



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Aumento en la disponibilidad del fraccionamiento de
productos en presentación de 15 ml, a través de la aplicación
de SMED”.**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Angel Gregory Bravo Ruiz

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a mi madre por todo su esfuerzo, enseñanzas y bendiciones a lo largo de mi vida, impulsándome a ser cada día mejor; y mi tutora de tesis MSc. Ma. Fernanda López, por toda su colaboración en el proceso de elaboración de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre e hijos, quienes son el motivo
de cada paso que doy.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**María López S., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**María Retamales G., MSc.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Angel Gregory Bravo Ruiz

RESUMEN

El fundamento del presente trabajo fue el análisis para el mejoramiento de procesos, específicamente de la producción de una línea de envasado de productos agroquímicos en presentación de 15 ml. Para realizar la investigación se tomó data histórica del año 2020 hasta la actualidad. Se han implementado controles en los que se evidenciaron procesos y/o operaciones que no agregaban valor a la línea de proceso, creando desperdicios de tiempo y recursos lo que conllevó a pérdidas en ventas por no disponer del producto y su posterior maquilado para corregir esto, siendo un valor adicional que generó una disminución en el margen de ganancia del mismo. Se estudió la situación actual de la línea de proceso y se utilizó una combinación del cálculo de OEE y SMED, con el fin de analizar a fondo cada una de las etapas, iniciando desde la solicitud de fraccionamiento (generación de OP) hasta la entrega del producto terminado, lo que permitió diseñar planes de acción con resultados en corto tiempo sin que esto signifique costo elevados a la compañía. Una vez evaluadas las propuestas y aprobadas por la alta dirección, se puso en marcha obteniendo resultados positivos con una mejora en la capacidad de fraccionamiento en dicho proceso logrando pasar de 5879 unidades/día a 10019 unidades/día (aumento del 70% aproximadamente), por otra parte disminuyó el producto no conforme y desperdicios lo que se puede evidenciar en el indicador OEE el cual paso de 25% a 69%, todo esto conllevó a evitar tener que maquilar el fraccionamiento del producto ya que se logró mejorar el tiempo de entrega a los clientes; adicional con a ayuda de SMED se disminuyeron los tiempos de cambios ahorrando aproximadamente una hora por la externalización y/o eliminación de actividades.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ABREVIATURAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Declaración del problema	2
1.3. Objetivo	4
1.3.1. Objetivos específicos del proyecto.....	4
1.4. Metodología del proyecto.....	4
CAPÍTULO 2	
2. PROPUESTA.....	7
2.1. Descripción del proceso.....	7
2.2. Análisis del proceso.....	7
2.2.1. Análisis de volúmenes	8
2.2.2. Recepción y aprobación de materia prima	9
2.2.3. Fraccionamiento	9
2.2.4. Calibración de máquina llenadora.....	11
2.2.5. Identificación de áreas y recursos (Diagrama SIPOC)	12
2.3. Medición de productividad (situación actual).....	13
2.3.1. Evaluación de índice de productividad.....	15
2.4. Etapas para la implementación del OEE.....	17
2.5. Análisis de la información obtenida.....	23
2.6. Análisis de resultados	31
2.7. Cálculo del OEE para un periodo determinado	36
2.8. Aplicación de SMED	36
2.9. Análisis de la situación actual	38
CAPÍTULO 3	
3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	45
CAPÍTULO 4	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
4.1. Conclusiones	48

4.2. Recomendaciones	48
----------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

OEE: *Overall equipment effectiveness* o eficiencia global de los equipos

OP: Orden de producción

MP: Materias primas

ME: Material de empaque

L: Litros

PT: Producto terminado

KPI: Indicador clave de desempeño

TAMBOR: Contenedor para almacenamiento intermedio del producto al granel

SMED: Single Minute Exchange of Die o cambio de troqueles en menos de diez minutos

H: Hora

HH: Hora hombre

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Rendimiento de línea de producción por proceso	3
Figura 2.1 Llenadora de bomba peristáltica	7
Figura 2.2 Colocación de hoja de seguridad	7
Figura 2.3 Litros producidos por categoría	8
Figura 2.4 Unidades totales por presentación	9
Figura 2.5 Ajuste de contenido neto.....	10
Figura 2.6 Configuración de fábrica de llenadora	11
Figura 2.7 Pareto de paradas en proceso	19
Figura 2.8 Pareto con ajuste de tiempos en paradas	22
Figura 2.9 Registro de cálculo para el OEE	23
Figura 2.10 Diagrama de tiempos OEE.....	26
Figura 2.11 Registro diario de tiempos.....	28
Figura 2.12 Calculo del OEE por día de trabajo	29
Figura 2.13 Pareto de actividades diarias	30
Figura 2.14 Tiempos por tipo actividades (diagrama pastel)	31
Figura 2.15 Acumulación de envases	31
Figura 2.16 Prueba de normalidad.....	33
Figura 2.17 Histograma de tiempos	33
Figura 2.18 Uso de palanca en traslado de frascos	34
Figura 2.19 Configuración final de llenadora	35
Figura 2.20 Traslado manual de frascos	36
Figura 2.21 Traslado manual de frascos	39
Figura 2.22 Registro de análisis de tiempos en cambios.....	39
Figura 2.23 Análisis d datos para aplicación de SMED	40
Figura 2.24 Almacenamiento de llenadora semiautomática	41
Figura 2.25 Traslado de equipos.....	41
Figura 2.26 Ajuste de longitud en tubería de llenadora	42
Figura 2.27 Vista interna del producto remante en tambor de 200 L	43
Figura 3.1 Valores finales para el OEE	45
Figura 3.2 Disminución de tiempos de preparación con SMED.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Información de procesos de fraccionamiento	3
Tabla 2 Calculo y declaración del objetivo SMART	4
Tabla 3 Producción en litros por categorías	7
Tabla 4 Proceso de abastecimiento	12
Tabla 5 Productividad por días laborados	13
Tabla 6 Productividad por horas hombre y máquina	14
Tabla 7 Variaciones de productividad	15
Tabla 8 Horas hombre por unidad producida	15
Tabla 9 Productividad por máquina.....	16
Tabla 10 Índice de productividad total.....	16
Tabla 11 Tipos y tiempos por paradas	18
Tabla 12 Ajuste de tiempos por paradas (23/09/2021).....	21
Tabla 13 Calculo de disponibilidad.....	24
Tabla 14 Calculo de rendimiento.....	25
Tabla 15 Calculo de rendimiento.....	25
Tabla 16 Tiempos muertos totales	30
Tabla 17 Registro de tiempos de micro paradas	32
Tabla 18 Pruebas con tiempos de llenado y espera.....	35
Tabla 19 Evaluación del OEE antes y después del proyecto	46
Tabla 20 Evaluación final de tiempos aplicando SMED	47

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La empresa está orientada a proveer insumos y maquinarias de alta calidad al mercado agropecuario del Ecuador, contando con una cartera completa de productos (pesticidas, fertilizantes, semillas y maquinarias); entre los cuales se puede destacar el AZOXYSTROBIN con una gran demanda en el sector bananero del país, teniendo una producción anual en su presentación de 15 ml. no menor a 600.000 unidades.

El producto previo a su distribución y comercialización, pasa por la etapa de fraccionamiento a la presentación requerida (originalmente llega en tambores por 200 litros), este proceso de reenvase se realiza de manera semiautomática, teniendo una tasa promedio de producción de 5879 unidades/día, pero generando horas extras.

La necesidad de mejora en el proceso de fraccionamiento se presenta a raíz del malestar del área comercial por la falta de disponibilidad del producto, por lo cual se optó en maquilar el fraccionamiento de este producto, aumentando la disponibilidad de máquinas para otros fraccionamientos. Sin embargo, la empresa proveedora de este servicio contaba con la misma tasa de producción (5879 unidades/día), pero debido a su mayor capacidad operativa, su tiempo de respuesta era mejor. No obstante, se incurría en costos adicionales, ya que el costo por unidad maquilada es de \$0.056, es decir, aproximadamente \$746.648 por tambor maquilado, causando a su vez procesos adicionales logísticos para el envío y retiro del mismo.

Por este motivo la gerencia ha solicitado como principales objetivos en el área de fraccionamiento la mejora en el uso de los recursos y la generación de ahorros, motivo por el cual la reducción de los tiempos improductivos y desperdicios en las líneas de producción se vuelven una prioridad para el área.

Dentro de los principales motivos en los retrasos dentro del proceso de fraccionamiento tenemos la falta de disponibilidad de la materia prima y material de empaque, calibración de máquina, y los procesos normales de la línea de producción (tapado, etiquetado, colocación de hoja informativa, termoencogido y empacado).

Los retrasos en referencia a materia prima y material de empaque, son determinados por falta de coordinación entre las solicitudes del área de producción y las bodegas respectivas.

Dentro del proyecto se contempla el registro y análisis de todos los tiempos que intervienen en el proceso de fraccionamiento, con el cual se busca mejorar los controles dentro del proceso, la calibración de la máquina y el mantenimiento o cambio de las partes más sensibles de esta, a fin de reducir los tiempos que no agreguen valor al proceso.

El presente proyecto se debe a la baja productividad en el área de envasado durante el proceso de fraccionamiento del producto AZOXYSTROBIN 25% en presentación de

15 ml de una planta de agroquímicos, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil; con ayuda de la gerencia de la compañía se obtuvo la información que se requiere en este proyecto, sin embargo, se mantendrá en reserva la identidad de la misma, por lo cual se la mencionará como “La Empresa” y el proyecto abarcará desde la solicitud de materias primas a la bodega respectiva hasta el área de producción que finaliza con la entrega del producto terminado, en las fases que componen el proceso de fraccionamiento.

El sistema de llenado para el envasado de productos líquidos cumple una función vital en el proceso y con los datos registrados se evidenció que, durante la preparación de línea y ajuste de máquina, se genera una gran cantidad de tiempos muerto, siendo necesaria la aplicación de SMED.

El material de empaque es otro de los componentes principales para el fraccionamiento, por lo tanto, es importante la colaboración por parte del proveedor en la respuesta inmediata a las notificaciones que se emitan por algún incumplimiento en sus productos, de esta manera se busca garantizar el cumplimiento de la planificación semanal que se realice en cualquier proceso productivo; logrando suministrar la cantidad de materiales requeridos al proceso de fraccionamiento según sean requeridos.

Durante el control de calidad en el proceso de fraccionamiento, se establecerán parámetros de funcionamiento y/o calibración para los equipos que intervienen en el llenado, tapado y termoencogido en la línea de producción.

Las condiciones del equipo de llenado deben ser adecuadas, pues la misma se desajusta según el nivel de volumen en los reservorios de producto o al apagar y encender el equipo, por lo que se hace necesario contar con la verificación periódica de los parámetros de funcionamiento del mismo. Para un control estricto del fraccionamiento evitando la variación del contenido neto y la contaminación cruzada se debe mantener identificadas las tuberías respectivas para cada tipo de proceso.

Luego de la implementación de SMED en el fraccionamiento del AZOXYSTROBIN se espera que la línea tenga más tiempo disponible para producir y sea capaz de adaptarse a los cambios de plan productivos sin sufrir mayores impactos.

1.2. Declaración del problema

El estudio se basa en el análisis de los registros de las producciones realizadas entre el 2020 y 2021, incluyendo las que fueron realizadas por maquila, en los cuales se evidencia la baja productividad. Actualmente se tiene reclamos del cliente interno por la disponibilidad del producto.

El problema identificado es el bajo rendimiento en producción de unidades de 15 ml del producto AZOXYSTROBIN en el área de fraccionamiento, las mismas que se realizan en la línea de llenado automático N°3 desde febrero del 2020, en la cual se producen en promedio 5879 unidades/día y se conoce que la capacidad de producción del equipo es de 13080 unidades/día.

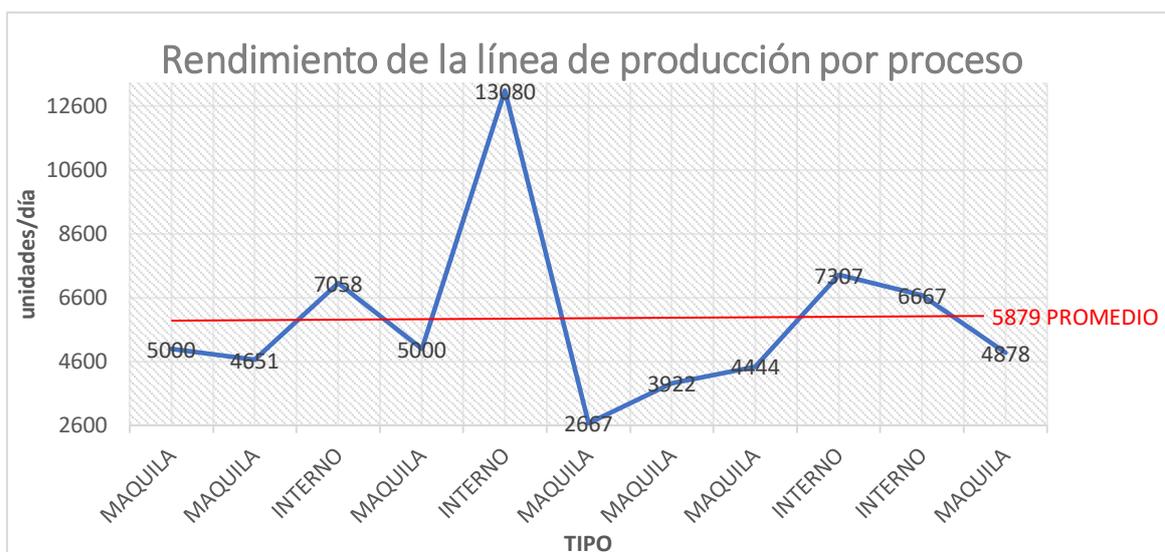


Figura 1.1 Rendimiento de línea de producción por proceso

Fuente: Autor

Tabla 1

Información de procesos de fraccionamiento

EQUIPO:		LÍNEA DE LLENADO AUTOMÁTICO N°3			CAPACIDAD:		13333 uds/día	
TIPO:		SUSPENSIÓN CONCENTRADA			ACCIÓN:		FUNGICIDA	
N°	TIPO	FECHA INICIO	DÍAS TRABAJADOS	UNIDADES PRODUCIDAS	UNIDADES TEÓRICAS	TASA PROMEDIO	EFICIENCIA	OPERADOR
1	MAQUILA	21/02/2020	40	200000	533320	5000	37.50	N/A
2	MAQUILA	01/05/2020	43	200000	573319	4651	34.88	N/A
3	INTERNO	27/07/2020	4	28230	53332	7058	52.93	MOREIRA
4	MAQUILA	15/08/2020	40	200000	533320	5000	37.50	N/A
5	INTERNO	17/08/2020	3	40287	41065.64	13080	98.10	RONQUILLO
6	MAQUILA	28/09/2020	10	26666	133330	2667	20.00	N/A
7	MAQUILA	27/01/2021	51	200000	679983	3922	29.41	N/A
8	MAQUILA	15/05/2021	45	200000	599985	4444	33.33	N/A
9	INTERNO	22/06/2021	11	80381	146663	7307	54.81	PALLO
10	INTERNO	17/07/2021	2	13333	26666	6667	50.00	CHILA
11	MAQUILA	03/08/2021	41	200000	546653	4878	36.59	N/A

Fuente: Autor

Tabla 2
Calculo y declaración del objetivo SMART

CALCULO DEL OBJETIVO		OBSERVACIÓN
Situación actual:	5879	Situación actual (promedio)
Gap:	-7200.80	Situación actual - Referencia
% Reducción GAP	0.60	Se usará el valor máximo de 60% de reducción del GAP
Objetivo:	10199.88	Situación actual + (%Reducción * GAP)
% Aumento:	73.49	((Objetivo- Situación actual) /Situación actual) * 100

OBJETIVO SMART

Aumentar la tasa promedio un 73.49%, de 5879 uds/día (promedio en ordenes producidas in situ y maquiladas) a 10200 uds/día desde octubre 2021

Fuente: Autor

1.3. Objetivo

Aumentar la tasa promedio in situ para el fraccionamiento del producto AZOXYSTROBYN en su presentación de 15 ml, identificando las principales pérdidas a través del uso del OEE y reduciendo los tiempos en el setup del proceso mediante la aplicación de SMED.

1.3.1. Objetivos específicos del proyecto

- Registrar los tiempos durante los procesos de fraccionamiento, para cuantificar las etapas en las que se están generando la mayor cantidad de paras no programadas.
- Implementar el uso del OEE, como un indicador que permita visualizar las oportunidades de mejora en el fraccionamiento de productos, y no solo como medida general de la operación.
- Implementar SMED como herramienta para la reducción de los tiempos de setup, aumentando la disponibilidad de la línea de fraccionamiento.
- Comparar la situación inicial y final en base a los resultados obtenidos, con la finalidad de evaluar el éxito del proyecto.

1.4. Metodología del proyecto

- i. Se orientará el análisis al área de producción en su situación actual, el cual estará basado inicialmente en la elaboración de un diagrama SIPOC, para identificar las área y recursos involucrados en la problemática a analizar.
Se recolectará data histórica, tanto del proceso de fraccionamiento realizado in situ como maquilado.
- ii. Una vez obtenida la información se establecerán cuáles son las actividades en las que se generan la mayor parte de tiempos muertos, analizando en conjunto

al personal operativo los motivos por los cuales se dan estos y los objetivos a alcanzar para minimizar estos.

- iii. Luego de establecer los cambios, se calculará e implementará OEE como indicador del estado de los procesos durante el proceso de fraccionamiento en presentación de 15 ml, el mismo que será la clave en la visualización de las falencias adicionales o repetitivas que se puedan presentar, estas serán todas aquellas que impidan que la eficiencia sea del 100% y se clasifican en 3 grandes grupos: disponibilidad, rendimiento y calidad. (Chang, 1996).

Además, se puede entender al OEE como la relación establecida entre el tiempo teórico que debería requerir elaborar las unidades obtenidas (sin paradas, a la máxima capacidad y sin unidades fuera de especificaciones) y el tiempo que realmente se necesita. (Triana Cortes, 2018)

Tomando como base una planta del mismo giro de negocio en la cual se utilizó la aplicación del OEE para el análisis y mejoramiento del proceso de envasado (Vilema, 2018), siendo su enfoque principal problemas que se generan en el proceso de envasado, buscando mejorar sus etapas (llenado, tapado, sellado, etiquetado y empacado) y abarcando los procesos de preparación y mantenimiento. Se logró la disminución del desperdicio y aumento del rendimiento de los equipos, evidenciado en el incremento del OEE que subió del 54% (febrero) a 74%.

- iv. Con ayuda de la metodología SMED se busca estandarizar las actividades de preparación externa de la línea de producción para el fraccionamiento a presentación de 15 ml y simplificar el área de trabajo buscando mayor flexibilidad y productividad, durante las tareas de preparación de línea y/o calibración de máquina (llenadora semiautomática).

Es decir, con la metodología SMED atacaremos uno de los principales causantes de los tiempos muertos, que son las puestas a punto y ajustes, que están definidas dentro del OEE como una de las causas más comunes de pérdidas de eficacia en la manufactura. (Harrington, 1995).

En la implementación de la metodología SMED para la reducción de tiempos de alistamiento y limpieza de las líneas de producción de una planta farmacéutica (GARCÍA, 2013), partió desde un análisis previo de los tiempos, usándolos para la determinación de causas en las pérdidas de tiempo, y estableció las acciones correctivas necesarias, diseñando finalmente el modo necesario para la implementación y evaluación con el fin de estandarizar actividades y crear una cultura de disciplina.

- v. Por lo cual, una vez obtenida la información y definidos los principales causantes de las paradas no programadas y/o tiempos muertos durante el proceso se utiliza la aproximación en tres pasos de SMED para tomar las medidas necesarias y disminuir la incidencia de los mismos.
- vi. Adicional, se establecerán medidas control mediante el cálculo del OEE por proceso de fabricación del producto en presentación de 15 ml, utilizándolos como KPI's para la evaluación constante y el mantenimiento de las mejoras. De esta manera se evaluarán los resultados obtenidos con relación a la línea base y su comportamiento a través del tiempo.

CAPÍTULO 2

2. PROPUESTA

2.1. Descripción del proceso

Esta sección se encarga de la selección del equipo el cual va ser objeto del presente estudio e incluso según los resultados obtenidos, la posibilidad de aplicación a los demás equipos o etapas del proceso de fraccionamiento.

La línea para el fraccionamiento de productos en presentación de 15 ml se ha escogido por ser uno de los procesos de producción en el cual se encuentran involucrados recursos productivos y actividades que no necesariamente generan un valor agregado al cliente, causa suficiente para brindarnos motivos para realizar un estudio de este giro, ya que se alcanzarían importantes ahorros de desperdicio como efecto del aumento en la tasa de producción.

El fraccionamiento en presentaciones de 15 ml es realizado mediante el uso de una llenadora semiautomática de bomba peristáltica como se observa en la figura 2.1; es una etapa del proceso utilizado para la dosificación de productos agroquímicos en bajos volumen. En esencia, el proceso consiste en el traspaso del contenido neto de un tambor de 200 l de capacidad, mediante el uso de una bomba peristáltica, la cual ejerce una compresión de la tubería mediante la rotación de unos rodillos creando un vacío, el mismo que extrae el producto a envasar través de la tubería hasta el respectivo envase. Una vez dosificado el volumen requerido de producto, el envase pasa por las etapas de tapado, etiquetado, colocación de hoja de seguridad, almacenamiento y estiba.



Figura 2.1 Llenadora de bomba peristáltica

Fuente: Autor

En el caso de este producto, para el etiquetado se usan fajillas termo encogibles, las cuales, una vez colocadas en los frascos, se procede con la introducción de las hojas

de seguridad, para que estas sean contenidas por la fajilla posterior al proceso de termo encogido, como se visualiza en la figura 2.2.



Figura 3.2 Colocación de hoja de seguridad

Fuente: Autor

La productividad será analizada mediante la consideración de la situación actual y la producción diaria, los mismos que incluyen tiempos perdidos (muertos) sin importar la causa, al igual que los tiempos de producción, las horas hombre y horas máquinas utilizadas en el turno durante los días de trabajo para una orden de producción específica.

2.2. Análisis del proceso

El área de producción donde se desarrolla el presente proyecto es el de fraccionamiento, la cual cuenta con 4 líneas productivas y se manejan alrededor de 85 productos con sus respectivas marcas comerciales, los cuales tienen varias presentaciones y que están agrupados en categorías según su acción (herbicida, fungicida, insecticida, fertilizante, etc.) para evitar la contaminación cruzada durante los procesos. En total esta área, produce alrededor de 2,927,784.10 litros y 280,034.28 Kg de productos al año (información correspondiente a enero-octubre del 2021); el 7% de los litros producidos corresponde a fungicidas, en el cual se encuentra categorizado el producto AZOXYTROBIN en su presentación de 15 ml con una presencia de 18,018.57 litros, si bien es cierto los herbicidas tienen una mayor presencia, la presencia del AZOXYSTROBIN tiene un gran impacto en relación al número de unidades producidas.

Tabla 3

Producción en litros por categorías

CATEGORÍA	LITROS PRODUCIDOS
Herbicidas	2,457,140.70
Insecticidas	192,108.28
Fungicidas	191,872.27
Fertilizantes foliares	101,771.60
Total general	2,942,892.845

Fuente: Autor

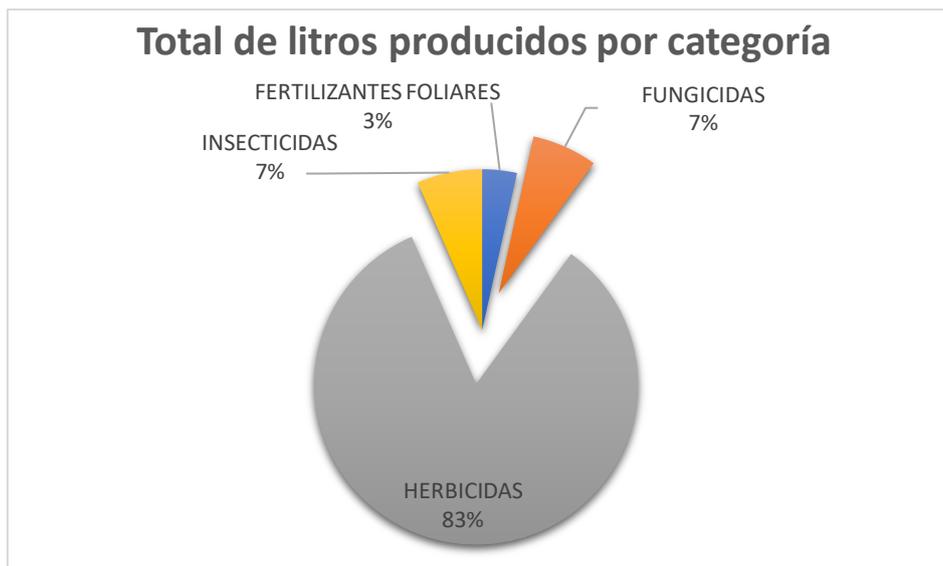


Figura 4.3 Litros producidos por categoría

Fuente: Autor

Para el inicio del proceso de fraccionamiento de agroquímicos, el jefe de operaciones procede a la revisión de los niveles de stock en el sistema y la recolección de solicitudes de productos por parte del departamento comercial (productos fuera de presupuesto), estas dos etapas son importantes ya que deben realizarse a la par para evitar el desabastecimiento o incumplimiento con los clientes. Cada viernes se envía la planificación de la siguiente semana, donde se define como arrancarán las líneas; esta programación es enviada a las áreas involucradas (bodega, producción, calidad) para su ejecución.

Al final o al inicio de cada jornada, se recopila la información del avance de los procesos, o solicitudes urgentes, para adaptar la planificación de acuerdo a las necesidades diarias y tomar decisiones, como la extensión de las horas normales programadas de trabajo.

2.2.1. Análisis de volúmenes

Con el análisis de los volúmenes correspondiente a los productos fraccionados en unidades según su presentación, identificaremos cual es el o los productos con mayor relevancia en el volumen total de fabricación del área y permitirá canalizar los esfuerzos hacia la línea que mayor cantidad de tiempo disponible necesite.

Si analizamos la figura 2.3 donde se encuentra que la línea de mayor volumen en litros producidos es la correspondiente a los herbicidas con un 83% de presencia, pero si segregamos la ocupación de las líneas por unidades producidas según su presentación final, como se observa en la figura 2.4, notaremos la presencia del AZOXYSTROBIN ya que es el único producto que se fracciona en presentación de 15 ml con un porcentaje del 33% del total de las unidades producidas.

Ante las situaciones recientes de notable tendencia hacia el incremento constante de costos de materias primas y materiales de empaque; y a su vez el crecimiento de volumen o unidades de producción, han provocado la imperatividad del ahorro y la necesidad de implementar proyectos de mejora de la productividad en el fraccionamiento de productos con mayor número de unidades producidas.

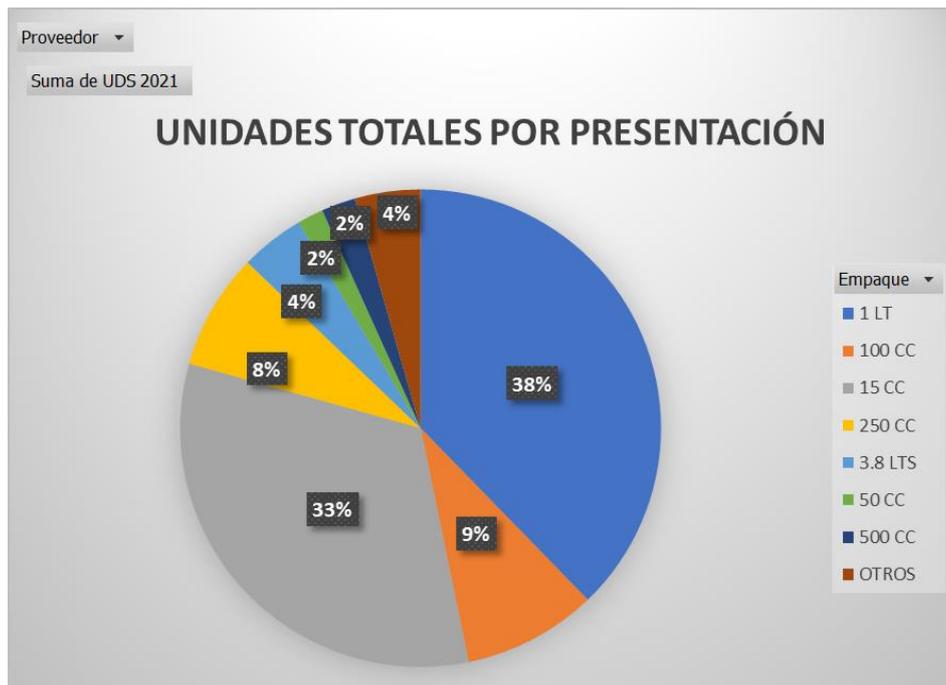


Figura 5.4 Unidades totales por presentación

Fuente: Autor

Analizando los resultados anteriores de manera conjunta, podemos interpretar que uno de los productos más representativos en las líneas de producción es el AZOXYSTROBIN en presentación de 15 ml, cuyo proceso lleva una mayor cantidad de tiempo de fraccionamiento para una misma cantidad de volumen en cualquier otro tipo de presentación.

2.2.2. Recepción y aprobación de materia prima

El departamento de importaciones notifica la llegada de el o los contenedores mediante correo electrónico, en el cual se detalla orden de compra, packing list y certificados de calidad del contenido de este.

En el muelle correspondiente al área de bodega se recibe y descarga el contenedor, verificando cantidades, lotes y estado del producto.

Una vez descargado, se notifica al departamento de control de calidad para el muestreo, análisis y posterior liberación o cuarentena del producto.

2.2.3. Fraccionamiento

Una vez recibido y aprobado el producto, se verifica la información de requerimientos en la planificación semanal, el supervisor de producción entrega las respectivas ordenes de producción a cada línea de trabajo, para el inicio de sus actividades.

Los operadores de las líneas, solicitan el despacho de la materia prima según lote registrado en la OP y el material empaque requerido para el proceso. Cuando las bodegas respectivas entregan los materiales requeridos, se realiza la verificación por parte del líder de línea de que las cantidades, el lote y los productos recibidos sean correctos.

Con todos los materiales disponibles se arman las líneas de producción dependiendo del tipo de proceso (automático, semi automático, manual), según flujo de proceso de fraccionamiento en el anexo A.

Cuando la línea está armada se procede a envasar la cantidad requerida según sea el proceso y su posterior verificación y/o corrección, mediante el pesaje de cada envase, de esta manera se corrige y se garantiza la dosificación exacta durante el llenado, disminuyendo la posibilidad de reclamos por faltante de contenido neto.



Figura 6.5 Ajuste de contenido neto

Fuente: Autor

Posterior al llenado y pesado, se procede al tapado y sellado por inducción de los envases, y la revisión aleatoria de la hermeticidad entre el liner y el pico del envase en esta etapa.

Dependiendo del tipo de presentación, se etiqueta y empaca dentro de cajas los envases o se le agrega al envase algún material adicional (panfleto, capuchón, sticker de seguridad) según corresponda. Con el producto ya empacado y la caja cerrada, se procede a pesar la misma, para garantizar su contenido.

De darse el caso en que el rendimiento de una producción de fraccionamiento no esté dentro de los valores establecidos (tolerancias de $\pm 0.5\%$), el líder de línea junto con el supervisor de calidad, revisarán el proceso para establecer las posibles causales de este desvío, los cuales pueden ser:

- Faltante de producto en origen.
- Error en el valor de la densidad usada.
- Falla en la conversión de litros a kilogramos.

Las cajas cerradas y pesadas son transportadas manualmente a pallets, el cual se coloca una vez esté completo en el área de tránsito, el supervisor de producción junto a un auxiliar de bodega verifica las cantidades previo al envío a la bodega respectiva; con la ayuda del montacargas son llevados y entregados al área de bodega de producto terminado.

Una vez entregada y verificada toda la producción, se ingresa en el sistema la información registrada en la OP durante el proceso de fraccionamiento, debidamente firmada por los responsables de cada actividad como respaldo de aprobación de la misma.

El supervisor de producción realiza los ajustes necesarios de la información de origen en el sistema en el caso de consumos adicionales o menores, para que toda la información esté cuadrada tanto en sistema con físicamente.

2.2.4. Calibración de máquina llenadora

La llenadora trabaja en la línea 3 dentro de una jornada extendida equivalente a 10 horas laborables, se arrancó la producción del AZOXYSTROBIN 25% después del fraccionamiento de otro producto de la misma acción por temas de contaminación cruzada. Para este tipo de proceso el equipo tiene una velocidad máxima de llenado de 2 unidades cada 0.633 segundos (Figura 2.6) y de espera de 0.3 seg. según manual del equipo.



Figura 7.6 Configuración de fábrica de llenadora

Fuente: Autor

Con esta configuración se obtendría una producción máxima equivalente a 2 unidades cada 0.933 segundos, lo que representaría una producción diaria de 77.170,42 unidades/día considerando la jornada laboral antes expuesta. Pero como la actividad de llenado no es netamente automática se considera para su seteo normal los tiempos adicionales que le puede llegar a tomar al operador agarrar los frascos y colocarlos en el área de dosificación.

Ya que el tiempo es mínimo basándonos en la velocidad máxima dada por el fabricante, se ajustaron los tiempos de dosificación y espera en 1 segundo cada uno, con la finalidad de que el operador pueda realizar los cambios de frascos como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4
Proceso de abastecimiento

Proceso de abastecimiento de frascos en llenadora		
		
<p>Para el proceso de recolección de frascos se optó por la colocación de una tina la misma que será reabastecida por la última persona de la línea, de esta manera se evitan paras por parte del operador que realiza la actividad de colocación de los frascos.</p>	<p>Para facilitar la colocación exacta de los frascos debajo de las boquillas, y evitar derrames durante la dosificación del producto, se ajustó la altura de las boquillas para que queden lo más cercanas al pico del frasco, permitiendo ajustar fácilmente su ubicación.</p>	<p>La búsqueda de los frascos y su colocación debajo de las boquillas de llenado toma un tiempo aproximado de 2 seg, por lo cual se procedió a definir una calibración inicial del equipo en 1 seg de dosificación y 1 seg de espera, equivalente a 60 unidades/min.</p>

Fuente: Autor

2.2.5. Identificación de áreas y recursos (Diagrama SIPOC)

Con los precedentes expuestos, junto a la información obtenida de la tabla 4 y la data historia de los procesos de fraccionamiento para presentaciones de 15 ml, el enfoque del proyecto es la mejora de este proceso mediante el uso de OEE, y la aplicación de la metodología SMED para la reducción de pérdidas por setup.

S	I	P	O	C
<u>Suppliers</u>	<u>Inputs</u>	<u>Process</u>	<u>Outputs</u>	<u>Customers</u>
<ul style="list-style-type: none"> • RTC (vendedores) • Bodega de MP y ME • Importaciones • Control de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • MP y ME • Orden de producción • Horas de producción programadas • Habilidad humana • Máquina • Reproceso • Mantenimiento externo • Especificaciones de PT 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;">Recepción de OP</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;">Solicitud y recepción de MP y ME</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;">Calibración de máquina y llenado de envases</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;">Sellado y etiquetado de envases</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; background-color: #e0e0e0;">Empacado y paletizado</div>	<ul style="list-style-type: none"> • Producto terminado • Horas extras • Eficiencia • Rendimiento • Hojas de control • Limpieza • Reprocesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Bodega de PT • Control de Calidad • Área Comercial • Logística

2.3. Medición de productividad (situación actual)

Actualmente no se emplean indicadores de gestión para el análisis de las operaciones, pero se tienen los siguientes registros obtenidos de las OP:

- Horas hombre utilizadas.
- Horas máquina utilizadas.

A partir de esta información podemos obtener los siguientes indicadores:

- Unidades fraccionadas / Horas hombre utilizadas.
- Litros producidos / horas hombre utilizadas.
- Unidades producidas / Horas máquina utilizadas.
- Litros producidos / Horas máquina utilizada.

Basados en los datos tomados de 11 diferentes ordenes de producción entre procesos de fraccionamiento internos y maquilados podríamos tener dos enfoques, productividad basada en los días laborados (tabla 5) y la productividad en base a las horas hombre y máquina (tabla 6):

Tabla 5
Productividad por días laborados

Productividad por días trabajados							
N°	TIPO	FECHA INICIO	DÍAS TRABAJADOS	UNIDADES PRODUCIDAS	UNIDADES TEÓRICAS	TASA PROMEDIO	EFICIENCIA (%)
1	Maquila	21/02/2020	40	200000	533320	5000	37.50
2	Maquila	01/05/2020	43	200000	573319	4651	34.88
3	Interno	27/07/2020	4	28230	53332	7058	52.93
4	Maquila	15/08/2020	40	200000	533320	5000	37.50
5	Interno	17/08/2020	3	40287	41066	13080	98.10
6	Maquila	28/09/2020	10	26666	133330	2667	20.00
7	Maquila	27/01/2021	51	200000	679983	3922	29.41
8	Maquila	15/05/2021	45	200000	599985	4444	33.33
9	Interno	22/06/2021	11	80381	146663	7307	54.81
10	Interno	17/07/2021	2	13333	26666	6667	50.00
11	Maquila	03/08/2021	41	200000	546653	4878	36.59

Fuente: Autor

Tabla 6
Productividad por horas hombre y máquina

Productividad por horas hombre y máquina							
Operadores por línea			Maquila 5			Interno 4	
Horas hombre	Horas trabajadas	Unidades hora	Unidades por día	Unidades por HH	Unidades por HM	Litros HH	Litros HM
40	1600	125	1000	25	125	0.4	2
40	1720	116	930	23	116	0.3	2
40	160	176	1764	44	176	0.7	3
40	1600	125	1000	25	125	0.4	2
40	123.2	327	3270	82	327	1.2	5
40	400	67	533	13	67	0.2	1
40	2040	98	784	20	98	0.3	1
40	1800	111	889	22	111	0.3	2
40	440	183	1827	46	183	0.7	3
40	80	167	1667	42	167	0.6	2
40	1640	122	976	24	122	0.4	2

Unidades hora producidas	Unidades por día	Unidades por hora hombre	Unidades por hora máquina	Litros producidos por hora hombre	Litros producidos por hora máquina
125	1000	25	125	0.4	2
116	930	23	116	0.3	2
176	1764	44	176	0.7	3
125	1000	25	125	0.4	2
327	3270	82	327	1.2	5
67	533	13	67	0.2	1
98	784	20	98	0.3	1
111	889	22	111	0.3	2
183	1827	46	183	0.7	3
167	1667	42	167	0.6	2
122	976	24	122	0.4	2

Fuente: Autor

Realizando un análisis de los datos de la tabla anterior tendremos entre los procesos de maquila e internos las siguientes variaciones de productividad (tabla 7):

Tabla 7
Variaciones de productividad

Tipo	Unidades por hora hombre	Unidades por hora máquina	Litros producidos por hora hombre	Litros producidos por hora máquina
INTERNO	82	327	1.2	5
MAQUILA	13	67	0.2	1
VARIACIÓN	613%	491%	613%	491%

Fuente: Autor

Analizando los índices presentados en la tabla 7, en las unidades por hora hombre se tiene una variación del 613%, obtenida a partir de la división del valor más alto 82 unidades que pertenece al proceso de fraccionamiento interno para el valor más bajo 13 unidades que proviene del proceso de maquilado. Estos valores se mantienen similares cuando se comparan los demás índices de la tabla correspondiente. Se podría decir entonces que la raíz del malestar será el seleccionar un índice de productividad adecuado el cual nos permita enfocarnos objetivamente en la productividad que se está dando en el proceso, debido a que con el enfoque actual la productividad estaría en función de los días laborados o de la mezcla de operadores en un período determinado.

Las fluctuaciones de la productividad en la forma como se están cuantificando son desproporcionadas, por lo que solo será válida su aplicación como referencia en la evaluación del comportamiento de un mismo tipo de proceso (interno o maquila).

Es bien sabido que como se trata de un solo producto los índices utilizados serían los adecuados, pero dada la diferente cantidad de mano de obra utilizada, y diferentes horas laborables utilizadas, tendremos que encontrar la forma adecuada de utilizar un índice idóneo que nos ayude a medir la productividad de la línea.

2.3.1. Evaluación de índice de productividad

Tabla 8
Horas hombre por unidad producida

Tipo	Promedio de unidades día	Jornada laboral (H)	N° operadores	Horas hombre	Hora hombre por unidad
Maquila	873	8	5	40	0.046
Interno	2132	10	4	40	0.019

Fuente: Autor

En la tabla 8 se incluyen las horas hombre respectivas que se han necesitado por unidad fraccionada.

El proceso de maquila utiliza casi 3 veces más horas hombre en realizar la misma actividad de fraccionamiento que el proceso interno.

➤ Hora hombre estándar unitaria

La hora hombre (Hora Hombre Standard Unitaria, 2009), también conocida como hora persona, se estima como la unidad del esfuerzo requerido para realizar una tarea, en la cual su unidad es equivalente a una hora de trabajo sin interrupciones de un trabajador medio. Es crucial observar que la hora hombre no consideran las interrupciones típicas

durante el trabajo y que además son vitales para su realización. Por ejemplo, pausas activas, el almuerzo u otro tipo de paras causadas por funciones corporales no se tienen en cuenta, simplemente en las horas hombre se cuantifica el tiempo de gestión propio.

Por otra parte, se considera a la hora hombre estándar como la cantidad de trabajo que puede realizar una persona por hora a una magnitud de eficiencia previamente determinada y estandarizada.

La hora hombre estándar unitaria equivale a la hora hombre estándar requerida para elaborar una unidad específica de un producto.

Por lo cual se puede establecer un KPI que logre analizar de manera adecuada la productividad de una línea, máquina o del total de la planta tomando en cuenta la mezcla de productos de producción habitual.

Tabla 9
Productividad por máquina

Tipo	Unidades/ Día	Velocidad estándar unitaria (seg)	Producción estándar (unidades)	HH std. unitaria	HH std.	HH std./HH trabajada
Maquila	4654	6	4800	0.0012	5.58	13.95%
Interno	8528	2.05	14014	0.0001	0.85	2.12%

Fuente: Autor

En donde:

- Tipo: Es el tipo el tipo de proceso de fraccionamiento
- Unidades/Día: El fraccionamiento de cada producto, en número de unidades fraccionadas en un turno determinado.
- Velocidad estándar unitaria: Es el tiempo que se toma en producir un artículo.
- Producción estándar: Es la cantidad de producto fraccionado que se debería de obtener en relación a la velocidad estándar unitaria.
- Horas hombre estándar unitaria: La hora hombre estándar utilizada para elaborar una unidad del producto.
- Hora hombre estándar: La hora hombre estándar unitaria multiplicada por el número de unidades de la producción de toda una jornada de trabajo.
- Hora hombre estándar por hora hombre trabajada: índice de productividad o KPI.

Tabla 10
Índice de productividad total

Tipo	Unidades por turno	Hora hombre trabajada	Hora hombre estándar	HH estándar/HH trabajada
Maquila	4654	40	5.58	13.95%
Interno	8528	40	0.85	2.12%
Total	13182	80	6.43	8.04%

Fuente: Autor

Es muy común en la industria el emplear los índices antes descritos; sin embargo, estos no nos ayudan mucho y en base a lo que comprobamos, su aplicación difiere en una gran magnitud de ser beneficiosa, pues solo sirve para comparaciones en el tiempo.

No obstante, podemos definir las ventajas que conlleva la aplicación del KPI descrito en la tabla 10:

- El poder relacionar con el empleo de una hora estándar, la producción real con el objetivo que se espera de una producción.
- El índice nos ayuda a visualizar que tenemos un 91.96% de desperdicio o MUDA, definiéndolo en términos Lean. Esto nos demuestra que en la productividad tenemos oportunidades de mejora.
- Mediante el uso del índice propuesto, la capacidad de las máquinas puede ser determinada a través de sus propios tiempos estándares de producción y con esto determinar con mayor veracidad los tiempos de entrega.
- Como objeto de estudio del requerimiento de la cantidad de mano de obra para elaborar cantidades de productos (en volumen o unidades), en espacios de tiempo que podrían ser semanales, mensuales, bimensuales, etc., la hora hombre estándar mediante su aplicación se transforma en un utensilio de gran beneficio.
- Conviene especificar que el uso del KPI establecido en horas hombre estándar, inicia a partir de una producción que también es estándar, mediante la estandarización de personal para cubrir el desempeño del proceso con un producto específico en un determinado tiempo. El asignar tiempos y mano de obra arranca de la realización de un buen estudio, ya que, si los estándares no han sido definidos de una manera adecuada, lo más posible será que estos sean o muy altos o muy bajos en su cumplimiento.

2.4. Etapas para la implementación del OEE

Paso 1. Selección de máquina

Es de gran importancia la selección en la máquina a la que se analizará la posibilidad de la implementación del OEE, ya que del éxito en el estudio inicial dependerá el incentivo y aceptación por parte del equipo de producción y su posible extensión de aplicación de esta herramienta para con el resto de equipos y/o líneas de trabajo.

Se seleccionó la máquina llenadora semi automática, por ser parte de un proceso de mayor volumen en cuanto al número de unidades que allí se procesan. En ella se han elaborado hasta octubre del 2021 1'201.238 unidades en presentación de 15 ml equivalentes al 33% del total de unidades producidas, siendo uno de los productos estrella dentro de la cartera de la empresa. De ahí nace la importancia para su selección.

Al no contar con una definición por parte de la empresa de las que se consideran paradas planificadas o no planificadas, se registran los tiempos de todos los tipos de paradas que se generan durante la producción, los cuales serán categorizados más adelante.

La conducta actual con respecto a las paradas correspondientes al primer día del proceso (22/09/2021), se exponen en la tabla 11, y en la figura 2.7 se presenta el diagrama de Pareto de estas paradas. Desde un enfoque preliminar se pueden preponderar 5 tipos de paradas: calibración de máquina, preparación del área / sig. producción, break, despacho de materia prima y bebedero, las cuales juntas equivalen al 78.3% del total del tiempo muerto referente a esta máquina. Tomando esta información como base obtuvimos la noción latente de las actividades en donde enfocar nuestras mejoras, esto con el fin de evitar generar una pérdida de tiempo, esfuerzos y/o recursos al aplicar mejoras en actividades que no tengan gran impacto.

Tabla 11
Tipos y tiempos por paradas

MOTIVO	TIEMPO (min)
Calibración de máquina	90
Preparación del área / sig. Producción	60
Break	30
Despacho materia prima	25
Bebedero	20
Salida	15
Almuerzo	15
Despacho de material de empaque	10
Limpieza del área	7.5
Retrabajo	5
Cambio de tanque	5
Falta de OP	5
Falla de máquina	0
Charla	0
TIEMPO POR PARADAS TOTAL	287.5

Fuente: Autor

- *Calibración de máquina.* – Es el tiempo que transcurre desde el llenado del primer envase hasta obtener un mínimo de 5 unidades conformes seguidas en el llenado.
- *Preparación del área / sig. Producción.* – Tiempo que transcurre entre el fin de la limpieza del área por el término de una producción y el armado de la línea para la siguiente.
- *Break.* – 15 minutos de pausa activa, se tienen dos breaks durante la jornada (mañana y tarde), en caso de jornada extendida (trabajo de 10 horas en adelante) se tienen tres.
- *Despacho de materia prima.* – El tiempo que transcurre desde la solicitud de la materia prima hasta su entrega en el área asignada.
- *Bebedero.* – Paro de la línea para hidratación.
- *Almuerzo.* – 15 minutos adicionales a los 45 minutos normales para ducharse y cambiar vestimenta.
- *Salida.* – *Fin de la jornada laboral*
- *Despacho de material de empaque.* – El tiempo que transcurre desde la solicitud de todos los materiales para el proceso (envases, tapas, etiquetas, panfletos, cajas) hasta su entrega en el área asignada.
- *Limpieza del área.* – Limpieza general de toda el área correspondiente a fraccionamiento.
- *Cambio de tanque.* – Reabastecimiento o uso de un nuevo tambor para continuar con la producción.
- *Falta de OP.* – Orden de producción no generada, líneas de producción sin actividad definida a realizar.
- *Falla de máquina.* – Paro no programado de la máquina, no correspondiente a la calibración de la misma.
- *Retrabajo.* – Problemas por falla de calidad, “ensamble” o empaque.
- *Charla.* – Capacitaciones o “feedback” al personal operativo, interrumpiendo su programación normal de actividades.

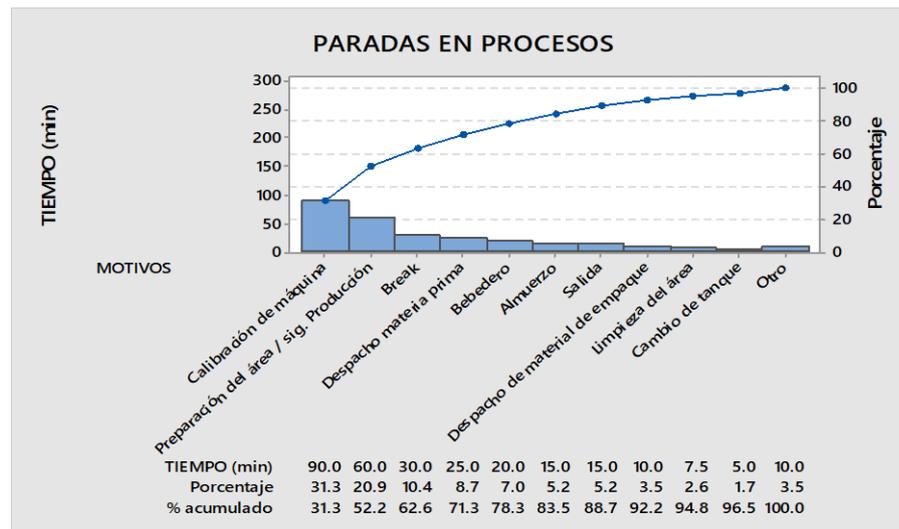


Figura 8.7 Pareto de paradas en proceso

Fuente: Autor

Paso 2. Definiciones del OEE

Cuando nos referimos a eficiencia, suelen tenerse múltiples enfoques referentes a las partes que envuelven este tema. Con la premisa de que todos “hablemos el mismo idioma” es totalmente necesario establecer las definiciones de OEE las mismas que deben ser consistentes y así evitar caer en consideraciones de interpretación por cada participante de la mejora. Por lo tanto, se acogerá las definiciones establecidas en el “OEE Industry Standard” para emplearlas a lo largo del presente estudio.

Es útil recordar la definición del cálculo del OEE:

$$\begin{array}{ccc}
 \boxed{\text{Disponibilidad}} & \times & \boxed{\text{Rendimiento}} & \times & \boxed{\text{Calidad}} \\
 \frac{\text{Tiempo real de producción}}{\text{Tiempo potencial de producción}} & ; & \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} & ; & \frac{\text{Producción conforme}}{\text{Producción total}}
 \end{array}$$

Con relación a la *disponibilidad*; se entiende que la máquina tiene una producción la cual no es dependiente de la calidad y/o de la velocidad.

El tiempo en el que la máquina produce actualmente vs el tiempo que la máquina pudo haber estado produciendo se define como la *tasa de disponibilidad*.

Si la máquina está en marcha, el *rendimiento* denota la producción vigente en comparación con la producción teórica máxima, indistintamente de que si esto se cumple en algún momento determinado.

La *tasa de calidad* coteja la producción de unidades elaboradas las cuales están dentro de especificaciones contra las unidades totales las cuales han sido elaboradas sin importar si estas son o no conformes.

Paso 3. Implementación de formato

La elaboración de un formato en el cual se lleve el registro de las actividades y tiempos es muy importante, el mismo debe ser fácilmente entendible por parte de cualquier

persona que vaya a trabajar en el mismo y presentar las facilidades para el cálculo del OEE.

En el anexo B se muestra el formato actualmente utilizado, con el detalle de la parada por categoría. Ahí se reporta de manera diaria las producciones, incluyendo los tiempos muertos, horas hombre y horas máquinas correspondientes. La información que se registra es tomada por el responsable de supervisar las actividades de fraccionamiento, para evitar algún desvío significativo en la toma de tiempos durante las actividades. El método utilizado para la elaboración del formato y el registro de datos usados para el cálculo del OEE, debe garantizar la seguridad de los datos y su utilidad para el estudio, todo esto priorizando la mínima dificultad para el responsable de llenarlo.

En el libro “OEE for the Production Team” por Arno Koch, se sugiere un formato el cual fue tomado como referencia, ya que contiene no solo la información que se precisa diariamente, sino que para el registro de los datos del OEE da un orden y presentación adecuados (Koch, Arno, 2009), el mismo que se adjunta en el anexo C.

Paso 4. Formación y capacitación de las líneas de trabajo

Otro de los aspectos importantes a considerar es la creación de un equipo de trabajo que se involucre o esté involucrado directamente con las actividades que se generen por las producciones diarias. Partiendo de esta premisa la conformación del equipo fue designada de la siguiente manera:

- Líder de línea (operador calificado) el mismo que estará a cargo del direccionamiento del resto de personal operativo de la línea para dar los direccionamientos respecto a la preparación de la línea, ajuste/armado de la llenadora y calibración de la misma, con el fin de mantener las velocidades de operación del equipo constantes. Es el responsable de guiar al resto de personal operativo y de la puesta a punto de la máquina.
- Supervisor de producción quien estará encargado de la coordinación para la asignación del uso y el control de los recursos productivos, así como de gestionar la entrega previa del material de empaque y materia prima, sin dejar de lado el registro de los tiempos generados en las actividades de las líneas.
- Supervisor de control de calidad será responsable de proporcionar el soporte técnico para que el estudio se pueda llevar a efecto de una manera fluida, organizando y facilitando la “eliminación de tiempos muertos”, definiendo objetivos para la mejora.

Para facilitar el estudio se realizó un adiestramiento básico a todo el personal de fraccionamiento en general, el cual se llevó a cabo in situ, para que todo el personal operativo pueda obtener la misma información que los miembros del equipo inicial, teniendo una idea clara en la implementación de este proyecto y como posibles backups en caso de la ausencia de alguno de los integrantes principales.

La charla se realizó media hora previa al arranque de sus actividades laborales; tratando los siguientes temas de importancia:

- ✓ Conceptos básicos del OEE y SMED
- ✓ Ejercicios prácticos sobre su aplicación
- ✓ Armado, calibración, uso y limpieza de llenadora
- ✓ Foro de discusión de dudas en base a los temas tratados
- ✓ Uso e interpretación de diagramas de Pareto e Ishikawa (herramientas de calidad)

Paso 5. Registro de información (toma de datos)

Después de establecido el formato se empieza con el trabajo en campo; la iniciación del estudio se alineó con la generación de una nueva OP para el fraccionamiento del producto AZOXYSTROBIN 25% en presentación de 15 ml, para realizar un seguimiento de principio a fin de cada jornada y análisis de posibles mejoras durante el proceso.

Como punto de partida se analizó la forma en la que se recolectaba la información del proceso y los criterios para su reporte. Desde el análisis del diagrama de Pareto se obtiene que la mayor causa de tiempo perdido es la calibración de la llenadora, definiendo esto como las actividades concernientes en el ajuste del equipo en el inicio de la operación de fraccionamiento y su ajuste cada vez que se presente una variación en la cantidad dosificada causando que el producto terminado sea considerado como no conforme. Mediante la observación directa del proceso de fraccionamiento se evidenció que los tiempos reportados no se acercaban a la realidad del proceso, ya que se descubrió un error conceptual entre *calibración* y *preparación del área / sig. producción*.

Como se mencionó en el marco teórico, una de las herramientas lean es SMED. El tiempo de cambio de proceso o alistamiento de máquina es considerada en esta técnica desde el momento que el equipo elabora el último producto conforme correspondiente, hasta la etapa de producción en el que se obtiene el primer producto con el cumplimiento de todos los parámetros requeridos de la siguiente orden.

Actualmente se toman las dos causas por separadas; se consideraba *preparación del área / sig. producción* desde el momento en que la línea termina de producir y empaquetar la última unidad conforme hasta la elaboración de la primera unidad conforme del siguiente proceso, sin tomar en cuenta la puesta a punto de la llenadora. Esta actividad mencionada al final se la consideraba “calibración” lo que causaba la distorsión de los registros que se reportaban a diario.

Paso 6. Tratamiento de los datos

Luego del hallazgo de inconsistencia para el registro de datos se realizó el respectivo ajuste al diagrama de Pareto (Figura 2.8), quedando de la manera en que se indica en la tabla 12:

Tabla 12
Ajuste de tiempos por paradas (23/09/2021)

MOTIVO	TIEMPO (min)
Calibración de máquina	25
Preparación del área / sig. Producción	125
Break	30
Despacho materia prima	25
Bebedero	20
Salida	15
Almuerzo	15
Despacho de material de empaque	10
Limpieza del área	7.5

Retrabajo	5
Cambio de tanque	5
Falta de OP	5
Falla de máquina	0
Charla	0
TIEMPO MUERTO TOTAL	287.5

Fuente: Autor

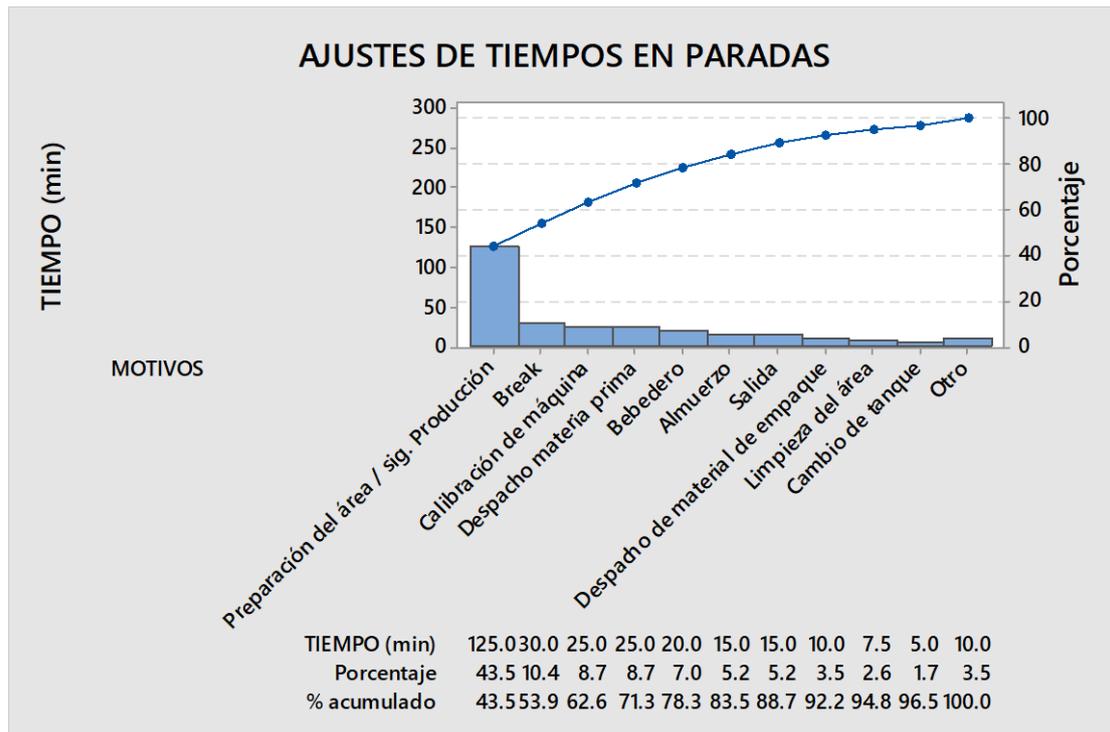


Figura 9.8 Pareto con ajuste de tiempos en paradas

Fuente: Autor

Nos podemos dar cuenta que hay una variación en el análisis de tiempos de paradas, se observa un considerable aumento en la categoría preparación del área / sig. producción obteniendo por si solo un 43.5% de las causas, debemos depurar nuestro análisis incluyendo las causas que únicamente pueden ser consideradas a eliminar o reducir, ya que por ejemplo los tiempos de break y los 15 minutos adicionales de almuerzo no se pueden anular ya que dentro del OEE se consideran como paradas planificadas, quedando únicamente el enfoque adicional en calibración de máquina, despacho de materia prima y bebedero; este último no se eliminará ya que es una necesidad natural humana, pero se cambiará la manera actual en la que se realiza.

Dada esto, debemos de tener una programación adecuada de producción con un altísimo nivel de cumplimiento, lo que implícitamente abarca el aprovechamiento de manera más eficiente de los recursos, en pocas palabras, disminuir los desperdicios desde un enfoque lean (lo que no da un valor agregado al proceso); sin duda esto nos lleva a buscar lograr una alta productividad para satisfacer las necesidades de los clientes y que esto también se refleje en la disminución de los costos de producción

2.5. Análisis de la información obtenida

Los datos primarios de la data obtenida mediante el uso del formato de reporte diario de producción que se usa actualmente se muestran en la figura 2.9, el mismo que se realiza mediante el uso de una hoja de Excel con la ayuda de una Tablet.

INFORMACIÓN GENERAL DIARIA DEL PROCESO		
Turno	11	horas
ALMUERZO	60	Minutos
RECESO 1	15	Minutos
RECESO 2	15	Minutos
RECESO 3		Minutos
TIEMPOS MUERTOS	273	Minutos
TIEMPO DE LLENADO	20	uds/Minuto
TOTAL DE UNIDADES	3,500	Piezas
UNIDADES DEFECTUOSAS	387	Piezas

CÁLCULOS		
TIEMPO PLANEADO DE PRODUCCIÓN	9.5	horas
TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN	5.0	horas
UNIDADES CONFORMES	3,113.0	uds

CÁLCULOS DEL OEE		
Disponibilidad:	52.1%	
Desempeño:	59.5%	
Calidad:	88.9%	
OEE:	27.6%	

COMPARACIÓN DEL OEE		
	Clase Mundial	Mi OEE
Disponibilidad:	90%	52.11%
Desempeño:	95%	59.46%
Calidad:	100%	88.94%
OEE:	85%	27.55%

Figura 10.9 Registro de cálculo para el OEE

Fuente: Autor

En este caso ya que debemos considerar la velocidad máxima de llenado el cual es dado por el fabricante y no en base al definido anteriormente nuestro OEE es de 27.55%.

La tasa promedio del OEE en base a estudios en todo el mundo refieren un OEE del 60% en plantas de manufactura. La manera en la cual se realiza el cálculo hace del OEE una prueba totalmente severa. En la praxis se tiene como valores referenciales como una manufactura de clase mundial los definidos en la parte de “comparación del OEE” de la figura 2.9.

Disponibilidad

La disponibilidad la calculamos considerando todas las *pérdidas por tiempos muertos o no productivos* de la siguiente manera:

Para este caso de una consideración inicial de 11 horas, solo se tienen 9.5 horas para producir teóricamente, esto significa que cada actividad que se realice ya sea planeada o no para producir va a representar una merma y será enfocada como una oportunidad que aparece para abordar el camino hacia una disminución o erradicación de este desperdicio.

La parada correspondiente a la causa *preparación del área / sig. producción* equivale a 45.87% del total de tiempo de toda la jornada (tabla 13)

Tabla 13
Cálculo de disponibilidad

MOTIVOS	TIEMPO (min)	%
Preparación del área / sig. Producción	125	52.63%
Calibración de máquina	25	10.53%
Despacho materia prima	25	10.53%
Bebedero	20	8.42%
Salida	15	6.32%
Despacho de material de empaque	10	4.21%
Limpieza del área	7.5	3.16%
Cambio de tanque	5	2.11%
Falta de OP	5	2.11%
Falla de máquina	0	0.00%
Charla	0	0.00%
TOTAL TIEMPO MUERTO	237.5	41.67%
TOTAL TIEMPO PRODUCCIÓN	332.5	58.33%
DISPONIBILIDAD=	58.33%	

Fuente: Autor

Rendimiento

Para el cálculo del rendimiento se consideran las pérdidas de velocidad, la cual se obtiene mediante el siguiente cálculo:

Rendimiento: tiempo de ciclo ideal / (tiempo de operación / total de unidades producidas)

El tiempo del ciclo o *tiempo de ciclo ideal* lo definimos como la cantidad mínima de tiempo ideal que se esperaría alcanzar durante el proceso en circunstancias óptimas. A este también se lo conoce como *tiempo de diseño de ciclo, capacidad de placa de máquina o tiempo teórico* (se refiere a la velocidad a la cual está diseñada la máquina para trabajar).

Es totalmente notorio que durante el proceso se han generado pérdidas de velocidad, las cuales son generadas por paradas mínimas durante la producción (micro parada, $t < 5$ min.) o que por considerarse como una elevada carga de trabajo por parte de los operadores no son reportadas, ya que durante el registro de los tiempos se anotarían estas paradas por mínimas que sean. Para efectos del presente estudio la puesta a punto de la máquina se estima en un tiempo promedio menor a 5 min., pero debido a la

lejanía y falta de experticia para el ensamble de la misma por parte de los operadores, puede llegar a tomar hasta 45 minutos. Al final de las jornadas se considera este tiempo transcurrido de preparación y se reporta dentro del total de tiempo muerto, el cual se considera atribuible al componente de disponibilidad.

Tabla 14
Cálculo de rendimiento

Parámetro	Valor	Unidades	Observaciones
Tiempo de llenado (teórico en minutos)	20	unidades	Velocidad máxima de la máquina. Esta velocidad la da el fabricante y no debe confundirse con la velocidad esperada
Producción teórica	6550	unidades	Cantidad de producción que se debe de obtener sin considerar los tiempos muertos
Producción real	3500	unidades	Producción total considerando productos no conformes
RENDIMIENTO=		53.43%	

Fuente: Autor

Calidad

Para las pérdidas de calidad entran en consideración para su cálculo las pérdidas de calidad tabla 15 realizando su cálculo de la siguiente manera:

Calidad: Unidades conformes producidas / Unidades totales producidas (conformes y no conformes)

Tabla 15
Cálculo de rendimiento

Parámetro	Valor	Unidades	Observaciones
Total de unidades producidas	3500	unidades	Producción total considerando productos no conformes
Unidades no conformes	387	unidades	Se incluyen unidades que fueron recuperadas por retrabajos, ya que se pierden fajillas o envases en el proceso
Total de unidades conformes	3113	unidades	
CALIDAD=		88.94%	

Fuente: Autor

Paso 7. Implementación del OEE

Junto a la línea de trabajo posterior al día de actividades inicial se evaluó la data recogida y para iniciar la etapa de implementación del OEE.

Jornada laboral

La jornada laboral u horas de trabajo con las que se cuenta oscila entre 8 hasta 12 horas, de lunes a viernes y de 5 a 8 horas sábados y domingos en temporadas altas. El proceso de fraccionamiento de AZOXYSTROBIN 25% en su presentación de 15 ml, abarca no menos de 10 días laborables incluyendo jornadas extendidas, según el pedido por parte del departamento comercial. Para el presente estudio se considerarán la

información recolectada durante todo el proceso productivo, por el tiempo que dure el proceso de fraccionamiento de la respectiva OP.

Como punto de partida se analizaron las causas que provocan las paradas, tal y como actualmente están establecidas. Se realizó una modificación en los motivos para que estas estén alineadas desde el enfoque del OEE hacia la estructura de las 16 grandes pérdidas como se detalla en la figura 2.10.

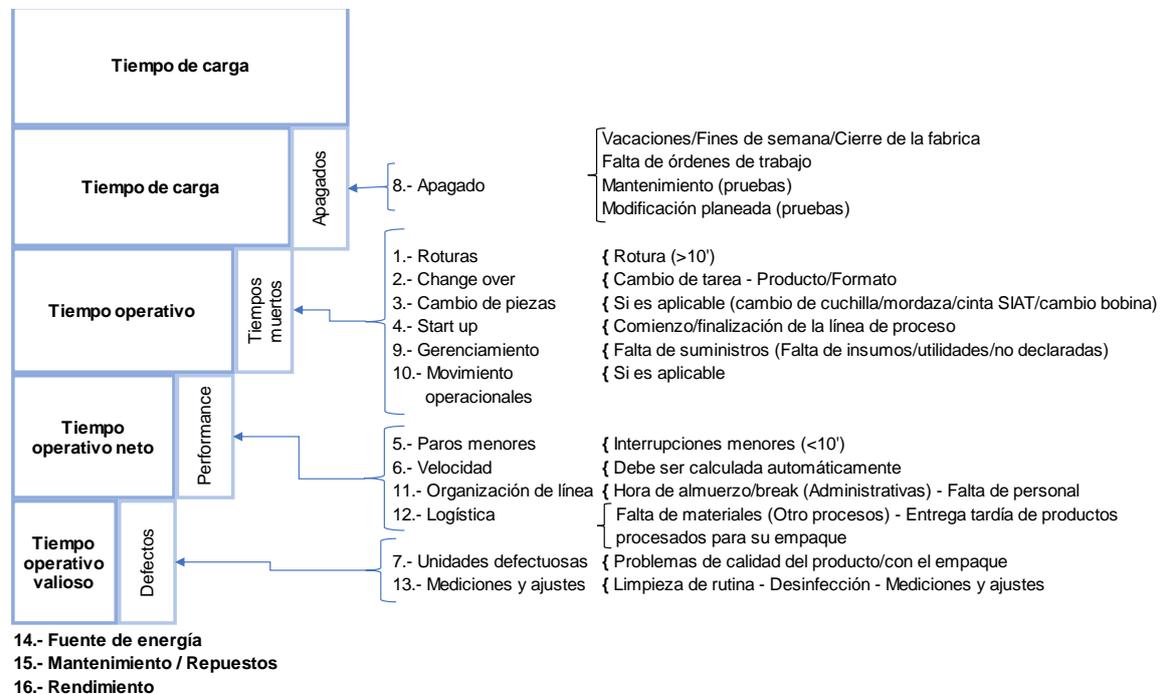


Figura 11.10 Diagrama de tiempos OEE

Fuente: Autor

Se crea un formato adicional en el cual se registran las actividades en intervalos de 5 minutos para tener una mayor exactitud en el registro de los tiempos en relación a las causas que provocan los tiempos muertos como se muestra en la figura 2.11. De la forma como se registraban las actividades se perdía exactitud cuándo el proceso es demasiado extenso o se realizan diferentes procesos el mismo día; pues el supervisor de producción el cual es el encargado de realizar el registro no lo realiza en el momento en que se suscitan sino algunos minutos o hasta horas después mediante plática con los operarios, esto causaba que al instante de registrar la información del tiempo no se lo recuerde con exactitud su duración llegando al punto del olvido de la causa.

De la manera propuesta y con la ayuda de una Tablet, el registro se realiza cada media hora realizando los registros en intervalos de 5 min, ingresando únicamente el código de la actividad correspondiente en el casillero según la hora en que sucedió y su duración. Esto ayudó también a tener un mejor control hacia la parte operativa por parte del supervisor, pues se simplificó la detección de algún tipo de desvío y poder tomar acciones correctivas inmediatas.

Como una ventaja adicional del formato propuesto, es que nos ayuda no solo a registrar los datos para el cálculo, sino datos adicionales de producción, como la duración de las jornadas de trabajo cuando se extienden, ya que no son una constante diaria.

El formato que está acoplado a una hoja de Excel en el cual por medio de uso de la formula "contar.si" y su resultado multiplicado por 5 (equivalente a los 5 minutos de intervalo en el registro de las mediciones), nos da directamente el valor en minutos de cada actividad que se haya registrado, facilitando el procesamiento de los datos.

Este archivo es enviado de manera diaria al supervisor de control de calidad, el cual realiza el cálculo del OEE. De esta manera se busca involucrar al grupo de trabajo para la aplicación de la técnica.

Para el estudio de implementación del OEE, la primera toma de data quedó registrada tal como se observa en la figura 2.11:

Fecha: 22/09/2021 Línea: 4 # OP: 21-378 ; 21-382 Tiempo de producción: 275 min Tiempo laborado: 4.6 H
Máquina: DSA-01 Operadores: 4 Tiempos muertos: 315 min

Hora	Cod.	Actividades	Conteo	min.																		
07:30	0.0	08:55	1.2	10:20	0.0	11:45	2.3	13:10	5.0	14:35	0.0	16:00	0.0	17:25	6.1	18:50		20:15		1 CAMBIO DE PROCESO	14	70
07:35	0.0	09:00	1.2	10:25	0.0	11:50	0.0	13:15	5.0	14:40	2.3	16:05	0.0	17:30	6.1	18:55		20:20		1.1 Limpieza de área	10	50
07:40	0.0	09:05	2.1	10:30	2.3	11:55	0.0	13:20	0.0	14:45	0.0	16:10	2.3	17:35	6.1	19:00		20:25		1.2 Armado de línea	4	20
07:45	0.0	09:10	2.1	10:35	0.0	12:00	2.3	13:25	2.3	14:50	0.0	16:15	0.0	17:40	0.0	19:05		20:30		1.3 Cambio de área	0	0
07:50	0.0	09:15	2.1	10:40	0.0	12:05	0.0	13:30	0.0	14:55	2.3	16:20	0.0	17:45	2.3	19:10		20:35		2 AJUSTE DE EQUIPO	30	150
07:55	0.0	09:20	2.1	10:45	2.3	12:10	0.0	13:35	0.0	15:00	6.1	16:25	2.3	17:50	0.0	19:15		20:40		2.1 Armado de equipo	4	20
08:00	0.0	09:25	2.2	10:50	6.1	12:15	2.3	13:40	2.3	15:05	6.1	16:30	0.0	17:55	0.0	19:20		20:45		2.2 Calibración	4	20
08:05	0.0	09:30	2.2	10:55	6.1	12:20	5.0	13:45	0.0	15:10	6.1	16:35	0.0	18:00	1.1	19:25		20:50		2.3 Ajuste	22	110
08:10	0.0	09:35	2.2	11:00	6.1	12:25	5.0	13:50	0.0	15:15	0.0	16:40	2.3	18:05	1.1	19:30		20:55		3 ABASTECIMINETO DE INSUMOS	4	20
08:15	1.1	09:40	2.2	11:05	0.0	12:30	5.0	13:55	2.3	15:20	0.0	16:45	0.0	18:10	1.1	19:35		21:00		3.1 Solicitud de MP a bodega	2	10
08:20	1.1	09:45	3.1	11:10	0.0	12:35	5.0	14:00	0.0	15:25	2.3	16:50	5.2	18:15	1.1	19:40		21:05		3.2 Solicitud de ME a bodega	2	10
08:25	1.1	09:50	3.1	11:15	2.3	12:40	5.0	14:05	0.0	15:30	0.0	16:55	5.2	18:20		19:45		21:10		4 FALTA DE INSUMOS	0	0
08:30	1.1	09:55	3.2	11:20	5.2	12:45	5.0	14:10	2.3	15:35	0.0	17:00	5.2	18:25		19:50		21:15		4.1 Falta de etiquetas	0	0
08:35	1.1	10:00	3.2	11:25	5.2	12:50	5.0	14:15	0.0	15:40	2.3	17:05	0.0	18:30		19:55		21:20		4.2 Falta de panfletos	0	0
08:40	1.1	10:05	0.0	11:30	5.2	12:55	5.0	14:20	0.0	15:45	0.0	17:10	2.3	18:35		20:00		21:25		4.3 falta de envase	0	0
08:45	1.2	10:10	0.0	11:35	0.0	13:00	5.0	14:25	2.3	15:50	0.0	17:15	0.0	18:40		20:05		21:30		4.4 falta de cartones	0	0
08:50	1.2	10:15	2.3	11:40	0.0	13:05	5.0	14:30	0.0	15:55	2.3	17:20	0.0	18:45		20:10		21:35		4.5 falta de tapas	0	0
																				5 PARADA PROGRAMADA	6	30
																				5.1 Almuerzo	0	0
																				5.2 Break	6	30
																				5.3 Charla/Capacitación	0	0
																				6 FALTA DE PERSONAL	9	45
																				6.1 Ida al bebedero	9	45
																				6.2 Ausencia de 1 operador	0	0
																				6.3 Ausencia de 2 operadores	0	0

Figura 12.11 Registro diario de tiempos

Fuente: Autor

La multiplicación del total de veces que se repite un código por los 5 minutos equivalentes al intervalo de registro de datos, así en la figura 2.12 se puede observar el “código 1.1” se repite 10 veces, el cual al ser multiplicado por el tiempo equivalente en minutos nos arroja un resultado de 50 min. equivalentes al tiempo muerto generado por la causa “limpieza de área”. Esto se realiza con cada uno de los códigos que se registren en un lapso de 30 minutos hasta el final de la jornada laboral.

El registro para el cálculo del OEE correspondiente al día de trabajo se presenta en la siguiente tabla, la cual se mantiene tal como estuvo diseñada inicialmente

INFORMACIÓN GENERAL DIARIA DEL PROCESO		
Turno	11	horas
ALMUERZO	60	Minutos
RECESO 1	15	Minutos
RECESO 2	15	Minutos
RECESO 3	15	Minutos
TIEMPOS MUERTOS	273	Minutos
TIEMPO DE LLENADO	20	uds/Minuto
TOTAL DE UNIDADES	2,850	Piezas
UNIDADES DEFECTUOSAS	46	Piezas

CÁLCULOS		
TIEMPO PLANEADO DE PRODUCCIÓN	9.3	horas
TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN	4.7	horas
UNIDADES CONFORMES	2,804.0	uds

CÁLCULOS DEL OEE		
Disponibilidad:	50.8%	
Desempeño:	51.0%	
Calidad:	98.4%	
OEE:	25.5%	

COMPARACIÓN DEL OEE		
	Clase Mundial	Mi OEE
Disponibilidad:	90%	50.81%
Desempeño:	95%	50.99%
Calidad:	100%	98.39%
OEE:	85%	25.49%

Figura 13.12 Cálculo del OEE por día de trabajo

Fuente: Autor

Luego de hacer un ensayo durante el arranque del proceso de fraccionamiento del primer tambor (equivalente a 13333 unidades) se continuó con la toma de datos durante el fraccionamiento de los dos tambores restantes. Durante este periodo se realizaron pruebas y cambios del proceso. El análisis de lo ocurrido en esta máquina se puede extrapolar al resto de procesos sean ya manuales, automático o semiautomáticos, ya que todas las líneas tienen el mismo principio de trabajo y trabajan con productos de similares características.

Esta información registrada se presenta en el anexo D, de este registro de datos obtenemos los tiempos muertos por el total de la producción de la tabla 16:

Tabla 16
Tiempos muertos totales

Actividades	Horas
CAMBIO DE PROCESO	2.5
AJUSTE DE EQUIPO	6.1
ABASTECIMINETO DE INSUMOS	0.6
FALTA DE INSUMOS	0
FALTA DE PERSONAL	1.2
TOTAL	10.3

Fuente: Autor

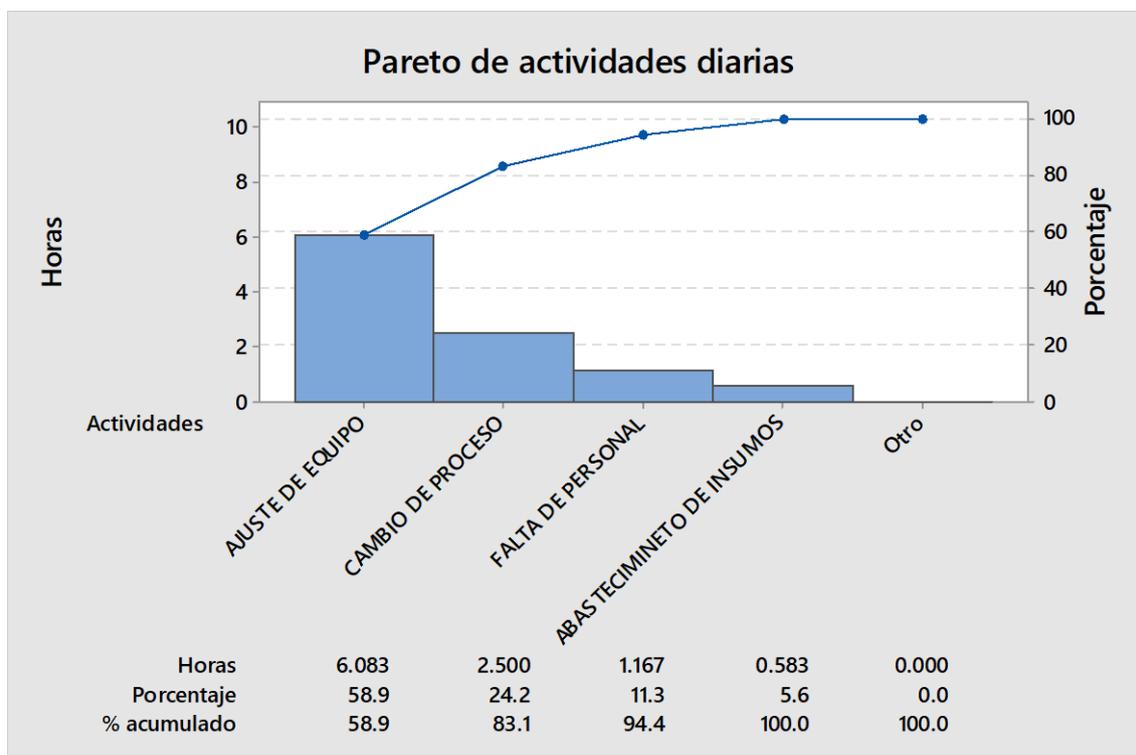


Figura 14.13 Pareto de actividades diarias

Fuente: Autor

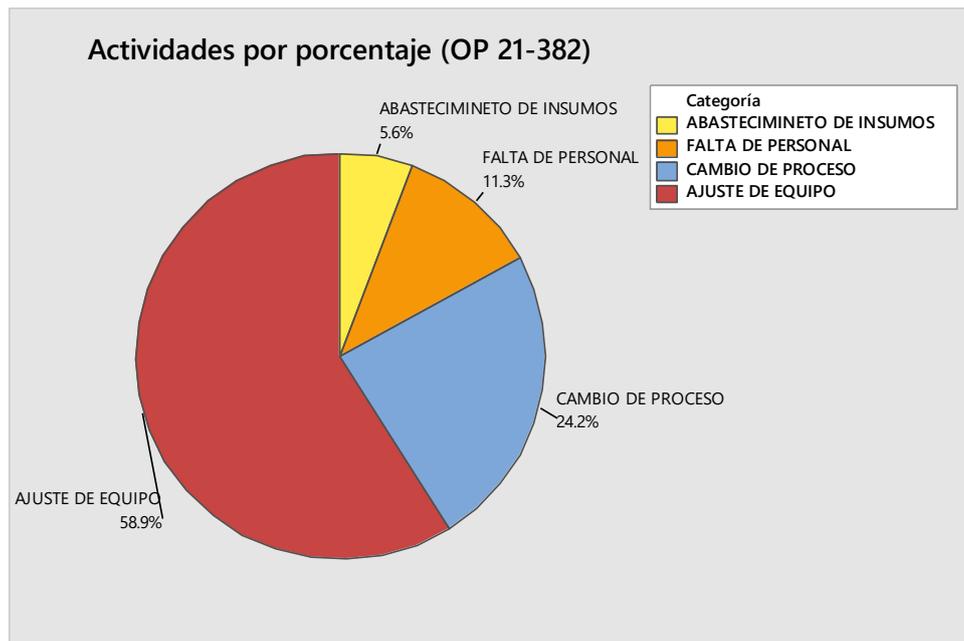


Figura 15.14 Tiempos por tipo actividades (diagrama pastel)

Fuente: Autor

2.6. Análisis de resultados

Podemos observar que ajuste de equipo y cambio de proceso son las causas principales de tiempos muertos, juntas representan el 83.1% del desperdicio total.

La llenadora semiautomática tiene un proceso regulable para la dosificación del producto en los respectivos envases. Dependiendo de estos tiempos y de la habilidad del operador el tiempo de procesamiento es diferente para cada persona encargada de esta actividad; adicional a esto, después de llenar cierta cantidad de envases tal como se observa en la figura 2.15, estos se acumulan creando una leve obstaculización para el paso de nuevos frascos, que se podría traducir en una posible causa de derrame al chocarse los envases entre sí, viéndose obligado el operador en detener la máquina cada cierto tiempo para el retiro de los envases aptos para el siguiente proceso.



Figura 16.15 Acumulación de envases

Fuente: Autor

Según la experticia del operador encargado de la siguiente etapa, correspondiente al tapado de los frascos, las micro paradas generadas que se muestran en la tabla 17 se generan con una frecuencia variable de tiempo. Esta operación se realiza de forma manual en su totalidad y el tiempo de “desalojo” va a depender del operador que ejecuta el proceso de llenado y del operador que procese al retiro para continuar con el siguiente proceso de tapado. Esta operación de manera directa afecta al rendimiento de la máquina, ya que interrumpe su flujo normal de dosificación. Esta micro paradas por desalojo del producto pueden ser considerados como un tiempo muerto afectando a la disponibilidad o también como una pérdida menor, la cual castiga directamente al rendimiento. Si bien es cierto la pérdida es menor ya que su tiempo es menor a 5 minutos, sin embargo, por su alta repetitividad, se la podría establecer en determinado momento como una causa asociada a la categoría de paradas programadas. Con esto se logrará estudiar la causa de manera aislada.

De acuerdo a la experticia del operador en el proceso del producto, los tiempos de espera van a variar en tiempo o cantidad, llegando en algunos casos a realizarse una parada por cada minuto trabajado. Por lo cual se observa una dificultad con respecto al registro de los tiempos durante toda la jornada laboral, ya que esto conlleva a que el supervisor de producción esté todo el día junto a ese proceso, perdiendo un recurso de importancia para todo el proceso productivo.

La información recolectada sobre esta actividad fue de un día completo, con la rotación de los 4 operadores para el llenado, durante una hora en el inicio del proceso. Los resultados se detallan a continuación:

Tabla 17
Registro de tiempos de micro paradas

	Tiempos de micro paradas en segundos																							
Operador 1	5	6	7	4	5	5	5																	
Operador 2	12	12	12	12	12	10	10	12	11	15	13	11	10											
Operador 3	25	20	28	25	25	24	30	27	29	30	25	26	24	24	24	28	28	30	30	25	25	24	31	15
Operador 4	10	10	10	10	5	11	11	11	12	20	20	20	20	20	11									

Fuente: Autor

Los tiempos promedio de las micro paradas, son resultado de la calibración inicial del equipo (1 seg. para dosificación y 1 seg. de espera), con el cual en promedio general se tiene una media de 1.125 min en lo que respecta al tiempo de espera por micro paradas.

En la calibración no se toma en consideración los ajustes necesarios en los tiempos de dosificación y espera, para que se impida la existencia de un flujo cortado en la etapa de llenado, ya que el producto no está saliendo con una tasa constante, siendo una variable dependiente incluso de la intervención de un personal con mayor experticia para la etapa del proceso.

Siendo esta una causa principal de tiempos muertos durante el proceso de llenado, nos enfocamos en la estandarización de la etapa, para lograr disminuir o desaparecer en su totalidad esas paradas por acumulación de producto.

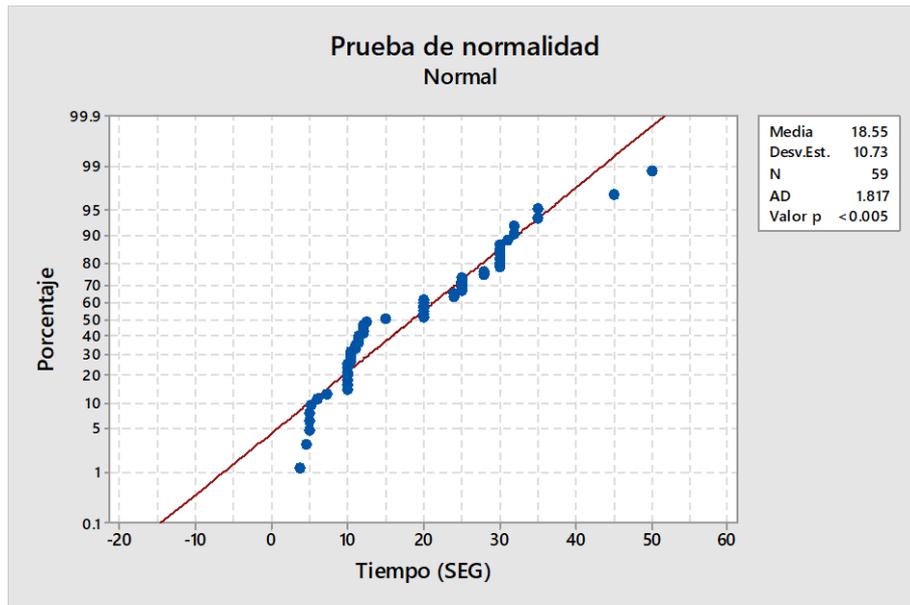


Figura 17.16 Prueba de normalidad

Fuente: Autor

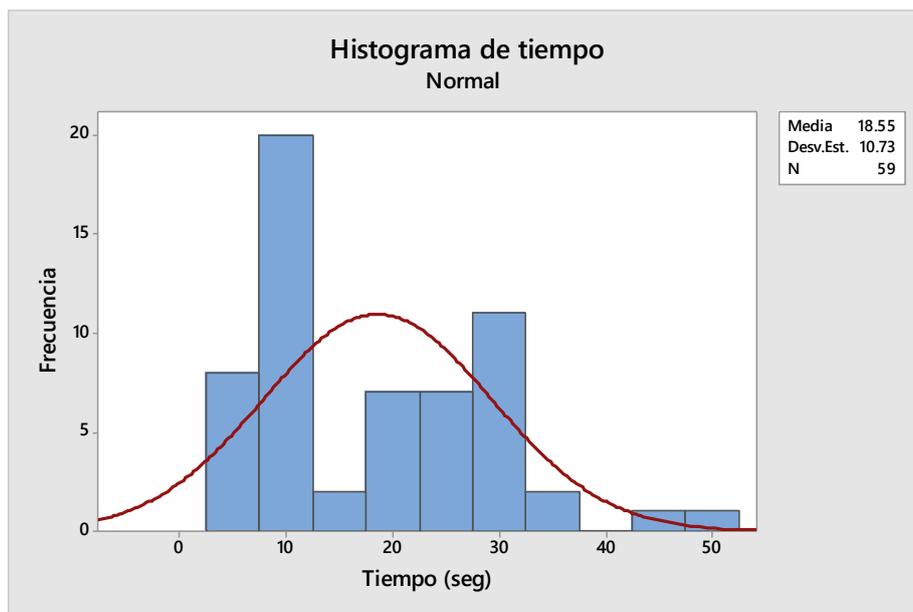


Figura 18.17 Histograma de tiempos

Fuente: Autor

Esta información fue discutida con el equipo de trabajo, tomando en consideración que las paras son necesarias por parte del operador ya que para el proceso de reabastecimiento de frascos se necesita la búsqueda en el depósito de los mismo y su colocación exacta debajo de las boquillas de dosificación, y con el tiempo de llenado y espera que actualmente maneja el equipo se les complica realizar un proceso continuo. Para este caso en específico se analizaron varias situaciones en la forma de realizar el trabajo, para que, de esta manera, como se mencionó anteriormente, lograr disminuir o eliminar este tiempo, mediante la estandarización de las actividades.

Se analizaron propuestas en conjunto con las partes interesadas, modificando ciertos aspectos del proceso buscando una mejor operación sin alterar el funcionamiento de la línea.

Debido al peso que tiene este proceso considerándola como tiempo muerto o improductivo, cuando se registra su valor en el OEE; este siempre afectara al tiempo disponible, ya que la actividad de “ajuste” se la realiza con la máquina detenida, ya que en lo que al OEE se refiere se considera que una maquina está trabajando si de esta hay salida de algún tipo de producto, indiferentemente de su conformidad o no y la velocidad con la que los produce.

Tomando estas consideraciones se establecieron dos tipos de acciones inmediatas, para ayudar a disminuir el tiempo improductivo de la maquina:

- I. Colocar una “palanca” que ayude al direccionamiento y retiro de los envases.
- II. Aumentar los tiempos de espera y/o llenado.

Como se observa en la figura 2.18 para el primer caso, se utilizó una “palanca” de acero en la salida de los envases que ya han sido llenados del producto. Esto ayuda a dos cosas:

- Direccionamiento hacia un solo sentido de los envases para disminuir la resistencia al momento de empujarlos con los siguientes envases.
- Aumentar la capacidad del operador en el proceso de tapado para “retirar” los frascos hacia donde se realiza esta actividad.

Con este proceso se estandarizó el tiempo de las paradas por operador tomando tiempos no mayores a 6 segundos, indistintamente de la experticia del mismo, pero aun teniendo una frecuencia elevada de paradas por este motivo.



Figura 19.18 Uso de palanca en traslado de frascos

Fuente: Autor

Con respecto a la segunda propuesta, el problema se traslada en buscar un enfoque correcto para establecer el “estándar correcto, ya sea este en relación al tiempo de llenado, o espera, o los dos al mismo tiempo. Siempre que se aumenten estos tiempos no se llegará a la velocidad de diseño de equipo por lo que habrá una brecha que deberá acortarse. Enfocándonos en los tiempos que se tienen establecidos para este proceso que trabajen con la misma máquina o un producto de similares características se podría trabajar comparando estándares. Es importante acotar que se pueden obtener oportunidades de aumento de productividad de acuerdo con el OEE mientras más alta

sea la velocidad referencial de trabajo, por lo que establecer el tiempo de ciclo ideal es probablemente la parte más importante del OEE.

La forma más fácil de trabajo podría ser simplemente ajustar el equipo con la velocidad de diseño dada por el fabricante, pero para que esto se cumpla, asumiendo un proceso perfecto, todo el proceso de abastecimiento, colocación y paso de los envases por la dosificadora, debería ser totalmente automático.

Para efectos de mejoría del proceso y sus micro paradas se realizaron pruebas con varios tiempos de llenado y espera como se muestra en la tabla 18, con el fin de evitar que el proceso de dosificación se detenga, y que el operador pueda “empujar” los envases a una distancia prudente

Tabla 18

Pruebas con tiempos de llenado y espera

Espera (seg.)	Dosificación (seg.)	Observaciones
1	1	Elevada cantidad de micro paradas
2	1	Hay una reducción no significativa de micro paradas
1	2	Hay una reducción no significativa de micro paradas, se producen derrames de producto
2	2	Se reducen las micro paradas, pero se generan derrames durante el cambio de frasco
3	2	Se reducen las micro paradas, sin generar derrames por el paso de los frascos

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos en la prueba se observó una erradicación de las micro paradas, pero esto representa un tiempo total de llenado por cada dos unidades de 5 segundos, el cual representaría un llenado de 10.520 unidades en una jornada laboral de 8 horas. Pero como el equipo permite la calibración de los tiempos en milésimas de segundos, se trató de ajustar este tiempo para mejorar la tasa de llenado diaria, obteniendo un tiempo de espera y dosificación tal como se muestra en la figura 2.19:



Figura 20.19 Configuración final de llenadora

Fuente: Autor

Con estos tiempo se logró obtener el tiempo adecuado para alcanzar los resultados esperados en el proceso, es decir, no se necesita detener el equipo para el paso de los frascos a la siguiente etapa, ya que como se observa en la secuencia de la figura 2.20,

con este tiempo se logra que el operador pueda recolectar los frascos, colocarlos en espera de cambio, y cuando estén aglomerados lograr empujarlos para que sean recolectados y trasladados por la persona de la siguiente etapa del proceso (tapado), sin que esto signifique detener el proceso de llenado, o la generación de algún tipo de derrame durante el cambio, logrando una tasa teórica de producción de 12.800 unidades/día, la misma que será tomada como referencia para los cálculos del OEE.



Figura 21.20 Traslado manual de frascos

Fuente: Autor

2.7. Cálculo del OEE para un periodo determinado

Sumar 20 datos del OEE, sumarlos y posteriormente dividirlo para 20 para medir el OEE no es la forma correcta. (Arno Koch)

Para hacerlo de la manera correcta se debe realizar mediante un promedio ponderado. Para que de esta manera se realice el cálculo de un solo OEE mediante el uso del cálculo de OEE del periodo.

El OEE total de la producción es del 10.76% teniendo en cuenta la suma total de los tiempos disponibles, tiempos de producción potenciales, producciones conformes y no conformes, y dentro del periodo evaluado la producción esperada correspondiente la orden de producción 21-382, del producto AZOXYSTROBIN en su presentación de 15 ml.

Un porcentaje del 10.76 en el OEE se puede traducir a que se puede producir un 89.24% más con los recursos actuales o en su defecto fabricar la misma cantidad con el 10.76% de los recursos actualmente utilizados.

El OEE no genera alguna mejora, ya que únicamente expone el estado actual de una máquina en determinado momento, no obstante, utilizándolo como base puede ayudar para la determinación y aplicación de una herramienta lean y obtener la mejora necesaria.

2.8. Aplicación de SMED

“El desperdicio de tiempo difiere del desperdicio del material, en que no se puede salvar nada. Es en el que se incurre más fácil y frecuentemente de todos los desperdicios y el más difícil de corregir, porque no deja basura como el material.” Henry Ford

En las producciones diarias de la llenadora semiautomática para presentaciones de 15 ml, se han realizado ajustes del equipo equivalentes a 9.2 horas durante todo el proceso de la orden de producción respectiva, los cuales son equivalentes a 1.84 horas al día.

Actualmente dentro de la empresa por constantes quiebres de stock se ha puesto una política de mantener un inventario en bodega capaz de soportar las demandas de productos que puedan surgir. Con la finalidad sostener un adecuado nivel de productividad, las programaciones de producción se establecen de tal manera que generen el menor número de cambios, evitando la recurrencia de tiempos muerto. Normalmente se realizan “corridas largas” con una producción de un gran número de unidades, bajo el supuesto de una mejora en la eficiencia del proceso; teniendo ciertos inconveniente para la empresa, como los que se detallan a continuación:

- Alto nivel de inventario (5 meses)
- Falta de disponibilidad en ciertos productos
- Exceso de producto en relación a la capacidad de la bodega
- Aumento en el costo de mantenimiento del inventario
- No se enfoca en el logro de buenas ventas sino en la eficiencia del producto terminado
- Aumento de inventario obsoleto por baja rotación en presentaciones

Tomando como referencia la teoría de las restricciones (TOC), el inventario se traduce a una baja eficiencia del dinero en efectivo invertido para el inventario.

Cabe resaltar que la causa de los malestares detallados anteriormente no es exclusiva de esta forma de producir. Otros factores existentes de igual o posiblemente mayor magnitud como la mala estimación en ventas, la cual afecta directamente a las programaciones de la producción ya que no le da una base clara con la cual guiarse para saber cuánto y cuando producir, ya que en base a la data histórica de ventas se programa la producción, la misma que no es directamente proporcional en las necesidades puntuales y situación actual del mercado.

Otro punto que se debe de aclarar es el tiempo de entrega a los clientes, ya que la producción de los artículos no es la única variable relacionada, sino que se deben de considerar los tiempos de otras áreas involucradas para las entregas:

- Diseño de artes del producto, en caso de que aplique (Diseño).
- Compras de material de empaque y materia prima (compras locales e importadas).
- Gestión de solicitud de producto (Ventas – Finanzas).
- Distribución (Bodega de PT – Logística)
- De ser necesario desarrollo del producto (Diseño).
- Coordinación en toma de decisiones (Gerencias)

Iniciando simplemente con lo mencionado fácilmente se puede denotar que producción conforma una parte de todo lo correspondiente al proceso de entrega del producto hacia el cliente final.

Lean manufacturing tiene como punto de vista que el proceso de producción es la única actividad que agrega valor; las demás actividades tales como programación, alistamiento de líneas en cambios de procesos, tiempos en tránsito y esperas por aprobaciones o muestreos por parte de control de calidad son actividades que tienen que estar catalogadas como desperdicio. La producción esbelta tiene como objetivo eliminar estos desperdicios o MUDA.

Los cambios de trabajo directamente se pueden considerar como costos de dinero, por el tiempo que implica su realización, por esta razón se busca su reducción mediante las programaciones de producción ya que intenta generar su reducción en la mayor cantidad posible, sin embargo, en Toyota, Shingeo Shingo estableció que sin necesidad de incurrir en aumento de costos se pueden producir lotes pequeños.

Normalmente en la industria de los agroquímicos el cambio de un proceso puede llegar a tomar hasta horas por temas de limpieza y compatibilidad de productos, pero con la aplicación de la técnica SMED estos tiempos de manera interna se transformaron en solo minutos. Hay que aclarar que la búsqueda de la disminución del tiempo de cambio no tiene como fin aumentar la producción, sino más bien redireccionar ese tiempo ahorrado en cambios más veloces, reducción del tamaño de lote y conseguir una mejor atención al cliente, ya sea este externo o interno, generando más ingresos a la empresa (Jaramillo, 2010)

2.9. Análisis de la situación actual

El cuándo y dónde debe de realizarse un cambio de trabajo actualmente se determina basándose en el programa de producción. Con gran anticipación se notifica a las líneas de producción para que de esta manera puedan prever y estar preparadas de manera adecuada. Sin embargo, hay “urgencias sobre urgencias” que se pueden presentar o errores de programación desde los cuales nacen la mayor cantidad de desvíos.

La gestión completa de la preparación de la línea fue analizada y registrada, para posteriormente revisar esta información recolectada de manera conjunta con las líneas de producción. El equipo con el que se empezó a trabajar fue el mismo con el que se contó para la implementación del OEE, dejando como punto de partida que el objetivo no era definir quién era más diestro o menos hábil en la realización de las actividades, sino que mediante el análisis de la información se buscaba mejorar las condiciones de operación para todos, dejando claro también que es un trabajo el cual debe hacerse en equipo para lograr resultados.

En conjunto con el equipo de trabajo se elaboró un método de trabajo tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Actividades definidas que forman parte del cambio de proceso.
- Revisión de la información recolectada.
- Establecer actividades a internalizar, externalizar o eliminar.
- Análisis en base a tiempos generados por cada actividad.
- Estandarización de criterios para “hablar el mismo idioma”.
- Revisar la documentación: hojas de cálculo, diagramas, reportes, etc.
- Realizar lluvia de ideas sobre las tareas realizadas, dándole mayor atención a las que requieren una elevada cantidad de tiempo y acciones para reducirlas o eliminarlas.
- Definir asignaciones para cada miembro del grupo, al igual que sus responsabilidades.
- Ninguna de las acciones tomadas para la reducción de tiempo, debe o pudiera exponer la integridad física del operador al momento de realizarla.

Se realizó una reunión con el grupo para realizar una lluvia de ideas con respecto a los problemas o malestares que suelen tener durante el cambio de proceso. Esta información se expone en el diagrama de Causa – Efecto correspondiente a la figura 2.21.

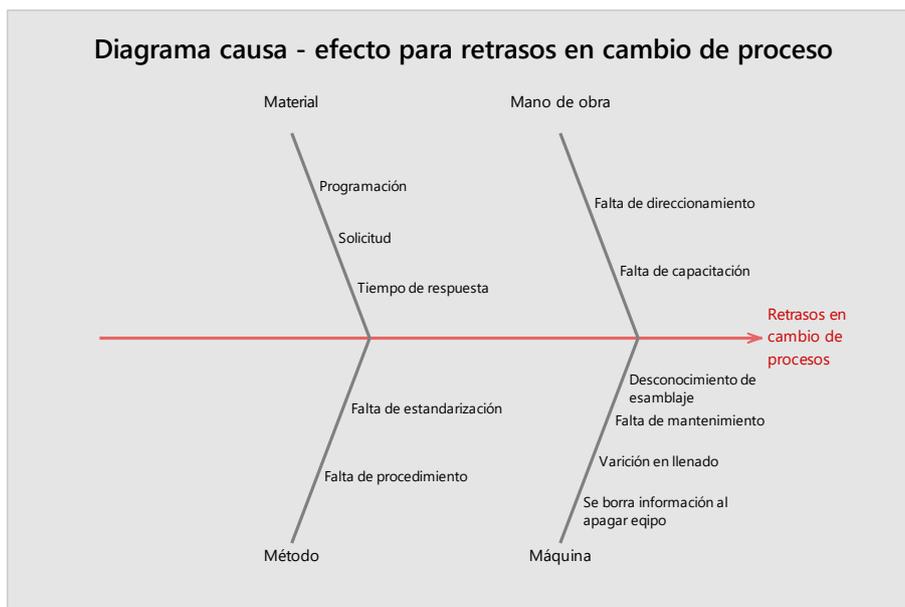


Figura 22.21 Traslado manual de frascos

Fuente: Autor

Se implementó la revisión de las actividades que deberían estar listas previo a que se cambie el proceso mediante la creación de un formato usando un check list (anexo F) para el registro y levantamiento de información.

La información correspondiente al primer levantamiento se presenta en la figura 2.22.

ANÁLISIS DE TIEMPO EN CAMBIOS DE TRABAJO								
Producto:	Azoxystrobin 25%	Operador líder de línea:	H. Pallo	Tiempo 1		Fecha:	23/09/2021	
Máquina:	DSA-01	Operadores de apoyo:	J. Subero ; J. Albán ; J. Bayona	tiempo 2				
Hora inicial:	08:15	Hora final:	10:55	Tiempo total:	2:39:11	%		
Actividad	REGISTRO DE TIEMPOS		TIPO		CRITERIO			Observaciones
	Lectura	Valor	Interna	Externa	Eliminar	Internalizar	Externalizar	
Busqueda de selladora (tapas)	00:02:43	00:02:43	X		X			Selladora fija por línea
Busqueda de selladora (fundas)	---	---						
Busqueda de llenadora	00:11:09	00:08:26	X					
Armado de llenadora	00:20:21	00:09:12	X		X			Dejarla lista despues de limpieza
Colocación de equipos en la línea	00:25:55	00:05:34	X					
Despacho de MP	00:46:53	00:20:58	X				X	Solicitar previo al cambio
Despacho de ME	01:00:12	00:13:19	X				X	Solicitar previo al cambio
Traslado de MP a la línea	01:05:17	00:05:05	X				X	Tener listo previo al cambio
Traslado de ME a la línea	01:08:00	00:02:43	X				X	Tener listo previo al cambio
Calibración de selladora (fundas)	---	---						
Calibración de llenadora	01:09:25	00:01:25		X				
Reabastecimiento de MP	01:24:54	00:15:29	X				X	Solicitar previo al cambio
Reabastecimiento de ME	01:30:18	00:05:24	X				X	Solicitar previo al cambio
Ajuste de volumen de llenado	01:49:05	00:18:47		X				
Limpieza de área	02:29:03	00:39:58	X					
Limpieza de llenadora	02:31:14	00:02:11	X				X	Se cambia método
Lavado de tuberías	02:36:47	00:05:33	X				X	Se cambia método
Guardado de llenadora	02:39:11	00:02:24	X					
Tiempo de actividades internas:		2:18:59						
Tiempo de actividades externas:		0:20:12						

Figura 23.22 Registro de análisis de tiempos en cambios

Fuente: Autor

Después de haber tomado la data, es necesario separar actividades internas de externas, realización previamente la definición de las siguientes tareas:

- Definir las actividades que se deben realizar para hacer el cambio con un correcto orden.
- Los momentos en los que se deben realizar los cambios.
- Establecer las herramientas necesarias para las actividades.
- Personas encargadas en realizar las actividades.
- Definir responsable para la toma de decisión del inicio de la producción (elaboración del primer producto conforme)

Los resultados obtenidos en la nueva prueba se muestran en la figura 2.23

ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS								
Producto:	Azoxystrobin 25%	Operador líder de línea:	H. Pallo	Tiempo 1	2:18:59	Fecha:	24/09/2021	
Máquina:	DSA-01	Operadores de apoyo:	J. Subero ; J. Albán ; J. Bayona	tiempo 2	0:56:22			
			Tiempo total:	2:27:16	%	59%		
Actividad	REGISTRO DE TIEMPOS		TIPO		CRITERIO			Observaciones
	Lectura	Valor	Interna	Externa	Eliminar	Internalizar	Externalizar	
Busqueda de selladora (fundas)								
Busqueda de llenadora	00:08:26	00:08:26	X					
Colocación de equipos en la línea	00:14:00	00:05:34	X					
Despacho de MP	00:34:58	00:20:58		X				
Despacho de ME	00:48:17	00:13:19		X				
Traslado de MP a la línea	00:53:22	00:05:05		X				
Traslado de ME a la línea	00:56:05	00:02:43		X				
Calibración de selladora (fundas)								
Calibración de llenadora	00:57:30	00:01:25		X				
Reabastecimiento de MP	01:12:59	00:15:29		X				
Reabastecimiento de ME	01:18:23	00:05:24		X				
Ajuste de volumen de llenado	01:37:10	00:18:47		X				
Limpieza de área	02:17:08	00:39:58	X					
Limpieza de llenadora	02:19:19	00:02:11		X				
Lavado de tuberías	02:24:52	00:05:33		X				
Guardado de llenadora	02:27:16	00:02:24	X					
Tiempo de actividades internas:		0:56:22						
Tiempo de actividades externas:		1:30:54						

Figura 24.23 Análisis d datos para aplicación de SMED

Fuente: Autor

Se observa un ahorro del 59% del tiempo en relación a la manera en que se realizaban las actividades, considerando el cambio de actividades internas a externas, eliminación y/o reducción de actividades y el empleo de formas de realizar el trabajo más adecuadas.

“Búsqueda de selladora” debe eliminarse, ya que cada línea cuenta con su propia selladora, y la misma debería permanecer en la línea en la que trabaja, para un acceso inmediato en el momento de que se la requiera, al igual que la actividad de “armado de llenadora”, como se observa en la figura 2.24, la llenadora se encuentra guardada en su caja de origen, lo que provoca que siempre al iniciar o terminar un proceso se deba de armar y desarmar la misma, mediante la implementación de una mesa móvil, esta tarea se vuelve innecesaria ya que únicamente hay que trasladarla.



Figura 25.24 Almacenamiento de llenadora semiautomática

Fuente: Autor

Con estas dos actividades a eliminar se espera reducir los tiempos correspondientes a “búsqueda de llenadora” o en su defecto, asociar este tiempo con “colocación de equipos en la línea”, ya que, al tener la llenadora armada, únicamente requeriría su traslado hacia la línea de trabajo, como se observa en la figura 2.25, el traslado de equipos que incluía la selladora, y la llenadora eran procesos tediosos y realizados de una forma no adecuada.



Figura 26.25 Traslado de equipos

Fuente: Autor

Para las actividades de “despacho de MP, despacho de ME y sus respectivos traslados”, se busca la externalización de todas estas actividades mediante la designación de un responsable, esto recae sobre el supervisor de producción, esto con el fin de que mientras la línea esté produciendo, él se encargue de realizar la gestión de solicitud productos a bodega de PT y verificación de información de la misma, y así cuando la línea requiera de estos materiales estén disponibles únicamente para su traslado,

evitando esperar que terminen el proceso anterior para recién solicitar, buscar y verificar lo requerido para arrancar un nuevo proceso.

En conjunto a la actividad antes descrita, se externaliza el traslado de las materias primas o materiales de empaque a las líneas, esto se realiza para el reabastecimiento con el proceso en curso, necesario por el reducido espacio con el que se cuenta, esto mediante la estimación del consumo de estos insumos, para que en un tiempo previo a que se queden sin estos, sean reabastecidos mediante la gestión hacia bodega por parte del supervisor de producción como se describió anteriormente, y la ubicación de los nuevos insumos en las áreas designadas dentro de las líneas por parte de los dos operadores que se encuentran al final de la misma.

Para la “calibración de la llenadora”, se estandariza su configuración tanto de dosificación y espera en 2 segundos y 2.5 segundos respectivamente, como se estableció mediante ensayos realizados en el punto correspondiente a los análisis de resultados y se crea un instructivo para el uso y manejo del mismo (anexo G), en el cual se incluyen los tiempos correspondientes para el volumen de llenado y el tipo de producto, de esta manera a pesar de ser un proceso ya considerado externo, se busca mantenerlo en lo mínimo en el caso de que haya ingreso de nuevo personal y mediante el uso de este instructivo puedan manejarlo sin el acompañamiento constante o supervisión.

Otra actividad que se incluye en el instructivo es el “ajuste del volumen de llenado”, ya que a medida que disminuye la cantidad de producto en el tambor de 200 litros hay una variación en la cantidad dosificada al envase, mediante corridas consecutivas se determinó que por cada 2500 “pasadas”, se disminuía un miligramo en la presentación de 15 ml, lo que equivale a 75 litros o 5000 unidades, si bien es cierto que la disminución es mínima pero al ser una presentación pequeña se vuelve significativa, dejando el producto en el valor inferior de tolerancia (el criterio de aceptación para el contenido neto de los productos es una tolerancia de +/- 0.5%). Para evitar esto, se procede a su ajuste en las primeras 2000 pasadas, sea que haya o no variación ya que la máquina lo permite.

Un problema recurrente es que, al término de cada tambor de 200 litros, una boquilla de la maquina no dosificaba las cantidades necesaria por la presencia de aire, esto debido a que no se había establecido una longitud de las tuberías para su uso en dichos tambores, teniendo que usar elementos ajenos al proceso para ajustar su longitud como vemos en la figura 2.26.



Figura 27.26 Ajuste de longitud en tubería de llenadora

Fuente: Autor

Por lo cual, en el instructivo se definió la longitud correcta de las tuberías, para que cuando el tambor este próximo a acabarse, no sobre salgan del líquido aun contenido evitando de esta manera halar aire, y ayudando a que el proceso sea continuo con la corrección únicamente del volumen por lo ya mencionado. En la figura 2.27, se puede observar como el establecimiento de una medida adecuada para la tubería ayudó a que esta se ajuste con el fondo del tambor, sin que esto implique taponamiento por contacto con el fondo o paredes del mismo o la succión de aire por la falta de contacto con el líquido remanente.



Figura 28.27 Vista interna del producto remanente en tambor de 200 L

Fuente: Autor

Por último, la limpieza de la llenadora y el lavado de las tuberías es algo que se puede realizar en simultáneo, sin necesidad de apagar el equipo. Normalmente los operadores desarmaban y apagaban la llenadora para limpiar su estructura y trasladar las tuberías hacia un área apropiada y lavarlas mediante el uso de agua. Esto además de generar tiempos no productivos, también provocaba la generación de aguas residuales las cuales tienen un valor elevado para su gestión por parte de gestores calificados.

El equipo al estar conformado por material de acero inoxidable y no tener contacto directo con el producto, no requiere más que el paso de un paño húmedo en sus partes externas, y una limpieza más profunda sería realizada mediante la programación de mantenimientos preventivos por parte de personal calificado; de la misma manera el lavado de las tuberías se la realiza sin desarmar el equipo, mediante la recirculación de agua manteniendo su misma configuración inicial, para este efecto son necesarias únicamente 2 litros de agua, correspondientes a 500 ml por 4 recirculaciones de 30 segundos cada una.

Con el uso de esta herramienta para el proceso de fraccionamiento del producto AZOXYSTROBIN en presentación de 15 ml se obtuvo una reducción de 1 hora aproximadamente, relacionando la información obtenida de las figuras 2.22 y 2.23. Esta cantidad puede variar según la cantidad de operadores o la disponibilidad de materiales y máquinas, pero para este estudio se seleccionó un cambio de proceso que puede ser considerado como una media total de los cambios que se pueden realizar para cada proceso.

Si tomamos como referencia las 415 órdenes de producción generadas hasta septiembre que son equivalentes a cambios realizados de procesos hasta esa fecha, por un ahorro medio de 1.25 horas x 6.67 \$/hora (equivalentes a 4 operadores con un

sueldo básico de \$400 c/u) = 3460.06 \$/año aproximadamente por cada línea (tiempo considerado hasta septiembre)

Esto sin considerar inversiones para la automatización completa de la línea que ayudaría a disminuir todavía más el tiempo de los cambios de procesos o de producción, que al final también incluirían cambios en la manera de realizar el trabajo.

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Tomaremos como hipótesis el objetivo SMART planteado en el capítulo 1 que menciona “Aumentar la tasa promedio un 73.49%, de 5879 uds/día (promedio en ordenes producidas in situ y maquiladas) a 10200 uds/día desde octubre 2021”, con el fin de que esta nos sirva como base para la evaluación de los resultados logrados mediante la aplicación de estas herramientas.

Posterior a la aplicación de todas las mejoras realizadas durante el presente estudio, se lanzó una nueva orden de producción para el fraccionamiento de AZOXYSTROBYN en su presentación de 15 ml., de esta manera se comparó la información con las mejoras propuestas vs el ensayo inicial. El registro de la información obtenida de la nueva producción se encuentra en los anexos H, I, J y K, mientras que en la figura 3.1 podemos visualizar los nuevos valores del OEE correspondientes a la producción total.

INFORMACIÓN GENERAL DIARIA DEL PROCESO		
Turno	40	horas
ALMUERZO	240	Minutos
RECESO 1	60	Minutos
RECESO 2	45	Minutos
RECESO 3	-	Minutos
TIEMPOS MUERTOS	540	Minutos
TIEMPO DE LLENADO	27	uds/Minuto
TOTAL DE UNIDADES	40,079	Piezas
UNIDADES DEFECTUOSAS	1,697	Piezas

CÁLCULOS		
TIEMPO PLANEADO DE PRODUCCIÓN	34.0	horas
TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN	25.0	horas
UNIDADES CONFORMES	38,382.0	uds

CÁLCULOS DEL OEE		
Disponibilidad:	73.5%	
Desempeño:	98.1%	
Calidad:	95.8%	
OEE:	69.0%	

COMPARACIÓN DEL OEE		
	Clase Mundial	Mi OEE
Disponibilidad:	90%	73.53%
Desempeño:	95%	98.05%
Calidad:	100%	95.77%
OEE:	85%	69.04%

Figura 29.1 Valores finales para el OEE

Fuente: Autor

Se evidencia una elevada diferencia en la tabla 19, pero la razón real es porque el OEE calculado al inicio es sumamente bajo, esto justificado en todas las causas expuestas y

analizadas durante el proyecto. Sin embargo, el OEE obtenido puede ser muy bien visto por parte de la mayoría de empresas, sin dejar de lado que el OEE para ser considerado de clase mundial está establecido desde el 85% en adelante.

Tabla 19
Evaluación del OEE antes y después del proyecto

TIPO	%
OEE ANTES DEL PROYECTO	25.49
OEE DESPUÉS DEL PROYECTO	69.04
DISMINUCIÓN	43.55

Fuente: Autor

Dentro del aumento del OEE, vale mencionar que estas fueron llevadas también de la mano de la aplicación de SMED, tal y como se había propuesto, ya que la externalización de actividades las cuales era causas constantes de paras durante el proceso de fraccionamiento, ayudo de manera considerable al aumento de la disponibilidad logrando disminuir los tiempos de actividades internas como se muestra en la figura 3.2:

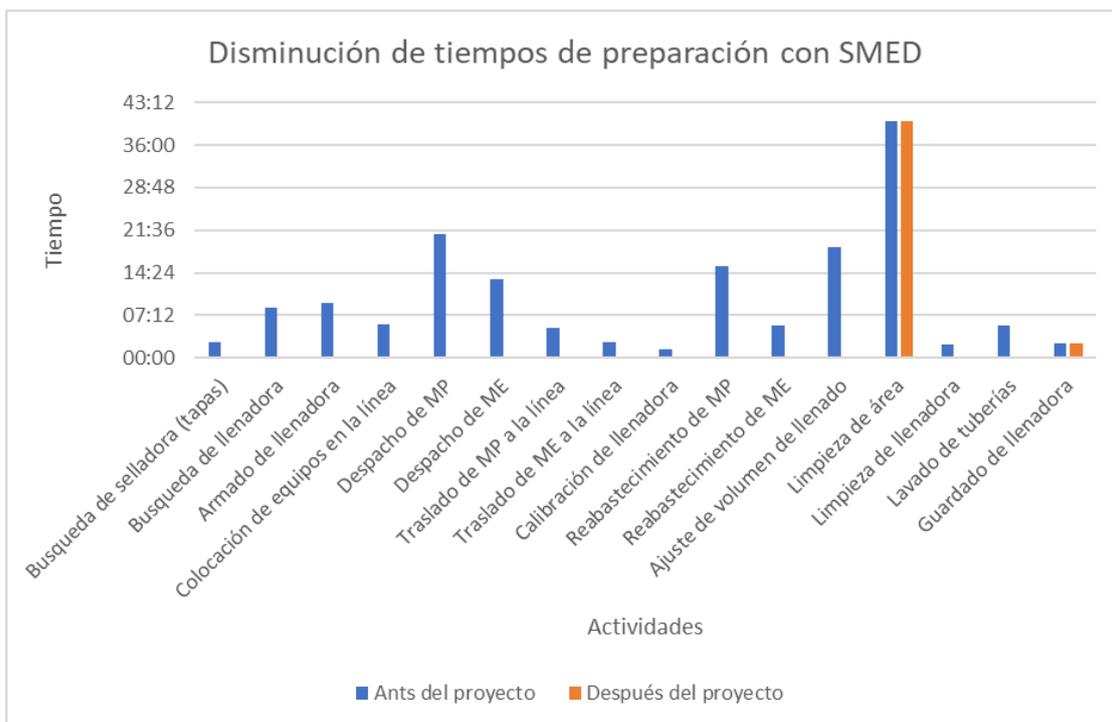


Figura 30.2 Disminución de tiempos de preparación con SMED

Fuente: Autor

Tabla 20
Evaluación final de tiempos aplicando SMED

TIPO	Horas
ANTES DE IMPLMENTACIÓN DE SMED	2:18:59
DESPUÉS DE IMPLMENTACIÓN DE SMED	0:56:22
VARIACIÓN	59%

Fuente: Autor

Sin embargo, a pesar de no lograr alcanzar el aumento establecido de una tasa de 10200 unidades/día (en promedio diario se realizó una producción de 10019 unidades/día), la información obtenida a partir del presente estudio da las bases suficientes para aplicar las herramientas en todos los procesos productivos, sin olvidar tal y como se definió al inicio la necesidad de la implementación, control y seguimiento de KPI's que ayuden a mantener y mejor continuamente los resultados alcanzados, obteniendo importantes aumentos en la productividad de los procesos de fraccionamiento.

Los siguientes KPI's se pueden establecer y calcular con la información obtenida de los formatos implementados para el registro y cálculo del OEE:

- Horas hombre utilizadas.
- Horas máquina utilizadas.
- OEE

Con la aprobación respectiva de los resultados obtenidos mediante la aplicación de este proyecto (anexo L), de manera interna se ejecutarán controles en base a los datos de las mediciones registradas de la data inicial y las actuales con la implementación de las bases del proyecto según su aplicabilidad en los procesos de fraccionamiento, de esta manera no solo visualizar un antes y un después, sino definir lo objetivos a alcanzar para el área por parte de la gerencia.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Mediante el registro de los tiempos en el proceso de fraccionamiento para el cálculo del OEE, se pueden identificar actividades que generan desperdicios durante que muchas veces no son notoria, como las microparadas las cuales generaban una disminución considerable de la disponibilidad.
2. La utilización de la metodología SMED, ayuda a la reducción de los tiempos en el setup del proceso, siempre y cuando se cuente con un formato el cual permita evidenciar cuales son las actividades que se puedan internaliza, externalizar e inclusive eliminar.
3. Es de vital importancia para cualquier implementación el compromiso por parte de los grupos de trabajo, para la obtención de las metas planteadas
4. Con la aplicación de los formatos y mejoras el OEE se logró aumentar un 43.55% en relación al valor inicial era de 25.49%, teniendo un total de 69.04% de OEE final, y una reducción del 59% de los desperdicios mediante la aplicación de SMED logrando disminuir las paras de 2:18:59 a sólo 0:56:22.
5. A pesar de no obtener la tasa de producción esperada, con la ayuda en conjunto del OEE y SMED se logran cambios y mejoras sustanciales, que podrían ser apoyadas con otros métodos como la aplicación de las 5 S.

4.2. Recomendaciones

1. Es de vital importancia el registro adecuado de los tiempos durante las etapas que intervienen en el proceso de fraccionamiento, ya que esto ayuda no solo al análisis adecuado del OEE, sino que también aporta información para la aplicación de SMED.
2. Luego de culminada la etapa de implementación de mejoras en el resto de líneas, se deberá fortalecer la cultura orientada en lean manufacturing; para que la información aprendida por parte del personal operativo sea un aporte constante para el aumento de la tasa de producción de las líneas
3. Se deberá realizar un análisis de otros desperdicios que afecten a las etapas del proceso de producción con la finalidad de implementar mejoras que ayuden a minorizar los desperdicios logrando un proceso cada vez más esbelto
4. Se recomienda analizar otros desperdicios que afecten a los procesos de producción e implementar mejoras que ayuden a disminuir esos desperdicios y se siga construyendo procesos esbeltos, con el objetivo de aumentar la eficiencia en las líneas de trabajo.
5. Mantener las reuniones con el personal involucrado en las etapas de los procesos, para tomar decisiones que ayuden con la mejora continua.

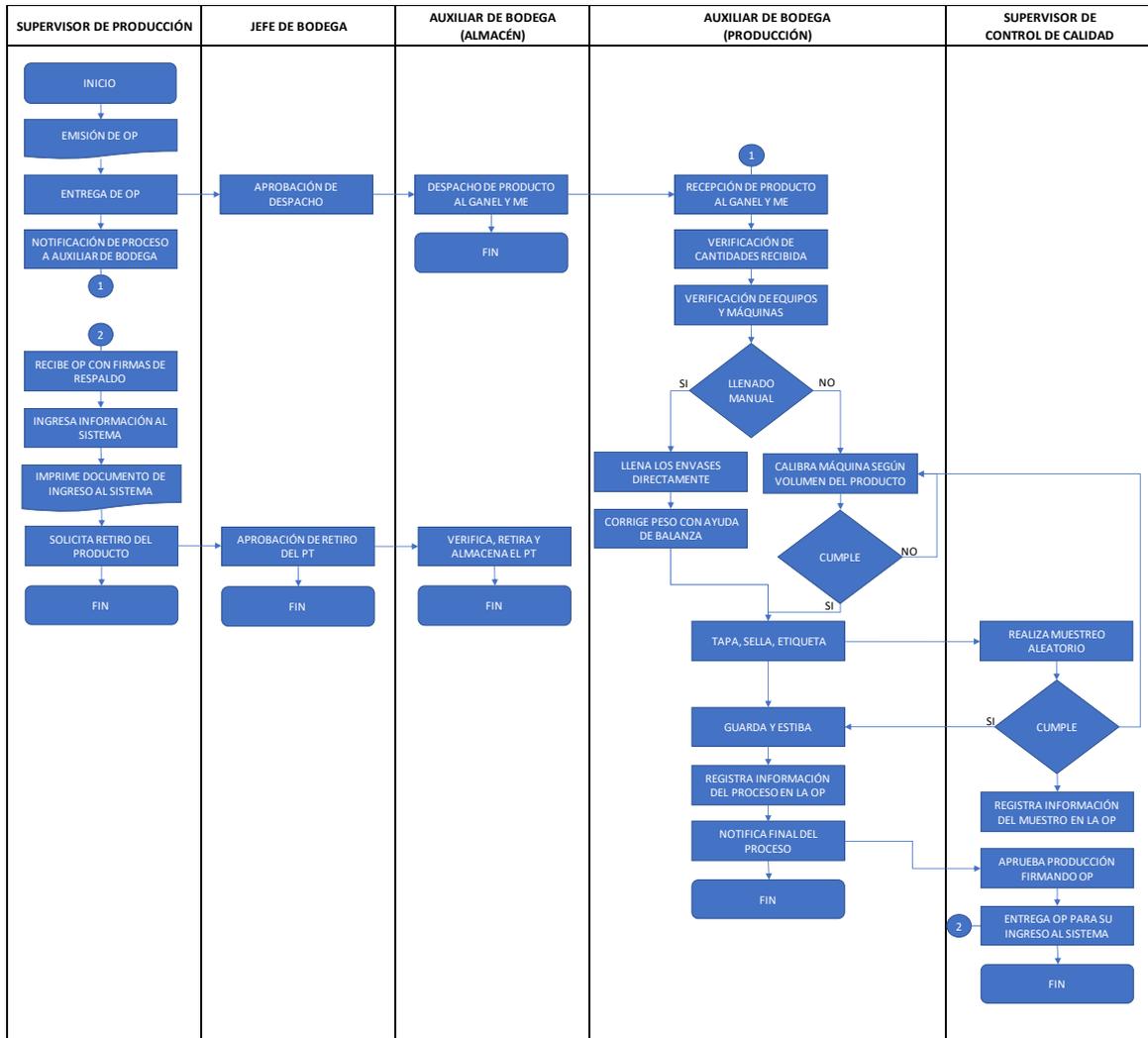
BIBLIOGRAFÍA

- Arno, K. (2003). OEE Industry Standard. Version 2.0. Bloom Consultancy.
- Bin Ahmad, Muhammad Hafiz. (2009). Implementación del OEE para Compañía de Manufactura Electrónica. Malasia.
- Chalen, J. (2014). Análisis del proceso de envasado de agroquímicos y su impacto en los niveles de productividad de una empresa ubicada en la ciudad de Guayaquil. Milagro, Ecuador.
- Chang, R. (1996). Mejora Continua de Procesos: Guía Práctica para Mejorar Procesos y Lograr Resultados Medibles. Granica
- Cortes, T. (2018). Triana Cortes, C. C. Propuesta de implementación del TPM y de la herramienta OEE para la empresa Proyectos y equipos metalmecánicos SAS. Bogotá, Colombia.
- García, C. (2013). Implementación de la metodología SMED para la reducción de tiempos de alistamiento y limpieza en las líneas de producción 921-1, 921-2 y 921-3 de una planta farmacéutica en la ciudad de Cali. Santiago de Cali, Colombia.
- Goldratt, E. M. (2005). La Meta. Teoría de las Restricciones. México: Ediciones Regiomontanas.
- Hansen, B. (2001). Overall Equipment Effectiveness. En B. Hansen, Overall Equipment Effectiveness.
- Harrington, J. (1995). Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Santa Fe de Bogotá. Mc GrawHill.
- Pulido y Salazar. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma (Vol. 3). México, D.F., México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Vilema, J. (2018). Análisis y mejoramiento del proceso de envasado en una industria de agroquímicos por medio de la aplicación del sistema OEE (eficiencia global de equipos) y manufactura esbelta. Durán, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A

Diagrama de flujo del proceso de fraccionamiento



Fuente: Autor

ANEXO B

Formato inicial para el cálculo del OEE

INFORMACIÓN GENERAL DIARIA DEL PROCESO		
Turno		horas
ALMUERZO		Minutos
RECESO 1		Minutos
RECESO 2		Minutos
RECESO 3		Minutos
TIEMPOS MUERTOS		Minutos
TIEMPO DE LLENADO		uds/Minuto
TOTAL DE UNIDADES		Piezas
UNIDADES DEFECTUOSAS		Piezas

Angel Bravo:
"Tiempos no planeados de Producción"

Angel Bravo:
"Velocidad máxima de la máquina. Esta velocidad la dá el fabricante y no debe confundirse con la velocidad esperada"

CÁLCULOS		
TIEMPO PLANEADO DE PRODUCCIÓN	-	horas
TIEMPO REAL DE PRODUCCIÓN	-	horas
UNIDADES CONFORMES	-	uds

Angel Bravo:
UNIDADES QUE NO CUMPLEN ALGUNA ESPECIFICACIÓN TÉCNICA, POR LO QUE REQUIERE UN REPROCESO

CÁLCULOS DEL OEE		
Disponibilidad:		
Desempeño:		
Calidad:		
OEE:		

COMPARACIÓN DEL OEE		
	Clase Mundial	Mi OEE
Disponibilidad:	90%	
Desempeño:	95%	
Calidad:	100%	
OEE:	85%	

Fuente: Autor

ANEXO C

Formato de registro de tiempos

Fecha:		Línea:		# OP:		Tiempo de producción:		0 min		Tiempo laborado:		0.0		H									
Máquina:		Operadores:				Tiempos muertos:		0 min															

Hora	Cod.	Actividades	Conteo	min.																		
07:30		08:55		10:20		11:45		13:10		14:35		16:00		17:25		18:50		20:15		1 CAMBIO DE PROCESO	0	0
07:35		09:00		10:25		11:50		13:15		14:40		16:05		17:30		18:55		20:20		1.1 Limpieza de área	0	0
07:40		09:05		10:30		11:55		13:20		14:45		16:10		17:35		19:00		20:25		1.2 Armado de línea	0	0
07:45		09:10		10:35		12:00		13:25		14:50		16:15		17:40		19:05		20:30		1.3 Cambio de área	0	0
07:50		09:15		10:40		12:05		13:30		14:55		16:20		17:45		19:10		20:35		2 AJUSTE DE EQUIPO	0	0
07:55		09:20		10:45		12:10		13:35		15:00		16:25		17:50		19:15		20:40		2.1 Armado de equipo	0	0
08:00		09:25		10:50		12:15		13:40		15:05		16:30		17:55		19:20		20:45		2.2 Calibración	0	0
08:05		09:30		10:55		12:20		13:45		15:10		16:35		18:00		19:25		20:50		2.3 Ajuste	0	0
08:10		09:35		11:00		12:25		13:50		15:15		16:40		18:05		19:30		20:55		3 ABASTECIMINETO DE INSUMOS	0	0
08:15		09:40		11:05		12:30		13:55		15:20		16:45		18:10		19:35		21:00		3.1 Solicitud de MP a bodega	0	0
08:20		09:45		11:10		12:35		14:00		15:25		16:50		18:15		19:40		21:05		3.2 Solicitud de ME a bodega	0	0
08:25		09:50		11:15		12:40		14:05		15:30		16:55		18:20		19:45		21:10		4 FALTA DE INSUMOS	0	0
08:30		09:55		11:20		12:45		14:10		15:35		17:00		18:25		19:50		21:15		4.1 Falta de etiquetas	0	0
08:35		10:00		11:25		12:50		14:15		15:40		17:05		18:30		19:55		21:20		4.2 Falta de panfletos	0	0
08:40		10:05		11:30		12:55		14:20		15:45		17:10		18:35		20:00		21:25		4.3 falta de envase	0	0
08:45		10:10		11:35		13:00		14:25		15:50		17:15		18:40		20:05		21:30		4.4 falta de cartones	0	0
08:50		10:15		11:40		13:05		14:30		15:55		17:20		18:45		20:10		21:35		4.5 falta de tapas	0	0
																				5 PARADA PROGRAMADA	0	0
																				5.1 Almuerzo	0	0
																				5.2 Break	0	0
																				5.3 Charla/Capacitación	0	0
																				6 FALTA DE PERSONAL	0	0
																				6.1 Ida al bebedero	0	0
																				6.2 Ausencia de 1 operador	0	0
																				6.3 Ausencia de 2 operadores	0	0

Fuente: Autor

ANEXO F

Formato para análisis de tiempos en cambio de formato

ANÁLISIS DE TIEMPO EN CAMBIOS DE TRABAJO									
Producto:		Operador líder de línea:		Tiempo 1		Fecha:			
Máquina:		Operadores de apoyo:		tiempo 2					
Hora inicial:		Hora final:		Tiempo total:	%				
Actividad	REGISTRO DE TIEMPOS		TIPO		CRITERIO			Observaciones	
	Lectura	Valor	Interna	Externa	Eliminar	Externalizar	Internalizar		
Busqueda de selladora (tapas)									
Busqueda de selladora (fundas)									
Busqueda de llenadora									
Armado de llenadora									
Colocación de equipos en la línea									
Despacho de MP									
Despacho de ME									
Calibración de selladora									
Calibración de llenadora									
Traslado de MP a la línea									
Traslado de ME a la línea									
Reabastecimiento de MP									
Reabastecimiento de ME									
Ajuste de volumen de llenado									
Limpieza de área									
Limpieza de llenadora									
Lavado de tuberías									
Guardado de llenadora									
Tiempo de actividades internas:									
Tiempo de actividades externas:									

Fuente: Autor

ANEXO G

Instructivo de llenadora semiautomática

INSTRUCTIVO DE USO

EQUIPO: Bomba peristáltica

MODELO: DC2-1BS + YZ25



Encendido de Equipo:

1. Encienda el equipo poniendo el switch (localizado en la parte inferior derecha de la parte frontal del equipo) en la posición "ON"



2. El equipo automáticamente aparece en la pantalla principal, para su configuración (esto sucede cada vez que se enciende el equipo).



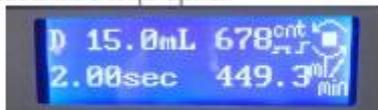
3. En la pantalla se mostrará la entrada de volumen de llenado (1), número de repeticiones (2), dirección del flujo (3), tiempo de llenado (4) y tiempos de llenado establecidos (5)

Ajuste de volumen de llenado:

1. Para desplazarse entre la interfase de la pantalla se debe presionar la perilla; al presionarla una vez se colocará inmediatamente en la posición de volumen de llenado.
2. Luego de se debe rotar la perilla hacia la derecha o izquierda para subir o bajar según se requiera, hasta llegar al volumen requerido.
3. El tiempo de llenado y tiempo de llenado establecido (flujo), se ajustaran automáticamente según las velocidad máxima de fabrica del equipo (figura 2).



4. Para poder cambiar este tiempo se debe desplazar hasta la posición de tiempo de llenado y rotar la perilla para cambiar el tiempo requerido.



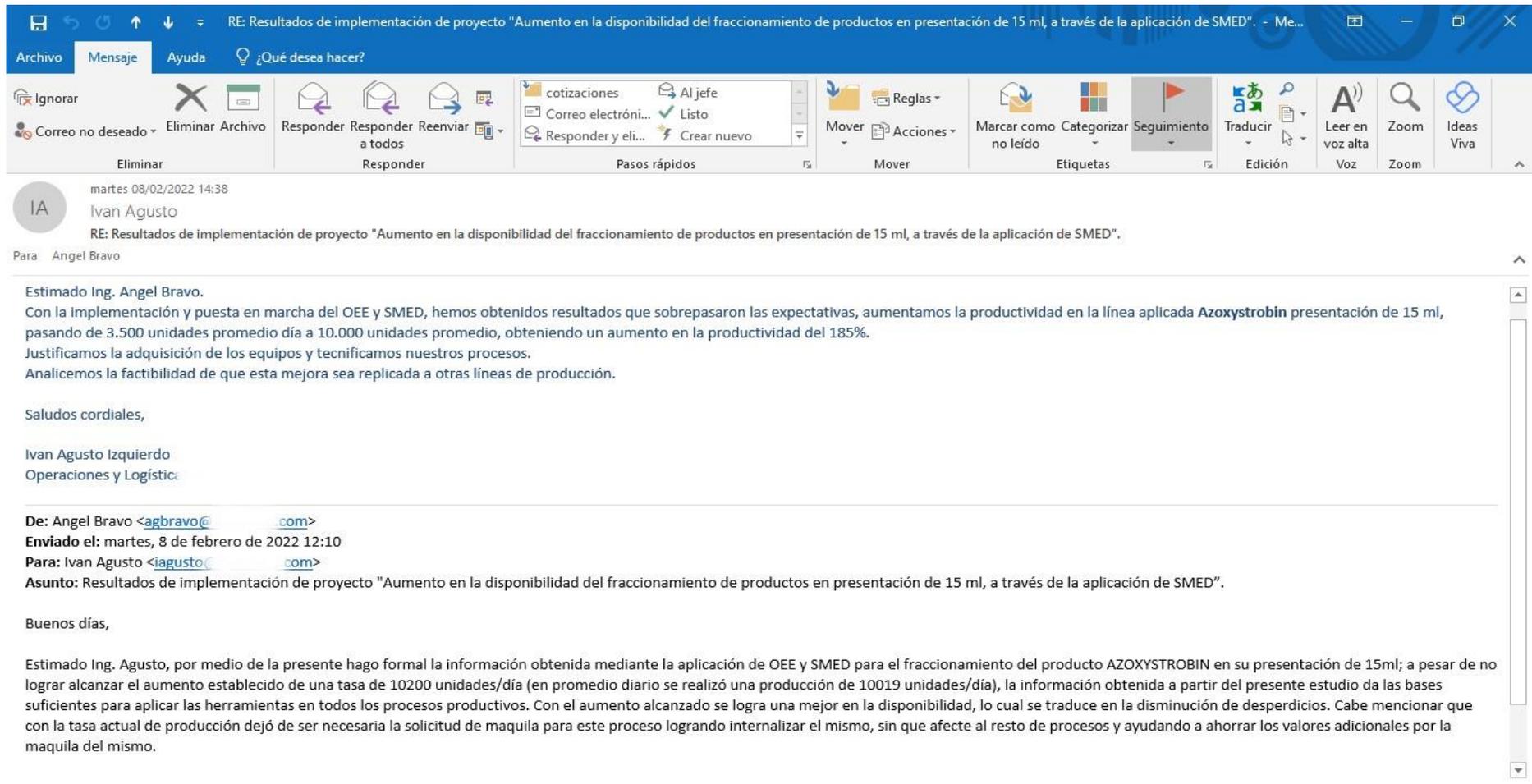
5. Esto ajustará también el tiempo de llenado establecido (flujo) automáticamente (figura 3).

Por ejemplo: para productos en presentación de 15 ml, se establece un tiempo de dosificación de 2 seg y de 2.5 seg para la espera.

Fuente: Autor

ANEXO L

Aprobación de resultados obtenidos en el proyecto



RE: Resultados de implementación de proyecto "Aumento en la disponibilidad del fraccionamiento de productos en presentación de 15 ml, a través de la aplicación de SMED". - Me...

Archivo Mensaje Ayuda ¿Qué desea hacer?

Ignorar Correo no deseado Eliminar Archivar Responder Responder a todos Reenviar Responder Pasos rápidos Mover Acciones Marcar como no leído Categorizar Seguimiento Traducir Leer en voz alta Zoom Ideas Viva

IA martes 08/02/2022 14:38
Ivan Augusto
RE: Resultados de implementación de proyecto "Aumento en la disponibilidad del fraccionamiento de productos en presentación de 15 ml, a través de la aplicación de SMED".
Para Angel Bravo

Estimado Ing. Angel Bravo.
Con la implementación y puesta en marcha del OEE y SMED, hemos obtenidos resultados que sobrepasaron las expectativas, aumentamos la productividad en la línea aplicada **Azoxystrobin** presentación de 15 ml, pasando de 3.500 unidades promedio día a 10.000 unidades promedio, obteniendo un aumento en la productividad del 185%.
Justificamos la adquisición de los equipos y tecnificamos nuestros procesos.
Analicemos la factibilidad de que esta mejora sea replicada a otras líneas de producción.

Saludos cordiales,

Ivan Augusto Izquierdo
Operaciones y Logística

De: Angel Bravo <agbravo@...com>
Enviado el: martes, 8 de febrero de 2022 12:10
Para: Ivan Augusto <iagusto@...com>
Asunto: Resultados de implementación de proyecto "Aumento en la disponibilidad del fraccionamiento de productos en presentación de 15 ml, a través de la aplicación de SMED".

Buenos días,

Estimado Ing. Augusto, por medio de la presente hago formal la información obtenida mediante la aplicación de OEE y SMED para el fraccionamiento del producto AZOXYSTROBIN en su presentación de 15ml; a pesar de no lograr alcanzar el aumento establecido de una tasa de 10200 unidades/día (en promedio diario se realizó una producción de 10019 unidades/día), la información obtenida a partir del presente estudio da las bases suficientes para aplicar las herramientas en todos los procesos productivos. Con el aumento alcanzado se logra una mejor en la disponibilidad, lo cual se traduce en la disminución de desperdicios. Cabe mencionar que con la tasa actual de producción dejó de ser necesaria la solicitud de maquila para este proceso logrando internalizar el mismo, sin que afecte al resto de procesos y ayudando a ahorrar los valores adicionales por la maquila del mismo.

Fuente: Autor