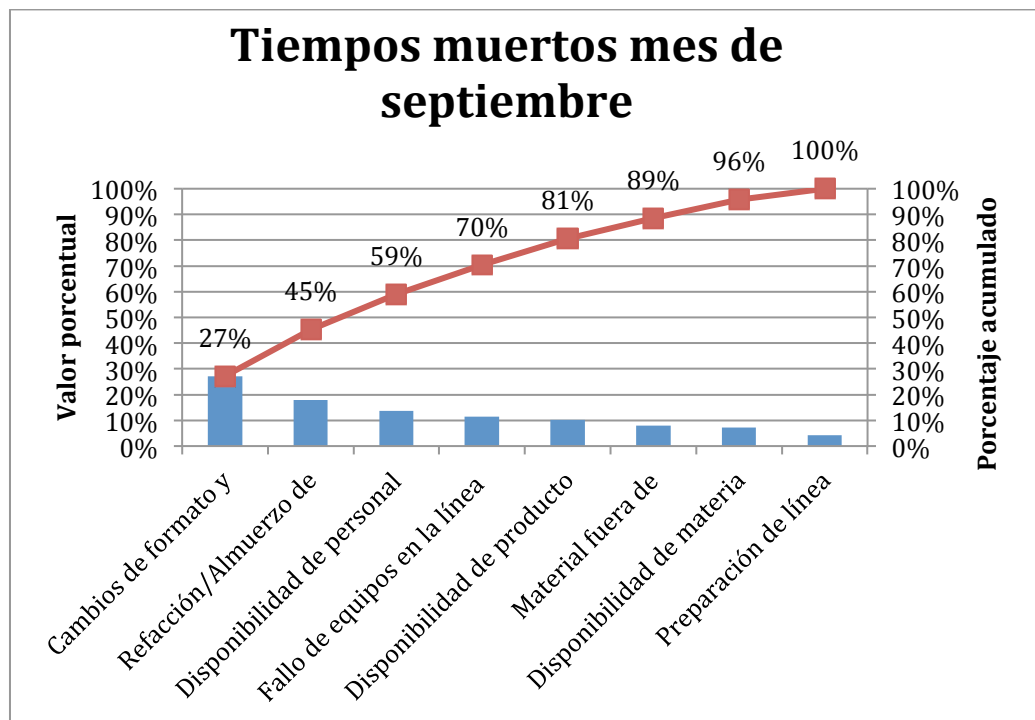
Tabla 8: Causas de tiempos muertos durante la operación de la línea en el mes de septiembre de 2013.

La siguiente tabla, las causas de tiempos muertos en la línea de envasado y su duración, ocurridos durante el mes de septiembre de 2013, luego de haber realizado mantenimiento preventivo a los equipos.

Causa de tiempos muertos durante la operación	Tiempo (horas)	Valor Porcentual	Porcentaje acumulado
Cambios de formato y limpieza de equipo	19:13	27%	27%
Refacción/Almuerzo de personal	12:42	18%	45%
Disponibilidad de personal	9:42	14%	59%
Fallo de equipos en la línea	8:03	11%	70%
Disponibilidad de producto formulado	7:15	10%	81%
Material fuera de especificación	5:39	8%	89%
Disponibilidad de materia prima	5:00	7%	96%
Preparación de línea (mañanas)	3:02	4%	100%
Total:	70:36		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9: Diagrama de Pareto de tiempos muertos en el mes de septiembre.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama anterior, los fallos de máquina representaron 8 horas de tiempo muerto durante el mes de septiembre, comparado con las 18 horas que en promedio venían perdiéndose en los meses de enero a julio. Lo cual representa una ganancia de 10 horas más de tiempo disponible para trabajar en la línea.

Estos resultados muestran claramente el mantenimiento preventivo, aunque es visto en algunas empresas como un gasto, realmente es una inversión porque no solo permiten alargar el tiempo de vida de los equipos, sino que también permiten la reducción de los tiempos muertos y las bajas de desempeño que ya se han mencionado previamente.

D. Problema 4: Refacción y almuerzo del personal de la línea.

1. **Qué:** Como es normal y por cuestiones de salud ocupacional, el personal operativo debe tomar descansos para hidratarse y recuperar energía para poder culminar el turno de trabajo satisfactoriamente. Sin embargo, en una línea que es cuello de botella y posee muchos tiempos muertos, la máxima utilización del tiempo del turno de trabajo es vital para no incurrir tiempos extras.

2. **Dónde:** En la línea de envasado de insecticidas líquidos bajo estudio.

3. **Quién:** Todo el personal operativo que trabaja en la línea de envasado.

4. **Cómo:** El personal que trabaja en la línea de envasado tiene permiso de salir a tomar su refacción de las 9:30 horas hasta las 9:45 horas, luego salen a almuerzo de 11:45 horas hasta 12:30 horas. Ambos tiempos, suman una hora de descanso por turno de trabajo. Sin embargo, se ha observado que el personal operativo no respeta el horario establecido. En el caso de la refacción retornan a su estación de trabajo a las 9:55 horas y a la hora del almuerzo salen a las 11:30 horas y están retornando a las 12:30 horas. Con lo cual se están perdiendo 25 minutos productivos durante el día por el incumplimiento del horario.

Solución:

Para aumentar el tiempo efectivo de trabajo de los equipos, se debe hacer conciencia al personal del impacto que tiene sobre la producción el no respetar el horario de trabajo. Si se observa, 25 minutos perdidos diariamente suman 8 horas de trabajo perdidas al final del mes, lo que es igual a un turno de trabajo. Por lo que se hace necesario incrementar la supervisión para que se cumpla el horario de trabajo.

También, se podría implementar un sistema de control biométrico dactilar de horario del personal. Este podría colocarse en la entrada del área de trabajo y monitorear la puntualidad del personal. Si en caso se no cumple con el horario laboral, este podría verse reflejado en su bono por desempeño anual.

Si en caso hubiese un aumento de demanda y se requiera del tiempo que el personal utiliza para refaccionar y a almorzar, se podrían crear turnos para que salgan a tomar su descanso. Es decir que el personal de otras líneas de envasado menos ocupadas cubran al personal de la línea de envasado crítica mientras toman su descanso, evitando que esta se detenga y se aproveche al máximo el tiempo de operación del equipo. Dicha práctica, permitiría ganar 20 horas productivas por mes.

E. Problema 5: Disponibilidad de materia prima.

1. **Qué:** Durante las producciones, la línea de envasado se desabastece de materia prima y empaque por lo que la línea debe detenerse y llamar a la bodega de empaque para que envíen el resto de materia prima que hace falta para continuar con el envasado.

2. **Dónde:** En el área de almacenamiento de materia prima de la línea de envasado bajo estudio.

3. **Quién:** El personal de la línea de producción y el personal de la bodega de empaque.

4. **Cómo:** El problema de falta de materia prima surge al final de las órdenes de producción. Es común observar que faltan envases, tapas, etiquetas o cajas, porque la bodega de empaque no lo ha enviado en su totalidad a producción por lo que la línea de envasado debe detenerse para cuadrar las cantidades que hacen falta y solicitar reabastecimiento para finalizar la producción.

Se ha podido observar que esto se debe a que los lotes de producción son muy largos y los controles de envíos de material son casi inexistentes. Unido a ello, no existe un buen canal de comunicación entre la bodega y el área de producción para determinar cuál es la cantidad de material que día a día requerirá el área de envasado.

Solución:

Para reducir la ausencia de materia prima en las áreas de producción lo recomendable es implementar el sistema de justo a tiempo entre la bodega de empaque y el área de producción.

El justo a tiempo se controla a través del tiempo Takt que se establecería estandarizando la demanda de materia prima que necesita el área de producción en un turno de 9 horas.

La siguiente recomendación, es aumentar la cantidad ordenes de producción para que haya una orden de trabajo por día, ya que en la actualidad, se crea una orden de producción con la cantidad total demandada para todo el mes. Esto genera que la orden de trabajo dure varios días e incluso semanas y es ahí donde se genera el descontrol de saber exactamente cuánto material se ha suministrado a la línea de envasado.

La creación de lotes de producción más pequeños permitiría mejorar el control de la materia prima evitando retrasos por desabastecimientos y permitiría ser más flexibles con los clientes porque estos pueden tener a su disponibilidad producto diariamente y no tendrían que esperar el producto hasta finalizar la orden completa.

Los beneficios que tendría esta mejora, sería un mejor control de inventario de materia prima en proceso y reducción de al menos el 50% del tiempo total (10 horas) que en la actualidad se pierde por la falta de materia prima. Esto representaría 5 horas más al mes de tiempo productivo disponible.

F. Resumen de propuestas:

La siguiente tabla muestra los ahorros de tiempo al mes que se tendrían al aplicar cada una de las propuestas a los problemas.

Tabla 9: Cantidad de horas disponibles al mes aplicando propuestas a problemas.

No.	Propuesta a:	Horas ganadas por aplicación de propuesta:
1	Limpieza y cambio de formato de equipos	17
2	Disponibilidad de producto formulado	20
3	Fallos de equipo durante la operación	10
4	Refacción/Almuerzo del personal	20
5	Disponibilidad de material de empaque	5
	Total de horas ganadas por mes:	72 horas mensuales

Fuente: Elaboración propia.

La ejecución de las propuestas de mejora a cada una de las causas de tiempos muertos permitiría obtener un beneficio de 72 horas mensuales más de disponibilidad de los equipos lo cual permite determinar nuevos tiempos ciclo para el envasado del insecticida en cada una de sus presentaciones.

A continuación se presenta el cálculo del OEE que puede obtenerse con las mejoras en la disponibilidad de equipo.

Sabiendo que en promedio por mes de enero a julio se tuvieron 112 horas de tiempos muertos (784 horas / 7 meses = 112 horas), que el equipo opera 220 horas al mes en promedio (1537 horas/ 7 meses = 220 horas) y se asume que la eficiencia y la calidad se mantienen constantes, se calcula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{220 \text{ horas al mes} - (112 \text{ horas actual} - 72 \text{ horas ganadas})}{480 \text{ horas al mes}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 37.5 \% = 38 \%$$

$$\text{Eficiencia} = 98\%$$

$$\text{Calidad} = 99\%$$

$$\text{OEE} = 38\% \times 98\% \times 99\% = 36.86\% = \mathbf{37\%}$$

De acuerdo al nuevo OEE proyectado con la realización de las mejoras, se calculan los nuevos tiempos ciclo que se obtendrían para el proceso de envasado de los insecticidas.

$$1. \text{ Tiempo Ciclo para } 100\text{mL} = 1067 \text{ PCE} \times 37\% = 395 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{395 \text{ piezas}} = 0.15 \text{ minutos por pieza} = 9 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 3556 \text{ piezas por turno de } 9 \text{ horas}$$

$$2. \text{ Tiempo Ciclo para } 125\text{mL} = 1067 \text{ PCE} \times 37\% = 395 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{395 \text{ piezas}} = 0.15 \text{ minutos por pieza} = 9 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 3556 \text{ piezas por turno de } 9 \text{ horas}$$

$$3. \text{ Tiempo Ciclo para } 250\text{mL} = 944 \text{ PCE} \times 37\% = 349 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{349 \text{ piezas}} = 0.1719 \text{ minutos por pieza} = 10 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 3240 \text{ piezas por turno de } 9 \text{ horas}$$

$$4. \text{ Tiempo Ciclo para 500mL} = 806 \text{ PCE} \times 37\% = 298 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{298 \text{ piezas}} = 0.201 \text{ minutos por pieza} = 12 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 2700 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

$$5. \text{ Tiempo Ciclo para 1L} = 777 \text{ PCE} \times 37\% = 287 \text{ piezas por hora} =$$

$$\frac{60 \text{ minutos}}{287 \text{ piezas}} = 0.209 \text{ minutos por pieza} = 13 \text{ segundos por pieza}$$

$$= 2492 \text{ piezas por turno de 9 horas}$$

Tabla 10: Comparación entre tiempo ciclo actual VS. Tiempo ciclo propuesto para el envasado por presentación de insecticida.

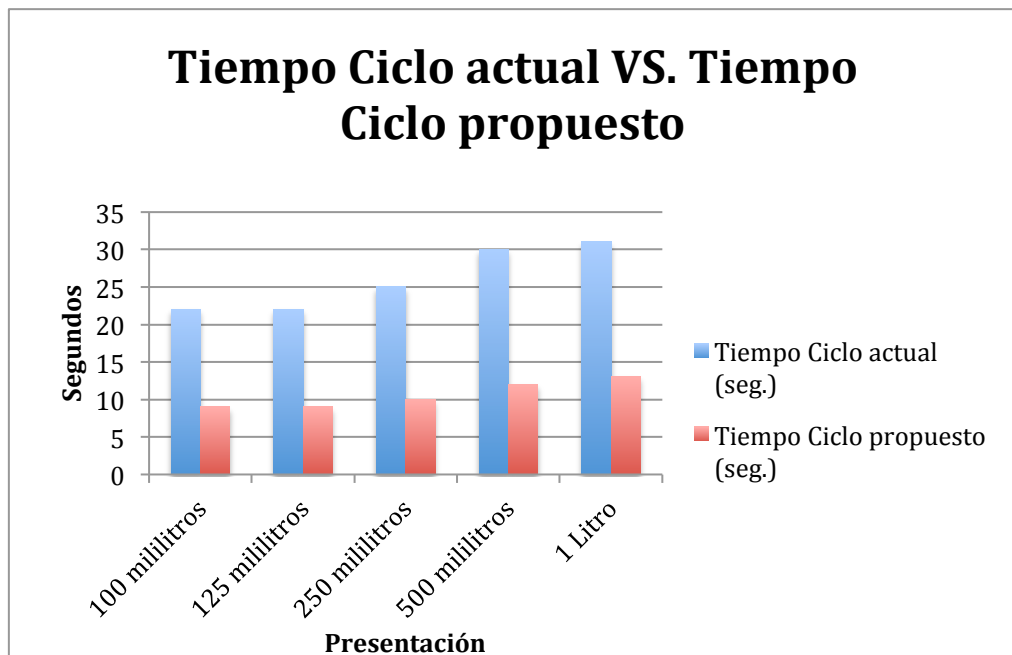
Presentación	Tiempo Ciclo actual (seg.)	Tiempo Ciclo propuesto (seg.)	Diferencia de tiempo (seg.)
100 mililitros	22	9	13
125 mililitros	22	9	13
250 mililitros	25	10	15
500 mililitros	30	12	18
1 Litro	31	13	18

Fuente: Elaboración propia.

En promedio se observa una reducción del tiempo ciclo de 15 segundos para cada presentación lo cual indica una mejoría en el balance del flujo de la línea, que se traducen en mejores tiempos de respuesta para los consumidores.

Gráfico 10: Tiempo ciclo actual VS. Tiempo ciclo propuesto.

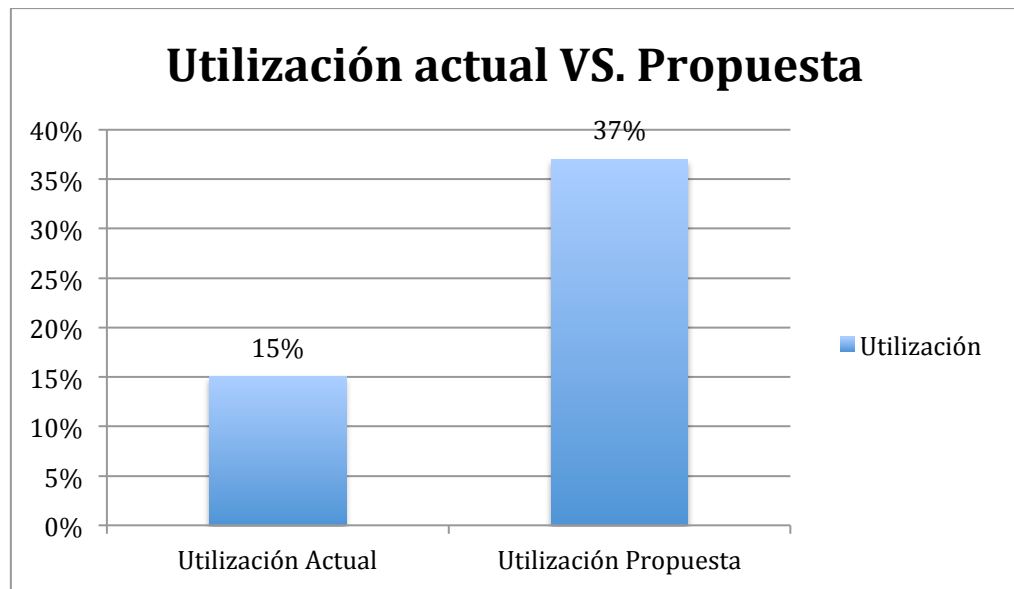
El presente gráfico, muestra como el tiempo de ciclo de una unidad puede reducirse mediante la aplicación de las propuestas de mejora al proceso.



Fuente: Elaboración propia.

La reducción de los tiempos improductivos que actualmente sufre la línea de envasado y que generan la variabilidad del proceso permiten el aumento de la utilización de la línea de envasado mejorando el desempeño del proceso productivo.

Gráfico 11: Utilización de los equipos actualmente VS. utilización de los equipos con las propuestas de mejora.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la grafica anterior, la aplicación de las propuestas para la optimización del proceso de envasado, permite mejorar la utilización de la línea hasta un 22%, que indica que existe un mejor aprovechamiento de los recursos de la empresa.

Las mejoras en la utilización de la línea de envasado, también permiten que la productividad la línea mejore. A continuación se presenta la tabla en la que se muestra la productividad que la línea puede alcanzar con la implementación de las propuestas de mejora.

Tabla 11: Comparación entre cantidad producida por turno actualmente VS. Cantidad producida por turno aplicando las propuestas de mejora.

Presentación	Cantidad actual (PCE)	Cantidad propuesta (PCE)	Aumento en productividad (%)
100 mililitros	1473	3556	41
125 mililitros	1473	3556	41
250 mililitros	1296	3240	40
500 mililitros	1080	2700	40
1 Litro	1045	2492	42
Aumento de productividad promedio de la línea(PCE/Turno):			41%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, con la aplicación de las propuestas de mejora al proceso, se reducen los tiempos de ciclo de cada presentación, se aumenta la utilización de los equipos y a su vez, permite el aumento de la productividad de la línea de envasado hasta un 41%.

Esto indica que con la capacidad instalada actualmente y con la misma cantidad de personas se puede envasar hasta un 41% más de piezas por turno con solo atacar las causas asignables que generan la variabilidad del proceso productivo.

VIII. ANÁLISIS ECONOMICO DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.

A. Inversión inicial:

Según Blank (2006), la inversión inicial es el total de gastos incurridos en maquinaria u otros activos para empezar un nuevo proyecto.

Para aplicar las cinco propuestas de mejora al proceso de envasado de insecticidas líquidos es necesario, realizar inversiones económicas las cuales se detallan a continuación.

Tabla 12: Descripción de la inversión inicial del proyecto.

Descripción de la inversión	Inversión (Quetzales)
Asesoramiento del proyecto (Duración 12 meses)	324,000.00
Capacitación de personal (30 personas, Duración 12 meses)	72,000.00
Mantenimiento general de la línea de envasado	21,200.00
Piezas de recambio para aplicación de SMED	107,100.00
Total Inversión para el proyecto:	524,300.00

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detalla cada rubro que conforma la inversión inicial:

- La inversión en asesoramiento del proyecto consiste en el pago al Ingeniero jefe de producción y al supervisor de producción que son los encargados del desarrollo y ejecución del proyecto de mejora al proceso. El pago de cada uno de ellos es de 17,000.00 Quetzales mensuales y 10,000.00 Quetzales mensuales respectivamente.

El asesoramiento del proyecto tiene una duración un año, tiempo en el cual se espera que el personal operativo aprenda las técnicas de manufactura esbelta y se estandaricen los procesos que permitan la optimización del proceso de envasado. El total de este rubro es de 324,000.00 Quetzales.

- La inversión en capacitación del personal, consiste en cursos para el desarrollo personal y profesional del personal operativo. El objetivo de ello, es promover el talento humano y crear conciencia en ellos sobre el impacto que el proyecto tiene para la empresa.

Los cursos serán impartidos por el INTECAP, estos tienen una duración de cuatro sábados (Se impartirá un curso por mes) y un valor de 200.00 Quetzales por persona. Estos cursos serán recibidos por todo el personal que trabaja en el área de envasado de insecticidas líquidos y que en total son 30 personas. El contenido de estos cursos está relacionado con salud y seguridad ocupacional, aprovechamiento del tiempo en el área de trabajo, inteligencia emocional, métodos para la resolución de problemas.

La inversión en este rubro es de 72,000.00 Quetzales.

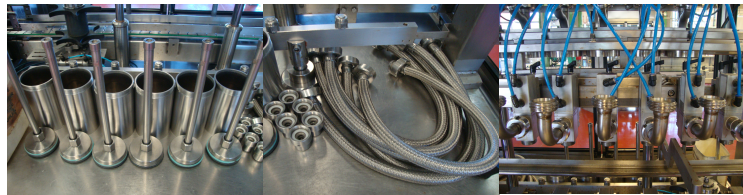
- La inversión en Mantenimiento general de la línea de envasado, es el primer paso para la aplicación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total que se utilizará atacar los fallos de equipo durante la operación de la línea.

La inversión consiste en la realización de un ajuste completo a la línea de envasado. El objetivo es engrasar, alinear y ajustar todos los sensores electrónicos y piezas de los equipos para evitar fallos durante la operación. Lo siguiente es transmitir el conocimiento sobre la reparación de los equipos por parte del personal de mantenimiento al personal operativo. Puesto que TPM promueve el involucramiento de los operarios en las reparaciones de sus equipos se propone que se designe por 6 meses un mecánico de mantenimiento que realice todos los ajustes y reparaciones de esa línea y que al mismo tiempo capacite al personal que trabaje en la línea de envasado.

La inversión de este rubro es 21,200.00 Quetzales. Esta cantidad está conformada por el sueldo del mecánico que estará capacitando al personal de la línea (3200.00 Quetzales mensuales) y 2,000.00 Quetzales que es valor de los lubricantes, manómetros de presión y empaques que se utilizaran en el servicio.

- La inversión en repuestos para la aplicación de la metodología SMED para agilizar el proceso de las limpiezas y cambios de formato, consiste en la compra de un set completo de 6 cilindros y émbolos (Q 91,200.00), Set de 6 válvulas neumáticas (Q 2,400.00), set de 6 boquillas dosificadoras (Q 12,000.00), 20 pies de manguera de teflón especiales para el transporte de químicos (Q 763.20) y 12 acoples rápidos para la mangueras (Q 650.80) Dando un total de 107,100.00 Quetzales¹⁰.

Imagen 6: Repuestos para aplicación de SMED.

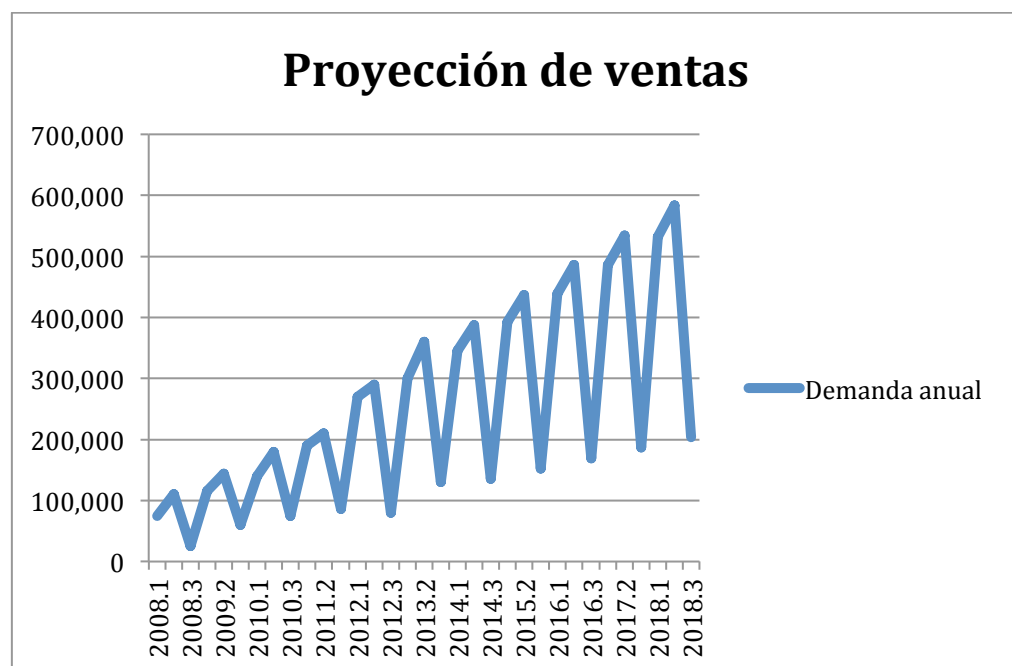


B. Proyección de ventas:

Según Blank (2006), la proyección de ventas es una estimación de las ventas que tendrá la empresa en un tiempo determinado.

Basado en los datos históricos de venta de insecticidas líquidos, se realizó una proyección de venta por cuatrimestre para los próximos años en donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfico 12: Proyección de la demanda anual.



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰Véase Apéndice G: "Cotizaciones realizadas"

De acuerdo a la proyección de la demanda, se puede determinar que está creciendo en promedio un 20% anual. Por lo que a pesar que la implementación de las cinco propuestas de mejoras al proceso, permite un aumento de hasta el 41% de la productividad de la línea, se realizará el análisis financiero sobre el 20% más de unidades que el mercado permite anualmente.

C. Producción en planta:

A continuación, se muestran las cantidades extras de piezas que se producen aumentando la productividad de la línea de envasado 20%. Que es lo que crece el mercado anualmente y que se ha determinado previamente en la proyección de ventas.

Tabla 13: Cantidad promedio de unidades producidas anualmente por presentación e incremento de producción.

Presentación	Cantidad anual actual (PCE)	Aumento en productividad (%)	Cantidad anual propuesta (PCE)	Piezas extras anuales
100 mL.	1,116,360	20	1,339,632	223,272
125 mL.	433,008	20	519,609	86,602
250 mL.	122,064	20	146,478	24,413
500 mL.	257,940	20	309,528	51,588
1 Litro	420,000	20	504,00	84,000

Fuente: Elaboración propia.

D. Costos de fabricación:

A continuación se calculan los costos de fabricación por presentación. Estos servirán para estimar los precios de venta por presentación.

Para determinar los costos de fabricación de cada unidad de producto terminado por presentación fue necesario basarse en el historial de costos de la empresa y realizar un promedio de costos directos y gastos fijos.

Tabla 14: Costos y gastos de fabricación por pieza.

	Presentación				
	100 mL.	125 mL.	250 mL.	500 mL.	1 Litro.
Materiales directos					
Envase	GTQ 5.00	GTQ 5.00	GTQ 7.00	GTQ 10.00	GTQ 15.00
tapa	GTQ 3.00	GTQ 3.00	GTQ 3.00	GTQ 3.00	GTQ 3.00
liner	GTQ 1.00	GTQ 1.00	GTQ 1.00	GTQ 1.00	GTQ 1.00
etiqueta	GTQ 2.00	GTQ 2.00	GTQ 2.25	GTQ 2.50	GTQ 3.00
panfleto	GTQ 5.00	GTQ 5.00	GTQ 5.00	GTQ 5.00	GTQ 5.00
producto	GTQ 75.00	GTQ 93.75	GTQ 187.50	GTQ 375.00	GTQ 750.00
caja	GTQ 0.50	GTQ 0.50	GTQ 0.50	GTQ 0.50	GTQ 0.50
Total MD:	Q 91.50	Q 110.25	Q 206.25	Q 397.00	Q 777.50
Mano de obra directa	Q 0.03	Q 0.04	Q 0.08	Q 0.14	Q 0.30
Mano de obra indirecta	Q 0.09	Q 0.11	Q 0.24	Q 0.42	Q 0.90
Gastos generales					
Depreciación de equipos	GTQ 0.03	GTQ 0.04	GTQ 0.08	GTQ 0.14	GTQ 0.29
Energía eléctrica	GTQ 0.02	GTQ 0.02	GTQ 0.05	GTQ 0.09	GTQ 0.18
Combustibles	GTQ 0.00	GTQ 0.00	GTQ 0.00	GTQ 0.00	GTQ 0.09
Mantenimiento	GTQ 0.01	GTQ 0.01	GTQ 0.02	GTQ 0.04	GTQ 0.09
Total GG:	Q 0.06	Q 0.07	Q 0.15	Q 0.28	Q 0.65
Gastos de administración	Q 0.18	Q 0.22	Q 0.49	Q 0.88	Q 1.80
Gastos de Venta	Q 0.36	Q 0.44	Q 0.98	Q 1.76	Q 3.60
Costo total por unidad:	Q 92.22	Q 111.12	Q 208.20	Q 400.48	Q 784.75

Fuente: Elaboración propia.

E. Ingresos:

Según información de la empresa, el precio de venta del producto es de al menos 30% sobre los costos de fabricación de una unidad. A continuación se muestran los ingresos que la empresa percibiría por la venta de las unidades extras producidas anualmente que se muestran en la tabla 13.

Tabla 15: Ingreso anual por unidades extras producidas.

Presentación	Precio de venta (Quetzales)	Piezas extras	Ingresos (Quetzales)
100 mililitros	Q 119.88	223,272	Q 26,766,957.69
125 mililitros	Q 144.46	86,602	Q 12,510,718.91
250 mililitros	Q 270.66	24,413	Q 6,607,543.24
500 mililitros	Q 520.62	51,588	Q 26,857,843.61
1 Litro	Q 1,020.17	84,000	Q 85,694,590.80
Total ingreso anual:			Q 158,437,654.25

Fuente: Elaboración propia.

F. Tasa Mínima Atractiva de retorno (TMAR):

Para determinar si la inversión a realizar es rentable, debe establecerse una tasa de retorno sobre la inversión.

Según Blank (2006) la TMAR se utiliza como criterio para valorar la tasa de rendimiento de una alternativa, en el momento de tomar decisiones de aceptación o rechazo.

El cálculo de la TMAR, está compuesto por la tasa activa, tasa de riesgo que fue proporcionada por la compañía y la inflación.

Tabla 16: Cálculo de la Tasa Mínima Atractiva de Retorno.

Tasa Activa ¹¹	14%
Tasa de Riesgo	6%
Inflación ¹²	5%
TMAR	25%

Fuente: Elaboración propia.

¹¹Consultores para el desarrollo S.A., *Tasa de Interés Para Moneda Local*.
<http://www.copades.com/pub/es/detalletasdeinteres.html>

¹²Banco de Guatemala., *Tasa de inflación*.
<http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/sr/sr005>

G. Estados Financieros:

Habiendo determinado la Tasa Mínima Atractiva de Retorno que la empresa desea la inversión, se proyectó el estado de resultados y el flujo de efectivo para los próximos cinco años que se espera que dure el proyecto.

Tanto el estado de resultados y flujo de efectivo, son informes de un determinado periodo de tiempo que permiten a la empresa conocer cual es su situación y tomar decisiones para la misma.

Según Guajardo (2005) el estado de resultados, es el resumen de los resultados de las operaciones de una empresa en un determinado periodo.

Mientras que el flujo de efectivo muestra las entradas y salidas de dinero de la empresa, las cuales pueden ser estimaciones o valores observados.

Es importante mencionar que en el flujo de efectivo proyectado de las propuestas de mejora al proceso de envasado, se muestra la inversión que debe realizarse. Dentro de esta inversión, se considera la compra las piezas de recambio que permite la mejora al proceso de limpieza y cambios de formato.

La depreciación de estas piezas de recambio se considera dentro del análisis y está basada en los cinco años de la duración del proyecto. A continuación el cálculo de esta.

Tabla 17: Determinación de la depreciación.

Inversión	Q 107,100.00
Depreciación anual (5 años)	Q 21,420.00

Tabla 18: Estado de resultados

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Brutas	Q 158,437,654.25	Q 158,437,654.25	Q 158,437,654.25	Q 158,437,654.25	Q 158,437,654.25
(-) Costos directos	Q 121,071,121.25	Q 121,071,121.25	Q 121,071,121.25	Q 121,071,121.25	Q 121,071,121.25
CONTRIBUCION MARGINAL	Q 37,366,532.99	Q 37,366,532.99	Q 37,366,532.99	Q 37,366,532.99	Q 37,366,532.99
(-)Gastos de operación					
Gastos de venta	Q 535,602.42	Q 535,602.42	Q 535,602.42	Q 535,602.42	Q 535,602.42
Gastos administrativos	Q 268,394.98	Q 268,394.98	Q 268,394.98	Q 268,394.98	Q 268,394.98
Depreciación de piezas de recambio	Q 21,420.00	Q 21,420.00	Q 21,420.00	Q 21,420.00	Q 21,420.00
COSTOS FIJOS	Q 825,417.40	Q 825,417.40	Q 825,417.40	Q 825,417.40	Q 825,417.40
Utilidad Neta antes de impuestos	Q 36,541,115.60	Q 36,541,115.60	Q 36,541,115.60	Q 36,541,115.60	Q 36,541,115.60
(-)Impuestos (ISR 31%)	Q 11,327,745.83	Q 11,327,745.83	Q 11,327,745.83	Q 11,327,745.83	Q 11,327,745.83
Utilidad Neta	Q 25,213,369.76	Q 25,213,369.76	Q 25,213,369.76	Q 25,213,369.76	Q 25,213,369.76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Flujo de efectivo.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
UTILIDAD		Q. 25,213,369.76	Q. 25,213,369.76	Q. 25,213,369.76	Q. 25,213,369.76	Q. 25,213,369.76
Depreciación de piezas de recambio (+)		Q. 21,420.00	Q. 21,420.00	Q. 21,420.00	Q. 21,420.00	Q. 21,420.00
INVERSION						
	-Q.524,300.00					
FLUJO NETO DE EFECTIVO	-Q.524,300.00	Q. 25,234,789.76	Q. 25,234,789.76	Q. 25,234,789.76	Q. 25,234,789.76	Q. 25,234,789.76
TMAR		25%				
FLUJO NETO DE EFECTIVO DESCONTADO	-Q.524,300.00	Q. 20,187,831.81	Q. 16,150,265.45	Q. 12,920,212.36	Q. 10,336,169.89	Q. 8,268,935.91
VALOR PRESENTE NETO	Q. 67,339,115.41					

Fuente: Elaboración propia.

H. Evaluación financiera:

La elaboración del estado de flujo de efectivo, permite determinar el Valor Presente Neto (VPN).

Según Blank (2006) En el método de Valor Presente Neto, todos los flujos de efectivo futuros asociados a una alternativa se convierten en dólares presentes.

La aceptación de la implementación de las propuestas, dependerá del resultado obtenido con el Valor Presente Neto. Si el resultado de este es mayor a cero, la aplicación de las propuestas se considera aceptada y que se obtendrán mayores beneficios a la inversión. Esto significa que las ganancias cubren la inversión inicial, los costos y gastos de operación.

Tabla 20: Resultado de Valor Presente Neto obtenido.

Valor Presente Neto	Q 67,339,115.41
---------------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que el Valor Presente Neto es mayor a cero, el proyecto de la aplicación de las propuestas de mejora se considera aceptable.

El periodo de la recuperación de la inversión se realiza a los 3 días del primer año de implementadas las propuestas en su totalidad, lo cual indica que el proyecto es rentable y se confirma la factibilidad del mismo.

I. Análisis de sensibilidad:

A continuación se muestran los distintos escenarios que podrían ocurrir si varían los volúmenes de venta, costos directos y egresos.

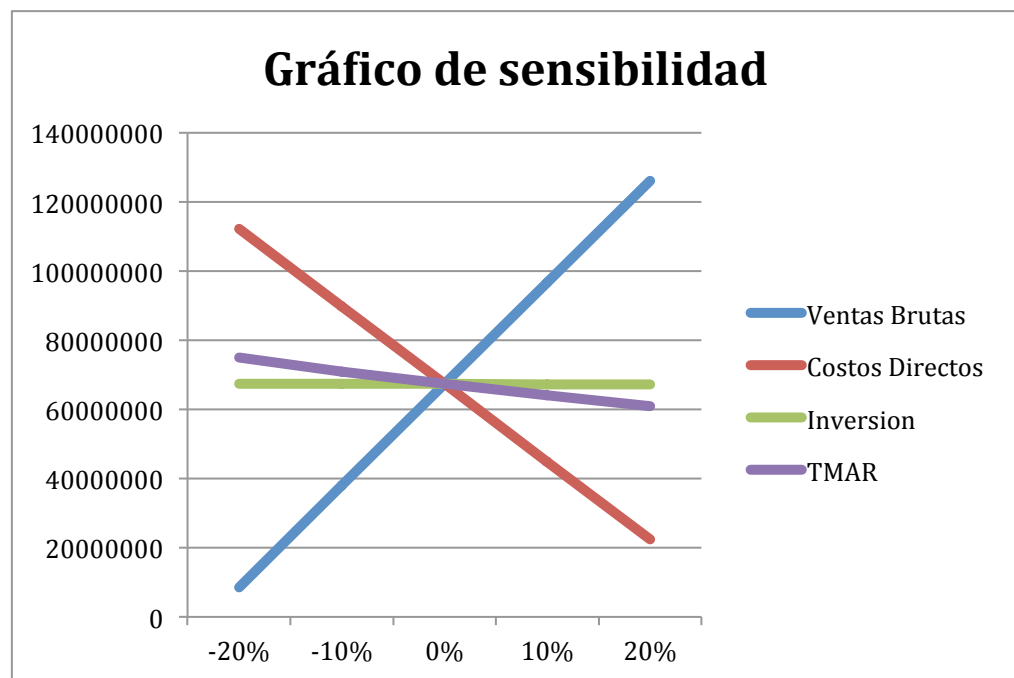
Tabla 21: Analisis de sensibilidad.

			VPN BASE		
	-20%	-10%	0%	10%	20%
Ventas Brutas	8539631.764	37939373.59	67339115.41	96738857.23	126138599.1
Costos Directos	112271107.4	89805111.41	67339115.41	44873119.41	22407123.4
Inversión	67443975.41	67391545.41	67339115.41	67286685.41	67234255.41
TMAR	74943168.61	70973190.15	67339115.41	64004280.89	60936790.64

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior, muestra que es lo que sucedería con el Valor Presente Neto si las ventas, costos directos, inversión y la TMAR varían entre un 10% y 20%.

Gráfico 13: Gráfico de Sensibilidad.



El gráfico anterior, muestra que el factor más sensible son las ventas brutas, ya que una disminución del 20% en estas, reduce significativamente el VPN del proyecto. Así también, se puede observar que a mayores costos directos de fabricación menor VPN, por tanto menor rentabilidad del proyecto.

No obstante, se observa que a pesar que las ventas brutas disminuyan un 20% o que los costos directos aumente un 20% el proyecto sigue siendo factible.

IX. CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de las propuestas de mejora al proceso de envasado de insecticida líquido y la capacidad instalada actualmente, se puede aumentar la productividad de la línea en un 41 por ciento. Sin embargo, debido a la proyección de crecimiento anual del mercado solo se puede explotar un 20 por ciento más la línea de envasado.
2. Se determinó que causas comunes que generan la variabilidad del proceso de envasado es generado por los cambios de formato y limpieza del equipo, disponibilidad de producto formulado, fallos de equipo, refacción y almuerzos de personal y disponibilidad de materia prima para el envasado.

Estas causas comunes representan el 86 por ciento de la variación observada en el proceso de envasado.

3. La aplicación de las propuestas de mejora permite el mejoramiento de los tiempos de ciclo en 15 segundos por presentación.
4. Se determinó que la aplicación de las propuestas de mejora y las técnicas de manufactura esbelta permiten aumentar la utilización de los equipos en un 22 por ciento en relación a la utilización actual.
5. La implementación de las propuestas de mejora al proceso de envasado, es factible ya que la inversión de 524,300.00 Quetzales es recuperable a los 3 días de la implementación total de las propuestas de mejora. Lo cual confirma que la aplicación del pensamiento estadístico y de manufactura esbelta en los procesos productivos trae grandes beneficios económicos para las industrias y no requiere de grandes inversiones.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda iniciar atacando los problemas por cambios de formato y limpieza de equipo ya que representa el 31% del tiempo muerto total de la línea.
2. Es importante que dentro de la capacitación estipulada dentro de los costos del proyecto se incluya un programa de identificación con la empresa ya que se ha observado falta de compromiso del personal operativo hacia las actividades laborales.
3. Es recomendable considerar dentro del bono por desempeño anual de cada operador, un rubro de al menos un 20% por la aplicación de excelencia operacional dentro de su área de trabajo. Esto permitirá mayor interés e involucramiento del personal en los proyectos de mejora continua de la línea de envasado.

XI. BIBLIOGRAFÍA

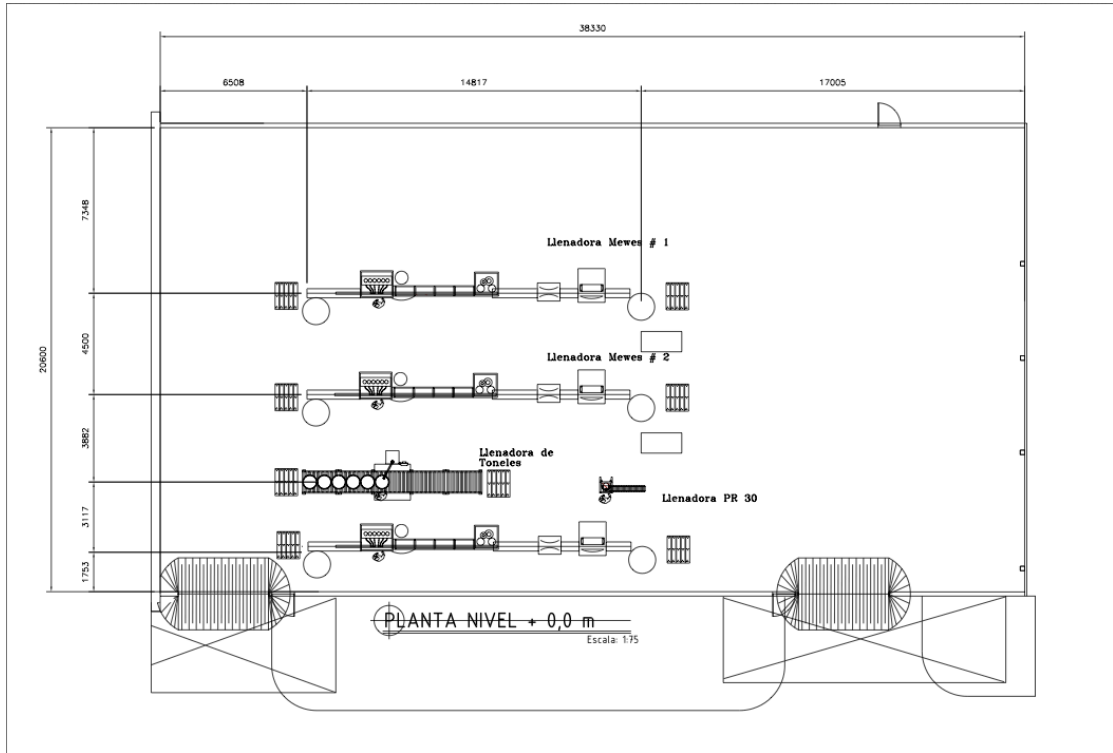
1. Banco de Guatemala, *Sistema de Cuentas Nacionales 1993 -SCN93- (Año Base 2001) – TRIMESTRALES*.
<http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=84369&aud=1&lang=1>
2. Banco de Guatemala., *Tasa de inflación*.
<http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/sr/sr005>
3. Blank, Tarquin. 2006. *Ingeniería Económica*. 6ta ed. Mexico. Editorial McGraw-Hill
4. Chase, Jacob, Aquilano. 2009. *Administración de operaciones, Producción y Cadena de Suministros*. 12va ed. México. Editorial McGraw-Hill.
5. Datos recopilados por observación y medición.
6. De la Vega, J. (2005). *ESTUDIO ECONÓMICO Y TÉCNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE LLENADO DE LIMPIADORES LÍQUIDOS MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE UNA EMPAQUETADORA AUTOMÁTICA DE BOTELLAS*. Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
7. Devore, J. 2008. *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. 7ma. Ed. México. Editorial CengageLearning.
8. Evans, Lindsay. 2008. *Administración y control de la calidad*. 7ma ed. México. Editorial CengageLearning.
9. Niebel, Freivalds. 2009. *Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12va ed. México. Editorial McGraw-Hill.
10. Pivaral, M. (2000). *EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE PAN EN UNA INDUSTRIA PANIFICADORA*. Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

11. Sunil, Chopra, 2008. *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y Operación*. 3ra ed. México. Editorial Pearson Education.

12. Tobar, C. (2012). *PROPUESTA DE REDISEÑO DE LOS ESPACIOS FÍSICOS PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE PLANTA DE LA EMPRESA TODO TERRENO MILK PRODUCTS, S.A.* Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

XII. Anexos

A. *Plano de disposición del edificio*



B. Estudio de tiempos del proceso de envasado

Estudio de Tiempos para el envasado de líquido insecticida en presentación de 100 mL.

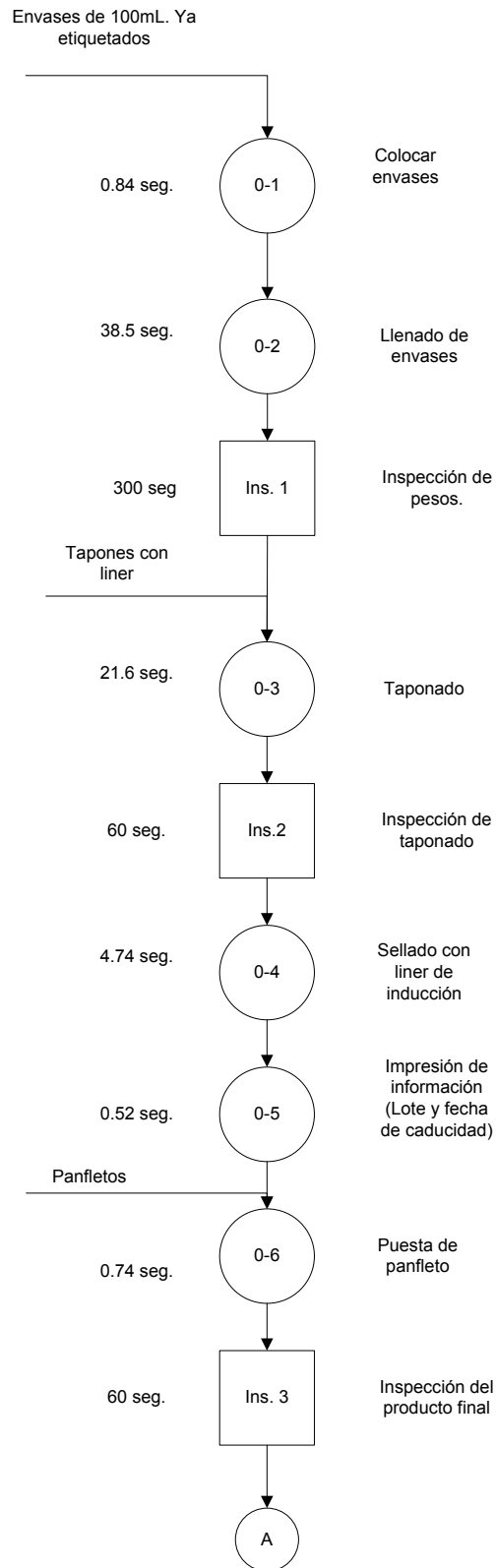
Delimitación y Breve Descripción del Proceso:	Unas: A																									
	Colocar envases		Transporte 1		Llenado		Transporte 2		Taponado		Transporte 3		Sellado		Transporte 4		Impresión de fecha y lote		Transporte 5		Papelito		Embalaje		Sellado de caja	
	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual
Número de Ronda	1	0.58	1.16	40	38.68	79.84	50.65	130.49	21.62	152.11	16.88	168.99	4.98	173.97	2.11	176.08	0.44	176.52	43.93	220.45	0.56	221.01	29.07	250.98	2.5	
	2	252.48	1.02	253.53	40.15	293.68	35.79	329.47	528.18	39.07	368.56	19.34	387.91	4.77	392.64	4.77	397.44	2.14	399.58	37.19	436.77	0.55	442.32	16.79	459.11	2.4
	3	446.63	1.02	447.65	39.46	487.11	39.07	526.18	23.21	549.39	18.92	568.31	5.06	573.37	2.17	575.54	0.41	575.95	37.19	613.14	0.55	613.70	17.94	631.64	2.45	
	4	656.09	1.33	657.42	39.96	697.38	37.23	736.61	20.69	757.30	22.14	779.44	4.47	804.08	2.46	808.55	0.59	809.14	37.24	846.38	1.01	847.39	33.84	881.23	2.66	
	5	879.43	0.53	879.96	40.25	920.21	39.44	959.65	20.61	980.26	22.71	1002.97	4.68	1025.65	2.27	1028.92	0.49	1030.41	37.24	1067.65	1.01	1068.66	22.82	1091.48	2.63	
	6	1091.13	1.20	1092.33	39.82	1132.15	39.45	1171.60	20.94	1192.54	19.78	1212.32	4.56	1232.00	2.44	1236.56	0.41	1237.00	37.24	1274.24	1.1	1275.34	22.1	1297.45	3.06	
	7	1302.04	1.18	1303.22	40.3	1343.52	39.38	1382.91	19.74	1402.65	20.95	1423.60	4.89	1444.49	2.44	1449.38	0.6	1450.00	37.27	1487.27	1.07	1488.34	30.22	1518.56	3.52	
	8	1522.00	0.57	1522.57	40	1562.57	39.17	1601.74	20.45	1622.19	20.45	1642.64	4.77	1663.41	2.33	1668.18	0.41	1668.59	38.59	1707.18	0.59	1707.77	24.26	1732.03	2.59	
	9	1731.97	1.03	1733.00	49.7	1782.70	38.77	1822.47	20.59	1843.06	21.92	1865.00	4.77	1886.77	2.33	1888.10	0.67	1888.77	39.59	1928.36	1.03	1929.39	30.67	1960.06	2.08	
	10	1984.11	1.10	1985.21	41.34	2026.55	38.05	2067.89	22.54	2090.43	22.54	2112.97	4.54	2117.51	2.4	2119.91	0.53	2120.44	37.65	2158.09	0.53	2158.62	26.75	2185.37	2.43	
Sumatoria de Tiempos Individuales (segundos)		9.59		410.98		395.04		229.19		216.01		180.34		47.42		29.89		5.22		382.01		8.49		254.46		26.32
Número de Observaciones		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10
Promedio (segundos)		0.959		41.098		39.504		22.919		21.601		18.034		4.742		2.989		0.522		38.201		0.846		25.446		2.632
Calificación del Operario (Porcentaje)		88%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		88%		88%		100%
Tempo Estándar (segundos)		0.84392		41.098		38.504		22.919		21.601		18.034		4.742		2.989		0.522		38.201		0.74624		22.39248		2.632

Estudio de Tiempos para el envasado de líquido insecticida en presentación de 125 mL.

Delimitación y Breve Descripción del Proceso:	Unas: A																									
	Colocar envases		Transporte 1		Llenado		Transporte 2		Taponado		Transporte 3		Sellado		Transporte 4		Impresión de fecha y lote		Transporte 5		Papelito		Embalaje		Sellado de caja	
	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	Tiempo Individual	Tiempo Acumulado Individual	
Número de Ronda	1	2.04	2.04	4.08	51.95	56.03	39.85	95.88	37.69	334.57	38.42	4.89	339.46	1.03	344.35	2.26	346.61	0.52	347.13	38.09	385.93	0.55	394.48	17.89	412.37	2.59
	2	226.56	1.02	227.58	51.69	279.27	38.42	317.69	40.47	358.16	25.23	383.39	1.03	384.42	4.89	389.31	2.26	391.57	0.42	392.09	37.1	429.19	1.02	430.21	22.4	452.61
	3	451.19	1.24	452.43	51.62	504.05	38.5	545.67	45.8	591.47	18.11	609.58	1.02	610.60	4.77	615.37	2.43	617.80	0.42	618.22	37.1	655.32	1.02	656.34	22.4	678.74
	4	676.70	1.26	677.96	52.07	730.03	39.75	769.78	34.96	804.74	23.24	828.00	1.02	829.02	4.7	833.72	2.46	836.18	0.49	836.67	37.64	874.31	1.05	875.36	24.26	899.62
	5	901.25	1.26	902.51	52.13	954.64	38.4	1006.77	41.23	1047.97	25.17	1073.14	1.03	1074.17	4.54	1078.71	2.38	1080.09	0.58	1080.67	37.69	1118.36	1.07	1119.43	24.55	1143.98
	6	1180.77	1.17	1181.94	51.24	1233.18	40.02	1284.42	27.20	1311.62	23.17	1334.79	1.02	1335.81	4.73	1340.54	2.27	1341.81	0.47	1342.28	34.46	1376.74	0.99	1377.73	28.75	1406.48
	7	1422.88	1.07	1423.95	51.95	1475.90	39.7	1527.85	51.6	1579.41	23	1592.41	1.04	1593.45	4.69	1598.14	2.34	1598.58	0.44	1599.02	37.75	1636.77	1.03	1637.80	30.22	1668.02
	8	1689.91	1.14	1691.05	51.52	1742.57	39.75	1794.10	54.1	1846.24	22.8	1869.04	1.03	1870.07	4.56	1874.63	2.33	1875.17	0.5	1875.67	38.69	1914.36	0.59	1915.41	24.26	1939.67
	9	1913.83	1.27	1915.10	52.25	1967.35	36.33	2019.60	51.49	2071.09	23.52	2094.61	1.01	2095.62	4.54	2097.16	2.33	2097.69	0.41	2098.10	39.03	2137.13	0.56	2138.19	24.3	2162.49
	10	2163.47	1.18	2164.65	52.13	2216.78	39.76	2268.96	48.67	2317.63	21.46	2339.09	1.01	2340.10	4.68	2344.78	2.43	2345.21	0.59	2345.80	36.68	2382.46	1	2383.46	25.89	2409.35
Sumatoria de Tiempos Individuales (segundos)		12.67		518.55		405.48		270.59		443.52		103.25		46.66		23.85		4.98		375.1		7.99		243.38		25.64
Número de Observaciones		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10
Promedio (segundos)		1.267		51.855		40.548		27.059		44.352		103.25		4.666		2.385		0.498		37.51		0.799		24.338		2.594
Calificación del Operario (Porcentaje)		88%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		88%		88%		100%
Tempo Estándar (segundos)		1.1496		51.855		40.648		27.059		44.352		103.25		4.666		2.385		0.488		37.51		0.70312		21.4744		2.594

C. Diagramas de Procesos Operativos

**Diagrama de procesos operativos
Envasado en presentación de 100 mL.
Método actual
Dibujado por Erick Velásquez**



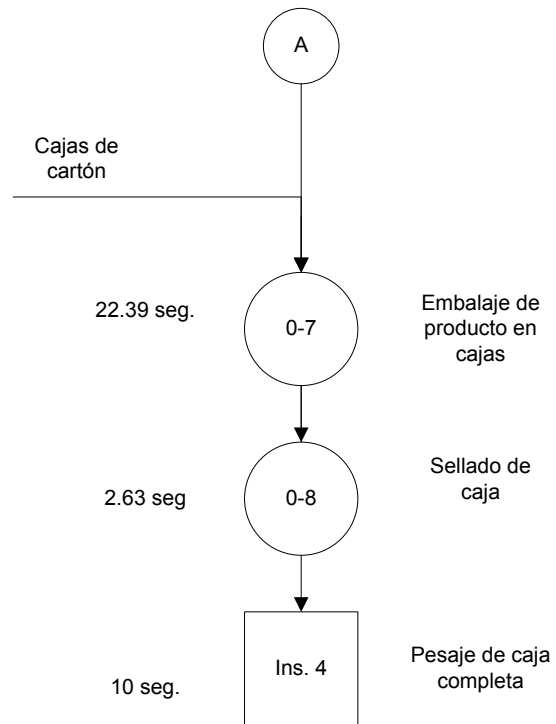
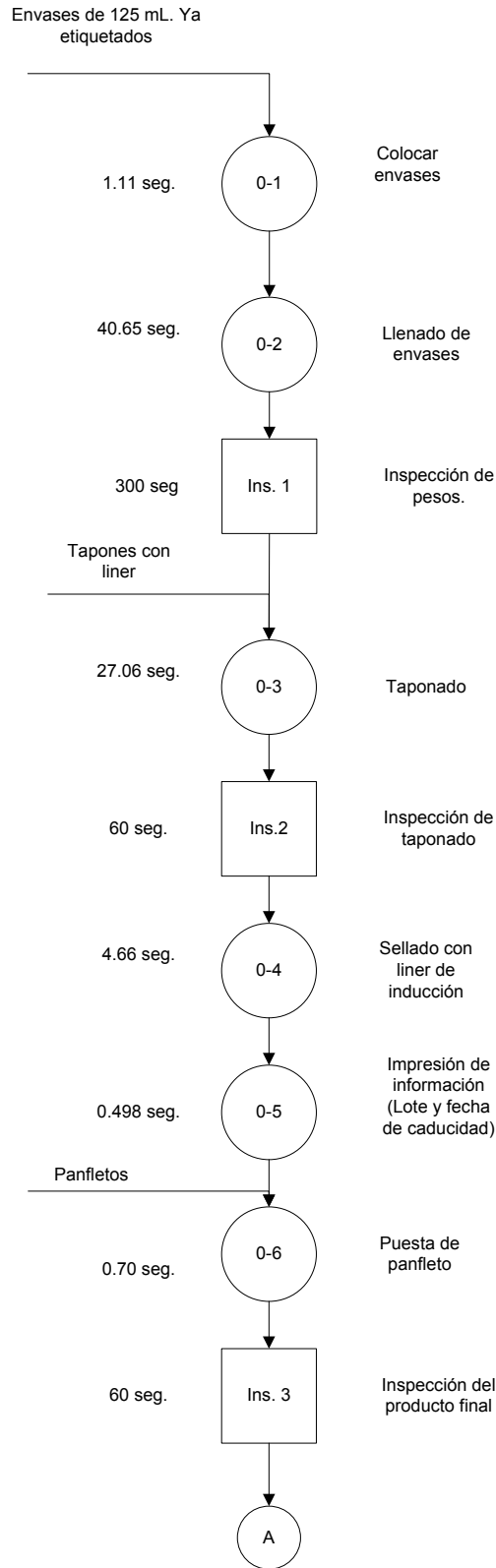
**Resumen:****Operaciones: 7****Tiempo: 91.98 seg.****Inspecciones: 4****Tiempo: 430 seg.**

Diagrama de procesos operativos
Envasado en presentación de 125 mL.
Método actual
Dibujado por Erick Velásquez



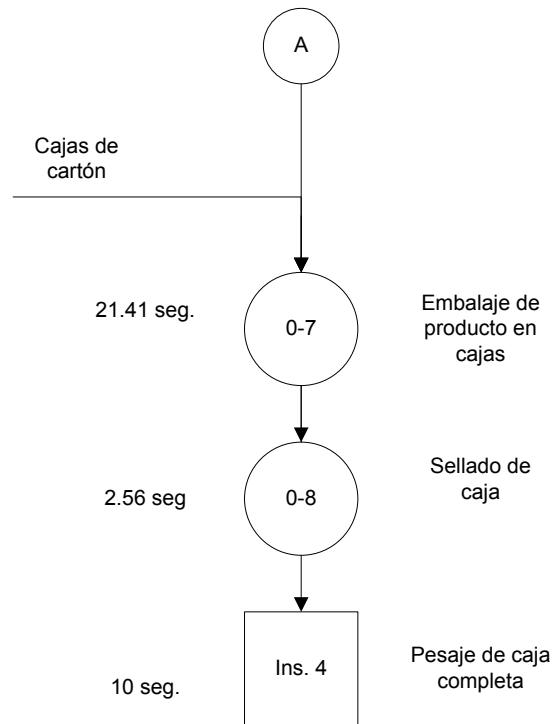
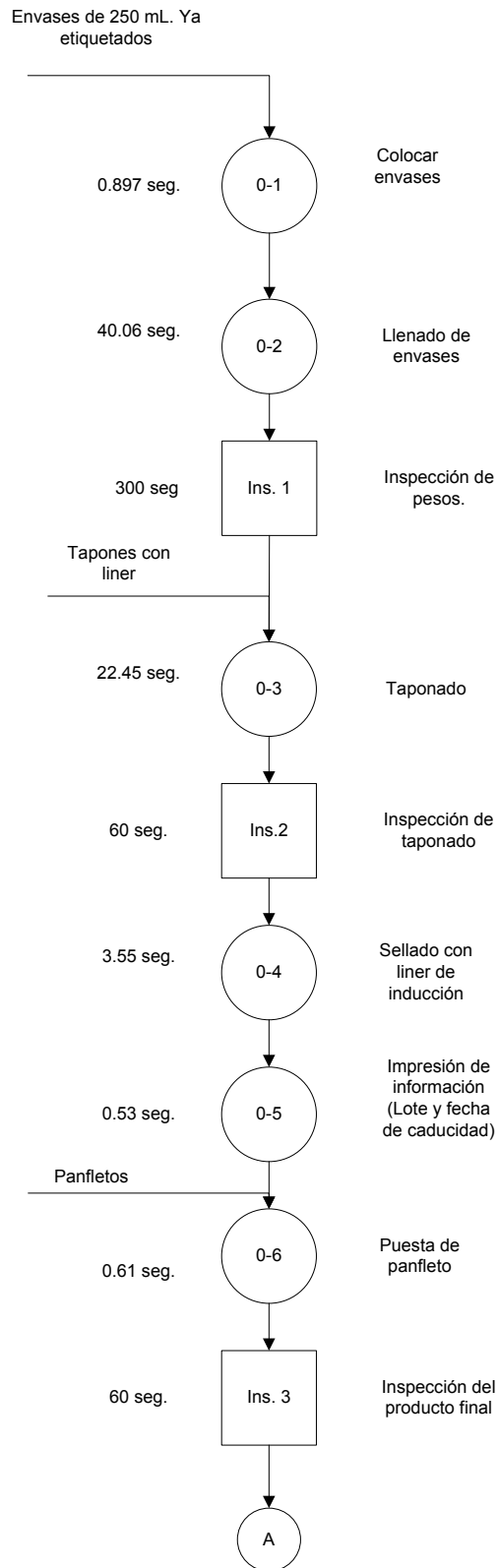
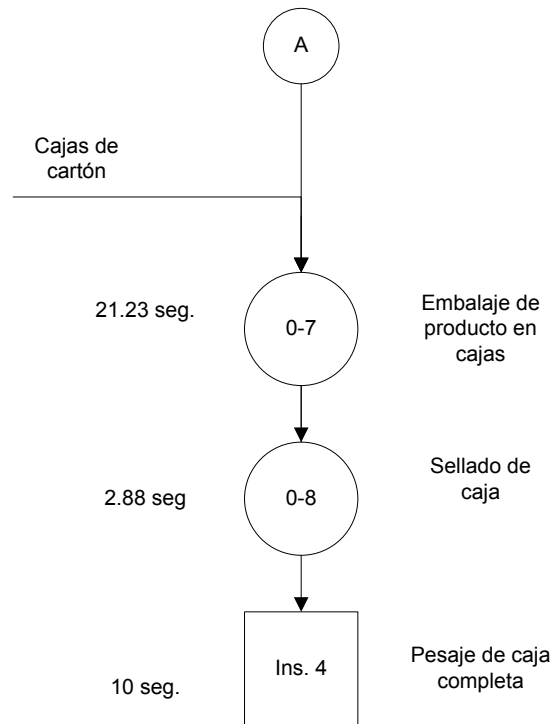
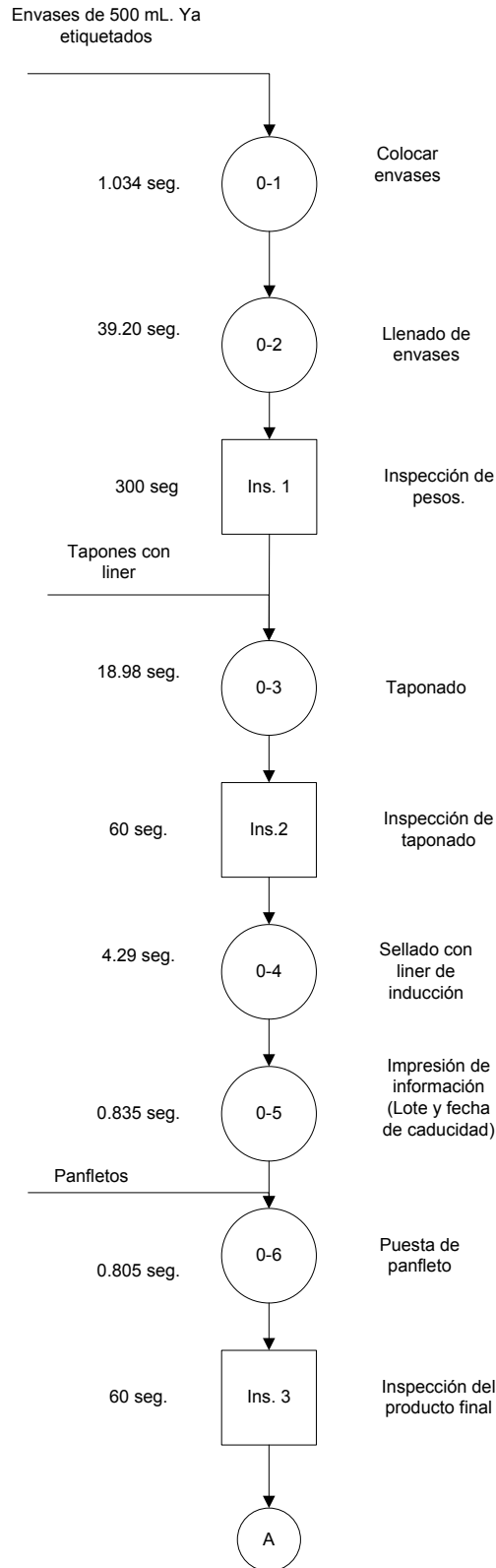
**Resumen:****Operaciones: 7****Tiempo: 98.67 seg.****Inspecciones: 4****Tiempo: 430 seg.**

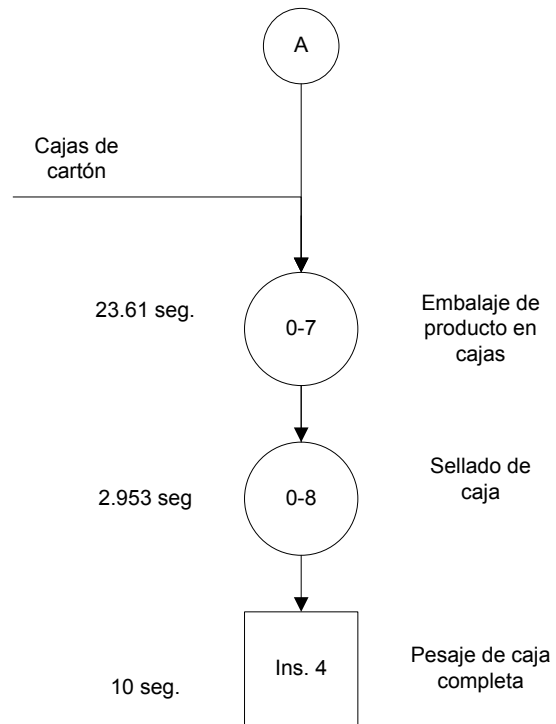
Diagrama de procesos operativos
Envasado en presentación de 250 mL.
Método actual
Dibujado por Erick Velásquez



**Resumen:****Operaciones: 7****Tiempo: 92.22 seg.****Inspecciones: 4****Tiempo: 430 seg.**

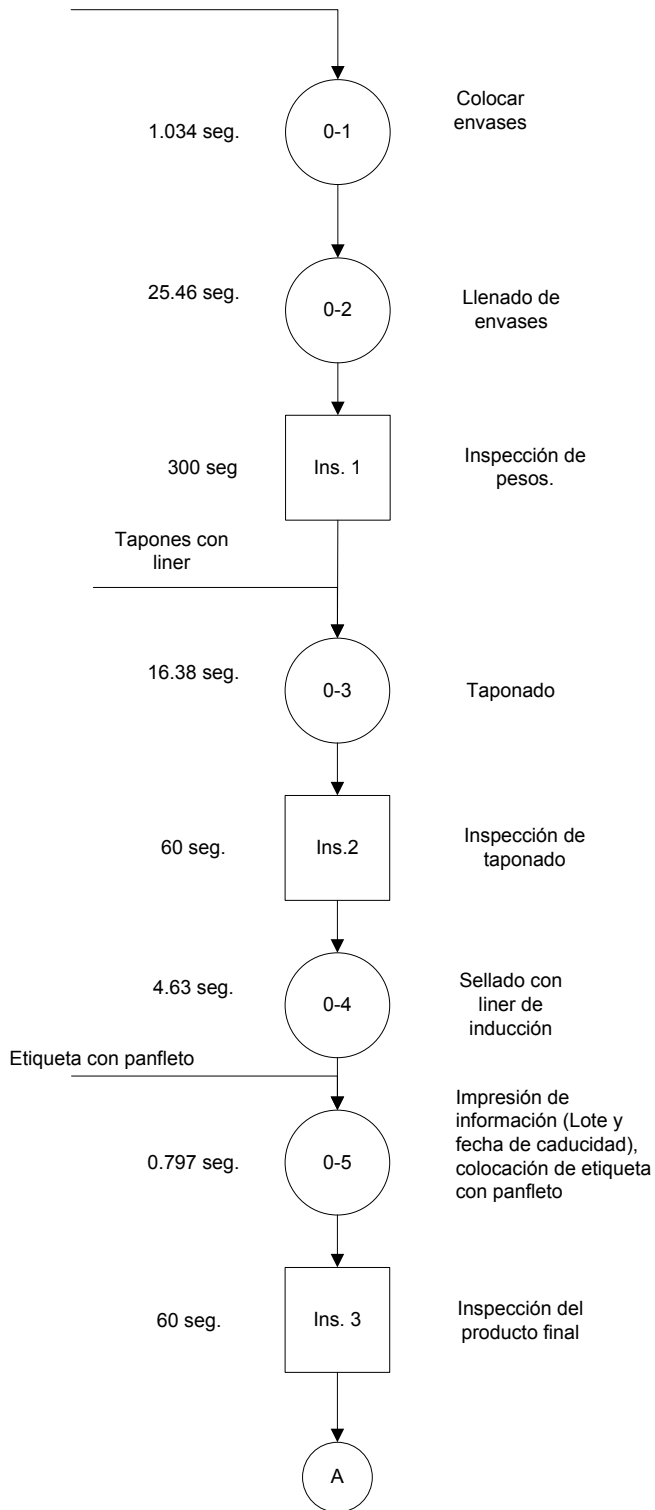
**Diagrama de procesos operativos
Envasado en presentación de 500 mL.
Método actual
Dibujado por Erick Velásquez**

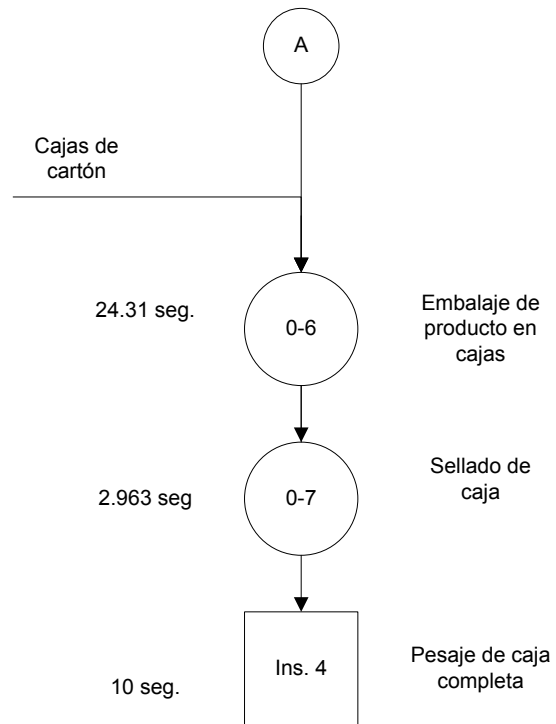


**Resumen:****Operaciones: 7****Tiempo: 91.72 seg.****Inspecciones: 4****Tiempo: 430 seg.**

**Diagrama de procesos operativos
Envasado en presentación de 1 Litro.
Método actual
Dibujado por Erick Velásquez**

Envases de 1 L. Sin etiquetar



**Resumen:****Operaciones: 7****Tiempo: 75.58 seg.****Inspecciones: 4****Tiempo: 430 seg.**

D. Diagramas de flujo








Ubicación: Empresa X		Resumen			
Actividad: Proceso de envasado 100 mL.		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: Agosto 2013		Operación	8		
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte	6		
Método: Actual		Retrasos	2		
Tipo: Material					
Comentarios:		Inspección	3		
		Almacenamiento	1		
		Tiempo (min)	9.75		
		Distancia (mts.)	13.15		
		Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases		○ → D □ ▽	30	4	
Colocar envases		○ → D □ ▽	0.84		
Hacia llenadora		○ → D □ ▽	41.098	1.5	
Llenado		○ → D □ ▽	38.5		
Inspección de pesos		○ → D □ ▽	300		
Hacia taponadora		○ → D □ ▽	22.92	2.3	
Taponado		○ → D □ ▽	21.6		
Inspección de taponado		○ → D □ ▽	30		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora		○ → D □ ▽	18.034	1.65	
Sellado		○ → D □ ▽	4.74		
Hacia impresora		○ → D □ ▽	2.389	0.40	

Descripción de los eventos	Símbolo					Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Impresión	○	→	D	□	▽	0.52		
Hacia panfleto	○	→	D	□	▽	38.201	3.3	
Colocación de panfleto	○	→	D	□	▽	0.746		
Inspección de producto final	○	→	D	□	▽	15		
Embalaje	○	→	D	□	▽	22.39		
Sellado de caja	○	→	D	□	▽	2.63		
Almacenamiento	○	→	D	□	▽			

Ubicación: Empresa X		Resumen			
Actividad: Proceso de envasado 125 mL.		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: Agosto 2013		Operación	8		
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte	6		
Método: Actual		Retrasos	2		
Tipo: Material					
Comentarios:		Inspección	3		
		Almacenamiento	1		
		Tiempo (min)	10.0		
		Distancia (mts.)	13.15		
		Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases		○ → □ ▽	30	4	
Colocar envases		○ → □ ▽	1.11		
Hacia llenadora		○ → □ ▽	51.85	1.5	
Llenado		○ → □ ▽	40.65		
Inspección de pesos		○ → □ ▽	300		
Hacia taponadora		○ → □ ▽	44.35	2.3	
Taponado		○ → □ ▽	27		
Inspección de taponado		○ → □ ▽	25.0		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora		○ → □ ▽	1.032	1.65	
Sellado		○ → □ ▽	4.66		
Hacia impresora		○ → □ ▽	2.385	0.40	

Descripción de los eventos	Símbolo					Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Impresión	○	→	D	□	▽	0.49		
Hacia panfleto	○	→	D	□	▽	37.51	3.3	
Colocación de panfleto	○	→	D	□	▽	0.703		
Inspección de producto final	○	→	D	□	▽	15		
Embalaje	○	→	D	□	▽	21.42		
Sellado de caja	○	→	D	□	▽	2.56		
Almacenamiento	○	→	D	□	▽			

Ubicación: Empresa X		Resumen							
Actividad: Proceso de envasado 250 mL.		Evento			Presente	Propuesto	Ahorros		
Fecha: Agosto 2013		Operación			8				
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte			6				
Método: Actual		Retrasos			2				
Tipo: Material									
Comentarios:		Inspección			3				
		Almacenamiento			1				
		Tiempo (min)			9.50				
		Distancia (mts.)			13.15				
		Costo							
Descripción de los eventos		Símbolo					Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases		○	→	D	□	▽	30	4	
Colocar envases		○	→	D	□	▽	0.897		
Hacia llenadora		○	→	D	□	▽	36.92	1.5	
Llenado		○	→	D	□	▽	40.066		
Inspección de pesos		○	→	D	□	▽	300		
Hacia taponadora		○	→	D	□	▽	23.46	2.3	
Taponado		○	→	D	□	▽	17.7		
Inspección de taponado		○	→	D	□	▽	30		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora		○	→	D	□	▽	17.7	1.65	
Sellado		○	→	D	□	▽	3.55		
Hacia impresora		○	→	D	□	▽	2.25	0.40	

Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Impresión		0.536		
Hacia Panfleto		36.11	3.3	
Colocación de panfleto		0.61		
Inspección de producto final		10		
Embalaje		21.23		
Sellado de caja		2.88		
Almacenamiento				






Ubicación: Empresa X		Resumen					
Actividad: Proceso de envasado 500 mL.		Evento			Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: Agosto 2013		Operación			8		
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte			6		
Método: Actual		Retrasos			2		
Tipo: Material							
Comentarios:		Inspección			3		
		Almacenamiento			1		
		Tiempo (min)			10.02		
		Distancia (mts.)			13.15		
		Costo					
Descripción de los eventos		Símbolo			Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases		○ →	D □	▽	60	4	
Colocar envases		○ →	D □	▽	1.034		
Hacia llenadora		○ →	D □	▽	27.89	1.5	
Llenado		○ →	D □	▽	39.20		
Inspección de pesos		○ →	D □	▽	300		
Hacia taponadora		○ →	D □	▽	12.40	2.3	
Taponado		○ →	D □	▽	18.98		
Inspección de taponado		○ →	D □	▽	40		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora		○ →	D □	▽	20.28	1.65	
Sellado		○ →	D □	▽	4.29		
Hacia impresora		○ →	D □	▽	2.27	0.40	

Descripción de los eventos	Símbolo					Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Impresión	○	→	D	□	▽	0.835		
Hacia Panfleto	○	→	D	□	▽	32	3.3	
Colocación de panfleto	○	→	D	□	▽	0.805		
Inspección de producto final	○	→	D	□	▽	15		
Embalaje	○	→	D	□	▽	23.62		
Sellado de caja	○	→	D	□	▽	2.95		
Almacenamiento	○	→	D	□	▽			

Ubicación: Empresa X		Resumen			
Actividad: Proceso de envasado 500 mL.		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: Agosto 2013		Operación	8		
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte	6		
Método: Actual		Retrasos	2		
Tipo: Material					
Comentarios:		Inspección	3		
		Almacenamiento	1		
		Tiempo (min)	9.78		
		Distancia (mts.)	13.15		
		Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases			60	4	
Colocar envases			1.034		
Hacia llenadora			27.89	1.5	
Llenado			39.20		
Inspección de pesos			300		
Hacia taponadora			12.40	2.3	
Taponado			18.98		
Inspección de taponado			40		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora			20.28	1.65	
Sellado			4.29		
Hacia impresora			2.27	0.40	

Descripción de los eventos	Símbolo					Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Impresión	○	→	D	□	▽	0.835		
Hacia Panfleto	○	→	D	□	▽	32	3.3	
Colocación de panfleto	○	→	D	□	▽	0.805		
Inspección de producto final	○	→	D	□	▽	.30		
Embalaje	○	→	D	□	▽	23.62		
Sellado de caja	○	→	D	□	▽	2.95		
Almacenamiento	○	→	D	□	▽			

Ubicación: Empresa X		Resumen			
Actividad: Proceso de envasado1 L.		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: Agosto 2013		Operación	8		
Operador: A	Analista: Erick V.	Transporte	6		
Método: Actual		Retrasos	2		
Tipo: Material					
Comentarios:		Inspección	3		
		Almacenamiento	1		
		Tiempo (min)	9.35		
		Distancia (mts.)	13.15		
		Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Mover envases			60	4	
Colocar envases			1.050		
Hacia llenadora			20.47	1.5	
Llenado			25.46		
Inspección de pesos			300		
Hacia taponadora			13.52	2.3	
Taponado			16.38		
Inspección de taponado			30		Con TPM no sería necesaria esta inspección
Hacia selladora			14.43	1.65	
Sellado			4.62		
Hacia Panfleto			32	3.3	

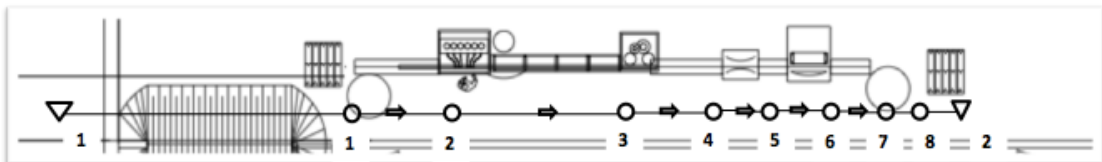
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (seg.)	Distancia (mts.)	Recomen.
Colocación de etiqueta folleto más impresión		0.79		
Inspección de producto final		15		
Embalaje		24.31		
Sellado de caja		2.963		
Almacenamiento				

E. Diagrama de recorrido

Diagrama de recorrido de procesos

Método actual

Elaborado por Erick Velásquez



F. Tablas de medición de la producción por presentación

Presentación: 100 mililitros

Día	Cantidad (PCE)	
1	7040	580
2	8120	5520
3	7100	6840
4	8100	6240
5	7100	0
6	8100	4480
7	1140	7220
8	4374	5480
9	7866	3640
10	5800	1293
11	8093	3400
12	6546	10000
13	4600	9360
14	2133	8040
15	4333	5700
16	6240	4100
17	5240	5840
18	9600	8600
19	8467	7040
20	9573	8120
21	5773	7100
22	0	8100
23	3660	7100
24	6540	8100
25	1800	1140
26	0	4374
27	800	7866
28	7600	5800
29	9480	8093
30	2120	6546
31	6500	4600
32	9660	2133
33	5180	4333
34	4160	6240
35	5840	5240
36	8600	9600
37	3060	8467
38	2540	9573
39	5400	5773
40	0	0
41	3060	3660
42	4500	6540
43	8400	1800
44	2100	800

Presentación: 125 mililitros

Día	Cantidad (PCE)	
1	9200	2500
2	8000	11500
3	9600	10000
4	8800	12000
5	6720	11000
6	8320	8400
7	9440	10400
8	1920	11800
9	1600	2400
10	3000	3660
11	420	6540
12	4900	4000
13	6980	7800
14	7520	7500
15	9600	7540
16	7960	7500
17	8400	7080
18	6100	5400
19	8560	2000
20	1900	7000
21	9600	6660
22	3180	5740
23	2880	7120
24	7200	8093
25	7420	7066
26	1320	8066

Presentación: 250 mililitros

Día	Cantidad (PCE)	
1	1920	3500
2	3120	3149
3	100	4500
4	980	900
5	3580	1800
6	2040	1200
7	4300	3500
8	1660	2800
9	3773	1525

Presentación: 500 mililitros

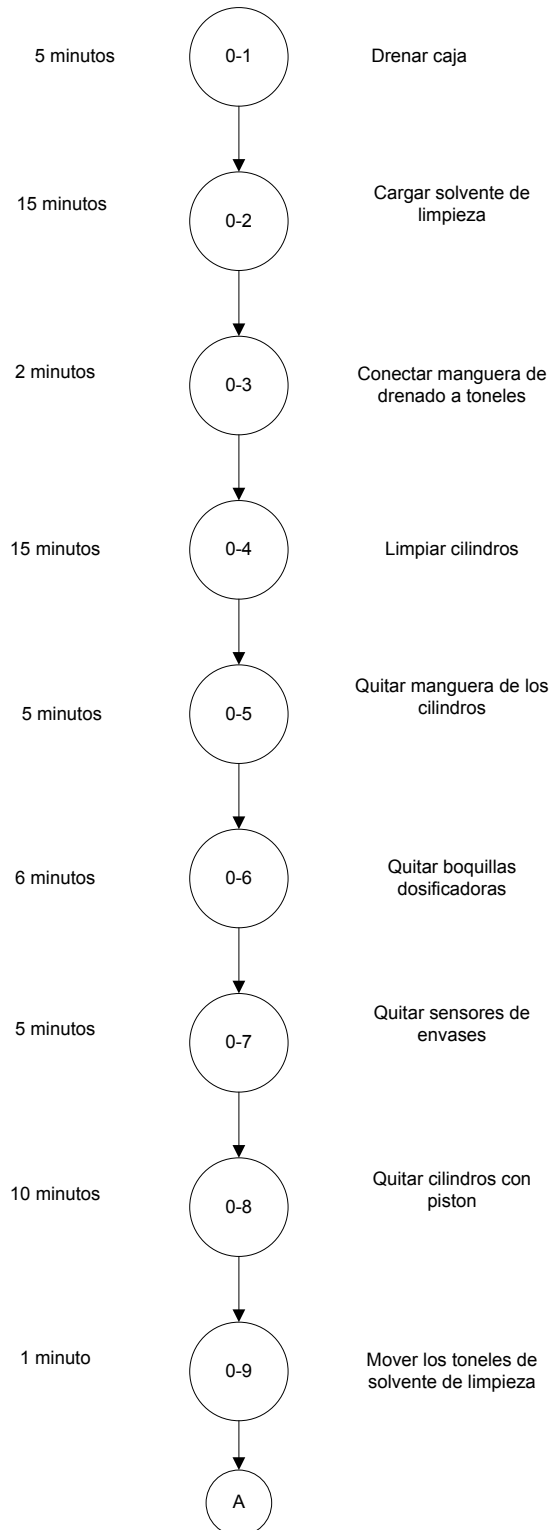
Día	Cantidad (PCE)	
1	2440	7340
2	7300	5400
3	6360	4000
4	7520	6420
5	6380	7340
6	2000	5400
7	1333	5840
8	4000	2440
9	300	7300
10	2400	6360
11	6893	7520
12	340	6380
13	2380	2000
14	220	6000
15	5940	3600
16	8400	10340
17	5140	340
18	2940	2380
19	1000	220
20	3280	9084
21	2800	8400
22	5540	5140
23	1480	2940
24	1300	8260
25	6000	3929
26	4700	620

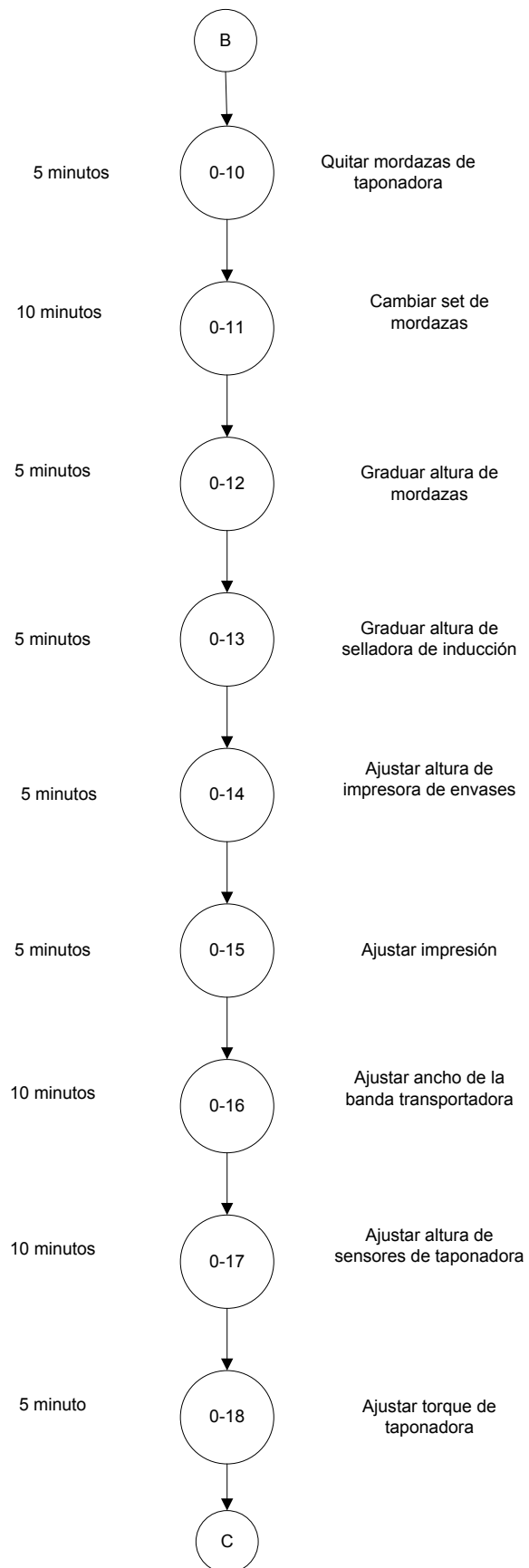
Presentación: 1 Litro.

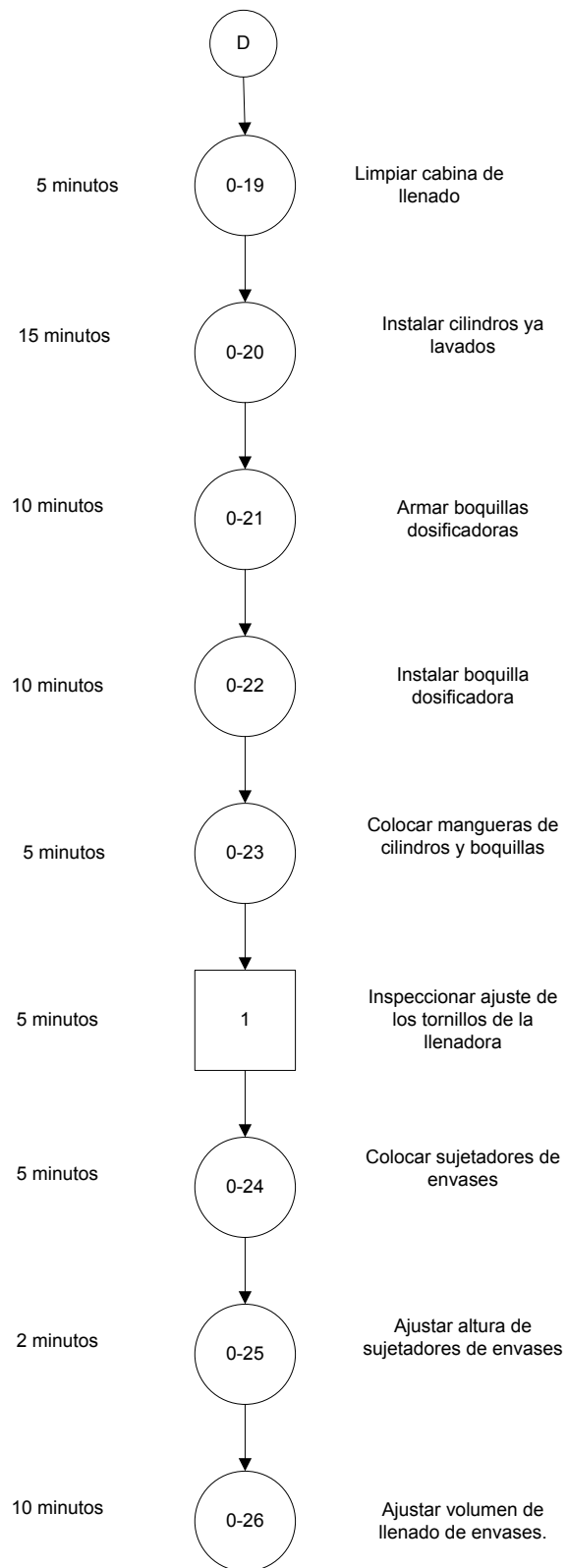
Día	Cantidad (PCE)	
1	0	2000
2	3900	800
3	3660	5200
4	1480	4000
5	6254	0
6	1400	7688
7	2800	4392
8	3344	6600
9	3600	8000
10	725	2320
11	100	4008
12	2436	918
13	680	1000
14	7500	4200
15	10452	5436
16	3128	4800
17	1656	1800
18	0	2400
19	832	2400
20	732	100
21	2400	5060
22	5400	500
23	2930	4840
24	340	5020
25	2440	4960
26	880	2020
27	3438	2720
28	62	497
29	1160	2460
30	360	940
31	260	6280
32	3193	2800
33	3720	4000
34	1180	560
35	460	1439
36	3000	4020
37	840	4800
38	4308	4584
39	3880	4092
40	3180	6012
41	780	6012
42	900	5760
43	2604	3876
44	2200	5484
45	2100	2424
46	1800	0
47	2085	4476
48	564	3288
49	1800	2436
50	2700	680
51	5200	7500
52	4367	4392
53	336	6600
54	6000	8000
55	4656	0
56	1704	3660

G. Diagramas de Proceso Operativo para la limpieza y cambio de formato.

Diagrama de Proceso Operativo
Limpieza y Cambio de Formato Línea de envasado A
Método Actual
Dibujado por Erick Velásquez



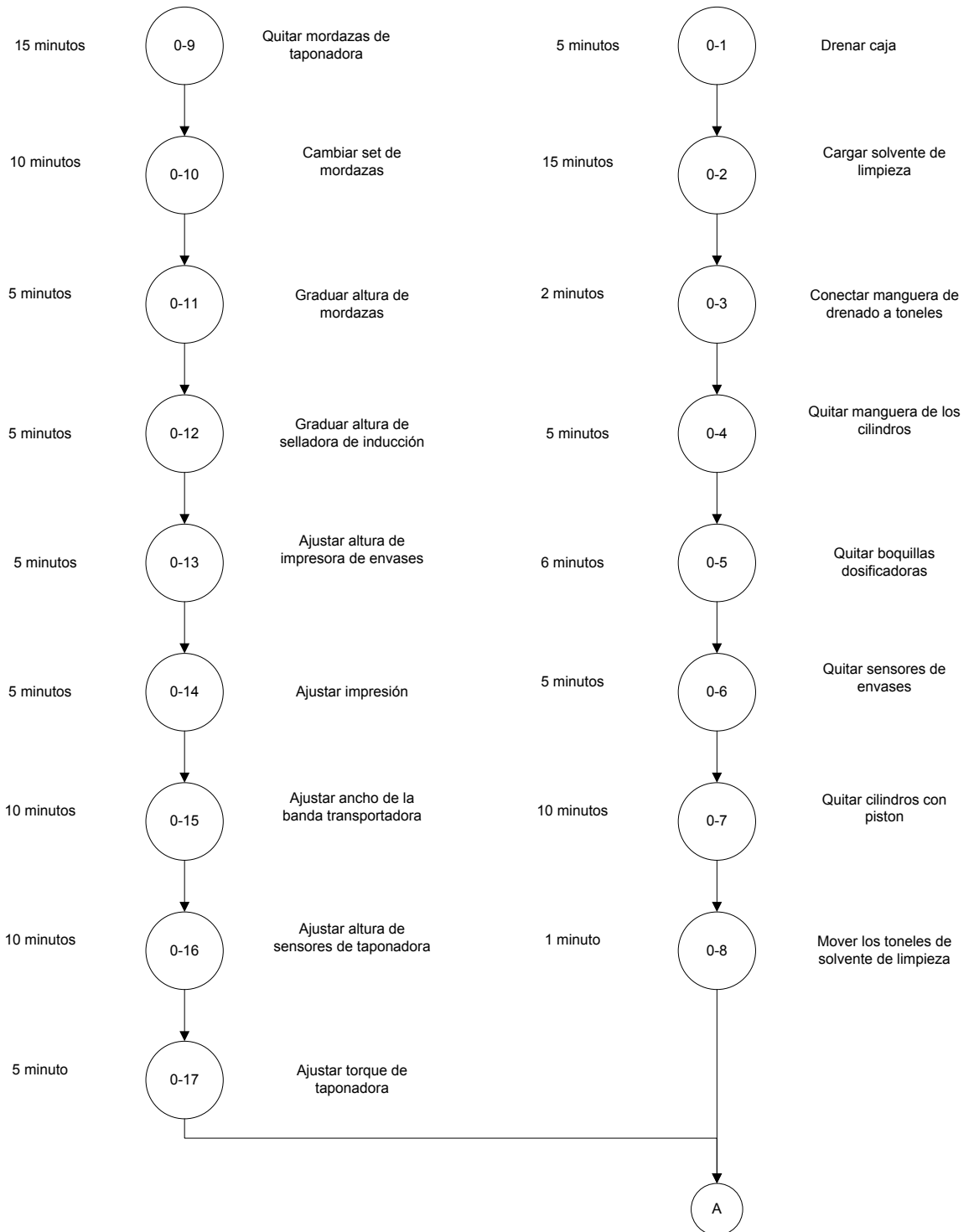


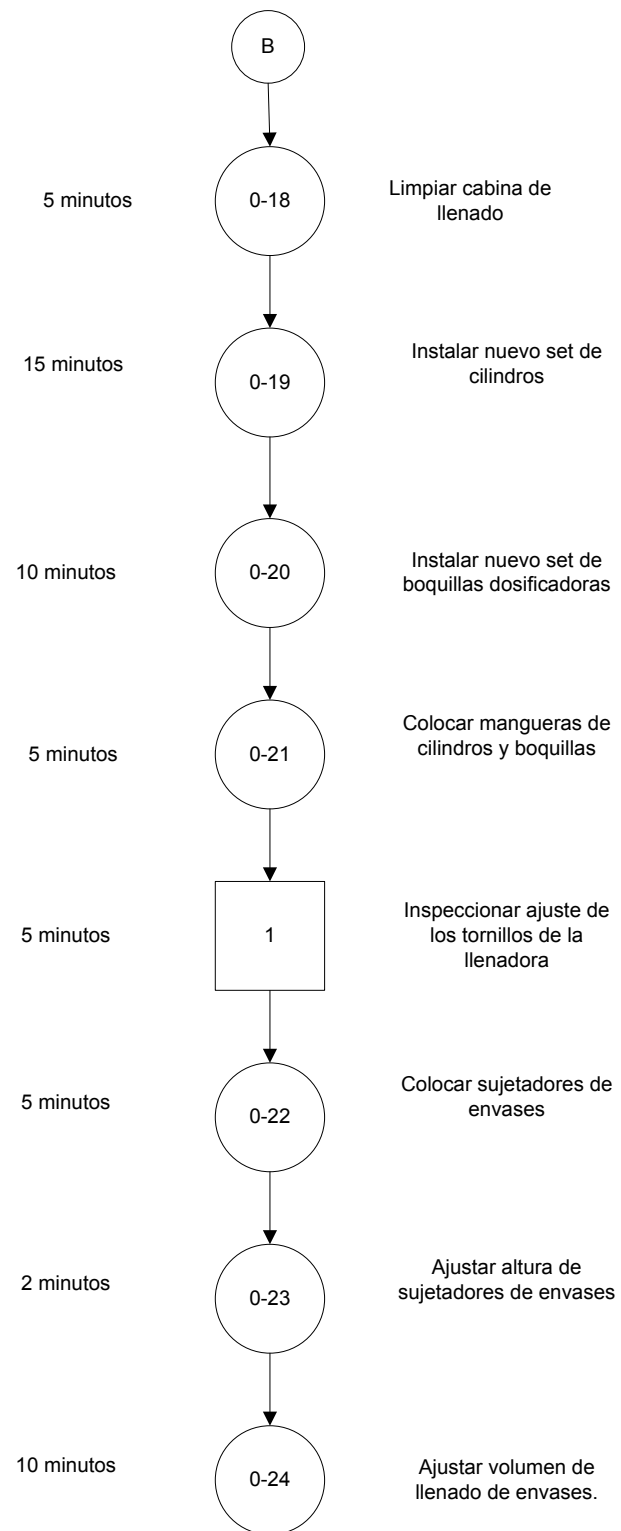


Operaciones: 26
Inspecciones: 1

Tiempo: 195 mins.
Tiempo: 5 min.


**Diagrama de Proceso Operativo
Limpieza y Cambio de Formato Línea de envasado A
Método Propuesto
Dibujado por Erick Velásquez**



**Resumen:****Operaciones: 24****Tiempo: 170 mins.****Inspecciones: 1****Tiempo: 5 min.**

H. Cotizaciones realizadas

Capacitaciones de personal:



INSTITUTO TÉCNICO DE CAPACITACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

INICIO
OFERTA FORMATIVA 2014
ACERCA DE NOSOTROS
INFORMACIÓN DE CURSOS
CENTROS Y DELEGACIONES
CONTÁCTENOS

BUSCAR CURSOS

Buscar

CURSOS POR CATEGORÍA

Seleccionar

Buscar

- Inicio
- Listado General de Cursos
- Por Centro o Delegación
- Cursos día Sábado
- Cursos día Domingo

SEGURIDAD INDUSTRIAL 1

Categoría: **IMPRIMIR**

Programado en

Calle del Estadio Mateo Flores 8-79 zona 5
2410-5555 ext. 960

60865

Fecha de Inicio	15/01/2014
Fecha de Finalización	11/02/2014
Días que se imparte	-
Horario	-
Inversión	Pago único Q. 200.00
Observaciones	Consulta disponibilidad de cupo en Call Center 1565.
Actividades Previas	10/01/2014 13:00


Programado en

Calle del Estadio Mateo Flores 8-79 zona 5
2410-5555 ext. 960

→ CURSOS RELACIONADOS

- ADMINISTRADOR (A) DE BARES Y RESTAURANTES
- SUPERVISOR DE PLANTAS INDUSTRIALES (SEMPRESENCIAL)
- PLANIFICACION DE EVENTOS SOCIALES
- QUI GENERAL DE TURISTA

Cilindros y pistones:




Shop by category

All Categories

Search Advanced

Back to search results | Listed in category: Business & Industrial > Manufacturing & Metalworking > Other

⚠ This seller is currently away until Jan 01, 2014. If you make a purchase, there may be a delay in processing your order.



FILLING MACHINE CYLINDER AND PISTON DOSING SYSTEM FOR LIQUID FILLER *USED TESTED

Item condition: **Used** Add to watch list

Price: **US \$1,899.99** Buy It Now

Best Offer:

1 watcher

Make Offer
Add to watch list
Add to collection

100% positive Feedback
Best offer available

Top-rated seller
pcmm1707 (778 ★)
100% Positive feedback

- ✓ Consistently receives highest buyers' ratings
- ✓ Ships items quickly
- ✓ Has earned a track record of excellent service


+ Follow this seller
See other items
 Visit store: PCM SURPLUS WORLD

Shipping: **\$300.00** Expedited Int'l Shipping | [See details](#)

Válvulas neumáticas:

ebay Shop by category All Categories Search Advanced

Back to search results | Listed in category: Business & Industrial > MRO & Industrial Supply > Hydraulics & Pneumatics > Pneumatic Valves



KAY PNEUMATICS 23C 11 20 ELEC. 120/60 S/N D6 5-Way Pneumatic Solenoid Valve

Item condition: **New other (see details)**
"SHELF WEAR"

Price: **US \$50.00**

[Buy It Now](#)

[Add to cart](#)

[Add to watch list](#)

[Add to collection](#)

Shipping: **\$11.60** USPS Priority Mail International Small Flat Rate Box | [See details](#)
International items may be subject to customs processing and additional charges.
Item location: Bedford, Ohio, United States
Ships to: Worldwide

Delivery: **Estimated between Mon. Jan. 13 and Fri. Jan. 17**
Seller ships within 3 days after receiving cleared payment.
Please allow additional time if international delivery is subject to customs processing.

Payments: **PayPal** | [See payment information](#)

Returns: 30 days money back, buyer pays return shipping | [Read details](#)

Guarantee: **ebay** MONEY BACK GUARANTEE | [Learn more](#)

Top-rated seller
the.hose.doctor (1362 ★)
99.5% Positive feedback


- ✓ Consistently receives highest buyers' ratings
- ✓ Ships items quickly
- ✓ Has earned a track record of excellent service

[Follow this seller](#)

See other items

Visit store: [Hose Pros INC](#)


TUS COMPRAS DE ebay LLEGAN A TU PAÍS POR SOLO \$5

[IR](#) 

Manguera de teflón para transporte de químicos:

ebay Shop by category All Categories Search Advanced

Back to search results | Listed in category: Business & Industrial > MRO & Industrial Supply > Material Handling > Other



-10 Stainless Steel Teflon Lined Chemical Hose

Item condition: **New**

Quantity: More than 10 available / 105 sold

Price: **US \$4.77**

[Buy It Now](#)

[Add to cart](#)

4 watchers

[Add to watch list](#)

[Add to collection](#)

100% positive Feedback	105 Sold	New Condition
---------------------------	-------------	------------------

Shipping: **May not ship to Guatemala - Read item description or contact seller for shipping options.** | [See details](#)
Item location: Madison, Mississippi, United States
Ships to: United States

Delivery: **Varies**

Payments: **PayPal** | [See payment information](#)

Returns: 7 days money back, buyer pays return shipping | [Read details](#)




Guarantee: **ebay** MONEY BACK GUARANTEE | [Learn more](#)
Get the item you ordered or get your money back.

Acoples rápidos para las mangueras:

ebay Shop by category All Categories Search Advanced

Back to search results | Listed in category: Business & Industrial > MRO & Industrial Supply > Pumps & Plumbing > Pumps
Business & Industrial > Construction > Building Materials & Supplies > Plumbing > Pipe

Brass Hose Connectors/Fittings Geka Type Quick Coupling Hose Diameter: 1/2"

Item condition: **New**    | Add to watch list

Quantity: More than 10 available / 6 sold

Price: **GBP 4.10**
Approximately US \$6.78

Buy It Now

2 watchers [Add to watch list](#)
[Add to collection](#)

100% positive Feedback **New** Condition


Shipping: **GBP 2.00** (approx. US \$3.31) Standard Int'l Postage | [See details](#)

Seller information
waterlineproducts (461 ★)
100% Positive feedback

[Follow this seller](#)
[See other items](#)

Visit store: [Waterline Products](#)
Registered as a Business Seller

TUS COMPRAS DE ebay






Boquillas para dosificación de líquidos:

ebay Shop by category All Categories Search Advanced

Back to search results | Listed in category: Business & Industrial > Manufacturing & Metalworking > Process Equipment > Packaging & Labeling Equipment > Other

Gravity Style Liquid Filling Nozzle.

Item condition: **Used**    | Add to watch list

Quantity: 2 available

Price: **US \$250.00**


Buy It Now



Add to cart

Best Offer: **Make Offer**

5 watchers [Add to watch list](#)
[Add to collection](#)

100% positive Feedback **Hassle-free** Returns **Best offer** available

Shipping: **\$56.85** USPS Priority Mail International | [See details](#)
International items may be subject to customs processing and additional charges. 
Item location: Haverhill, Massachusetts, United States
Ships to: Worldwide

Delivery: **Estimated between Thu. Jan. 9 and Wed. Jan. 15**
Seller ships within 1 day after receiving cleared payment. 
Please allow additional time if international delivery is required. 

Top-rated seller
wayneind (1330 ★)
100% Positive feedback

- Consistently receives highest buyers' ratings
- Ships items quickly
- Has earned a track record of excellent service

[Follow this seller](#)
[See other items](#)

Visit store: [waynes little world](#)

TUS COMPRAS DE ebay
LLEGAN A TU PAÍS POR
SÓLO \$5

