

Mejoramiento del Proceso de Fraccionamiento de Agroquímicos Usando Técnicas de Producción Esbelta

Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.¹, Wladimir Perero Navarrete, Eng.², Víctor González Jaramillo, Ph.D.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Ecuador, kbarcia@espol.edu.ec, vgonzal@espol.edu.ec

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Ecuador, wlaanper@espol.edu.ec

Abstract– This project is carried out in a company dedicated to marketing, fractionation and distribution of agrochemicals, specifically the chemical fractionation line. To start the project, a diagnosis of the processes that make up the line fractionation was made, where the main problems leading to a drop in productivity of the line, which was presented in an initial Value Stream Mapping (VSM). The project objective was to eliminate waste in the process, but if that were not possible elimination, were to reduce them to the maximum. As a key part of the project existing waste was identified in the process, giving priority to those with the greatest impact to thereby generate the greatest benefits, and to address them by implementing two tools belonging to lean manufacturing. Therefore, the implementation of the 5S and Single Minute Exchange Die (SMED) methodologies are proposed. Establishing measures and indicators that show the results of the improvements implemented in the process, which is represented in a final VSM. Finally the results of the implementation of lean manufacturing techniques is analyzed with the aim of presenting conclusions and recommendations of the project.

Keywords: Lean manufacturing, waste, VSM, SMED, 5S.

Resumen- Este proyecto se lleva a cabo en una empresa dedicada a la comercialización, fraccionamiento y distribución de productos agroquímicos, específicamente en la línea de fraccionamiento de químicos. Para iniciar el proyecto se realiza un diagnóstico de los procesos que conforman la línea de fraccionamiento, donde se identifican los principales problemas que conllevan a una baja en la productividad de la línea, lo cual se presentó en un Mapeo de Cadena de Valor (VSM) inicial. El objetivo del proyecto fue eliminar los desperdicios del proceso, pero en el caso que no fuera posible la eliminación, se tratará de reducirlos al máximo. Como parte fundamental del proyecto se identificó los desperdicios existentes en el proceso, priorizando los que tienen mayor impacto para de esta manera generar los mayores beneficios y poder abordarlos mediante la implementación de dos herramientas pertenecientes a manufactura esbelta. Por consiguiente se propuso la implementación de la herramienta 5S, y la metodología Cambio de Herramienta en Un Minuto (SMED) para envasado. Estableciendo mediciones e indicadores que mostraron los resultados de las mejoras implementadas en el proceso, lo cual se representó en un VSM final. Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos de la implementación de las técnicas de manufactura esbelta con el objetivo de presentar conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Palabras Claves: Manufactura esbelta, Muda, VSM, SMED, 5S.

Digital Object Identifier(DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.51>
ISBN: 978-0-9993443-0-9
ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

La metodología de manufactura esbelta, está diseñada para eliminar o disminuir los desperdicios que puede existir en un proceso, estos desperdicios se conocen como *muda*. En el presente proyecto se eligió una línea de producción para realizar la implementación de la metodología lean manufacturing.

El proceso de selección de la línea a estudiar, fue de acuerdo a la línea que más beneficio genera a la empresa, por lo que se realiza un análisis de ingresos para determinar que productos son los más vendidos y por lo tanto saber en qué línea de producción se puede lograr más impacto con las mejoras a implementar.

Los problemas se identifican por medio de entrevistas y reuniones con los operadores y los jefes de la línea de estudio, de acuerdo a estos problemas se eligen las herramientas a implementar [1].

Las herramientas esbeltas que se seleccionaron fueron SMED y 5S, las cuales ayudaron a mejorar los indicadores de eficiencia de la planta, colaboraron a la buena apariencia de la misma, además de aportar con beneficios adyacentes como, la posibilidad de reducir el tamaño de lote de producción, la simplificación de actividades en los procesos y la flexibilidad de la línea en estudio.

A. Objetivo General

El objetivo principal es reconocer la muda en el proceso y eliminarla o disminuirla mediante la implementación de técnicas esbeltas para mejorar la productividad de una línea de fraccionamiento de químicos.

II. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS SITUACIONAL

El proceso productivo en donde se desarrolló el proyecto, tiene como objetivo la dosificación o el llamado “fraccionamiento” de productos agroquímicos. Físicamente está formado por un galpón con dos líneas de producción: una de ellas se encarga de la dosificación de productos

agroquímicos líquidos y la otra línea se dedica a la dosificación de polvos.

El proceso de fraccionamiento, tiene como finalidad obtener envases de menor capacidad a la que normalmente ingresa al país el agroquímico importado. Este proceso se lo realiza en la máquina dosificadora, la cual necesita de los siguientes implementos para su funcionamiento.

A. Materia Prima

Son todos los agroquímicos, fungicidas, herbicidas, insecticidas, coadyuvantes, que llegan al área de fraccionamiento procedentes de la bodega de materia prima, en galones mayores a 20 litros, los cuales van a ser trasvasados a recipientes más pequeños.

B. Etiquetas

Son los componentes que se utilizan para diferenciar un producto de otro, estas son parte del producto terminado, pero deben pasar por un subproceso el cual es el codificado, donde se le coloca datos como: precio, fecha de elaboración, fecha de caducidad, etc.

C. Envases

Los envases que se utilizan dentro de la línea de producción de fraccionamiento de líquidos, son de 10, 100, 500, 1000 ml o cualquier otra presentación de envases, se los coloca en un lugar específico, para que los operadores dispongan de ellos.

El macro-proceso comienza con una planificación mensual del fraccionamiento de diferentes productos que se espera obtener al final del mes, teniendo como input el pronóstico de las ventas mensuales, resultado del requerimiento de las diferentes sucursales y las ventas realizadas por los vendedores. En la Fig. 1, se puede observar el macro-proceso de fraccionamiento de líquidos y polvos.

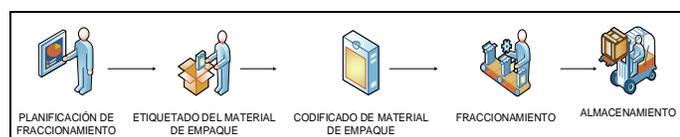


Fig.1 Macro-Mapa de Proceso de Fraccionamiento de Líquidos y Polvos

D. Determinación del Proceso Crítico

En la actualidad la empresa distribuye productos agroquímicos en todo el país siendo sus principales clientes la región agrícola del Ecuador.

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

Los productos que presentan rechazos por motivos de algún desperfecto en el transporte o almacenamiento en las bodegas de los puntos de comercialización, son traídos nuevamente a las bodegas de las instalaciones de la planta para ser almacenados en la bodega de cuarentena y ser reprocesados o gestionar su destrucción.

Para determinar el proceso crítico donde se llevó a cabo el desarrollo de la metodología propuesta, se realizó un análisis cuantitativo de las ventas anuales de cada producto procesado.

En la tabla I se detalla la información de las ventas anuales por tipo de producto, donde se muestran los porcentajes de aportación en ventas en base a las ventas totales tomando como referencia el año 2015.

TABLA I
VENTA DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE LA EMPRESA

| TIPO PRODUCTO | VENTAS | | PORCENTAJES | ACUMULADOS |
|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------|
| | INGRESOS 2014 | INGRESOS 2015 | | |
| INSECTICIDAS / ACARICIDAS | 18520422 | 21598218 | 31.65% | 31.65% |
| HERBICIDAS / MATAMALEZAS | 16899483 | 17143190 | 25.12% | 56.78% |
| FUNGICIDAS | 15984693 | 16276048 | 23.85% | 80.63% |
| PROD. USO POSCOSECHA | 4313610 | 4596676 | 6.74% | 87.37% |
| BIOESTIMULANTES | 2677460 | 3173564 | 4.65% | 92.02% |
| COADYUVANTES | 1814874 | 2128757 | 3.12% | 95.14% |
| ABONO FOLIAR | 1709590 | 1675436 | 2.46% | 97.60% |
| ACONDICIONADOR DE SUELO | 300485 | 615873 | 0.90% | 98.50% |
| NEMATOCIDA | 342110 | 575883 | 0.84% | 99.34% |
| FUMIGADORES | 23283 | 231785 | 0.34% | 99.68% |
| OTROS | 173335 | 200457 | 0.29% | 99.98% |
| OTROS JARDINERÍA | 11838 | 14644 | 0.02% | 100.00% |
| PROD. PROTECCIÓN MADERA | 5215 | 1529 | 0.00% | 100.00% |
| TOTAL | 62776398 | 68232060 | 100.00% | |

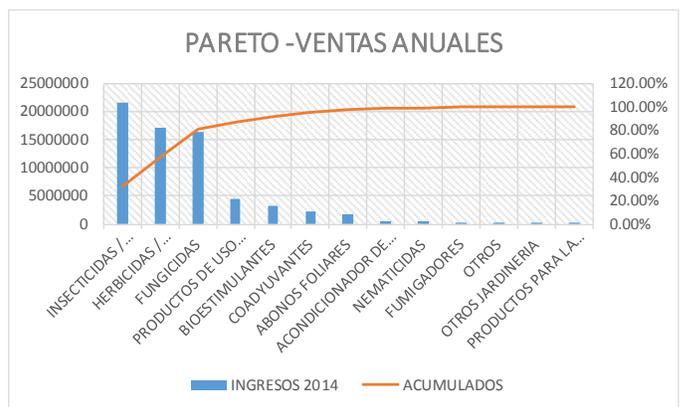


Fig.2 Gráfico de Pareto de las Ventas de los Principales Productos de la Empresa

El gráfico de Pareto en la Fig. 2 muestra el nivel de ventas acumulado hasta el 80% correspondiente a insecticidas, herbicidas y fungicidas. De los tres tipos de productos más vendidos, los productos insecticidas y fungicidas se fraccionan en la línea dosificadora llamada INSTEC 10, por lo tanto en esta línea se enfocó el proyecto, ya que las mejoras realizadas

en esta línea tendrán una gran representatividad en el beneficio de la empresa en cuanto a ingresos [2].

Una vez definida la línea a ser mejorada, se identificaron los problemas por medio de entrevistas con los jefes de producción. Esta información y la participación de los operadores de la línea permitieron realizar un mapeo de la cadena de valor VSM con el objetivo de tener un mejor entendimiento del proceso, ver anexo 1. En el VSM se considera tanto el flujo de material como el flujo de información del proceso de fraccionamiento de líquidos, donde se envasan los insecticidas y fungicidas [3] [4].

E. Determinación y Análisis de Problemas Críticos

Para determinar los problemas críticos (muda) se realizaron entrevistas a las personas que intervienen en el proceso, quienes previamente han sido seleccionadas. Estas entrevistas ayudaron a encontrar las causas de los desperdicios. Como resultado de estas entrevistas se identificaron los siguientes desperdicios, ver tabla II [1]:

TABLA II
DESPERDICIOS ENCONTRADOS CON PORCENTAJE DE OCURRENCIA

| DESPERDICIO | TOTAL | % |
|-----------------------|-------|--------|
| CULTURA | | |
| Talento Humano | 9 | 30,00% |
| Defectos y Reprocesos | 4 | 33,33% |
| Espera | 4 | 66,67% |
| PROCESO | | |
| Defectos y Reprocesos | 10 | 55,56% |
| Sobreinventario | 9 | 50,00% |
| Transporte | 2 | 33,33% |
| Espera | 4 | 66,67% |
| TECNOLOGIA | | |
| Espera | 18 | 60,00% |
| Sobreinventario | 4 | 66,67% |
| Talento Humano | 6 | 50,00% |

F. Selección de las Metodologías

En una reunión con el jefe de producción, el jefe del proceso y el equipo de mejora, se procedió a seleccionar las técnicas a implementar, realizando un análisis como se presenta en la tabla III. La selección de las técnicas se basa en ponderaciones, dando como resultado que los mayores puntajes obtenidos corresponden a las técnicas de mayor impacto sobre los altos porcentajes de desperdicio encontrados en la tabla II, representados por sus causas en la tabla III, por lo que se seleccionó las herramientas 5S y SMED [5] [6].

TABLA III
SELECCIÓN DE TÉCNICAS ESBELTAS

| TECNICAS ESBELTAS | CAUSAS DE DESPERDICIOS | | | | | | | | | | | | SUMATORIA |
|-----------------------|---|----|--------------------------------------|----|--|----|---|---|---|---|---|---|-----------|
| | El tiempo de arranque de maquinas se demora | | El tiempo de limpieza es muy elevado | | El tiempo de espera para comenzar la producción es demasiado largo | | A veces no están disponibles las herramientas para poder realizar una operación | | Existe gran cantidad de almacenamiento en el piso de producción | | No siempre la información esta disponible | | |
| | 6 | | 5 | | 4 | | 3 | | 2 | | 1 | | |
| SMED | 3 | 18 | 3 | 15 | 3 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| POUS | 1 | 6 | 1 | 5 | 1 | 4 | 3 | 9 | 2 | 4 | 0 | 0 | 28 |
| TPM | 1 | 6 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| METODOLOGIA 5S's | 1 | 6 | 1 | 5 | 2 | 8 | 3 | 9 | 3 | 6 | 3 | 3 | 37 |
| SISTEMA PULL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 1 | 1 | 7 |
| POKA YOKE | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| MANUFACTURA CELULAR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ENTRENAMIENTO CRUZADO | 1 | 6 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |

III. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S

A. Elaboración del Plan de Implementación 5S

Para iniciar con la implementación de la metodología 5S en el área de dosificado se realizó una planificación de las principales actividades como se muestra en el anexo 2 [7].

B. Lanzamiento del Programa

Para informar al área sobre la aplicación de la metodología 5S, se realizó una reunión, con la participación de los jefes del área, los operadores y el personal de mantenimiento, en la cual el Jefe de Producción dio a conocer el proyecto y se dio por iniciado el mismo.

En la reunión se dio a conocer las actividades que se realizarán a lo largo del proyecto y se los capacitó para tener la colaboración de los operadores en la aplicación de las actividades previstas. Esta capacitación tuvo una duración de 4 horas.

C. Diseño del Mapa del Sitio de Trabajo

En la Fig. 3, se muestra el diagrama de recorrido tanto de personas como de materiales en el área de dosificado. El gráfico es una ayuda para evidenciar los cruces de materiales o de personas y los posibles choques u obstrucciones que se dan en el momento de realizar las actividades tanto de limpieza como de preparación de la dosificadora.

D. Primera S. Clasificar

La aplicación de la primera S inició con una reunión con todas las personas involucradas en el proceso, con el objetivo de capacitarlas con respecto al uso de las tarjetas rojas y de su contenido como se indica en la figura 4, también se explicó la importancia de la clasificación de los materiales.

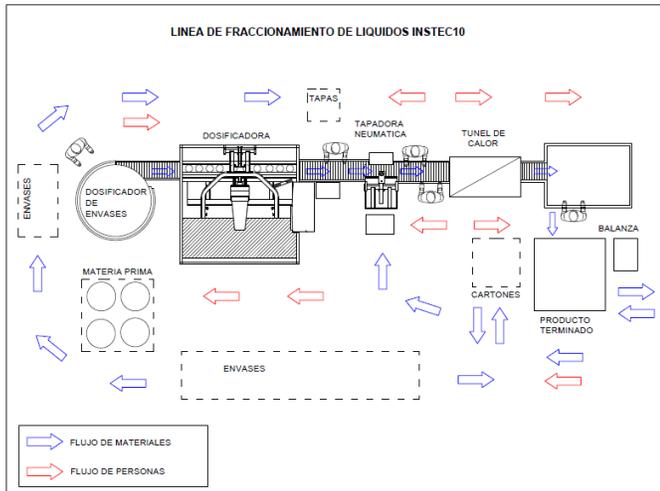


Fig.3 Vista Superior del Área de Dosificado

En el caso de la implementación se señaló el área donde se encuentra la línea de producción y los lugares de los equipos y herramientas que ayudan en el proceso como se muestra en la figura 5.



Fig.5 Personal Pintando el Lugar donde van los Insumos

| TARJETA ROJA | | |
|--------------------|--------------------|------------------|
| Categoría | Maquina | Mat. de empaque |
| | Herramienta | Materia prima |
| | Inst. de medicion | Prod. en proceso |
| | Equipo de limpieza | Otros |
| Nombre de elemento | | Cantidad: |
| Localización | | Fecha: |
| Razón | No necesario | Observación: |
| | Defectuoso | |
| | Uso no conocido | |
| | Otros | |

Fig.4 Tarjeta Roja para Clasificación de Materiales y Herramientas

F. Tercera S. Limpieza

La fase de limpieza se programa en tres fases de acuerdo a las actividades diarias realizadas por las personas dentro del área de dosificado.

Limpieza Diaria: Los operadores serán los encargados de realizar la limpieza diaria, al final del turno de trabajo, sus actividades serán enjuagar las mangueras, las cañerías de la dosificadora y el piso de trabajo. También se encargarán de organizar los implementos y ubicarlos en sus respectivos lugares, por ejemplo las balanzas utilizadas, las mesas de trabajo, colocar los desechos del proceso en los recipientes determinados.

Limpieza con Inspección: La limpieza con inspección consistirá en revisar puntos específicos en la dosificadora y tapadora automática, buscando puntos que son vulnerables, fáciles de dañarse o desajustarse, como el recogedor de líquidos y los pernos de sujeción de altura y ubicación vertical respectivamente. De esta manera se realiza una inspección del estado de la máquina una o dos veces por semana, esta operación estará a cargo del jefe de línea.

Limpieza con Mantenimiento: Esta fase de limpieza conlleva mayor conocimiento relacionado a mantenimiento de las máquinas o equipos. Es recomendable que una vez realizada la inspección y si se encontraran factores fuera de lo normal, se gestione de inmediato el mantenimiento del equipo al respectivo departamento asegurando la utilización del mismo para cualquier momento en que se demande su uso.

La colocación de tarjetas rojas se realizará con la ayuda de 2 operadores, uno perteneciente a la línea de producción y otro al área de mantenimiento.

E. Segunda S. Orden

El objetivo fundamental de esta etapa es identificar el lugar adecuado para todos los artículos que fueron previamente clasificados como necesarios en la primera S. Es indispensable sembrar en las personas la cultura del orden, que esto se transforme en un hábito de los colaboradores de la organización.

Estrategia de Pintura: Se aplicó señalización en todo lo requerido y necesario en el área de trabajo, permitiendo así saber dónde posicionar los equipos, herramientas, etc. Esta estrategia también sirve de guía para saber cuáles son los lugares por donde deben circular los colaboradores sin correr peligro.

IV. IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA SMED

Para un correcto funcionamiento de las máquinas es muy importante realizar mantenimiento preventivo que permita que las mismas no sufran mayores daños que demanden mayor tiempo en la reparación, así como mayores costos.

G. Cuarta S. Estandarización

El cuarto paso es un pilar fundamental para mantener el orden y la limpieza obtenida por las tres primeras S, es necesario resaltar que la cuarta S no es una actividad, es el mantenimiento del estado actual del área de dosificado.

Para conservar en el tiempo el estado de orden y limpieza es necesario seguir estos tres pasos que se enlistan a continuación:

1. Escoger el responsable o grupo de responsable de controlar, vigilar y asegurar el cumplimiento de lo estipulado en las 3S anteriores.
2. Convertir en hábito las actividades de orden, limpieza y mantenimiento.
3. Realizar el seguimiento de las actividades, calificando si la gestión realizada en las 3S es compartida por todos los operadores de la línea y tomar las medidas respectivas.

H. Quinta S. Disciplina

Para asegurar que los pilares 5S se mantengan con el tiempo, se debe de formar y auto disciplinar a los colaboradores del área de dosificado, este cambio en la manera de pensar de las personas toma su tiempo y requiere del apoyo de la empresa. El grupo 5S es el encargado de esta actividad [7] [8].

Para controlar, evaluar y tomar las acciones pertinentes según los resultados, el equipo 5S será el encargado de ejecutar auditorías 5S, esta auditoría va a tener una frecuencia variable dependiendo del tiempo que haya transcurrido desde que se inició el proyecto.

Semanal: Se realizarán auditorías semanales los tres primeros meses para llevar un control del cumplimiento de las actividades 5S y de esta manera generar disciplina en estas actividades.

Mensualmente: Luego de los 3 meses de haber concluido las actividades 3S, se puede disminuir la frecuencia de las auditorías debido a que los controles realizados se deberían volver un hábito y se deberían convertir en parte del proceso normal del departamento de producción.

La implementación de la técnica SMED tiene un alto impacto en la reducción de las causas de los desperdicios. Se analiza el proceso de cambio del dosificador, dicho proceso se efectúa en promedio cada 1.2 días y consta de dos partes:

1. Limpieza y cambio de formato.
2. Calibración del fraccionamiento.

A. Limpieza y Cambio de Formato

El proceso de limpieza y cambio de formato, se realiza al final de la jornada laboral, en la cual intervienen dos operadores de la línea y una persona de mantenimiento, los operadores de la línea están encargados de la limpieza de las máquinas y el técnico de mantenimiento se encarga del cambio de configuración de los equipos.

Limpieza: Esta actividad consiste en lavar con agua a presión y un líquido detergente la superficie de los equipos, para quitar los residuos que pudiesen haber quedado de la producción anterior, además de hacer pasar agua a través del sistema de bombeo de materia prima para limpiar la bomba, las tuberías y las válvulas de dosificación. Una vez realizada la limpieza el personal de mantenimiento, interviene para poder cambiar las dimensiones del nuevo envase, el cual se realiza en el sistema de dosificación y en la máquina de tapado neumático.

Cambio de Configuración en Dosificación: En este proceso se varía la altura en el tren de válvulas de llenado y las medidas de ancho en los pistones de sujeción; en la banda transportadora se varía el ancho de los rieles sujetadores. Luego se modifican las dimensiones en el dosificador de envases, seguidamente el personal de mantenimiento configura los valores de tiempo en los controladores electrónicos del llenado y del transportado, para poder realizar una prueba del buen funcionamiento mecánico de la dosificadora.

Cambio de Configuración del Tapado Neumático: En esta etapa se modifican las características en base a las dimensiones del nuevo envase, se cambia las boquillas tapadoras y los sujetadores de acuerdo a las nuevas medidas de ancho, además se adapta todo el equipo a las nuevas medidas del envase y finalmente se realiza una prueba para observar el buen funcionamiento.

B. Calibración de Fraccionamiento

Se realiza al inicio de la jornada laboral, en el cual interviene la persona de calidad y un operador del proceso, el operador se encarga de colocar la materia prima de manera

que esté lista para poder producir, además de colocar los equipos y materiales para la calibración. La calibración comienza haciendo una prueba de llenado de 10 envases, uno de cada boquilla de dosificación, estos son pesados para saber si el volumen de llenado de cada boquilla es el adecuado, en esta prueba se varía el nivel de apertura de la válvula, posteriormente se vuelven a llenar otro set de productos para observar el nivel de llenado, esta actividad se repite hasta obtener las cantidades correctas de producto.

Luego de estos ajustes se procede a calibrar el tapado de los envases y la presión de acuerdo a la altura de la tapadora neumática, una vez realizado estas pruebas se comienza a producir normalmente.

C. Implementación de SMED

Se realizó una toma de tiempo por medio de filmaciones que ayudaron a tener más precisión en los datos, se clasificó a cada actividad como interna (I) y externa (E), como se muestra en la tabla IV [9].

TABLA IV
TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DE CAMBIO DE FORMATO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN

| N° | ACTIVIDAD | TIPO DE OPER. | TIEMPO (MIN) |
|---------------------------------------|---|---------------|--------------|
| Limpieza y cambio de formato | | | |
| 1 | Conectar manguera en sistema de agua presurizada | E | 0:01:09 |
| 2 | Desmontar paneles de protección de la dosificadora | I | 0:04:20 |
| 3 | Limpieza de sistema de dosificación | I | 0:03:27 |
| 4 | Búsqueda y llenado de envase con detergente | E | 0:00:53 |
| 5 | Limpieza de banda transportadora con detergente | I | 0:03:25 |
| 6 | Colocación de panel protector posterior | I | 0:01:05 |
| 7 | Limpieza del piso | I | 0:06:09 |
| 8 | Búsqueda de herramientas | E | 0:15:21 |
| 9 | Preparación de envase con detergente | E | 0:00:53 |
| 10 | Retirar tapones de válvulas dosificadoras | I | 0:00:33 |
| 11 | Ajuste de sistema de llenado a nuevas dimensiones de | I | 0:06:34 |
| 12 | Colocación de tapones de válvulas | I | 0:01:07 |
| 13 | Reubicar recogedor de residuos | I | 0:01:34 |
| 14 | Ajuste de riel de sujeción de envases | I | 0:01:35 |
| 15 | Modificación de salida de dispensador de envases | I | 0:00:46 |
| 16 | Verificación de dimensiones del sistema de llenado | I | 0:04:27 |
| 17 | Programación digital de tiempos de llenado | I | 0:03:13 |
| 18 | Colocación de paneles de protección frontal | I | 0:03:30 |
| 19 | Desmontaje guardas de protección de tapadora automática | I | 0:02:14 |
| 20 | Cambio de tapadores y sujetadores de envases | I | 0:02:06 |
| 21 | Ajuste de rieles sujetadores de envases | I | 0:00:46 |
| 22 | Ajuste de dimensiones tapadora neumática según envase | I | 0:15:17 |
| 23 | Ajuste de sujetador de envases | I | 0:04:36 |
| SUMATORIA DE TIEMPOS | | | 1:25:00 |
| Calibración de fraccionamiento | | | |
| 1 | Búsqueda y colocación de herramientas, equipos y materiales | I | 0:11:42 |
| 2 | Calibración de volumen de llenado | I | 0:32:50 |
| 3 | Calibración de tapadora neumática | I | 0:13:14 |
| SUMATORIA DE TIEMPOS | | | 0:57:46 |
| | | | 2:22:46 |

Se efectuaron todas las etapas de SMED, como son: separación de actividades externas y externas; se convirtió algunas actividades internas en externas; y, se mejoraron los tiempos de las actividades. De esta manera se pudo reducir el tiempo de cambio de formato, ver tabla V.

TABLA V
TIEMPO DE LAS ACTIVIDADES DE CAMBIO DE FORMATO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

| N° | ACTIVIDAD | TIPO DE OPER. | TIEMPO (MIN) |
|---------------------------------------|---|---------------|--------------|
| Limpieza y cambio de formato | | | |
| 1 | Conectar manguera en sistema de agua presurizada | E | 0:00:51 |
| 2 | Búsqueda y llenado de envase con detergente | E | 0:00:47 |
| 3 | Búsqueda de herramientas | E | 0:01:35 |
| 4 | Preparación de envase con detergente | E | 0:00:51 |
| 5 | Desmontar paneles de protección de la dosificadora | E | 0:01:13 |
| 6 | Limpieza de sistema de dosificación | E | 0:03:46 |
| 7 | Colocación de panel protector posterior | E | 0:00:25 |
| 8 | Limpieza de banda transportadora con detergente | I | 0:03:30 |
| 9 | Limpieza del piso | I | 0:06:14 |
| 10 | Retirar tapones de válvulas dosificadoras | I | 0:00:32 |
| 11 | Ajuste de sistema de llenado a nuevas dimensiones de envase | I | 0:01:36 |
| 12 | Colocación de tapones de válvulas | I | 0:01:01 |
| 13 | Reubicar recogedor de residuos | I | 0:00:47 |
| 14 | Ajuste de riel de sujeción de envases | I | 0:00:27 |
| 15 | Modificación de salida de dispensador de envases | I | 0:00:45 |
| 16 | Verificación de dimensiones del sistema de llenado | I | 0:00:38 |
| 17 | Programación digital de tiempos de llenado | I | 0:03:08 |
| 18 | Colocación de paneles de protección frontal | I | 0:00:41 |
| 19 | Desmontaje guardas de protección de tapadora automática | I | 0:01:56 |
| 20 | Cambio de tapadores y sujetadores de envases | I | 0:00:52 |
| 21 | Ajuste de rieles sujetadores de envases | I | 0:00:27 |
| 22 | Ajuste de dimensiones tapadora neumática según envase | I | 0:02:14 |
| 23 | Ajuste de sujetador de envases | I | 0:02:08 |
| SUMATORIA DE TIEMPOS | | | 0:36:24 |
| Calibración de fraccionamiento | | | |
| 1 | Búsqueda y colocación de herramientas, equipos y materiales | E | 0:01:50 |
| 2 | Calibración de volumen de llenado | I | 0:05:06 |
| 3 | Calibración de tapadora neumática | I | 0:02:31 |
| SUMATORIA DE TIEMPOS | | | 0:09:27 |
| | | | 0:45:51 |

En las tablas anteriores se puede observar que existe disminución de tiempos de actividades de cambio de 2 hr 22 min 46 s a o hr 45 min 51 s.

V. RESULTADOS

A. Resultados de la Implementación 5S

Una vez concluida la gestión necesaria para el cumplimiento de las 3 primeras S en el área de dosificado, se pudo observar varios cambios físicos en cuanto a la organización del trabajo. Es importante recalcar la ayuda de los coordinadores 5S y del Equipo 5S quienes controlaron el cumplimiento de la limpieza diaria y de todas las actividades relacionadas con la implementación de esta técnica [7] [10].

Las auditorías realizadas durante la ejecución del proyecto se las realizó mediante formatos y listas de chequeo estándares. La manera de visualizar los resultados y el progreso que se obtuvo al concluir cada uno de los pilares de las 5S y luego de las medidas correctivas en cada auditoría 5S se muestran en la tabla VI y Fig. 6.

TABLA VI
RESULTADO DE LAS AUDITORÍAS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN 5S.
CUATRO AUDITORÍAS

| GRAFICO | PILARES | AUDITORIAS | | | |
|---------|---------------------|------------|---------|---------|--------|
| | | PRIMERA | SEGUNDA | TERCERA | CUARTA |
| | 1S: CLASIFICACIÓN | 2.4 | 3 | 3.8 | 4.2 |
| | 2S: ORDEN | 4.4 | 3.8 | 4 | 4.6 |
| | 3S: LIMPIEZA | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 4 |
| | 4S: ESTANDARIZACIÓN | 2.4 | 3 | 3.4 | 3.2 |
| | 5S: DISCIPLINA | 2 | 2.4 | 2.2 | 2.6 |
| | PROMEDIO | 2.88 | 3.12 | 3.4 | 3.72 |

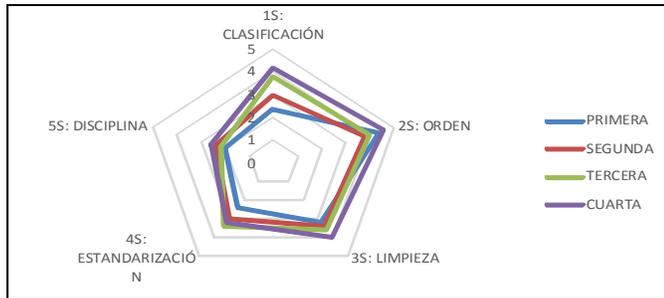


Fig.6 Diagrama de Radar. Evolución de las 5S a lo Largo del Tiempo

Los elementos y materiales utilizados para clasificar y definir los lugares de almacenamiento adecuados para cada producto, fueron adquiridos por la gerencia sin ningún prejuicio, evidenciando que las personas que se encuentran dirigiendo el área estaban comprometidos con la implementación y el mejoramiento del proceso.

El proceso de clasificación de materiales y la limpieza del área, se tornó complicado debido al tiempo consumido por los operadores en actividades fuera del proceso, pero en las reuniones realizadas se recordó que estas actividades tienen mucha importancia para empezar a crear en las personas ese pensamiento de un proceso esbelto.

B. Resultados de la Implementación SMED

En la metodología SMED se planteó reuniones de trabajo en las que se definieron las mejoras a implementar. Las reuniones efectuadas se realizaron con el fin de lograr verdaderos cambios con propuestas internas que ayuden a minimizar el tiempo de la operación, de esta forma se planteó a los colaboradores reducir lo máximo posible el tiempo de cambio, lo que implicó una considerable dedicación de horas para la instrucción de los operadores.

La implementación de SMED se centró en algunas actividades específicas:

Ajustes en Tapadora: Para las mejoras que se implementaron en esta operación, se definieron códigos de colores que representan los 4 formatos a configurar los cuales servirán de referencia como se muestran en la tabla VII.

TABLA VII
CÓDIGO DE COLORES PARA REFERENCIA DE FORMATOS A CONFIGURAR

| Volúmenes de envase | Código de colores |
|---------------------|-------------------|
| 100 ml. | Amarillo |
| 200 ml. | Azul |
| 500 ml. | Rojo |
| 1000 ml. | Verde |

Estos colores se comunicaron en una reunión donde se capacitó a los operadores acerca del nuevo método de trabajo y de las modificaciones en cuanto a referencias de colores que se iban a seguir para cada tipo de formato. Se procedió a colocar una señal con el color respectivo a la altura correspondiente de la tapadora y se colocó el mismo color de referencia para la altura de los sujetadores de envase.

Además de esto se colocó una marca en cada una de los sujetadores de envases de cada tipo de formato, como se indica en la Fig. 7, y se colocó una señal en el parte de apoyo de los sujetadores para alinear de esta manera el sujetador y el riel de la tapadora para garantizar la alineación y el tapado correcto.

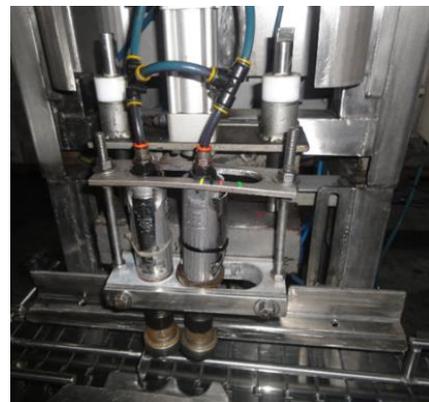


Fig.7 Señalización de Colores en el Sujetador de la Tapadora

Ajuste en el Sistema de Llenado: Bajo el mismo esquema de colores, se colocaron referencias en el tren de válvulas a un costado de la máquina en el cual se podrá observar las cuatro alturas correspondientes a los formatos a fraccionar, algo similar se realizó en la altura del recolector de residuos como se muestra en la Fig. 8.



Fig.8 Señalización de Colores en el Sistema de Llenado de la Dosificadora

Búsqueda de Herramientas: Se ordenó las herramientas que son usadas en la calibración y cambio de formato, se etiquetó cada una de ellas y se colocó por cada línea de dosificación de líquidos un color diferente, como se muestra en la tabla VIII, para que las herramientas que son usadas en cada línea permanezcan en el lugar correspondiente y se pueda tener mayor visualización.

TABLA VIII
CÓDIGO DE COLORES PARA REFERENCIA DE CADA LÍNEA DE
FRACCIONAMIENTO

| Máquina | Código de Colores |
|-----------|-------------------|
| ISNTEC 10 | Verde |
| JVC | Blanco |
| ENSA 2PP | Naranja |

Además se mejoraron otras actividades como en montaje y desmontaje de los paneles de protección de la dosificadora y la calibración de llenado.

C. Análisis Costo Beneficio

Durante la implementación de 5S y SMED se utilizaron recursos que aportaron al desarrollo físico de la implementación, muchos de estos hacen referencia a los cambios que se realizaron en la infraestructura, equipos y entorno del área de estudio. De la misma manera existen otros costos que tienen relación a la inversión de tiempo en la que los colaboradores estuvieron inmersos en el desarrollo activo de la implementación, esto hace mención a las horas de capacitación, las reuniones sostenidas para tratar temas de la implementación, además de las horas invertidas en estudio de procesos y en la ejecución propia de las mejoras que es el costo referente al sueldo de tener al trabajador en la planta en jornada normal por hora. Todo este costo no supera los \$15.000,00 en la implementación del proyecto.

Luego de la implementación de las mejoras se obtienen algunos beneficios de los cuales se puede destacar los siguientes:

- Simplificación de actividades de limpieza y cambio de formato: este trabajo lo puede realizar una persona, además se lo realiza más rápido, disminuyendo considerablemente el setup.
- Simplificación de actividades de calibración de volumen de llenado: Este trabajo puede realizarlo un operador de la línea y no necesita supervisión ya que se han ubicado estándares para su correcta ejecución, además el tiempo de calibración se disminuyó y consecuentemente el setup que implica esto.
- Mayor productividad: Aumentó la productividad en un 15%, esto se debe a dos mejoras (1) el tiempo disponible para producir aumentó debido a la reducción del setup de cambio de formato y (2) el orden de la línea mejoró y las herramientas para el trabajo diario estaban disponibles.
- Mejor movilidad en el área de trabajo, debido a que se definió las áreas en donde se va a alojar la materia prima, los insumos, el material de desecho y el producto terminado. Se tiene un mejor control de las partes y además se contribuye al orden de la planta, por lo que el transporte de partes puede realizarse con más fluidez.
- Disminución de tiempos de búsqueda de herramientas, esta mejora se evidencia con la ejecución de 5S, lo cual se ve reflejado en la etapa de disminución de tiempos de actividades de SMED.
- Motivación del personal: Debido a los cambios que ha tenido el área de trabajo, un lugar más limpio ordenado y con proceso estandarizados, el personal tiene más predisposición a realizar el trabajo designado.
- Mayor flexibilidad: Al tener un tiempo de cambio de formato y producto disminuido, la planta podría cambiar de producto a fraccionar de acuerdo a las necesidades que tenga, en algún momento del día y no esperar al final del día para que el cambio no afecte al nivel de producción.
- Disminuir tamaño de lotes: Se podrían realizar tamaños de lote más pequeño para que no haya exceso de inventario en bodegas durante una cantidad de tiempo prolongada, sino más bien variedad de tamaños de productos al día.
- La empresa puede ahorrar en el pago de horas extras correspondiente al tiempo que se tomaba para la limpieza y cambio de formato.

La empresa tiene beneficios correspondiente al aumento de ingresos por ventas de insecticidas, lo cual se evidencia haciendo comparación con otros meses. El beneficio neto es de \$10.000,00 mensuales, por lo que la empresa puede recuperar la inversión de esta implementación en menos de dos meses.

VI. CONCLUSIONES

Se implementó mejoras de acuerdo a dos técnicas de producción esbelta y se logró disminuir el desperdicio y aumentar la productividad en el proceso de fraccionamiento y envasado de productos químicos, disminuyendo el tiempo de setup de las máquinas en la jornada laboral y generando un área de trabajo organizada y limpia, en una empresa agroquímica.

Se logró identificar los problemas potenciales que afectan al proceso de fraccionamiento de químicos, mediante entrevistas al jefe de la planta y operadores.

Se identificó los desperdicios existentes en el proceso, seleccionando un área crítica de la línea que representaba más beneficios para la empresa y por medio de herramientas de identificación y mediante la colaboración del personal dentro del área se pudo observar los principales desperdicios que afectaban al proceso.

Se implementó propuestas de mejora mediante técnicas de producción esbelta para eliminar los desperdicios en el proceso.

Se realizó también un análisis costo – beneficio mediante el cual se puede observar los costos de la implementación en cuanto a insumos, materiales y tiempo de ejecución de las herramientas de mejora, así mismo se analizó los beneficios obtenidos luego de implementadas las técnicas esbeltas y se evidenció el gran beneficio económico que se obtuvo, en el cual la inversión realizada se recuperó en el corto plazo.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que las actividades de seguimiento y evaluación de la técnica 5S se sigan realizando periódicamente para lograr que esta técnica se mantenga y la organización del área de trabajo vaya mejorando a medida que pase el tiempo.

Se recomienda seguir realizando reuniones en las cuales se debatan mejoras para los procesos productivos en la que se reconozcan los cambios que se realicen en la planta, además de las metas alcanzadas por los cambios efectuados.

Se recomienda dar seguimiento a las técnicas implementadas para que los cambios realizados se mantengan, y se efectúen de manera correcta, además de replicar la implementación de técnicas de producción esbelta en las

demás líneas de producción para lograr mejoras considerables en toda la planta.

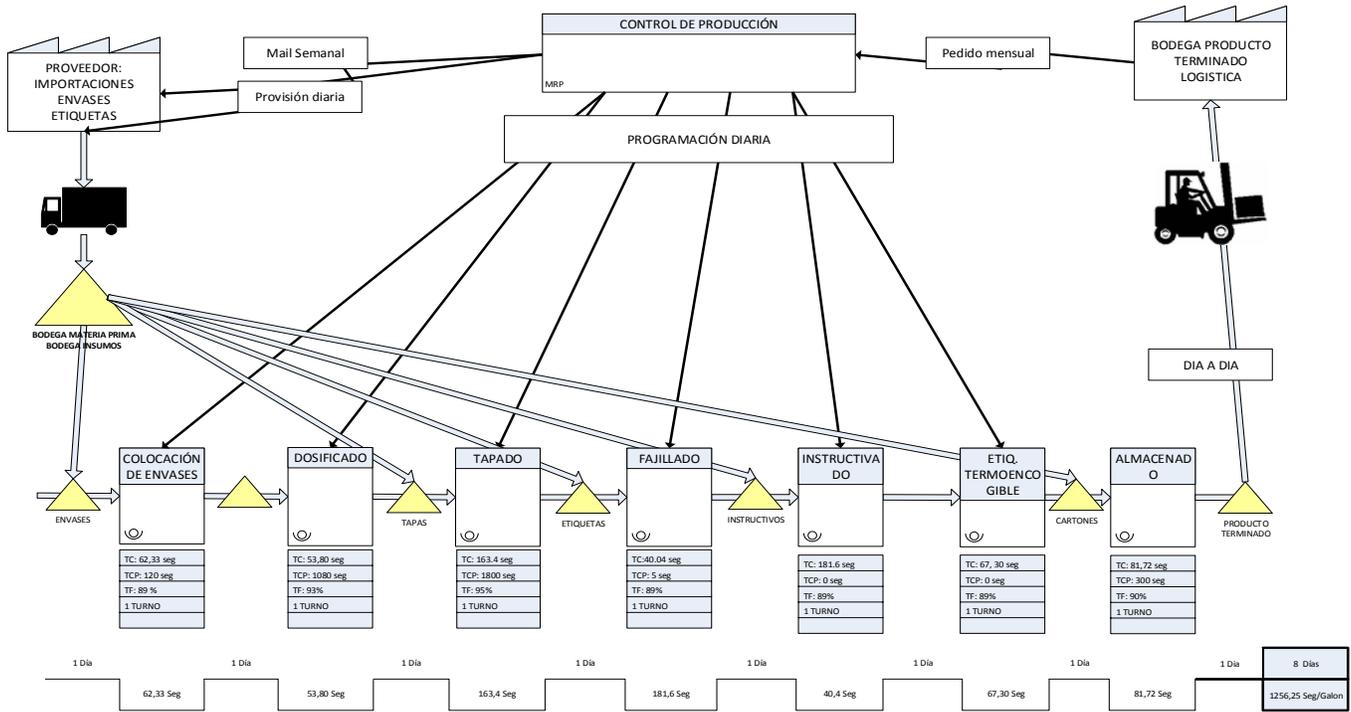
Se recomienda identificar otros desperdicios que afecten a los procesos de producción e implementar mejoras que ayuden a disminuir esos desperdicios y se siga construyendo procesos esbeltas, en donde se busque la eficiencia de las operaciones en la planta.

Finalmente se recomienda que el Jefe de la planta de soporte al desarrollo de procesos esbeltas, con el fin de minimizar los desperdicios, en el cual se busque la participación de todos los colaboradores y en la que se den incentivos correspondientes por los logros obtenidos para mejorar el ambiente laboral y el desarrollo productivo de la empresa.

REFERENCIAS

- [1] BARCIA K. *Modelo para Mejorar Sistemas de Producción y Servicios*, Manual, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 2012.
- [2] GARCIA R, *Estudio del Trabajo – Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*, McGraw-Hill Interamericana, 2005.
- [3] PASCAL D, *Lean Production Simplified – A Plain- Language Guide to the World's Most Powerful Production System*, Productivity Press, 2007.
- [4] VILLASEÑOR A, GALINDO E, *Manual de Lean Manufacturing - Guía básica*, Limusa, México, 2007.
- [5] JAMES R. LINDAY W, *Administración y Control de la Calidad*, Grupo editorial Iberoamérica, West Publishing Company, 1993.
- [6] OAKLAND J, *Administración por Calidad Total*, Continental, México, 1999.
- [7] REY F, *Las 5S: Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo*, FC Editorial, España, 2005
- [8] HERNANDEZ J., VIZAM A, *Lean Manufacturing - Concepto, Técnicas e Implantación*, Fundación EOI, 2013.
- [9] SHINGO, S., *Quick Changeover for Operators: The SMED System*, The Shopfloor Series, Volumen 3, Productivity Press, 1^{ra} edición. 1996.
- [10] WOMAN J, JONES D, *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon and Schuter, 1996.

ANEXO 1. Mapeo de Cadena de Valor Actual



ANEXO 2. Diagrama de Gantt – Planificación Actividades 5S

| FASES | ACTIVIDADES | MES | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|-------------------------|--|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | SEMANA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Campana de Introducción | Introducción del Proyecto | | | | | | | | | | | | | |
| | Capacitación Inicial | | | | | | | | | | | | | |
| | Recomocimiento del Área a ser Mejorada (Flujo de Proceso y Desplazamiento de personal) | | | | | | | | | | | | | |
| | Marcaación y Toma de Fotos del Área | | | | | | | | | | | | | |
| | Creación del Mapa del Sitio de Trabajo | | | | | | | | | | | | | |
| Primera S | Reunión y Taller para Implementación de Tarjetas Rojas | | | | | | | | | | | | | |
| | Identificación y Separación de innecesarios: Tarjetas Rojas | | | | | | | | | | | | | |
| Segunda S | Reunión y taller de implementación | | | | | | | | | | | | | |
| | Análisis de Estrategias | | | | | | | | | | | | | |
| | Pintura, Suelo y Pasillos. Localización | | | | | | | | | | | | | |
| | Organización de Estantes y Armarios | | | | | | | | | | | | | |
| Tercera S | Estrategia de Indicadores, Señaléticas | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza del Área. Lista de sitios que generan mas suciedad | | | | | | | | | | | | | |
| Cuarta S | Crear y Socializar Programa de Limpieza: Diaria, Inspección, Mantenimiento | | | | | | | | | | | | | |
| | Auditorias 5S | | | | | | | | | | | | | |
| Quinta S | Socialización de Resultados | | | | | | | | | | | | | |
| | Disciplina, slogan, cultura 5S | | | | | | | | | | | | | |
| Quinta S | Socialización de Resultados | | | | | | | | | | | | | |