



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Aplicación de la metodología seis sigma para aumentar la disponibilidad en
el área de sellado de una empresa de plásticos

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

María José Aguilera Moreno

Jorge Luis Segura Reyes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de nuestras vidas, a nuestros padres por su apoyo incondicional durante toda nuestra etapa universitaria, a nuestros amigos por sus consejos, a nuestros maestros por todas las enseñanzas impartidas, a la Ing. Ivanna Chiriguaya por toda su ayuda brindada y a la PhD. Denise Rodríguez por su guía y colaboración durante todo el proceso de elaboración del presente proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



María José Aguilera
Autor 1



Jorge Luis Segura
Autor 2



PhD. Denise Rodríguez
TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

El proyecto se realizó en el área de sellado de una empresa productora de fundas plásticas ubicada en la ciudad de Guayaquil, por petición de la misma, debido a los bajos índices de disponibilidad que presentan las máquinas.

De acuerdo al índice de eficiencia OEE, el ratio disponibilidad es afectado directamente por los paros de máquina de acuerdo a su ecuación (1.1), descrita más adelante; por lo que al analizar la situación actual se tiene que las selladoras 4 y 5 engloban el 52.9% de los mismos, evidencia suficiente para enfocar el proyecto en ambas máquinas ya que se las puede considerar como las más críticas.

Mediante la aplicación de los pasos DMAIC de la metodología seis sigma se buscará reducir estos paros con la finalidad de aumentar el 79% y 80% de disponibilidad promedio que presentan las selladoras 4 y 5 respectivamente.

Siguiendo con los pasos de medición y análisis de la metodología, se usan herramientas exploratorias como AMEF, diagrama causa efecto y los 5 por qué, así como también, el estudio de tiempos conocido como “Técnica de trabajos en grupo” por sus siglas en inglés G.T.T. para encontrar las causas potenciales de paros de máquina con la finalidad de implementar las que tengan un impacto grande y sean posibles de controlar durante el tiempo de trabajo del proyecto. Se propusieron varias soluciones para cada una de ellas las cuales fueron analizadas de acuerdo a la viabilidad que tenga la empresa para implementarlas.

En la etapa de implementación, se adecuó la percha para fundas de embalaje para que los operadores puedan controlar y abastecer adecuadamente el inventario de éstas, también se proporcionó una caja de metal a los calibradores para que puedan mantener ordenadas los accesorios de calibración y por último se evitó el tiempo muerto durante los cambio de turno delegando la limpieza del puesto de trabajo y el pesaje del desperdicio al personal de limpieza y al embalador respectivamente.

Con lo mencionado anteriormente, se puede concluir que el proyecto tuvo resultados positivos al aumentar la disponibilidad en la selladora 4 un 12% y en la 5 un 13%. Se realizó un análisis costo beneficio con el que se determinó un tiempo ahorrado mensual de 2250 minutos con la implementación de las mejoras, lo que representa un total de \$8.232 en ganancias netas.

Palabras clave: Metodología G.T.T. (Group Time Technique), Disponibilidad, Paros de máquina.

ABSTRACT

The project took place in the sealing area of a plastic bags production company located at the city of Guayaquil, as a request, due to the low availability rates of the machines.

According to the efficiency index known as OEE, the availability rate is directly affected by the machines downtime, so analyzing the initial situation we can see that sealers 4 and 5 represent the 52.9% of the total downtime in the area, reason enough to focus the project in both of them.

With the application of DMAIC steps of six sigma methodology, the project will try to minimize this downtime in order to increase the average availability rates of machines 4 and 5 which are 79% and 80% respectively.

In the measurement and analysis steps, we used exploratory tools as FMEA, cause – effect diagram, 5 whys technique and a study time known as “Group Time Technique” (G.T.T.) to find potential causes of machines downtime with the purpose of implement solutions only for those with a big impact in the availability and a greater possibility to be controlled during the time of this project.

In the improvement step, the racks of plastic bags for packaging were adapted to maintain the order and the inventory levels of these bags by the application of the correct supplying method, also a tool metal box was given to the adjusters operators to keep the calibration accessories in order and finally the waste of time during the shift change was avoid by delegating the workplace cleaning and the waste weighing to the cleaning staff of the company and the packer operator respectively.

With all these changes along with others established by the company, the project obtained positive results by increasing the average availability of the sealing machines 4 and 5 a 12% and a 13% respectively. A benefit-cost analysis was performed also resulting 2250 minutes saved per month which represent total earnings of \$8.232.

Keywords: *G.T.T. Methodology (Group Time Technique), Availability, Machine downtime.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema.	2
1.2 Alcance	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Enfoque Seis Sigma.....	6
1.4.2 OEE	8
1.4.3 Estudio G.T.T.....	9
1.4.4 Herramientas Exploratorias	10
CAPÍTULO 2.....	12
2. METODOLOGÍA.	12
2.1 Fase de Medición.....	12
2.1.1 Descripción del Proceso de Sellado	12
2.1.2 Plan de Recolección de Datos.....	13
2.1.3 Recolección de Datos.....	13
2.2 Fase de Análisis.....	24
2.2.1 Verificación de factores potenciales	24
2.2.2 Resultados estudio G.T.T.....	28
2.2.3 Búsqueda de causas potenciales	29
2.3 Implementación de soluciones.....	36
2.3.1 Priorización de posibles soluciones.....	36
2.3.2 Implementación de soluciones	38

CAPÍTULO 3.....	51
3. RESULTADOS.....	51
CAPÍTULO 4.....	57
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
4.1 Conclusiones	57
4.2 Recomendaciones	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
APÉNDICE A.....	60
APÉNDICE C.....	63
APÉNDICE D.....	64
APÉNDICE E.....	65
APÉNDICE F.....	66

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
OEE	Overall Equipment Efficiency
GTT	Group Time Technique
DMAIC	Define-Measurement-Analysis-Improvement-Control
KPI	Key Performance Indicator
AMEF	Análisis de Modo y Efecto de la Falla
QFD	Quality Function Development
ANOVA	Análisis de la Varianza
NPR	Número Prioritario de Riesgo

SIMBOLOGÍA

min.: Minutos

m: Metros

hr: Hora

seg: Segundos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Disponibilidad de la selladora #4 del 6 al 23 de Octubre	3
Figura 1.2 Disponibilidad de la selladora #5 del 6 al 23 de Octubre	3
Figura 1.3 Aplicación de la herramienta 5W1H para definir el problema	4
Figura 1.4 Aplicación de la herramienta SIPOC para describir las operaciones del área de sellado	5
Figura 2.1 Reporte de Control de Producción de Sellado de la Empresa	14
Figura 2.2 Hoja de Reporte de Control Producción de Sellado Llenada por una Operadora	17
Figura 2.3 Estimación de las distribuciones de la selladora 4	18
Figura 2.4 Estimación de las distribuciones de la selladora 5	19
Figura 2.5 Reporte de análisis de capacidad de la selladora 4	20
Figura 2.6 Reporte de análisis de capacidad de la selladora 5	20
Figura 2.7 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Operador (selladora 4)	25
Figura 2.8 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Turno (selladora 4)	26
Figura 2.9 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Operador (selladora 5)	26
Figura 2.10 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Turno (selladora 5)	27
Figura 2.11 Esquema a seguir para la detección de causas potenciales	29
Figura 2.12 Reunión de Lluvia de Ideas	30
Figura 2.13 Diagrama causa-efecto de paros no programados.....	31
Figura 2.14 Cuadro de selección de causas potenciales	33
Figura 2.15 Detección de causa raíz en las demoras de calibración por buscar herramientas y accesorios.....	35
Figura 2.16 Percha de embalaje antes de la implementación de las mejoras	39
Figura 2.17 Percha de embalaje después de la implementación de mejoras.....	39
Figura 2.18 Caja de meta entregada a calibradores para almacenar accesorio.....	45
Figura 2.19 Cuchilla de corte requerida para las selladoras.....	46
Figura 3.1 Test de normalidad para la selladora 4	52
Figura 3.2 Test de normalidad para la selladora 5	52
Figura 3.3 Test de equivalencia para la Selladora 4.....	53
Figura 3.4 Test de equivalencia para la Selladora 5.....	53
Figura 3.5 Diagrama de cajas de disponibilidad de la selladora 4.....	54
Figura 3.6 Diagrama de cajas de disponibilidad de la selladora 5.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Intervalos de observación para el estudio G.T.T.	9
Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	13
Tabla 2.2 Hoja de reporte de eficiencias de la empresa –cálculo de la Disponibilidad..	15
Tabla 2.3 Hoja de cálculo de la disponibilidad propuesta.....	16
Tabla 2.4 Clasificación de los elementos de trabajo.....	22
Tabla 2.5 Tiempo de los elementos de trabajo para la selladora 4	23
Tabla 2.6 Tiempo de los elementos de trabajo para la selladora 5	23
Tabla 2.7 Plan de verificación de factores.....	24
Tabla 2.8 Tabla resumen de análisis.....	27
Tabla 2.9 Resultados G.T.T selladora 4	28
Tabla 2.10 Resultados G.T.T selladora 5	28
Tabla 2.11 Causas evidenciadas en el estudio G.T.T. (selladora 4)	28
Tabla 2.12 Causas evidenciadas en el estudio G.T.T. (selladora 5)	29
Tabla 2.13 Causas priorizadas del AMEF	32
Tabla 2.14 Lista de causas potenciales.....	32
Tabla 2.15 Causas raíces encontradas por medio de la técnica de los 5 ¿Por qué?	35
Tabla 2.16 Calificación para priorización de potenciales soluciones	36
Tabla 2.17 Tabla de selección de propuestas de mejora de acuerdo a su factibilidad ..	37
Tabla 2.18 Descripción de mejoras para el desabastecimiento de fundas de embalaje	38
Tabla 2.19 Dimensiones de fundas seleccionadas para la estantería	40
Tabla 2.20 Costos por ordenar de fundas de embalaje.....	41
Tabla 2.21 Costos de activos para almacenamiento	41
Tabla 2.22 Costos de almacenamiento para fundas de embalaje	42
Tabla 2.23 Valores de Q y ROP para la política de inventario para las fundas de embalaje.....	43
Tabla 2.24 Descripción de las mejoras para las demoras en la calibración por falta de herramientas y accesorios.....	43
Tabla 2.25 Descripción de las mejoras para el desgaste de la cuchilla de corte.....	45
Tabla 2.26 Descripción de mejoras para la pérdida de tiempo durante el cambio de turno	47
Tabla 2.27 Descripción de las mejoras para cuando los operadores aplican un método incorrecto para empacar fundas de embalaje grandes.....	48
Tabla 2.28 Estandarización de las medidas de fundas con el número de operadores necesarios para su embalaje.....	49
Tabla 2.29 Descripción de la mejora para cuando los operadores calibran incorrectamente las máquinas.....	50
Tabla 3.1 Resultados obtenidos del G.T.T. después de la implementación	51
Tabla 3.2 Costos de inversión para la implementación	55
Tabla 3.3 Tiempos de producción perdidos antes de la implementación	55

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto fue realizado en una empresa cuya principal actividad es la fabricación de artículos de plásticos para el envasado de productos, fue fundada en el año 1976 y se encuentra localizada en un sector industrial de la ciudad de Guayaquil conocido como Inmaconsa, en el km 25 de la vía Perimetral.

Entre sus principales productos se encuentran: etiquetas, empaques, fundas de polietileno y polipropileno de alta y baja densidad, entre otros. Dentro de sus principales clientes se encuentran empresas azucareras, cadenas de supermercados de alimentos en general, farmacéuticos y textiles.

La empresa tiene como visión: *“Continuar creciendo como una Industria Plástica muy sólida, con un alto desarrollo competitivo de mejoramiento continuo, ofreciendo al sector Industrial y Comercial un servicio eficiente, oportuno y confiable, con calidad en los procesos, con entregas a tiempo con Puntualidad Garantizada y 100% Disponibilidad de Inventarios, logrando que las ventajas competitivas se reviertan en mejora de vida de todos nuestros trabajadores y el desarrollo del País”*.

Su misión es: *“Aportar al crecimiento del País con ventajas competitivas que nos lleven a ser una Empresa líder en el mercado, donde todos nuestros actos se lleven a cabo con integridad, responsabilidad y solidaridad”*.

Actualmente el proceso de producción de la empresa se encuentra dividido en: Extrusión, Corte, Impresión, Laminación, Troquelado, Sellado y Palletizado. Este proyecto se enfoca en el área de sellado por requerimiento explícito de la compañía debido a los bajos índices de eficiencia que provocan los elevados paros de máquina. Los involucrados del proceso de sellado son: el ajustador quien es el encargado de la calibración de las máquinas por cada nuevo pedido que se desee montar, el operador de quien es el responsable por la producción de fundas y su embalaje en fardos, el operador embalador quien se encarga de sellar los respectivos, pesarlos, etiquetarlos y ubicarlos en pallets fuera de la bodega de

producto terminado (palletizado) y el supervisor de producción quien asigna las órdenes y el personal necesario para cada una de ellas en las selladoras correspondientes.

Para el desarrollo del proyecto se seguirán los pasos DMAIC que es una conocida herramienta de la metodología Seis Sigma en donde siguiendo sus siglas en inglés se definirá el problema tomando en cuenta todos los requerimientos del cliente, se medirá la situación actual de la empresa con respecto al problema planteado, se analizará la información recolectada con la finalidad de encontrar la causa raíz de los factores que influyen en el problema, se propondrán e implementarán mejoras factibles que signifiquen un cambio positivo al problema y por último se dejarán planteadas recomendaciones para asegurar la sostenibilidad de las mejoras a través del tiempo. A su vez se contó con la colaboración específica de los operadores del área, los supervisores de producción, analista de calidad, el jefe de producción y calidad, el jefe de operaciones, el coordinador de producción y personal de apoyo.

1.1 Descripción del problema.

De acuerdo al índice de eficiencia OEE, la empresa ha determinado que el área de sellado se ha convertido en una estación crítica dentro del proceso de producción de fundas plásticas debido al alto porcentaje de paros de máquina que se registran y que afectan considerablemente sus ratios de disponibilidad.

Actualmente en el área existen 10 selladoras cuya estructura y funcionamiento es diferente, por lo que se decidió enfocar el estudio en las máquinas #4 y #5 las cuales representan el 52.9% de los paros del área.

De acuerdo a la información proporcionada por los reportes de producción del 6 al 23 de octubre del 2016, se observa una disminución, desde el punto máximo hasta la media, de la disponibilidad en la selladora #4 del 17% desde el 9 de octubre y del 14% desde el 14 de Octubre en la selladora #5 como se observa a continuación en la Figura 1.1 y 1.2 respectivamente:

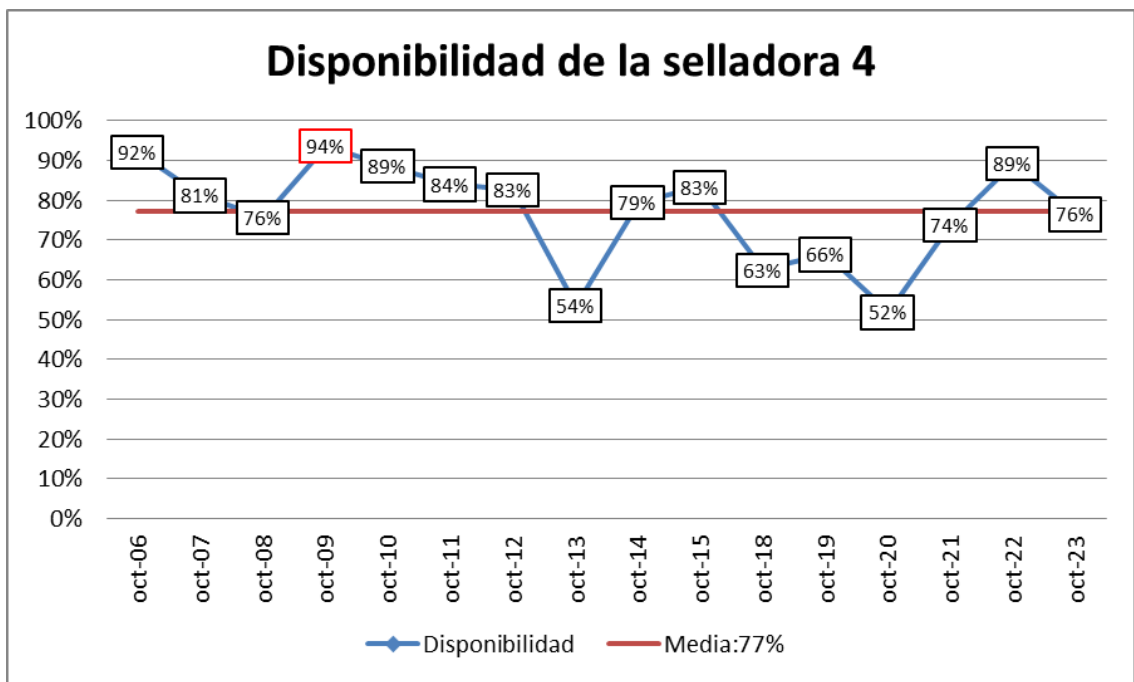


Figura 1.1 Disponibilidad de la selladora #4 del 6 al 23 de Octubre

Fuente: Órdenes de Producción, Octubre 2016

Elaboración Propia

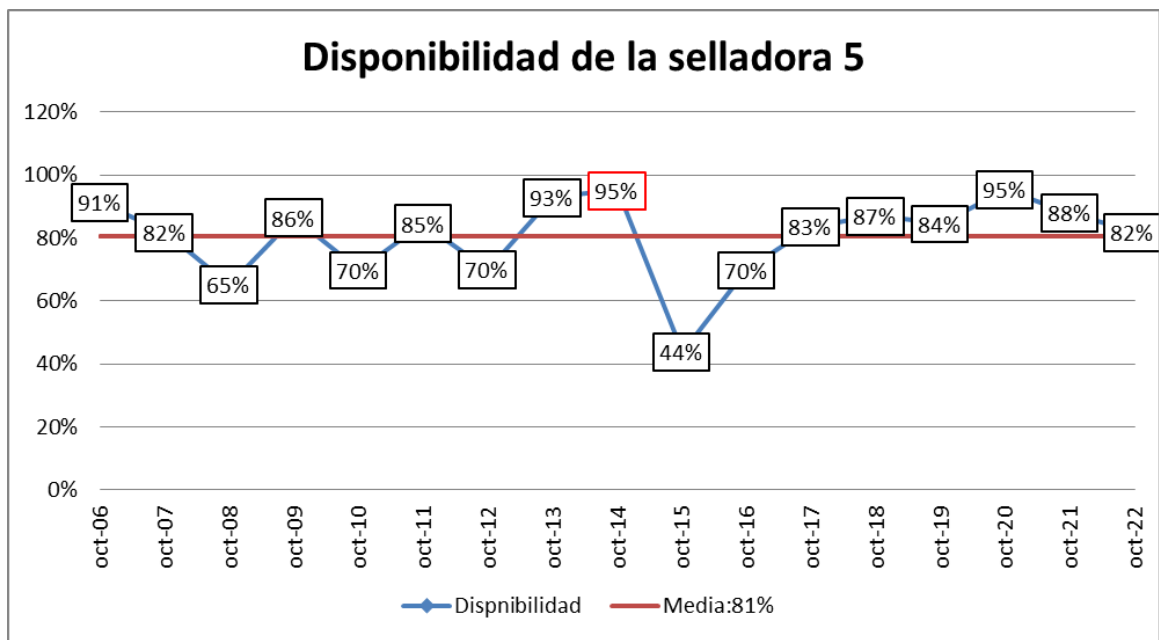


Figura 1.2 Disponibilidad de la selladora #5 del 6 al 23 de Octubre

Fuente: Órdenes de Producción, Octubre 2016

Elaboración Propia

Para entender y enfocar el problema de una manera más ordenada, se utiliza la herramienta 5W1H en donde se resume la información previamente mencionada como se observa en la Figura 1.3:

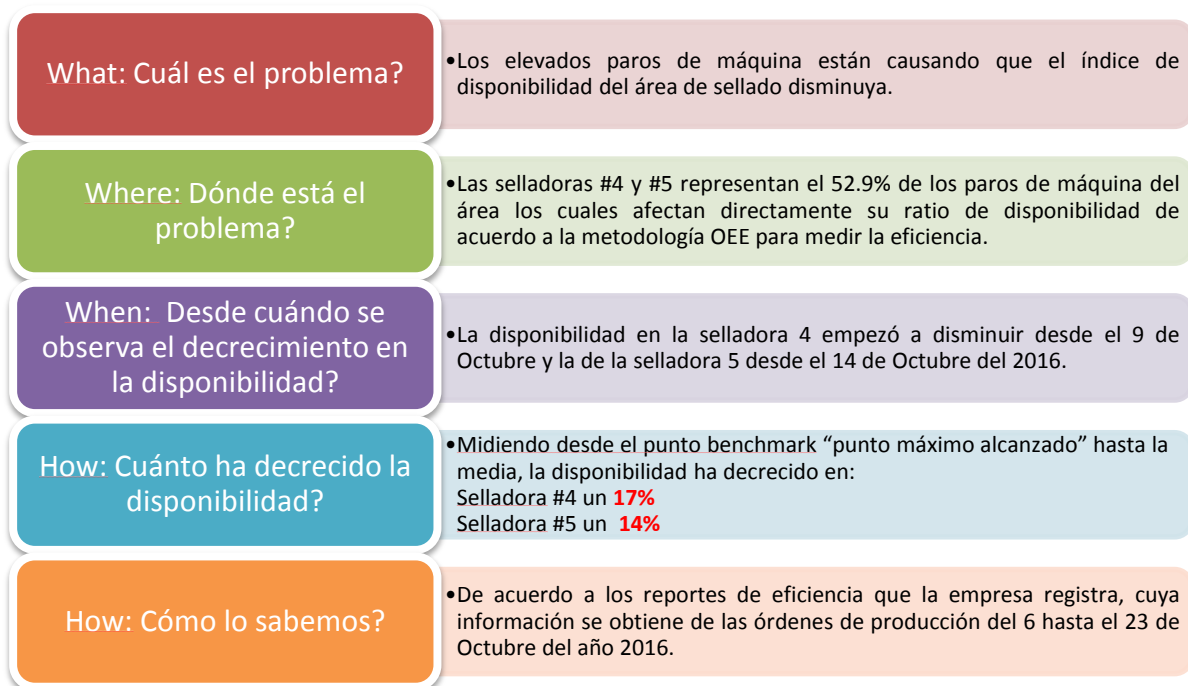


Figura 1.3 Aplicación de la herramienta 5W1H para definir el problema

Fuente: Órdenes de Producción, Octubre 2016

Elaboración Propia

El decrecimiento en la disponibilidad de las máquinas, afecta directamente los índices de eficiencia del área, las actividades de la bodega de producto terminado, las actividades relacionadas a la planificación de producción, entre otros.

Por tanto la definición del problema queda establecida de la siguiente manera:

“A petición de la compañía, el proyecto estará enfocado en el área de sellado de una empresa productora de fundas plásticas con la finalidad de incrementar la disponibilidad promedio de las máquinas por medio de la reducción de sus paros. Midiendo desde su punto máximo hasta su punto medio, se tiene que la disponibilidad de las selladoras 4 y 5, las cuales engloban el mayor porcentaje de paros del área, ha disminuido un 17% y un 14% respectivamente durante el análisis de la situación actual. Este decrecimiento afecta las actividades de la bodega de producto terminado y aquellas relacionadas con la planificación de la producción.”

1.2 Alcance

Con ayuda de la herramienta SIPOC se definirá el alcance del proyecto tomando en consideración las actividades diarias que se realicen en el área de sellado, desde que se recibe una orden de producción hasta que se la despacha a la siguiente etapa o estación del proceso como se observa a continuación en la Figura 1.4:

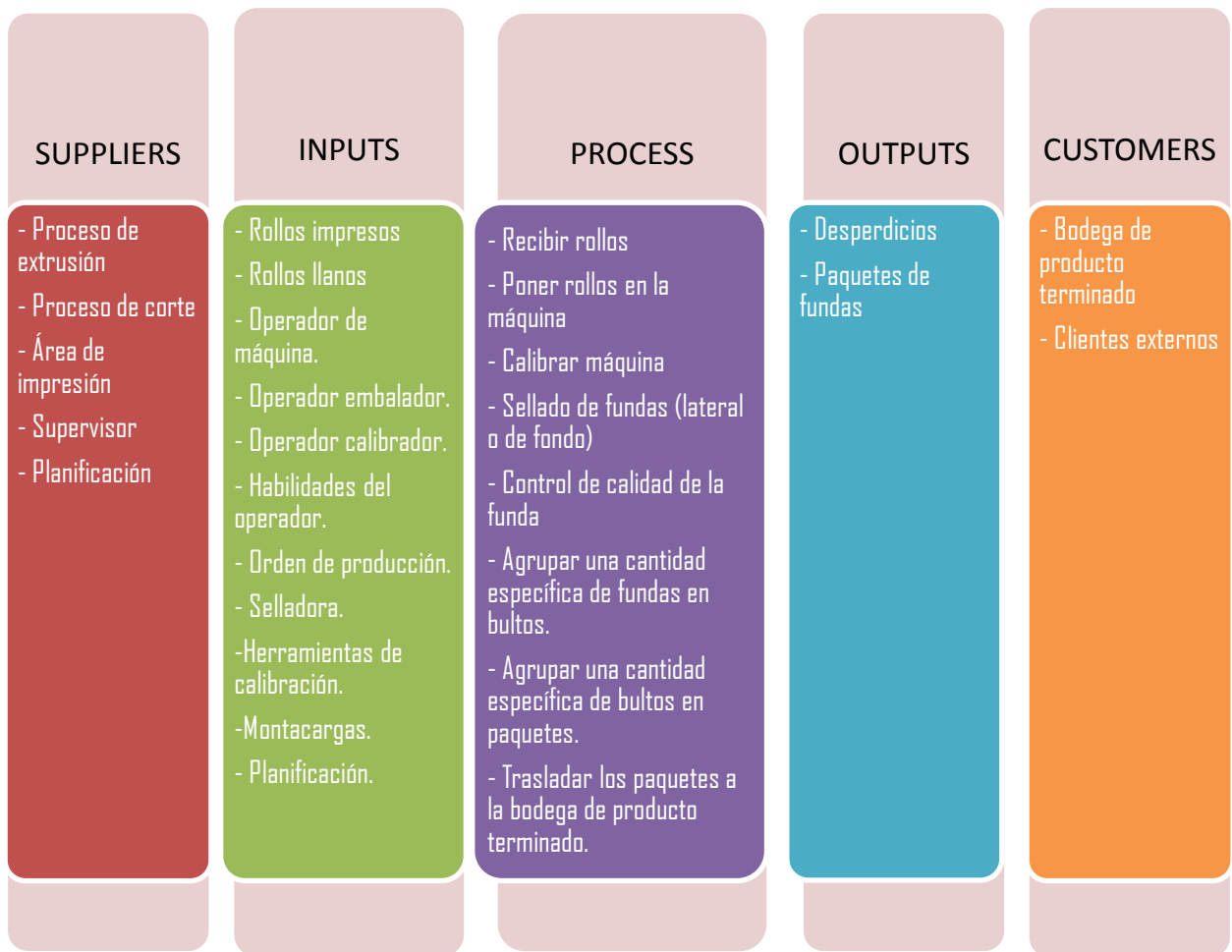


Figura 1.4 Aplicación de la herramienta SIPOC para describir las operaciones del área de sellado

Fuente: Entrevistas al personal, 2016

Elaboración Propia

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Incrementar el índice de disponibilidad del área de sellado a través de la disminución de los paros de máquina mediante la aplicación de la metodología DMAIC

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los índices de disponibilidad actuales del área de sellado junto con los factores que la conforman para identificar los que más influyen en su decrecimiento.
- Identificar las selladoras que presentan paros de máquina mayores.
- Encontrar las causas potenciales de paros de máquina que están afectando la disponibilidad mediante el desarrollo de un estudio GTT y el uso de herramientas exploratorias.
- Proponer mejoras que permitan reducir los paros de máquina en el área de sellado y a su vez aumentar su disponibilidad.
- Analizar la viabilidad de ejecutar las mejoras propuestas para luego implementarlas y poder medir los resultados del proyecto con respecto a la situación inicial en la que se encontraba la disponibilidad.
- Realizar un análisis costo – beneficio para determinar el tiempo de retorno de la inversión realizada durante la implementación de las mejoras.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Enfoque Seis Sigma

Seis Sigma es un método, basado en datos, para llevar la calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Más específicamente se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas. [1]

En términos estadísticos, el propósito de Seis Sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan, o excedan, las expectativas de los clientes. [2]

Método Seis Sigma

El método aplicado, que se denomina DMAIC, utiliza herramientas estadísticas, además de dispositivos que observan las variables de los procesos y sus relaciones, que ayudan a gestionar sus características. El método Seis Sigma, conocido como DMAIC, consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrutilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

En la tercera fase, análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o “pocos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En la fase de mejora el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

La última fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se da por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve. [1]

Herramientas para Seis Sigma

En los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Unas, de tipo general como las 7 herramientas de Calidad, se emplean para la recogida y tratamiento de datos; las otras, específicas de estos proyectos, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis ANOVA, contraste de hipótesis, diseño de experimentos y, también, algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMFE. [1]

1.4.2 OEE

La Eficiencia General de los Equipos (EGE) o el Overall Equipment Efficiency (OEE, por sus siglas en inglés), es un indicador clave de realización kpi utilizado para medir cómo se aprovecha la capacidad productiva de un proceso de fabricación. De hecho, el OEE es un razón que compara la producción efectiva con la capacidad de producción teórica. [3]

La fórmula y forma de cálculo del OEE es la siguiente:

OEE= Ratio de Disponibilidad(%) x Ratio de Rendimiento(%) x Ratio de Calidad(%)

- **Ratio de Disponibilidad:** refleja el tiempo durante el cual la máquina está fabricando productos, comparado con el tiempo que podría haber estado fabricando productos. Se calcula de la siguiente manera:

Disponibilidad= Tiempo de Funcionamiento/Tiempo Real de Producción

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Real de Producción} - \text{Tiempo de Paros}}{\text{Tiempo Real de Producción}} (1.1)$$

- **Ratio de Rendimiento:** refleja qué ha producido la máquina, comparado con lo que teóricamente podría haber producido, es decir, la producción que deberíamos obtener si la máquina funcionase a la velocidad máxima teórica durante el tiempo de funcionamiento actual. Se calcula de la siguiente manera:

Rendimiento= Unidades producidas/Unidades que teóricamente se deberían haber producido

- **Ratio de Calidad:** refleja los productos buenos que hemos obtenido, comparado con el total de productos que hemos fabricado.

Calidad= Unidades buenas/Unidades producidas

Calidad= (Unidades producidas – Unidades rechazadas)/Unidades producidas. [4]

1.4.3 Estudio G.T.T.

La técnica de tiempos en grupo (por sus siglas en inglés, Group Time Technique), es un muestreo de trabajo que puede tener varios propósitos de estudios como:

Determinar la carga de trabajo

- Calcular el tiempo estándar
- Calcular los suplementos de trabajo
- Búsqueda de hechos

Los pasos para realizar un estudio G.T.T. son los siguientes:

1. Determinar el propósito de estudio
2. Definir y clasificar los elementos que pueden ser: de trabajo, demoras personales, demoras evitables e inevitables.
3. Elaborar el formato de toma de datos.
4. Escoger el intervalo de observación, como se observa en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 Intervalos de observación para el estudio G.T.T.

Número de Operarios	Intervalo en minutos
1-2	0.5
3-6	1
7-10	2
11-15	3

Fuente: Libro de Ingeniería de métodos

5. Calcular el número de observaciones.

Tomar los tiempos de los Elementos de Trabajo en una prueba piloto, en donde se obtendrán los tamaños de muestra para realizar el estudio G.T.T. por medio de la ecuación (1.2):

$$n = \frac{6400 * i * t}{r_{ta}^2 * t_p^2} \quad (1.1)$$

Donde: i = intervalo(min)

t = tiempo total de los elementos

r_{ta} = precisión en %

t_p = tiempo del elemento más pequeño

6. Realizar el estudio G.T.T. [5]

1.4.4 Herramientas Exploratorias

Diagrama de Pareto: Es una técnica desarrollada por el economista Vilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza. En el análisis de Pareto, los artículos de interés son identificados y medidos con una misma escala para luego ordenarse descendientemente, como una distribución acumulativa. Por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia de esto, a esta técnica se la conoce como la regla 80-20. [6]

Diagrama Causa-Efecto: Es un método que consiste en definir la ocurrencia de un evento o un problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza de pescado” y, después identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza de pescado. Las causas principales se subdividen en cinco o seis categorías principales que son: humanas (mano de obra), de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas; éstas a su vez se subdividen en subcausas. [6]

AMEF: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, es una metodología utilizada durante el desarrollo del producto y del proceso, para identificar la severidad de

los efectos potenciales de fallas y para estimar la probabilidad de ocurrencia de las causas de las fallas y de esa manera proporciona así una base para implementar medidas que reduzcan los riesgos. Existen dos tipos de AMEF: de Diseño y de Proceso. [7]

Pasos para desarrollar un AMEF:

- 1) Determine el producto o proceso a analizar.
- 2) Determinar los posibles modos de falla.
- 3) Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
- 4) Asignar el grado de severidad de cada efecto. Severidad a la consecuencia de que la falla ocurra.
- 5) Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla. Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra.
- 6) Asignar el grado de detección de cada modo de falla. Detección a la probabilidad de que la falla se detectada antes de que llegue al cliente.
- 7) Calcular el Número Prioritario de Riesgo (NPR) de cada efecto.

$NPR = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{detección}$.

- 8) Priorizar los modos de falla.
- 9) Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla.
- 10) Calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido. [8]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA.

Siguiendo los pasos de la metodología DMAIC, se puede observar que durante el desarrollo del capítulo 1 se llevó a cabo la primera fase al definir el problema, el alcance y objetivos del proyecto; a continuación, en el capítulo 2, se presentarán las etapas de medición y análisis en donde se utilizarán herramientas exploratorias y un muestreo de trabajo conocido como G.T.T. (Técnica de tiempos en grupo) con la finalidad de encontrar causas potenciales de paros de máquina que afectan directamente la disponibilidad de las selladoras 4 y 5.

2.1 Fase de Medición

2.1.1 Descripción del Proceso de Sellado

Para empezar un pedido, el supervisor de la planta debe asignar la orden de producción a una selladora; luego el calibrador se encarga de buscar las herramientas necesarias para ajustar la selladora correspondiente de acuerdo a las especificaciones que requiera el pedido.

Al terminar la calibración de la máquina el embalador se encarga de ir a buscar el rollo correspondiente a la orden de producción y ajustarlo a la selladora correspondiente.

El operario de máquina, se encarga de realizar las corridas de prueba para verificar que el producto salga con las especificaciones correctas, si no es así se, tienen que ajustar la máquina de nuevo hasta que el producto salga correctamente.

Cuando comienza el proceso productivo el operario espera que salga la cantidad especificada de fundas para doblarlas y guardarlas en bultos plásticos, a su vez cada hora deben hacer un control de calidad de las mismas, midiendo dimensiones, grosor y si la funda posee algún tipo de grumos. Después de esto los bultos son guardados en sacos.

El embalador se encarga de sellar los sacos y finalmente transportarlos para pesarlos y etiquetarlos; si los sacos no tienen el peso correcto, él

mismo se encarga de regresarlos para que el operario los llene con el peso indicado y si el peso es correcto, el embalador apila los sacos en pallets para que sean transportados a la bodega de producto terminado.

Los puestos involucrados en el proceso de sellado con los siguientes:

- Operador de máquina
- Embalador
- Calibrador

El Apéndice A muestra el Diagrama de Flujo Funcional identificando los responsables y las actividades realizadas durante el proceso de sellado.

2.1.2 Plan de Recolección de Datos

Para analizar la situación actual de la empresa se necesitó recolectar información de los registros de producción y de paros de máquina que la empresa maneja actualmente, así como también, información por medio de un estudio de tiempos que nos permita identificar y verificar los factores que causan que la máquina se detenga.

A continuación en la Tabla 2.1 se describe el plan de recolección de datos a aplicar:

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

VARIABLE A MEDIR	TIPO DE VARIABLE	¿CÓMO SE MIDE?	PERSONA A CARGO ¿QUIÉN?	FECHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	DÓNDE SE REGISTRA LA INFORMACIÓN
Disponibilidad de las máquinas	Cuantitativa (Continua)	Ecuación 1.1	Analista de Calidad	oct-16	Reportes de Eficiencia de Excel –Análisis de Capacidad
Elementos de Trabajo	Cuantitativa (Continua)	Estudio de Tiempos	Estudiantes	7 Nov - 10 Nov	Formato G.T.T. Prueba Piloto
Paros de Máquina	Cuantitativa (Continua)	Estudio de Tiempos	Operadores Estudiantes	14 Nov - 24 Nov	Reportes de Producción-Formato G.T.T.

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3 Recolección de Datos

En la presente sección, se recolectará la información proporcionada por las órdenes de producción con respecto a la disponibilidad para luego determinar si es útil la información se realizó su respectivo análisis de

confiabilidad para determinar; seguido de esto se realizará un análisis de capacidad actual del proceso de sellado y el estudio de tiempos GTT que me permitan valorizar mejor la situación actual de la empresa y encontrar las potenciales causas que afectan la disponibilidad de las máquinas.

Variables a Medir:

- **Disponibilidad**

De acuerdo a la ecuación (1.1) de la disponibilidad se tienen que los factores influyentes para que esta variable aumente o disminuya son los paros de máquina y el tiempo (hora inicio – hora de fin) que el operador se toma en producir una determinada orden. Ambos datos son anotados por ellos mismos (operadores) en la hoja de reporte de control de producción de sellado que se muestra a continuación en la Figura 2.1:

REPORTE DE CONTROL PRODUCCIÓN DE SELLADO										RSC 751-02-04					
										Rev 1 Oct 19-2016					
Fecha	Máquina	Operador	Turno	Producción (un.)	Acumulado	Desperdicio (Kg.)	Hora Inicio	Hora Fin	Firma Supervisor						
		Operario:				Operario:				Operario:					
		Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma		
Calibración															
Falla de Máquina															
Capacitación															
Corte de Energía															
Falta de Material															
Total															
Observaciones				Observaciones				Observaciones				Observaciones			

Figura 2.1 Reporte de Control de Producción de Sellado de la Empresa

Fuente: Área de sellado de la empresa

Elaboración realizada por el analista de calidad de la empres

Análisis de Confiabilidad de Datos

Para asegurarnos que los datos de disponibilidad, calculados con la información proporcionada por la empresa sean confiables se realizó un análisis de veracidad de los mismos.

Empezando por la forma en que la empresa calcula la disponibilidad que se puede explicar de la siguiente manera: el tiempo total de producción lo tomo del tiempo total de horas que le lleva a un operador realizar una orden para luego restarle los paros que se dieron únicamente durante ese lapso de tiempo.

A continuación en la Tabla 2.2, se muestra la forma en que la empresa calcula la disponibilidad por operador:

Tabla 2.2 Hoja de reporte de eficiencias de la empresa –cálculo de la Disponibilidad

Fecha	Orden	Máquina	Operador	Turno	Hora de inicio		Hora fin		Horas total		Total Paros	Disponibilidad
					Hora	Min	Hora	Min	Horas	Min		
04/10/2016		5	delgado	1	12	0	15	0	3		1	0.667
04/10/2016		5	pihuave	2	15	0	22	0	7		0.5	0.929
04/10/2016		5	carrasco	3	22	0	1	0	3		0	1.000
04/10/2016		6	Merchan	1	10	6	19	0	9	0.1	0	1.000
04/10/2016		6	Pinela	2	20	0	22	0	2		0	1.000
04/10/2016		6	Mantuano	3	22	0	2	0	4		0	1.000
03/10/2016		5	Carrasco	3	22	0	4	0	6		6	0.000
04/10/2016		5	Delgado	1	7	0	12	0	5		1	0.800
03/10/2016		6	Mantuano	3	23	0	7	0	8		1	0.875
04/10/2016		6	Merchan	1	7	0	10	6	3	0.167	0	1.000
03/10/2016		11	Vargas	2	23	0	7	0	8		0	1.000
04/10/2016		11	Campos	1	7	0	14	0	7		0.5	0.929
04/10/2016		2	román	3	0	30	7	0	7	0.5	0	0.972
05/10/2016		2	caicedo	1	7	0	8	0	1		0	1.000
03/10/2016		2	Roman	3	22	0	7	0	9		0.5	0.944

Fuente: Reportes de Eficiencia de la Empresa, 2016

A pesar que la empresa realice el cálculo de la forma especificada anteriormente, se optó por tomar el número de horas totales en los que una máquina está en funcionamiento produciendo fundas y de esa cantidad de tiempo, restarle los paros de máquina que se registren durante el transcurso del día, para de esa manera direccionar de mejor manera el proyecto y obtener el ratio de disponibilidad para medir la eficiencia de la máquina más no del operador.

A continuación, en la Tabla 2.3, se muestra la hoja de cálculo que usaremos para obtener la disponibilidad (por día) durante el desarrollo de nuestro proyecto:

Tabla 2.3 Hoja de cálculo de la disponibilidad propuesta

Fecha	Máquina	Tiempo total planificado	Tiempo total paros no programados	Disponibilidad
01/10/2016	4	460	210	54%
02/10/2016	4	90	30	67%
05/10/2016	4	420	40	90%
06/10/2016	4	1200	95	92%
07/10/2016	4	1515	285	81%
08/10/2016	4	780	175	78%
09/10/2016	4	635	40	94%
10/10/2016	4	1500	140	91%
11/10/2016	4	1810	298	84%
12/10/2016	4	900	165	82%
13/10/2016	4	1380	640	54%
14/10/2016	4	2290	470	79%
15/10/2016	4	720	120	83%
18/10/2016	4	1800	605	66%
19/10/2016	4	600	225	63%
20/10/2016	4	1310	630	52%
21/10/2016	4	1620	425	74%
22/10/2016	4	1440	155	89%
23/10/2016	4	170	40	76%

Fuente: Elaboración Propia

- **Operadores**

Se puede observar que en la hoja de reporte de producción de sellado proporcionada por la empresa a los operadores para que anoten los paros de máquina, existen tiempos registrados en la parte de observaciones que no corresponden a ninguno de los motivos que el formato les permite registrar. Bajo la premisa que las paradas de máquina menores a 5 minutos se consideran micro paradas, y éstas afectarían al rendimiento más no a la disponibilidad. Se puede concluir que como estos tiempos sobrepasan ese límite afectarían a los resultados de la disponibilidad si no se consideran al momento de calcularla.

Esto se puede comprobar a continuación en la Figura 2.2:

CONTROL DE PRODUCCIÓN DE SELLADO																																																																																																																																																																																																																																																				
Fecha	Máquina	Operador		Turno	Producción (un.)	Acumulado	Desperdicio (Kg.)	Hora Inicio	Hora Fin	Firma Supervisor																																																																																																																																																																																																																																										
27/10/16	4	Rlay		±	-		11.45	7:00																																																																																																																																																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Operario:</th> <th colspan="4">Operario:</th> <th colspan="4">Operario:</th> <th colspan="4">Operario:</th> </tr> <tr> <th>Hora Inicio</th> <th>Hora Fin</th> <th>Tiempo</th> <th>Firma</th> <th>Hora Inicio</th> <th>Hora Fin</th> <th>Tiempo</th> <th>Firma</th> <th>Hora Inicio</th> <th>Hora Fin</th> <th>Tiempo</th> <th>Firma</th> <th>Hora Inicio</th> <th>Hora Fin</th> <th>Tiempo</th> <th>Firma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calibración</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Fallo de Máquina</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Capacitación</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Corte de Energía</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Falta de Material</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">OBSERVACIONES</td> <td colspan="4">OBSERVACIONES</td> <td colspan="4">OBSERVACIONES</td> <td colspan="4">OBSERVACIONES</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Calibración 7h30</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Almuerzo 0.30 mt</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Almuerzo - 0.30 mt/10</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Fallo: 0.30</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Cambio Gillette 0.10</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>															Operario:				Operario:				Operario:				Operario:				Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Calibración																	Fallo de Máquina																	Capacitación																	Corte de Energía																	Falta de Material																	Total																	OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				Calibración 7h30																Almuerzo 0.30 mt																Almuerzo - 0.30 mt/10																Fallo: 0.30																Cambio Gillette 0.10															
	Operario:				Operario:				Operario:				Operario:																																																																																																																																																																																																																																							
	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma	Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo	Firma																																																																																																																																																																																																																																				
Calibración																																																																																																																																																																																																																																																				
Fallo de Máquina																																																																																																																																																																																																																																																				
Capacitación																																																																																																																																																																																																																																																				
Corte de Energía																																																																																																																																																																																																																																																				
Falta de Material																																																																																																																																																																																																																																																				
Total																																																																																																																																																																																																																																																				
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				OBSERVACIONES				OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																								
Calibración 7h30																																																																																																																																																																																																																																																				
Almuerzo 0.30 mt																																																																																																																																																																																																																																																				
Almuerzo - 0.30 mt/10																																																																																																																																																																																																																																																				
Fallo: 0.30																																																																																																																																																																																																																																																				
Cambio Gillette 0.10																																																																																																																																																																																																																																																				

Figura 2.2 Hoja de Reporte de Control Producción de Sellado Llenada por una Operadora

Fuente: Área de sellado de la empresa

Elaboración realizada por los operadores del área de sellado

Como se puede observar se registran tiempos por motivos de: limpieza (30min), almuerzo (30min), cambios de rollo (30 min) y cambio de gillete (10min) en el apartado de “Observaciones” de la hoja de reporte.

Algunos operadores pueden no hacerlo de esta manera, pero queda la duda de que es así porque en realidad no han habido paros de máquina o porque simplemente la hoja del reporte no se los permite, es por esto que es necesario más adelante el impacto que tienen los operadores en la disponibilidad ya que aspectos como su nivel de entrenamiento, su forma de trabajo pueden afectar los resultados.

- **Turno**

Esta variable se analizará para determinar si el turno de trabajo tiene influencia en la disponibilidad ya que aspectos como horarios,

temperatura del ambiente, supervisión podrían afectar los datos para calcular la disponibilidad.

Análisis de Capacidad del Proceso

Se obtienen los reportes de producción de sellado desde 23 de Octubre hasta el 29 de Noviembre del 2016 almacenados por la empresa, para seguido de esto crear una base de datos con los factores que afectan a la disponibilidad (paros de máquina y tiempos de producción). Con esta información calculamos la disponibilidad diaria que obtuvieron las selladora 4 y 5 durante este periodo de tiempo, para poder realizar el siguiente análisis de capacidad que nos va a permitir evaluar la situación actual del proceso y el comportamiento del mismo con respecto a los límites de especificación definidos por la empresa.

Con la ayuda del Software *Minitab 17* se determinaron las distribuciones de probabilidades de nuestra variable “Disponibilidad”, como se puede observar en las Figuras 2.3 y 2.4:

Selladora 4

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	1,006	0,011		
Box-Cox Transformation	0,709	0,061		
Lognormal	1,460	<0,005		
3-Parameter Lognormal	1,036	*		0,032
Exponential	17,406	<0,003		
2-Parameter Exponential	5,302	<0,010		0,000
Weibull	0,667	0,080		
3-Parameter Weibull	0,542	0,093		0,639

Figura 2.3 Estimación de las distribuciones de la selladora 4

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

Donde a partir del valor “P” más alto, en este caso 0.093, se determina que nuestros valores siguen una distribución Weibull de 3 parámetros en la selladora número 4.

Selladora 5

Distribution	AD	P	LRT	P
Normal	0,902	0,020		
Box-Cox Transformation	0,536	0,160		
Lognormal	1,248	<0,005		
3-Parameter Lognormal	0,925	*	0,064	
Exponential	15,225	<0,003		
2-Parameter Exponential	5,044	<0,010	0,000	
Weibull	0,583	0,133		
3-Parameter Weibull	0,517	0,106	0,621	

Figura 2.4 Estimación de las distribuciones de la selladora 5

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

En cambio, en el análisis de la selladora 5, como lo indica la figura 2.4, se determina que los valores siguen una distribución Weibull con un valor “P” de 0.133.

Los límites de especificación para poder realizar el análisis de capacidad fueron proporcionados por la empresa y son los siguientes: para la selladora 4 y 5 el límite inferior fue establecido en 80% y 85% respectivamente, mientras que el límite superior se establece en 100% para ambas máquinas asumiendo que las máquinas no deben detenerse por ningún motivo. La empresa no establece estándares de tiempo de paros programados.

Se utiliza nuevamente la Herramienta Minitab 17 para realizar el análisis de capacidad del proceso en cada selladora.

A continuación en las Figuras 2.5 y 2.6, se presentan los resultados de capacidad para la selladora 4 y selladora 5 respectivamente:

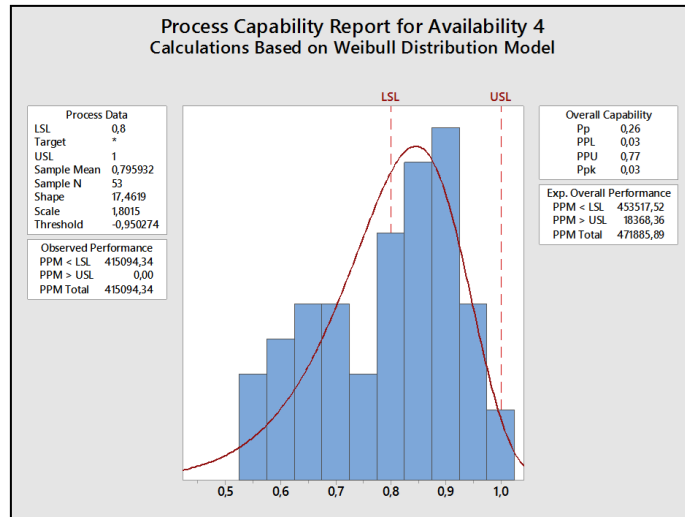


Figura 2.5 Reporte de análisis de capacidad de la selladora 4

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

Se observa nuestro indicador de capacidad $Pp=0.23$, el cual no establece que la selladora 4, con las condiciones actuales, no es capaz de cumplir con las especificaciones de “Disponibilidad” dados por la empresa.

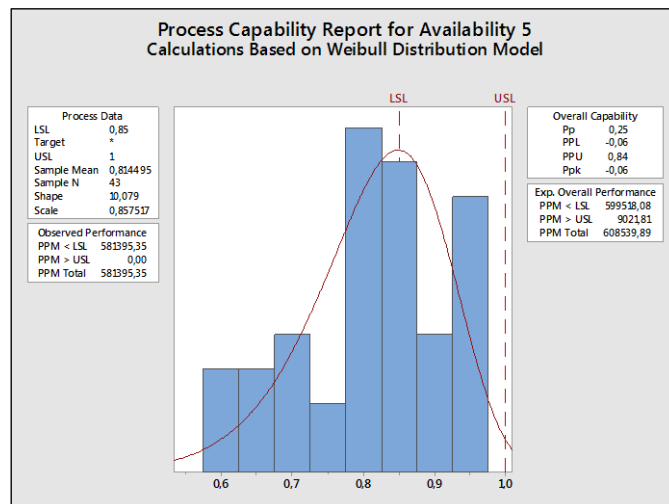


Figura 2.6 Reporte de análisis de capacidad de la selladora 5

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

El indicador de capacidad $P_p=0.25$ establece que la selladora 5, en las condiciones actuales, no es capaz de cumplir con las especificaciones de “Disponibilidad” dados por la empresa.

- **Elementos de Trabajo**

Son todos los pasos o actividades que se realizan durante el proceso de sellado en los que la máquina está encendida y trabajando. Es una variable muy importante para el desarrollo del estudio de tiempos elegido (G.T.T.) ya que se deben medir para poder desarrollar la prueba piloto respectiva y así poder determinar el tamaño de la muestra.

- **Paros de Máquina**

Esta variable permitirá, a través del estudio G.T.T, identificar factores que causen que la máquina se detenga pero se considerarán únicamente aquellos cuya observación dure más de 5 minutos ya que de lo contrario se perdería el enfoque del proyecto porque se estarían analizando micro paradas y ése es un factor que afecta al rendimiento más no a la disponibilidad, como se mencionó anteriormente.

Estudio G.T.T.

El estudio G.T.T puede estar enfocado a diferentes tipos de análisis (propósitos), lo importante es identificar y definir el que mejor se adapte al tipo de información que se desea recolectar. Para nuestro proyecto se eligió el propósito conocido como “búsqueda de hechos” ya que se desea encontrar los diferentes factores que causan que las máquinas se detengan, afectando directamente sus disponibilidades, por lo cual el hecho al cual se dirigirá el estudio son los paros de máquina que se den y sus causas asociadas.

Prueba piloto G.T.T

El objetivo de la prueba piloto es encontrar la cantidad necesaria de muestras a tomar para cada selladora durante el desarrollo del estudio G.T.T., para lo cual siguieron los pasos enunciados a continuación:

Paso 1: Definir y clasificar los elementos de trabajo.

Los elementos de trabajo fueron determinados por los encargados del proyecto de acuerdo a la información levantada durante el desarrollo del diagrama de flujo del proceso.

Se enlistaron y se clasificaron los elementos de trabajo de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4 Clasificación de los elementos de trabajo

Actividades	Clasificación
Esperar que salga el lote de fundas.	E. trabajo
Doblar y guardar las fundas en bultos.	E. trabajo
Prueba de calidad específica de la funda (revisión de dimensiones y otros).	E. trabajo
Apilar y guardar los bultos en sacos de producto terminado.	E. trabajo
Sellar sacos de fundas.	E. trabajo
Pesar y etiquetar los bultos de producto terminado.	E. trabajo
Transportar y acomodar los bultos para la bodega de PT.	E. trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Escoger intervalo de observación.

Para definir nuestro intervalo nos basamos en la Tabla 1.1 mostrada en el anterior capítulo. El intervalo de tiempo se escoge dependiendo del número de personas que intervienen en el proceso de estudio simultáneamente, el proceso de sellado lo conforman 3 operadores, pero máximo 2 de ellos trabajan a la vez, por lo que se decidió que el intervalo de observación sea de 0,5 minutos.

Paso 3: Calcular el número de observaciones a tomar en el estudio.

El número de observaciones fue calculado mediante la ecuación (1.1) enunciada anteriormente en el marco teórico.

Para realizar el cálculo de esa ecuación se tomaron tiempos de todos los elementos de trabajo, de los cuales se obtuvo un tiempo promedio por cada uno, en donde como mínimo se debían tener hasta tres datos. Los tiempos se pueden observar en la Tabla 2.5 y Tabla 2.6 que se muestran a continuación:

Tabla 2.5 Tiempo de los elementos de trabajo para la selladora 4

ELEMENTOS	Promedio (min)
Esperar que salga el lote de fundas.	0,25
Doblar y guardar las fundas en bultos.	0,41
Prueba de calidad específica de la funda (revisión de dimensiones y otros).	0,56
Apilar y guardar los bultos en sacos de producto terminado.	0,66
Sellar sacos de fundas.	0,33
Pesar y etiquetar los bultos de producto terminado.	0,74
Transportar y acomodar los bultos para la bodega de PT.	0,82
Tiempo total de los elementos de trabajo	3,51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.6 Tiempo de los elementos de trabajo para la selladora 5

ELEMENTOS	Promedio (min)
Esperar que salga el lote de fundas.	0,37
Doblar y guardar las fundas en bultos.	0,49
Prueba de calidad específica de la funda (revisión de dimensiones y otros).	0,36
Apilar y guardar los bultos en sacos de producto terminado.	0,07
Sellar sacos de fundas.	0,73
Pesar y etiquetar los bultos de producto terminado.	0,82
Transportar y acomodar los bultos para la bodega de PT.	0,66
Tiempo total de los elementos de trabajo	3,50

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se definió el porcentaje de precisión de un 8%, siendo éste un número común y aceptable para un buen muestreo.

Teniendo todos los valores establecidos se procedió al cálculo de “n” (tamaño de la muestra) para cada selladora usando la ecuación descrita

anteriormente, ecuación 1.2. Se obtuvo como resultado una n de 3,086 para la selladora 4 y 2,603 para la selladora 5.

Paso 4: Recolección de datos

El muestreo del proceso de las selladoras 4 y 5 se realizó desde el 14 al 24 de noviembre del 2016; se procedió a registrar todas las actividades que realizaban los involucrados; se dividieron los elementos en tiempo productivo (los elementos de trabajo) y en no productivo que involucra el tiempo de calibración y el tiempo de paros de máquina, como se puede observar en el Apéndice B. A su vez, los resultados obtenidos en el estudio se podrán observar más adelante en el punto 2.2.2 durante la fase de análisis.

2.2 Fase de Análisis

2.2.1 Verificación de factores potenciales

Una vez terminada la recolección y toma de datos, se procedió a analizar factores que tengan posibles influencias sobre la disponibilidad, se estableció un plan de verificación para establecer las herramientas estadísticas que usaremos para analizar la influencia de las mismas, como lo indica la Tabla 2.7:

Tabla 2.7 Plan de verificación de factores

Factores	Donde será evaluado	Variable respuesta	Teoría acerca del impacto	Como será verificado (herramientas)
X1: Operador	Selladora 4 Selladora 5	Disponibilidad	El operador tiene influencia en la disminución de la disponibilidad de las selladoras 4 y 5	Anova de 1 factor, Diagrama de intervalos
X2: Turno	Selladora 4 Selladora 5	Disponibilidad	El Turno en el que trabajan tiene influencia en la disminución de la disponibilidad de las selladoras 4 y 5	Anova de 1 factor, Diagrama de intervalos

Fuente: Elaboración Propia

Análisis estadístico de los factores

Una vez definidas las pruebas de hipótesis de verificación, se continuó con el análisis de factores mediante el uso del Software Estadístico Minitab 17.

Análisis de factores para la selladora 4

X1: Operador

Para determinar si el factor operador genera influencia sobre la disponibilidad de la selladora 4, se hizo un análisis por medio de un Análisis de varianza de 1 solo factor, en el que, para una prueba de hipótesis **H0: todas las medias son iguales vs H1: por lo menos una media es diferente** con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y valor p igual a 0.073. Se concluye que no tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar H0, por lo tanto el factor operador no tiene ninguna influencia sobre la disponibilidad de la selladora 4 como se muestra en la Figura 2.7:

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Operador	9	0,8014	0,08904	1,83	0,073
Error	86	4,1738	0,04853		
Total	95	4,9752			

Figura 2.7 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Operador (selladora 4)

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

X1: Turno

Para determinar si el factor turno genera influencia sobre la disponibilidad de la selladora 4, se hizo un análisis por medio de la herramienta ANOVA de 1 solo factor, en el que, para una prueba de hipótesis **H0: todas las medias son iguales vs H1: por lo menos una media es diferente** con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y valor p igual a 0.410. Se concluye que no tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar H0, por lo tanto el factor turno no tiene ninguna influencia sobre la disponibilidad de la selladora 4 como se muestra en la Figura 2.8:

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Turno	2	0,1044	0,05220	0,90	0,410
Error	100	5,8061	0,05806		
Total	102	5,9105			

Figura 2.8 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Turno (selladora 4)

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

Análisis de factores para la selladora 5

X1: Operador

Para determinar si el factor operador genera influencia sobre la disponibilidad de la selladora 5, se hizo un análisis por medio de la herramienta ANOVA de 1 solo factor, en el que, para una prueba de hipótesis **H0: todas las medias son iguales vs H1: por lo menos una media es diferente** con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y valor p igual a 0.094. Se concluye que no tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar H0, por lo tanto el factor operador no tiene ninguna influencia sobre la disponibilidad de la selladora 5 como se muestra en la Figura 2.9:

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Operador	15	0,5701	0,03801	1,61	0,094
Error	68	1,6053	0,02361		
Total	83	2,1754			

Figura 2.9 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Operador (selladora 5)

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

X1: Turno

Para determinar si el factor turno genera influencia sobre la disponibilidad de la selladora 5, se hizo un análisis por medio de la herramienta ANOVA de 1 solo factor, en el que, para una prueba de hipótesis **H0: todas las medias son iguales vs H1: por lo menos una media es diferente** con nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y valor p igual a 0.277. Se concluye que no

tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar H0, por lo tanto el factor turno no tiene ninguna influencia sobre la disponibilidad de la selladora 5 como se muestra en la Figura 2.10:

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Turno	2	0,06796	0,03398	1,31	0,277
Error	81	2,10746	0,02602		
Total	83	2,17542			

Figura 2.10 Análisis de Varianza para Disponibilidad vs Turno (selladora 5)

Fuente: Software Minitab

Elaboración Propia

A continuación en la Tabla 2.8, se muestra el resumen de los resultados de las pruebas de verificación con sus respectivas conclusiones basadas en el estadístico de prueba:

Tabla 2.8 Tabla resumen de análisis

Factor	Herramienta usada	Valor P	Conclusión	Si el factor incrementa
X1: Operador	Gráfico de intervalos, ANOVA de 1 solo factor	Selladora 4 = 0,073 Selladora 5 = 0,094	H0 para el operador no se rechaza, no hay suficiente evidencia estadística para concluir que el Operador tiene influencia sobre mi disponibilidad	No influye
X2: Turno	Gráfico de intervalos, ANOVA de 1 solo factor	Selladora 4 = 0,410 Selladora 5 = 0,277	H0 para el operador no se rechaza, no hay suficiente evidencia estadística para concluir que el turno en el que se trabaja tiene influencia sobre mi disponibilidad	No influye

Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Resultados estudio G.T.T.

Analizando los datos tomados se decidió dividir los tiempos de trabajo en productivos y no productivos, este último está conformado por tiempos de calibración y paros de máquina como se puede observar en las Tablas 2.9 y 2.10 junto al resultado del estudio para la selladora 4 y 5 respectivamente:

Tabla 2.9 Resultados G.T.T selladora 4

Elementos	Porcentaje de tiempo		
	Paros no programados	58%	Tiempo no productivo
Calibración	12%		
Producción de fundas	30%	Tiempo productivo	30%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.10 Resultados G.T.T selladora 5

Elementos	Porcentaje de tiempo		
	Paros no programados	22%	Tiempo no productivo
Calibración	19%		
Producción de fundas	59%	Tiempo productivo	59%

Fuente: Elaboración Propia

Las causas más frecuentes evidenciadas en el estudio G.T.T se encuentran detalladas, a continuación, en las Tablas 2.11 y 2.12 para la selladora 4 y 5 respectivamente:

Tabla 2.11 Causas evidenciadas en el estudio G.T.T. (selladora 4)

Causas de paros de máquina	Número de observaciones	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Doblar y guardar fundas en paquetes grandes	371	54%	54%
Arreglar fallos de máquina	90	13%	67%
Escribir o ver hojas de producción	79	11%	78%
Pruebas de calidad (llenar la hoja)	68	10%	88%
Conversar/Ocio/Observar	46	7%	94%
Almuerzo (no hay relevo)	39	6%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2.12 Causas evidenciadas en el estudio G.T.T. (selladora 5)

Causas de paros de máquina	Número de observaciones	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Equivocación de rollo de producción	44	28%	28%
Falla de calibración	39	24%	52%
Corte de energía	21	13%	65%
Buscar herramientas para arreglar fallo	15	9%	74%
Buscar supervisor	14	9%	83%
Pruebas de calidad	14	9%	92%
Fallo mecánico (Cuchilla deo de cortar)	13	8%	100%

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 Búsqueda de causas potenciales

En esta sección se usaron las herramientas de Diagrama Causa-Efecto, matriz AMEF, y la técnica de los “5 ¿Por qué?”, todo esto siguiendo el esquema que se muestra, a continuación, en la Figura 2.11:

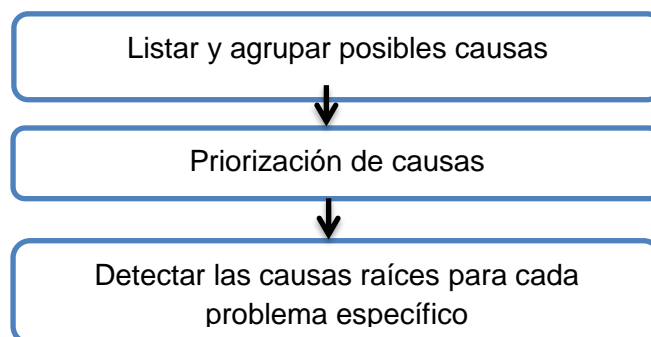


Figura 2.11 Esquema a seguir para la detección de causas potenciales

Fuente: Elaboración Propia

Listar y agrupar causas potenciales

El 7 de diciembre del 2016, se llevó a cabo una reunión que tuvo como objetivo generar ideas y opiniones para encontrar causas potenciales que afecten directa o indirectamente a los paros de máquina, además complementar y confirmar las causas ya encontradas en el análisis G.T.T.

A continuación, en la Figura 2.12 se observa la reunión de lluvia de ideas:



Figura 2.12 Reunión de Lluvia de Ideas

Fuente: Elaboración Propia

La reunión fue conformada por nosotros como encargados del proyecto y por personas involucradas directamente en el proceso de sellado nombradas a continuación.

- Supervisor de Producción
- Coordinador de Producción
- Operador Ajustador
- Analista de calidad

Después de haber identificado las causas, se procedió a agruparlas y organizarlas de una forma clara por medio del Diagrama Causa-Efecto, usando las 4 M's (Máquina, Materiales, Mano de obra y Método), como se muestra a continuación en la Figura 2.13:

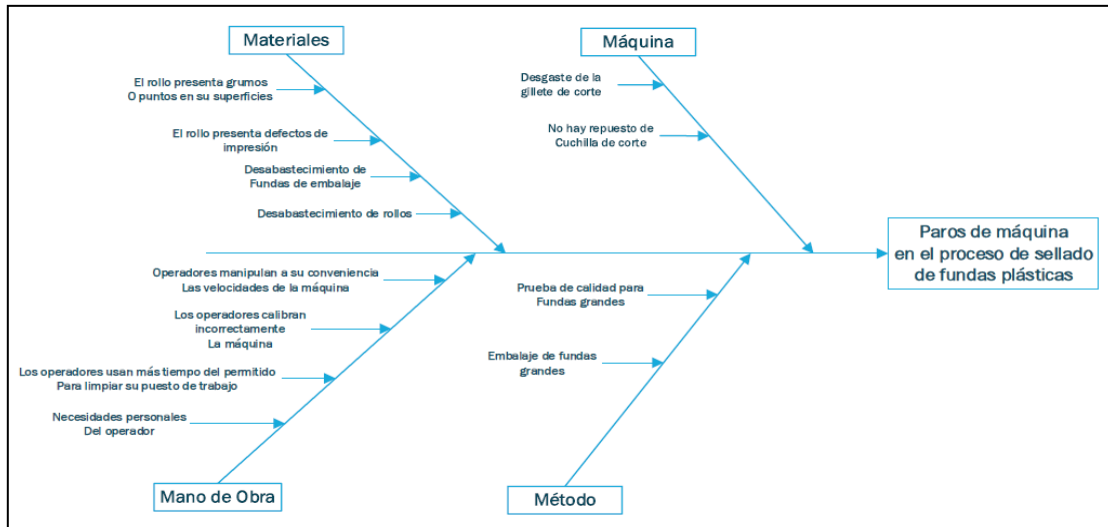


Figura 2.13 Diagrama causa-efecto de paros no programados

Fuente: Elaboración Propia

Priorización de causas

Para profundizar el análisis, se procedió a buscar factores influyentes durante el proceso de sellado con el objetivo de encontrar causas comunes y darles priorización mediante la matriz de Análisis de Modo y Efecto de la Falla (AMEF). Las funciones que serán analizadas son propias y externas al proceso sellado fundas y se muestran a continuación:

- Calibración de selladora
- Proceso de sellado de fundas
- Embalaje de producto
- Y procesos externos al mismo
- Extrusión
- Impresión
- Planificación de producción

Los valores para los factores de Severidad, Ocurrencia y Detección fueron establecidos por el personal de planta involucrado en cada proceso, para de esa manera obtener las causas significativas que tengan el mayor Número Prioritario de Riesgo (NPR). A continuación, en la Tabla 2.13 se pueden observar todas las causas priorizadas:

Tabla 2.13 Causas priorizadas del AMEF

	CAUSAS	NPR
1	No se respetan políticas con respecto a los tiempos de entrega	343
2	Demoras en calibración por falta de herramientas	300
3	Desabastecimiento de fundas de embalaje	240
4	Operadores calibran incorrectamente las máquinas	225
5	No se encuentra estandarizado un plan de mantenimiento preventivo	200
6	El rollo presenta manchas de impresión en su superficie	168
7	Operadores manipulan a su conveniencia las velocidades de las máquinas	96
8	El rollo presenta grumos y puntos en su superficie	60
9	Desgaste apresurado de gillete	36
10	Forma incorrecta de trabajo para embalar fundas	28

Fuente: Elaboración Propia

En el Apéndice C podrán ver la matriz AMEF con todas las causas de una manera más detallada.

Matriz de selección de causas

Después de tener un esquema de ideas más claras y enfocadas, obtenidas de la herramienta G.T.T., del diagrama causa efecto y de la matriz AMEF; se procedió a ubicarlas en la matriz de selección de causas potenciales. A continuación, en la Tabla 2.14 tenemos la lista de todas las causas potenciales de paros de máquina:

Tabla 2.14 Lista de causas potenciales

	CAUSAS
1	Prueba de calidad de fundas grandes.
2	Operadores manipulan a su conveniencia la velocidad de la máquina.
3	Los operadores calibran incorrectamente la máquina.
4	El rollo presenta grumos y puntos en su superficie.
5	El rollo presenta fallas de impresión.
6	Desabastecimiento de rollos para sellado.
7	Desabastecimiento de fundas de embalaje.
8	Desgaste de la cuchilla de corte.
9	Los operadores detienen la máquina 30-40 minutos antes de que acabe el turno.
10	Necesidades personales del operador.
11	No se respetan las políticas con respecto a los tiempos de entrega.
12	Demoras en calibración por falta de herramientas y accesorios.
13	No se encuentra estandarizado un plan de mantenimiento preventivo a las selladoras.
14	Los operadores emplean una forma incorrecta de trabajo para embalar fundas grandes.

Fuente: Elaboración Propia

Esta matriz tiene dos ejes de priorización por una parte mide el impacto de la causas sobre nuestra variable Y (disponibilidad) y el otro eje representa que tan controlable es la causa en estos momentos. Todo esto con la finalidad de priorizar nuestros esfuerzos en mejoras enfocadas que tengan un alto impacto al momento de solucionarlas. La Figura 2.14 muestra la clasificación de las causas siguiendo el modelo explicado anteriormente:

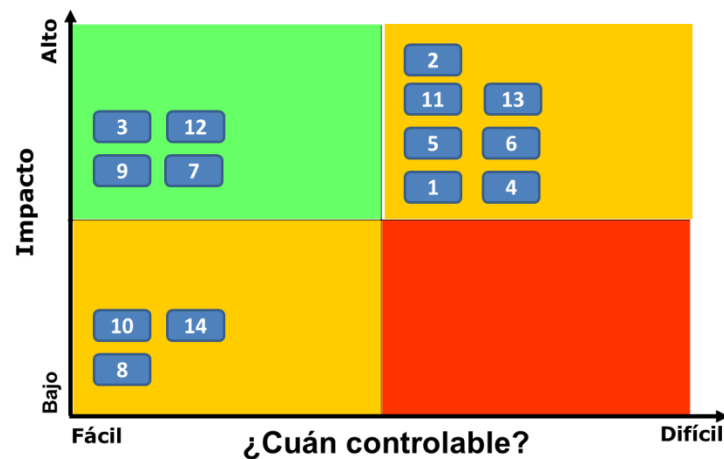


Figura 2.14 Cuadro de selección de causas potenciales

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Alto Impacto- Difícil de controlar**

1. Prueba de calidad de fundas grandes.
2. Operadores manipulan a su conveniencia la velocidad de la máquina.
3. Los operadores calibran incorrectamente la máquina.
4. El rollo presenta grumos y puntos en su superficie.
5. El rollo presenta fallas de impresión.
6. Desabastecimiento de rollos para sellado.
11. No se respetan las políticas con respecto a los tiempos de entrega.
13. No se encuentra estandarizado un plan de mantenimiento preventivo a las selladoras.

✓ **Alto Impacto- Fácil de Controlar**

7. Desabastecimiento de fundas de embalaje.
8. Desgaste de la cuchilla de corte.
9. Los operadores detienen la máquina 30-40 minutos antes de que acabe el turno para limpiar su puesto de trabajo.
12. Demoras en calibración por falta de herramientas y accesorios.

✓ **Bajo Impacto- Fácil de Controlar**

10. Necesidades personales del operador.
14. Los operadores emplean una forma incorrecta de trabajo para embalar fundas grandes.

Detección de causas raíces.

En esta sección se encontrarán las causas raíces por medio de la herramienta de los 5 ¿por qué?, a cada una de las causas ubicadas en el cuadrante superior izquierdo, que son aquellas que tendrán un alto impacto si se llegan a solucionar y a su vez son fácilmente controlables.

A continuación, en la Figura 2.15 se podrá observar un ejemplo de la aplicación de la técnica de los 5 ¿por qué? para encontrar las causas raíces:

Ronda 1		Ronda 2		Ronda 3		Ronda 4		Ronda 5		Causa Raíz
Por qué el porcentaje de paros de máquina es alto en el área de sellado?		Por qué existen demoras en la calibración de la máquina?		Por qué los operadores ajustadores se demoran en buscar las herramientas y accesorios necesarios para calibrar la máquina?		Por qué los ajustadores no tienen accesibilidad a todas las herramientas y accesorios para calibrar				
Porque existen demoras en la calibración de las máquinas	Sí	Porque los operadores ajustadores se demoran en buscar las herramientas y accesorios necesarios para calibrar la máquina	Sí	Porque los ajustadores no tienen accesibilidad a todas las herramientas y accesorios para calibrar	Sí	Porque no todos los ajustadores han sido abastecidos con las herramientas y accesorios necesarios	No			
						Porque los ajustadores no comparten las herramientas entregadas por la empresa	Sí			Cultura de trabajo
								Por qué los operadores esconden las herramientas y accesorios necesarios para calibrar?		
						Porque los operadores esconden las herramientas y accesorios necesarios para calibrar	Sí	Porque quieren tener todos los materiales a su alcance ya que no existe un lugar determinado donde puedan encontrarlos con seguridad.		No hay un lugar determinado en donde se pueda controlar el uso y cuidado de las herramientas y accesorios de calibración

Figura 2.15 Detección de causa raíz en las demoras de calibración por buscar herramientas y accesorios

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 2.15, se podrán observar las causas raíces encontradas a cada uno de los factores potenciales elegidos que afectan a la disponibilidad:

Tabla 2.15 Causas raíces encontradas por medio de la técnica de los 5 ¿Por qué?

Causas Potenciales	Causa Raíz
Desabastecimiento de fundas de Embalaje	No existe el suficiente stock de fundas de embalaje
Desgaste en la cuchilla (gillete) de corte	El equipo está diseñado de esa forma. No hay cuchillas en el mercado que se ajusten
Los operadores usan más tiempo del permitido para limpiar su puesto de trabajo.	Cultura de Trabajo
Demoras en calibración por falta de herramientas y accesorios.	Cultura de Trabajo. No hay un lugar determinado en donde se pueda controlar el uso y cuidado de las herramientas y accesorios de calibración

Fuente: Elaboración Propia

Los análisis de los 5 ¿por qué? de las causas potencialmente influyentes en la disponibilidad y a su vez controlables, se pueden encontrar adjuntos en el Apéndice D del documento.

2.3 Implementación de soluciones

2.3.1 Priorización de posibles soluciones

Para cada una de las causas potenciales que afectan la disponibilidad, descritas anteriormente en la Tabla 2.15, se enlistaron varias soluciones que se priorizaron de acuerdo a la factibilidad de implementación. Ésta priorización se dio mediante la calificación de 2 factores, Costo y Esfuerzo, cuya multiplicación da como resultado la factibilidad como se indica, a continuación, en la Tabla 2.16:

Tabla 2.16 Calificación para priorización de potenciales soluciones

	ALTO	MEDIO	BAJO
COSTO	1	3	5
X	DIFICIL	MEDIO	FÁCIL
ESFUERZO	1	3	5
=	RECHAZO	ANALIZO	IMPLEMENTO
FACTIBILIDAD	$1 < F < 9$	$9 < F < 15$	25

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Tabla 2.17 se detallan todas las posibles soluciones con sus respectivas calificaciones:

Tabla 2.17 Tabla de selección de propuestas de mejora de acuerdo a su factibilidad

Causas	Posibles Soluciones	Comentario	C	E	F	
Desabastecimiento de Fundas de Embalaje	Reorganizar percha de fundas de embalaje	Reubicar la percha de fundas de embalaje, cortarla por la mitad para que quepa, dividirla en cubículos para diferentes tamaño de fundas de embalaje, pintar semáforo para controlar el abastecimiento	5	5	25	
	Estandarizar proceso de abastecimiento de fundas de embalaje		5	5	25	
	Ingresar la producción de fundas de embalaje dentro de la planificación general entre todas las áreas		5	1	5	
Demoras en calibración por no tener herramientas y accesorios a la mano	Entregar una caja de herramientas a cada uno de los tres calibradores		5	3	15	
	Establecer un lugar para los accesorios de calibración en donde se mantenga el orden de los mismos	Accesorios: perforadores	5	5	25	
	Establecer un registro de control de uso para los accesorios de calibración		5	1	5	
Desgaste de la cuchilla (gillete) de corte	Designar a un responsable que corte las cuchillas con anticipación		5	5	25	
	Comprar cuchillas que se adapten al sistema de la selladora	Se debe buscar en el mercado para cerciorarse de que existan esas cuchillas	1	5	5	
	Adaptar el sistema de sellado a las cuchillas existentes	Investigar la factibilidad y el costo	1	1	1	
Los operadores usan más tiempo del permitido para limpiar su puesto de trabajo al final del turno	Estandarizar el proceso de cambio de turno	Estandarizar tiempos para realizar cada actividad	5	3	15	
	Establecer un lugar de almacenamiento y un método de control de uso para los materiales de limpieza	Usar tarjetas con nombre de operadores para poder usar los materiales	5	1	5	
	Estandarizar tiempos para realizar cada actividad		5	5	25	

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2 Implementación de soluciones

Para cada una de las soluciones planteadas y escogidas, se asignó un responsable, se indicó ¿Cómo? se iba a proceder, el ¿Por qué? de implementarla y una fecha límite para su realización.

En la tabla 2.18 se presenta la información correspondiente para el desabastecimiento de fundas de embalaje:

Tabla 2.18 Descripción de mejoras para el desabastecimiento de fundas de embalaje

Causa	Desabastecimiento de fundas de embalaje.
Solución 1	Reorganizar la percha de fundas de embalaje.
Por qué?	Porque actualmente la percha no es de ayuda para los operadores del área de sellado ya que no la usan porque en primer lugar el acceso a ésta se dificulta porque el torno impide el paso, las fundas están desordenadas y sin rotulación, existen otros materiales externos almacenados en la percha.
Cómo?	Reubicar la percha en un lugar donde los operadores tengan una mejor accesibilidad a ésta. Para que la percha pueda caber en el nuevo lugar de ubicación se tuvo que cortar; se dispone también a cerrarla con láminas de metal por la parte atrás y por los lados para que las fundas no se dispersen o se caigan; se procedió también a realizar compartimientos para los tamaños de fundas de embalaje establecidos y por último pintar en cada uno un semáforo que indique el desabastecimiento en cada tipo de funda.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	17/01/2017
Responsable	Analista de Calidad y asistente de mantenimiento.
Costo	\$240,00
Solución 2	Estandarizar el proceso de abastecimiento de fundas de embalaje.
Por qué?	Aunque la percha esté ordenada, en el lugar adecuado con los rótulos correctos no ayudará a evitar los paros de máquina si no hay un proceso de abastecimiento estandarizado en donde se fijen cantidades y el tiempo de reposición de acuerdo a la demanda que haya en fundas para sellar.
Cómo?	En primer lugar, se definen medidas específicas de fundas de embalaje para producir ya que actualmente existe mucha diversidad en ellas cuyo ancho y largo solo difieren con dos o tres milímetros de más. Seguido de esto, se determinará la cantidad que se debe reponer cada mes para cada una de estas medidas para de esa manera trabajar en la cultura y método de trabajo de los operadores para que embalen con las fundas disponibles. Y por último se asignará un encargado de producirlas cada vez que la percha necesite ser abastecida, en nuestro caso, se piensa que el más indicado para esta tarea sea el embalador al inicio de cada turno en una máquina dispuesta por el supervisor de producción. Se notificará dentro de capacitaciones al personal sobre este cambio.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y responsables del proyecto
Costo	\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

A continuación en las Figuras 2.16 y 2.17, se podrán observar los resultados de las mejoras implementadas para la percha de fundas de embalaje:



Figura 2.16 Percha de embalaje antes de la implementación de las mejoras

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2.17 Percha de embalaje después de la implementación de mejoras

Fuente: Elaboración Propia

La política de inventario establecida está basada en el modelo EOQ con demanda variable como se explica a continuación:

Características:

- ✓ Demanda basada en datos históricos.
- ✓ Cantidades a ordenar basadas en costos.
- ✓ Cantidades a ordenar actualmente limitada por la capacidad de la estantería.
- ✓ Revisión continua de inventario.

Selección de fundas de embalaje

Analizando las demandas de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre del 2016 se obtuvieron 9 tipos de fundas que sirven para el embalaje de toda la producción de esos meses. En la Tabla 2.19, se observan las fundas con sus respectivas dimensiones:

Tabla 2.19 Dimensiones de fundas seleccionadas para la estantería

Ancho (mm)	Largo (mm)	CLIENTES	No. De Fundas (Embalaje)
350	950	Solubles, Amcor, El cafe, y fundones que se hacen en la ext #1	4800
285	950	Danec Sancela	2000
300	400	Zaimella medidas pequeñas	2000
350	650	Zamella medidas grandes	6000
230	450	Liris, Tiosa, Pesa	10000
250	700	Otello, Zaimella, Sancela, OMarsa, Surindu	10000
180	450	Camisetas, Pesa, Indecaucho	6000
150	250	Rio store	1000
235	690	Liris	100

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de costos de inventario:

Costos por ordenar un pedido

Para determinar estos costos nos basamos en información entregada por la empresa:

Para determinar este costo se usó la ecuación; Costo por ordenar = Costo de extrusión + Costo de suministros, el costo de sellado se lo estima en 0.

En la Tabla 2.20, se observan los costos detallados para cada tipo de funda para embalaje:

Tabla 2.20 Costos por ordenar de fundas de embalaje

ANCHO	LARGO	Costo Extrusión (\$/kg)	Costo Sellado (\$/kg)	Costo Insumos (\$/kg)	Costo por ordenar (\$/pedido)
330	950	\$ 2.432,40	\$ -	\$ 22,90	\$ 2.455,30
285	950	\$ 887,35	\$ -	\$ 10,54	\$ 897,89
300	400	\$ 812,90	\$ -	\$ 11,94	\$ 824,84
350	650	\$ 4.196,74	\$ -	\$ 54,74	\$ 4.251,48
230	450	\$ 939,11	\$ -	\$ 5,13	\$ 944,24
250	700	\$ 1.045,21	\$ -	\$ 20,00	\$ 1.065,21
180	450	\$ 489,00	\$ -	\$ 130,17	\$ 619,17
150	250	\$ 219,81	\$ -	\$ 8,52	\$ 228,33
235	690	\$ 736,31	\$ -	\$ 36,24	\$ 772,55

Fuente: Elaboración Propia

Costos de almacenamiento

Estos costos fueron determinados por el costo de la estantería y por el espacio que ocupa en metros cuadrados dentro de la compañía.

En la Tabla 2.21, se observan detalladamente como se obtuvieron los valores por medio de la amortización de estos activos:

Tabla 2.21 Costos de activos para almacenamiento

Activos	Vida útil (años)	Precio \$	Amortización por año	Amortización por mes
Terreno	20	\$ 560,00	\$ 28,00	\$ 2,33
Estantería	10	\$ 240,00	\$ 24,00	\$ 2,00
TOTAL			\$ 52,00	\$ 4,33

Fuente: Elaboración Propia

Después de obtener el costo total de los activos por mes, se determinó finalmente los costos asociados de almacenar cada tipo de funda, como se observa a continuación en la Tabla 2.22:

Tabla 2.22 Costos de almacenamiento para fundas de embalaje

ANCHO	LARGO	Peso (Kg/funda)	Cantidad de fundas	Kg	%	Costos de Almacenar
330	950	0,307	4800	1473,6	44,3%	\$ 1,9178
285	950	0,1551	2000	310,2	9,3%	\$ 0,4037
300	400	0,0581	2000	116,2	3,5%	\$ 0,1512
350	650	0,075	6000	450	13,5%	\$ 0,5857
230	450	0,0368	10000	368	11,1%	\$ 0,4789
250	700	0,0586	10000	586	17,6%	\$ 0,7626
180	450	0,0038	6000	22,8	0,7%	\$ 0,0297
150	250	0,0022	1000	2,2	0,1%	\$ 0,0029
235	690	0,0062	100	0,62	0,0%	\$ 0,0008

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se procedió a la obtención de la Cantidad óptima de pedido y el punto de Re-orden de la política de inventario, mediante las ecuaciones 2.1 y 2.2 respectivamente:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.1)$$

$$ROP = D \times TE \times z(S'd) \quad (2.2)$$

Dónde:

D: Demanda mensual

S: Costo por ordenar

H: Costo de almacenamiento

TE: Tiempo de reposición

Z: Probabilidad de tener stock

S'd = $Sd\sqrt{TE}$: Sd: Desviación estándar

A continuación, en la Tabla 2.23 se observan los resultados obtenidos para Q (cantidad óptima de pedido) y ROP (punto de re orden):

Tabla 2.23 Valores de Q y ROP para la política de inventario para las fundas de embalaje

ANCHO	LARGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	DEMANDA	ROP	ROP FINAL	Q
330	950	808,65	4800	1736,75	1800	4401
285	950	323,27	2000	718,63	750	3744
300	400	440,46	2000	761,64	800	5863
350	650	1484,90	6000	2344,91	2500	11716
230	450	1714,38	10000	3629,13	4000	7882
250	700	1697,35	10000	3622,88	4000	6635
180	450	807,25	6000	2096,23	2500	19864
150	250	468,46	1000	471,91	500	15853
235	690	609,48	3000	1123,66	1200	95142

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 2.24, se presenta la descripción de la mejora para las demoras en la calibración por falta de herramientas y accesorios:

Tabla 2.24 Descripción de las mejoras para las demoras en la calibración por falta de herramientas y accesorios

Causa	Demoras en calibración por no tener herramientas y accesorios a la mano.
Solución 1	Entregar una caja de herramientas a cada uno de los tres calibradores.
Por qué?	Porque los operadores ajustadores pierden tiempo en buscar sus herramientas para poder realizar su trabajo, así mismo, revisando los registros de entrega de herramientas se observa que uno de ellos no ha sido abastecido de éstas en ningún momento.
Cómo?	Se coordinó con los ajustadores que realicen una lista con todas las herramientas que necesiten y no tengan, para seguido de esto comprobar con el registro si han sido entregadas anteriormente por la empresa a ellos. Comprobar también el estado de alguna herramienta que el ajustador esté solicitando por el deterioro en que se encuentre.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y asistente de compras.
Costo	\$0,00

Solución 2	Establecer un lugar para los accesorios de calibración en donde se mantenga el orden de los mismos.
Por qué?	Específicamente para los perforadores que son accesorios pequeños, actualmente no tienen un lugar fijo de almacenamiento para lo que los ajustadores han tenido que improvisar en un recoveco de una máquina donde están a expensas de cualquier persona y en donde no se mantiene un orden y cuidado para estas piezas. Estos accesorios se pierden y se dañan con facilidad causando que los ajustadores pierdan tiempo en buscarlas cada vez que son requeridas en una calibración.
Cómo?	Establecer un lugar para almacenar los perforadores en su respectivo empaque y por disposición superior sólo tengan acceso a éstos los ajustadores del área y que sean ellos los que velen por su cuidado y orden. Se notificará dentro de capacitaciones al personal sobre este cambio.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y asistente de compras.
Costo	\$0,00

Elaboración: Fuente Propia

En el área de sellado se trabajaban 3 turnos para los cuales se contaba con tres operadores calibradores. Se encontró en los registros que a uno de ellos no se le había entregado ninguna herramienta durante el tiempo que lleva trabajando en la empresa, lo cual es un factor influyente para las demoras en la calibración.

Durante la etapa de implementación, la empresa tomó como resolución que se elimine un turno de trabajo del área y que se distribuya el personal acorde a los nuevos cambios, por lo que se envió a uno de los calibradores al área de mantenimiento dejando a sellado solo con dos; de acuerdo al jefe de calidad y producción las herramientas de éste operador se transferirían para que todos estén abastecidos con los materiales de trabajo necesarios, pero hasta la finalización del proyecto ese hecho no fue concretado. Por lo cual, se concluye que las mejoras planteadas para este problema no pudieron ser implementadas.

A continuación, se observa las mejoras implementadas para la segunda solución planteada, que indica la entrega de una caja de metal para organizar los accesorios de calibración y que asegure su cuidado a través del tiempo, como se observa en la Figura 2.18:



Figura 2.18 Caja de meta entregada a calibradores para almacenar accesorio

A continuación en la Tabla 2.25, se describen las mejoras para cuando se desgasta la cuchilla (gillete) de corte:

Tabla 2.25 Descripción de las mejoras para el desgaste de la cuchilla de corte

Causa	Desgaste de la cuchilla (gillete) de corte.
Solución 1	Designar a un responsable que corte las cuchillas con anticipación.
Por qué?	Porque al momento en que se dañan estas piezas y necesitan ser reemplazadas, el operador de la máquina debe detener la máquina, no sólo para cambiarla, sino que en ese momento debe ir también a cortar los bordes de la cuchilla para que quepa en el sistema de la selladora causando que la máquina esté detenida más tiempo.
Cómo?	Se dispone al ajustador que tenga cortadas las gilletes de repuesto para estas selladoras, para que cuando se desgasten, el operador de la máquina sólo tenga que cambiarla. Éste proceso no demora más de 5 minutos. Se notificará dentro de capacitaciones al personal sobre este cambio.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad.
Costo	\$0,00
Solución 2	Comprar cuchillas que se adapten al sistema de la selladora.

Por qué?	Porque al momento en que se dañan estas piezas y necesitan ser reemplazadas, el operador de la máquina debe detener la máquina, no sólo para cambiarla, sino que en ese momento debe ir también a cortar los bordes de la cuchilla para que quepa en el sistema de la selladora causando que la máquina esté detenida más tiempo.
Cómo?	Determinar las medidas de la cuchilla ya cortada y buscar si existe en el mercado, o en su defecto, verificar si el proveedor las puede entregar cortadas al mismo o a un no tan elevado precio.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y asistente de compras.
Costo	\$3,00 c/u

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2.19, se podrá observar la cuchilla que se necesita para evitar el tiempo perdido por los operadores cada vez se desgasta ya que deben dirigirse al esmeril para cortar sus bordes y así pueda ajustarse correctamente a la máquina:

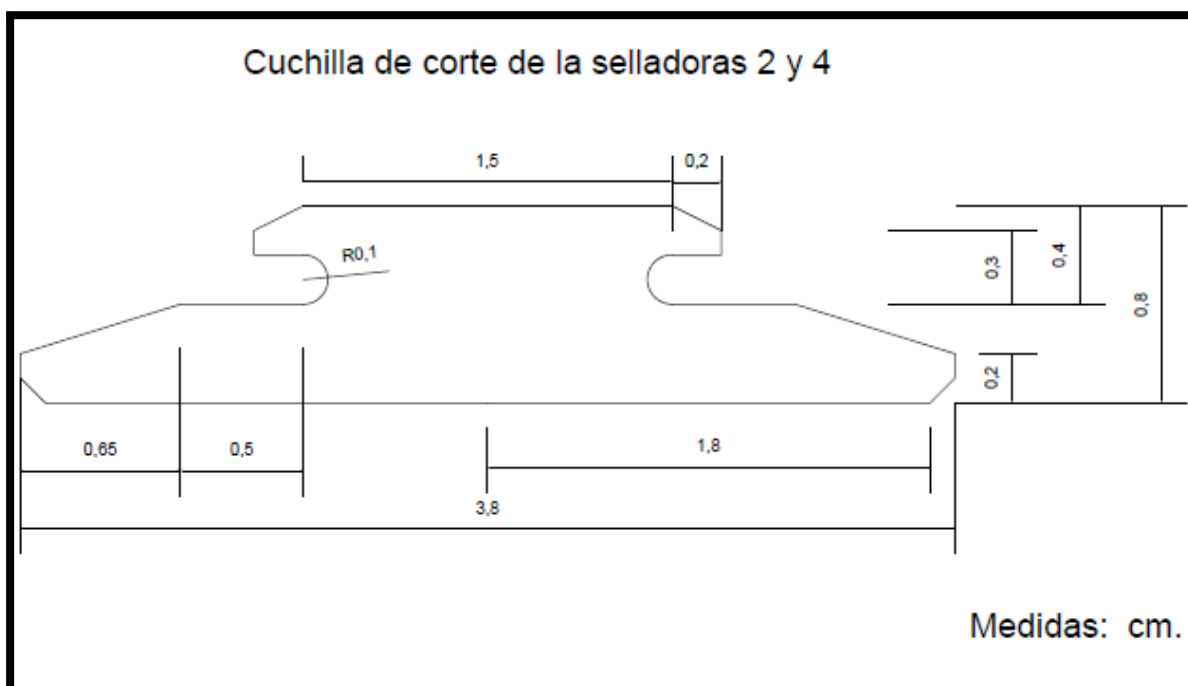


Figura 2.19 Cuchilla de corte requerida para las selladoras

Fuente: Elaboración Propia

Esta figura fue proporcionada al personal de compras de la empresa para constatar con los proveedores del mercado nacional sobre el costo que tendría esta cuchilla con los ajustes establecidos. La respuesta fue de \$3,00 cada una, lo que la empresa consideró un precio demasiado

elevado con respecto a los \$0,03ctvos que les cuesta actualmente ésta cuchilla. Por lo que se concluye que ésta mejora no pudo ser implementada.

A continuación en la Tabla 2.26, se describen las mejoras para cuando los operadores detienen la máquina treinta minutos o más antes de que el turno de trabajo se acabe:

Tabla 2.26 Descripción de mejoras para la pérdida de tiempo durante el cambio de turno

Causa	Los operadores pierden tiempo durante el cambio de turno
Solución 1	Estandarizar el proceso de cambio de turno.
Por qué?	Porque media hora antes que acabe el turno se observa que los operadores detienen la máquina para realizar actividades varias, como llenar la hoja de producción, limpiar su puesto de trabajo, entre otras. Éste tiempo es considerable para el tiempo no productivo de las máquinas.
Cómo?	Se determinará el tiempo exacto en que el operador puede detener la máquina antes de que acabe el turno, en caso de que el reemplazo del siguiente no llegue. También se determinarán las actividades específicas que deben y pueden realizar los operadores en este tiempo.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y encargados del proyecto.
Costo	\$0,00
Solución 2	Establecer un lugar de almacenamiento y un método de control de uso para los materiales de limpieza.
Por qué?	Porque los operadores se demoran buscando la escoba y la pala para limpiar su puesto de trabajo, en ocasiones, no hay suficientes de éstos materiales para todos los operadores.
Cómo?	Se hará un recuento de los artículos de limpieza entregados y si hicieran falta proveer al área con los necesarios. Se dispondrá a cerrar con candado el lugar en donde se guardan, que sólo será podrá ser abierto por el ajustador antes de que acabe el turno para que los operadores puedan realizar esta actividad.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	20/01/2017
Responsable	Analista de calidad y asistente de compras.
Costo	\$0,00

Fuente: Elaboración Propia

Estas mejoras se resumen en dos cambios determinados y empezados a implementar por la empresa. Los mayores causantes de paros de máquina durante el cambio de turno es la limpieza del puesto de trabajo que deben realizar los operadores y el pesaje del desperdicio, por lo que se determinó que la primera actividad quede a cargo del personal de limpieza y la segunda a cargo de los embaladores, de esta manera el operador no pararía la máquina hasta que llegue su reemplazo del siguiente turno.

Debido a esto, no fue necesario establecer un lugar y un método de control para los artículos de limpieza ya que las personas encargadas de ésta labor son externas al área.

Otras Causas

Se plantearon soluciones para otras causas que también son importantes de mejorar, pero a su vez, son muy difíciles de implementar y controlar.

En la siguiente Tabla 2.27, podemos observar la descripción de las mejoras para cuando los operadores aplican un método incorrecto para empacar fundas de dimensiones grandes:

Tabla 2.27 Descripción de las mejoras para cuando los operadores aplican un método incorrecto para empacar fundas de dimensiones grandes

Causa	Los operadores aplican un método incorrecto para empacar fundas de dimensiones grandes.
Solución 1	Determinar el número de operadores necesarios de acuerdo a las medidas de la funda que se desee empacar.
Por qué?	Porque en ocasiones las órdenes de producción de fundas grandes no cuentan con el personal necesario, por lo que debe apagar la máquina repetidas veces para poder embalar el producto, aumentando de esa manera los paros en el área. A su vez, las órdenes no cuentan con el número de operadores requeridos por lo que el supervisor no puede planificar organizadamente las actividades del día acorde los recursos que tenga.
Cómo?	Estandarizar las medidas de las fundas con el número de operadores que se necesiten para su producción.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	27/01/2017
Responsable	Ma. Mercedes Intriago, María José Aguilera y Jorge Segura.
Costo	\$0,00
Solución 2	Estandarizar el proceso de embalaje de fundas plásticas en caso que no puedan contar con el número de operadores requeridos.

Por qué?	Porque con el método actual con el que se trabaja se pierde mucho de tiempo de producción debido a la cantidad de tiempo que la máquina debe estar detenida.
Cómo?	Se encontrará el mejor método de embalaje para estos casos, se harán pruebas cronometradas para comprobarlo.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	27/01/2017
Responsable	María José Aguilera, Jorge Segura y Supervisores de Producción.
Costo	\$0,00

Fuente: Elaboración Propia

A continuación en la Tabla 2.28, se puede observar la estandarización de las medidas de las fundas con el número de operadores necesarios para su embalaje:

Tabla 2.28 Estandarización de las medidas de fundas con el número de operadores necesarios para su embalaje

ANCHO (mm)	LARGO (mm)	NO. OPERADORES
(100-600]	(100-1000]	1
(100-600]	(1000-2500]	1
(600-1000]	(100-1500]	1
(600-1000]	(1500-2000]	2
(600-1000]	(2000-3000]	2
(1000-1500]	(100-1000]	2
(1000-1500]	(1000-2000]	2
(1000-1500]	(2000-3000]	3

Fuente: Elaboración Propia

En el apéndice E se podrá encontrar el proceso actual de embalaje de fundas plásticas de grandes dimensiones y en el Apéndice F el nuevo proceso estandarizado y probado para el embalaje de estas fundas.

Se pudo tomar solo una muestra debido a la escasa predisposición y falta de tiempo por parte de los operadores del área; en donde con el método inicial obtuvimos un tiempo de 2 minutos y 2 segundos y con el nuevo proceso se obtuvieron 1 minuto y 30 segundos, por lo que se puede recomendar prestar especial atención a las mejoras planteadas para éste problema ya que podrían significar cambios positivos para el área.

Y por último en la Tabla 2.29, se describen las actividades a realizar para disminuir los paros de máquina por averías causadas por un mal uso:

Tabla 2.29 Descripción de la mejora para cuando los operadores calibran incorrectamente las máquinas

Causa	Los operadores calibran incorrectamente la máquina
Solución 1	Establecer un tiempo de rotación para cada operador en cada máquina, para que pueda conocer el funcionamiento de todas.
Por qué?	Porque los operadores pierden tiempo esperando al calibrado ya que a veces suele estar ocupado y cuando deciden hacer el trabajo por ellos mismos, debido a su falta de conocimiento del equipo provocan daños o averías que conllevan a que la máquina no pueda usarse en varios días laborales.
Cómo?	Cada 3 meses rotar a los operadores de máquinas, para que llegue a conocer el funcionamiento de todas.
Dónde?	Área de sellado de fundas plásticas.
Cuándo?	27/01/2017
Responsable	Planificación, María José Aguilera y Jorge Segura.
Costo	\$0,00

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Para determinar el impacto que tuvieron las implementaciones en las selladoras 4 y 5, se realizó nuevamente el estudio G.T.T para comparar los tiempos productivos y no productivos obtenidos antes y después de la implementación. Los resultados se pueden observar en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1 Resultados obtenidos del G.T.T. después de la implementación

		SELLADORA 4		SELLADORA 5	
		ÁNTES	DESPUÉS	ÁNTES	DESPUÉS
Paros	T. No Productivo	70%	30%	41%	22%
Calibración					
Tiempo de producción	T. Productivo	30%	70%	59%	78%

Fuente: Elaboración Propia

Se observan resultados muy positivos ya que los tiempos productivos de las selladoras 4 y 5 aumentaron un 40% y un 19%, respectivamente.

Test de Equivalencias

Se utilizó el Software Minitab 17 para realizar el test de equivalencias, que consiste en comprobar estadísticamente si la media de la disponibilidad de las selladoras 4 y 5 ha aumentado o disminuido significativamente.

Para realizar este test, primero se comprueba la normalidad de los datos de disponibilidad para cada selladora. En las Figuras 3.1 y 3.2 se observan los test de normalidad:

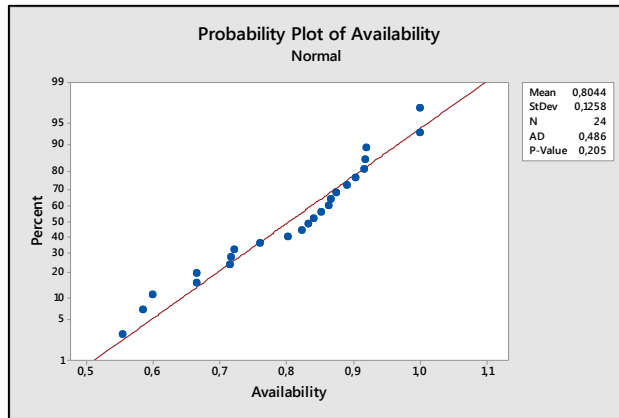


Figura 3.1 Test de normalidad para la selladora 4

Fuente: Minitab.

Elaboración Propia

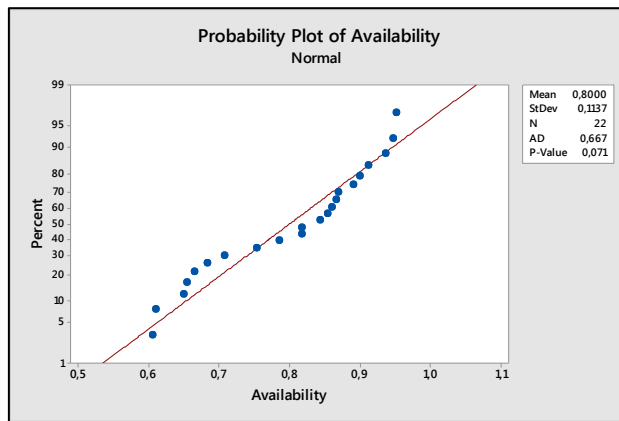


Figura 3.2 Test de normalidad para la selladora 5

Fuente: Minitab.

Elaboración Propia

Con pruebas de hipótesis:

H0: Los valores de disponibilidad siguen una distribución normal

H1: Los valores de disponibilidad no siguen una distribución normal

Con un valor P mayor a 0.05, no tenemos suficiente evidencia estadística para rechazar H0, entonces los datos siguen una distribución normal en ambas selladoras.

Al verificar que los datos siguen una distribución normal, se realizó el test de equivalencia que está dado por las siguientes pruebas de hipótesis:

H0: Media Disponibilidad (Antes) – Media Disponibilidad (Después) ≥ 0

H1: Media Disponibilidad (Antes) – Media Disponibilidad (Después) < 0

En las Figuras 3.3 y 3.4, se observa los test de equivalencia de las selladoras 4 y 5 respectivamente:

```
Test
Null hypothesis:      Mean(Antes) - Mean(Después) ≥ 0
Alternative hypothesis: Mean(Antes) - Mean(Después) < 0
α level:             0,05

DF  T-Value  P-Value
21  -4,0953  0,000

P-Value ≤ 0,05. Can claim Mean(Antes) < Mean(Después) .
```

Figura 3.3 Test de equivalencia para la Selladora 4

Fuente: Minitab.
Elaboración Propia

```
Test
Null hypothesis:      Mean(Antes) - Mean(Después) ≥ 0
Alternative hypothesis: Mean(Antes) - Mean(Después) < 0
α level:             0,05

DF  T-Value  P-Value
23  -3,9347  0,000

P-Value ≤ 0,05. Can claim Mean(Antes) < Mean(Después) .
```

Figura 3.4 Test de equivalencia para la Selladora 5

Fuente: Minitab.
Elaboración Propia

Obteniendo valores P menores a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, entonces se concluye que la media de Disponibilidad (después), estadísticamente es mayor a la media de Disponibilidad (antes) para ambos casos, por lo que podemos decir que las implementaciones tuvieron un impacto significativo en la disponibilidad de ambas selladoras.

En los diagramas de cajas mostrados en las Figuras 3.5 y 3.6, se puede observar gráficamente cómo ha aumentado la disponibilidad y se ha podido, inclusive, disminuir la variabilidad de la misma.

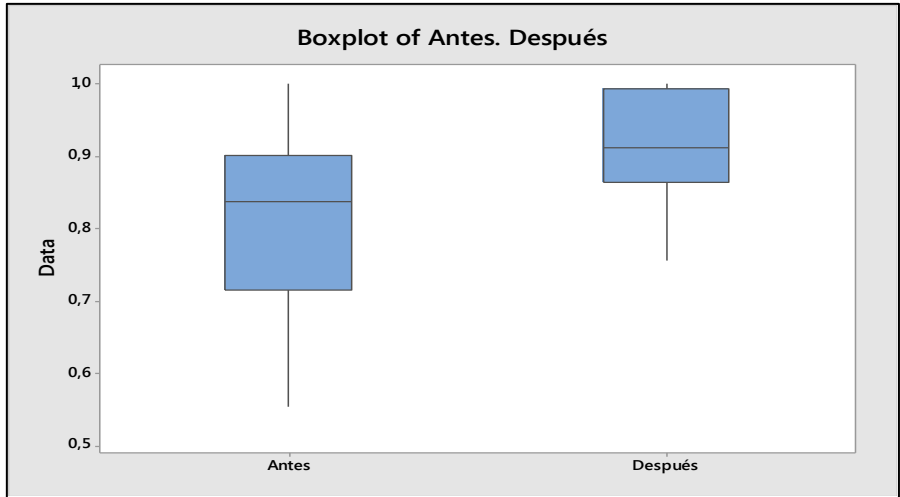


Figura 3.5 Diagrama de cajas de disponibilidad de la selladora 4

Fuente: Minitab.
Elaboración Propia

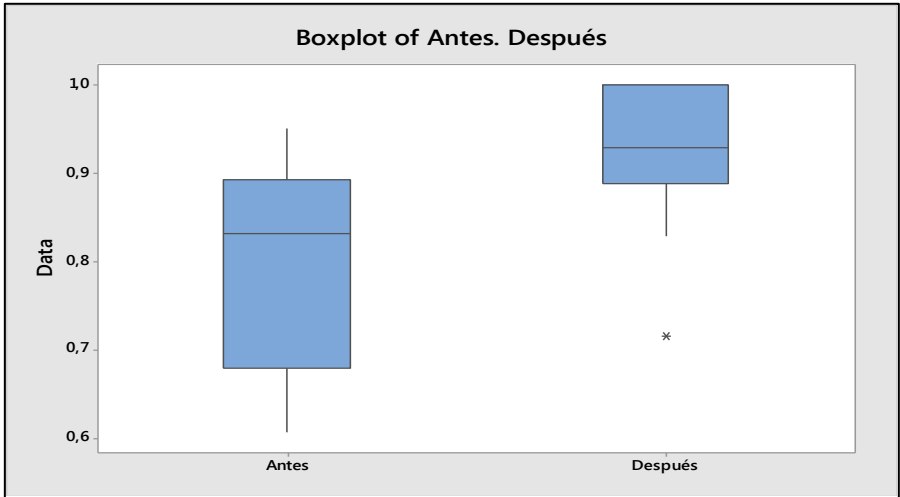


Figura 3.6 Diagrama de cajas de disponibilidad de la selladora 5

Fuente: Minitab.
Elaboración Propia

La disponibilidad promedio aumentó en la selladora 4 un 12% y en la selladora 5 un 13%.

Análisis Costo-Beneficio.

A continuación en la Tabla 3.2, se describe todos los gastos incurridos para la implementación de las mejoras:

Tabla 3.2 Costos de inversión para la implementación

Inversión	
Lista	Costo
Percha para fundas	\$ 240,00
Caja de herramienta	\$ 94,00
Pintura Roja	\$ 4,50
Candado	\$ 5,00
Capacitaciones	\$ 88,00
Total	\$ 431,50

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo una inversión total de \$ 431.50 y para continuar con el análisis, se detallaron los tiempos de producción perdidos en el mes antes de implementarse las mejoras los cuales, ahora, podrán convertirse en tiempos productivos, como lo indica la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Tiempos de producción perdidos antes de la implementación

Actividades	Tiempo (minutos)	Frecuencia Mensual	Tiempo Total (minutos)
Tiempo de producción de fundas de embalaje	175	6	1050
Tiempo de cambio de turno	30	20	1200
			2250

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar y obtener el total de ganancias que se tendrán por mes después de la implementación, se utilizaron datos como: los kilogramos de producto terminado por hora en las selladora 4 y 5 y la utilidad referencial a 1 Kg de producto terminado. A continuación se detallan estos datos:

- ✓ Producción mensual en la selladora 4 y 5 = 61620 Kg
- ✓ Producción por hora en la selladora 4 y 5= 128.4 Kg
- ✓ Utilidad referencial a 1 Kg de producto vendido = \$ 1.7

Estos datos fueron obtenidos por medio de la información de los reportes de producción diarios, en donde se indica los tiempos perdidos y la cantidad producida (kg) en cada turno.

Con estos datos y el tiempo de producción de 2250 minutos (37.5 horas) que se recuperarían cada mes, se obtiene un valor total de ganancias de \$ 8231,64 al mes. Esto quiere decir que nuestra inversión inicial de \$ 431,50, se recuperaría en las utilidades producidas del mes siguiente.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

1. Mediante la aplicación de la metodología seis sigma conjuntamente con el uso de sus técnicas asociadas como las 5S, diagrama causa efecto, políticas de inventario, entre otras, se pudo aumentar la disponibilidad de las selladoras 4 y 5 un 12% y un 13% respectivamente mediante la reducción de los paros que presentaban.
2. Con el análisis de los reportes de producción del área de sellado se pudieron analizar los índices de disponibilidad iniciales que presentaban las máquinas y a su vez las que reportaban más paros de máquina.
3. Las máquinas 4 y 5 se identificaron como las más críticas en el área ya que al tener entre ambas el 52.9% de paros del área se concluyó que son las que más afectarían a la disponibilidad.
4. Con ayuda de las herramientas exploratorias y el desarrollo de la metodología G.T.T. se pudieron identificar las causas más influyentes que afectaban a las disponibilidad de las selladoras 4 y 5.
5. Se propusieron mejoras viables que permitan aumentar la disponibilidad de las selladoras 4 y 5.
6. Con la implementación del 92% del plan de mejoras propuestas se pudo constatar la viabilidad de las mismas y de esa manera medir los resultados del proyecto con respecto a la situación inicial.
7. Mediante el análisis del costo beneficio se pudo constatar un ahorro de 2250 minutos al mes lo que se refleja en ganancias netas de \$8231,64 por mes, lo que nos indica que la inversión de \$431,50 se recuperaría fácilmente en un mes de trabajo.

4.2 Recomendaciones

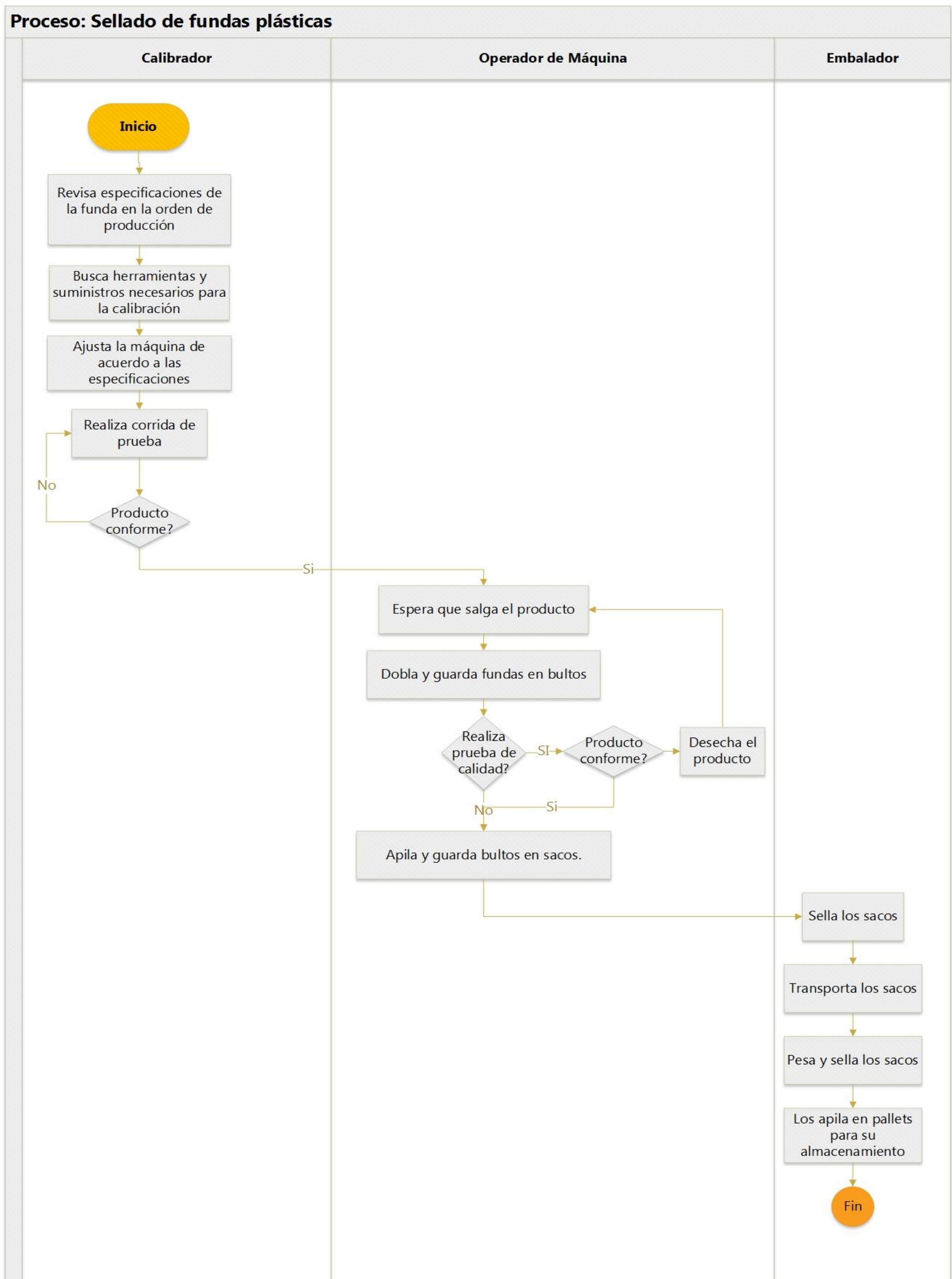
1. Tener muy en cuenta las demás soluciones planteadas para problemas existentes en el área de sellado, ya que ayudarán a mejorar a largo plazo el funcionamiento en el área aumentando la disponibilidad de las máquinas de toda el área.
2. Asignar responsables que aseguren la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones implementadas así mismo como las soluciones futuras a implementar.
3. Implementar sistemas de mejora continua que involucre a todo el personal involucrado en el área de sellado, que los ayude a la búsqueda de causas potenciales con sus respectivas soluciones.
4. Comenzar con la implementación de un sistema de Mantenimiento productivo Total en la planta, junto con la implementación de todos sus pilares.
5. Tener en cuenta que el margen de reducción de la disponibilidad, calculado desde su punto máximo hasta su punto medio, mencionado en la descripción del problema, con la implementación de las mejoras se redujo en un 8% para ambas máquinas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lopez C, (2001, abril 2). ¿Qué es Seis Sigma? Metodología e implementación.[online] Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/que-es-seis-sigma-metodologia-e-implementacion/>
- [2] Pande, P.S., Neuman, R.P. & Cavanagh, R.R. (2001). Las claves prácticas de Seis Sigma. Madrid: McGraw Hill.
- [3] Pérez-López,E; García-Cerdas, M. "M.Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal", Tecnología en Marcha, Vol. 27, No 3, Pág 88-106, Julio-Septiembre 2014.
- [4] Hugo L. Alonzo, Ing., "Una herramienta de mejora, El OEE (Efectividad Global del Equipo)", Tesis de Maestría, Ingeniería Industrial, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Guatemala.
- [5] William K. Hodson, Maynard: Manual del Ingeniero Industrial, 5th ed., México: McGraw-Hill, 1990
- [6] Benjamin W. Niebel, Andris Freivalds, "Gráficas y Diagramas" en Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo,20th ed. D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana editores, 2009
- [7] Bryan Salazar Lopez, 2016. Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) [online]. Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>
- [8] Lean Solutions, 2016. AMEF/FMEA - Failure Mode and Effect Analysis [online]. Disponible en: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>

APÉNDICE A

Diagrama de Flujo Funcional del Proceso de Sellado de Fundas Plásticas



APÉNDICE B

		Formato G.T.T para búsqueda de hechos			
Nombre de la operación: Sellado de fundas plásticas		Analistas:			
Fecha:		Turno:			
TAREA	ELEMENTOS	Clasificación	Operador de Máquina	Calibrador	Embalador
CALIBRACIÓN	Revisar las especificaciones de la funda.	E. trabajo			
	Buscar herramientas y suministros necesarios.	E. trabajo			
	Ajustar máquina de acuerdo a las dimensiones y especificaciones de la funda.	E. trabajo			
	Establecer temperatura y velocidad idónea de acuerdo a las especificaciones dadas (grosor de la funda o el número de fuelles que contenga).	E. trabajo			
	Hacer corrida de prueba (hasta que el producto salga conforme a las especificaciones).	E. trabajo			
PROCESO DE SELLADO	Buscar/Traer nuevo rollo.	E. trabajo			
	Cambiar rollo.(Paro de máquina)	E. trabajo			
	Calibrar la máquina	E. trabajo			
	Prender máquina / Hacer corrida de prueba y botar fundas dañadas.	E. trabajo			
	Esperar que salga el lote de fundas.	E. trabajo			
	Doblar y guardar las fundas en bultos.	E. trabajo			
	Prueba de calidad específica de la funda (revisión de dimensiones y otros).	E. trabajo			
	Apilar y guardar los bultos en sacos de producto terminado.	E. trabajo			
	Sellar sacos de fundas.	E. trabajo			
	Pesar y etiquetar los bultos de producto terminado.	E. trabajo			
	Transportar y acomodar los bultos para la bodega de PT.	E. trabajo			
TAREAS FRECUENTES	Llenar hoja de orden de producción.	D.Inevitable			
	Prueba de calidad visual de la funda / Botar producto defectuoso (Grumos)	D.Inevitable			
	Contar el número de fundas y Devolver el excedente al lote	D. Evitable			

Formato G.T.T para búsqueda de hechos				
Analistas:	PAROS DE MÁQUINA			
Turno:	Fecha:			
ELEMENTOS	Descripción	Operador de Máquina	Calibrador	Embalador
Fallo de máquina: Cambio de teflón (debido al que telón se quema, la duración depende del material que se trabaje, dura en promedio 1 o 2 días				
Fallo de máquina: Arreglar fallo de máquina por material atascado debido.				
Tomar agua				
Embalaje de fundas de dimensiones muy grandes.				
Pruebas de calidad. Revisión de grumos en las fundas.				
Fallo de máquina: Mangueras mal ubicadas				
Daño Eléctrico				
Fallo de máquina: Daño en el sensor de la máquina.				
Por producto defectuoso				
Botar y Pesar desperdicios				
Celular				
Doblar y guardar fundas en paquetes				
Acomodar y contar las fundas para armar lote				

APÉNDICE C

AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Falla

Funcion de Proceso	Modo de Falla Potencial	Efecto de Falla Potencial	SEVERIDAD	Causas potencial/Mecanismo de falla	OCURRENCIA	Controles de proceso actuales	DETECCIÓN	NPR
Planificación de la producción	Ingresar pedidos urgentes a la máquina.	El operador detiene la producción e ingresa una diferente por urgencia de planificación.	7	No se respetan las políticas con respecto a las fechas de entrega	7	Políticas con respecto a fechas de entrega	7	343
Calibración de la máquina	Buscar herramientas y accesorios para la calibración	Demoras en la calibración	6	Operadores esconden las herramientas para asegurar su producción	5	No hay	10	300
Embalaje de fundas plásticas	Desabastecimiento de fundas de embalaje	El operador para la máquina para producir fundas de embalaje. En ocasiones suele descalibrar la máquina para ajustarla a la producción de embalaje que se necesite.	8	No existe un control real de stock para fundas de embalaje. Los operadores esconden las fundas para asegurar su producción.	6	Existe una estantería donde se almacena las fundas de embalaje y donde los operadores pueden tomarlas cuando lo necesiten.	5	240
Calibración de la máquina	Calibración incorrecta de la máquina	El operador para la máquina porque presenta fallas	5	No todos los operadores saben calibrar o arreglar los fallos menores de máquina	5	De acuerdo a las habilidades del operador	9	225
Planificación de la producción	Desabastecimiento de rollos para sellado	El operador detiene la máquina porque debe esperar a que el rollo salga de extrusión.	9	Descoordinación en los planes de producción entre las áreas de la empresa.	6	Órdenes de producción y etiquetas del rollo	4	216
Mantenimiento de las máquinas	La máquina presenta daños mecánicos, eléctricos u operacionales	Demoras en detectar y solucionar los daños que causan la falla de la máquina	8	No se encuentra estandarizado un plan de mantenimiento preventivo a las selladoras	5	Se notifica el daño por medio de una proforma de mantenimiento	5	200
Mantenimiento de las máquinas	La máquina presenta daños mecánicos, eléctricos u operacionales	Demoras en detectar y solucionar los daños que causan la falla de la máquina	8	No hay repuestos para las partes y piezas dañadas de las máquinas	5	Se notifica el daño por medio de una proforma de mantenimiento	5	200
Impresión del rollo	El rollo presenta manchas de impresión en su superficie	El operador para la máquina para revisar fallas de impresión.(Saneamiento de la producción)	8	Porque se levanta el recubrimiento de sticky bag en los cireles	7	Control visual por parte del operador	3	168
Sellado de la funda plástica	El sello quema la funda y sus medidas se desconfiguran.	La máquina se detiene porque no están sincronizadas las velocidades de corte y refuerzo, la temperatura, entre	8	Operadores manipulan a su conveniencia las velocidades de la máquina	6	Revisión de velocidades cada cierto tiempo por parte del supervisor	2	96
Impresión del rollo	El rollo presenta manchas de impresión en su superficie	El operador para la máquina para revisar fallas de impresión.(Saneamiento de la producción)	8	Se manchan con tinta los tambores o los cireles.	3	Control visual por parte del operador	3	72
Extrusión del rollo	Rollo presenta grumos y puntos en su superficie	El operador para la máquina para revisar funda por funda que no posea grumos/puntos(Saneamiento de la producción)	5	Aumenta la temperatura en las zonas de resistencias	3	Se observa en la pantalla de control la temperatura	4	60
Embalaje de fundas plásticas	Doblar y guardar fundas plásticas de dimensiones grandes.	El operador debe parar la máquina para doblar y guardar fundas de dimensiones muy grandes.	7	No hay una planificación que sincronice la producción con el personal necesario para evitar detener la máquina.	6	El supervisor asigna el personal a trabajar en una producción de acuerdo a los requerimientos de planificación y fechas de entrega.	1	42
Extrusión del rollo	Rollo presenta grumos y puntos en su superficie	El operador para la máquina para revisar funda por funda que no posea grumos/puntos(Saneamiento de la producción)	5	Ajuste incorrecto de la temperatura al mezclar diferentes tipos de materia prima	4	No hay	2	40
Sellado de la funda plástica	Fundas presentan hilachas, cortes en el sello. No tienen cejas o no se corta completamente y viene pegada a la siguiente funda.	El operador detiene la máquina para cambiar la cuchilla (gilette)	3	Desgaste apresurado de la cuchilla debido a que no es la adecuada para el sistema que utiliza la selladora	6	El operador corta los bordes de la cuchilla para adaptarla al sistema de sellado.	2	36
Embalaje de fundas plásticas	Doblar y guardar fundas plásticas de dimensiones grandes.	El operador debe parar la máquina para doblar y guardar fundas de dimensiones muy grandes.	7	Forma incorrecta de trabajo de los operadores al embalar la producción de fundas.	4	Control visual por parte del supervisor (observa el método de trabajo)	1	28

APÉNDICE D

5 ¿Por qué?: Desabastecimiento de Fundas de Embalaje.

Ronda 1		Ronda 2		Ronda 3		Ronda 4		Ronda 5		Causa Raíz
Por qué el porcentaje de paros de máquina es alto en el área de sellado?		Por qué los operadores suelen bajar un pedido que está en proceso para subir otro diferente?		Por qué se quedan sin fundas de embalaje para cumplir con su producción?						
Porque los operadores bajan un pedido que está en proceso para subir otro diferente	Sí	Porque se quedan sin fundas de embalaje para cumplir con su producción	Sí	Porque no existe el suficiente stock de fundas de embalaje						No existe el suficiente stock de fundas de embalaje.

5 ¿Por qué?: Los Operador detienen la máquina 30-40 minutos antes de que acabe el turno para limpiar su puesto de trabajo.

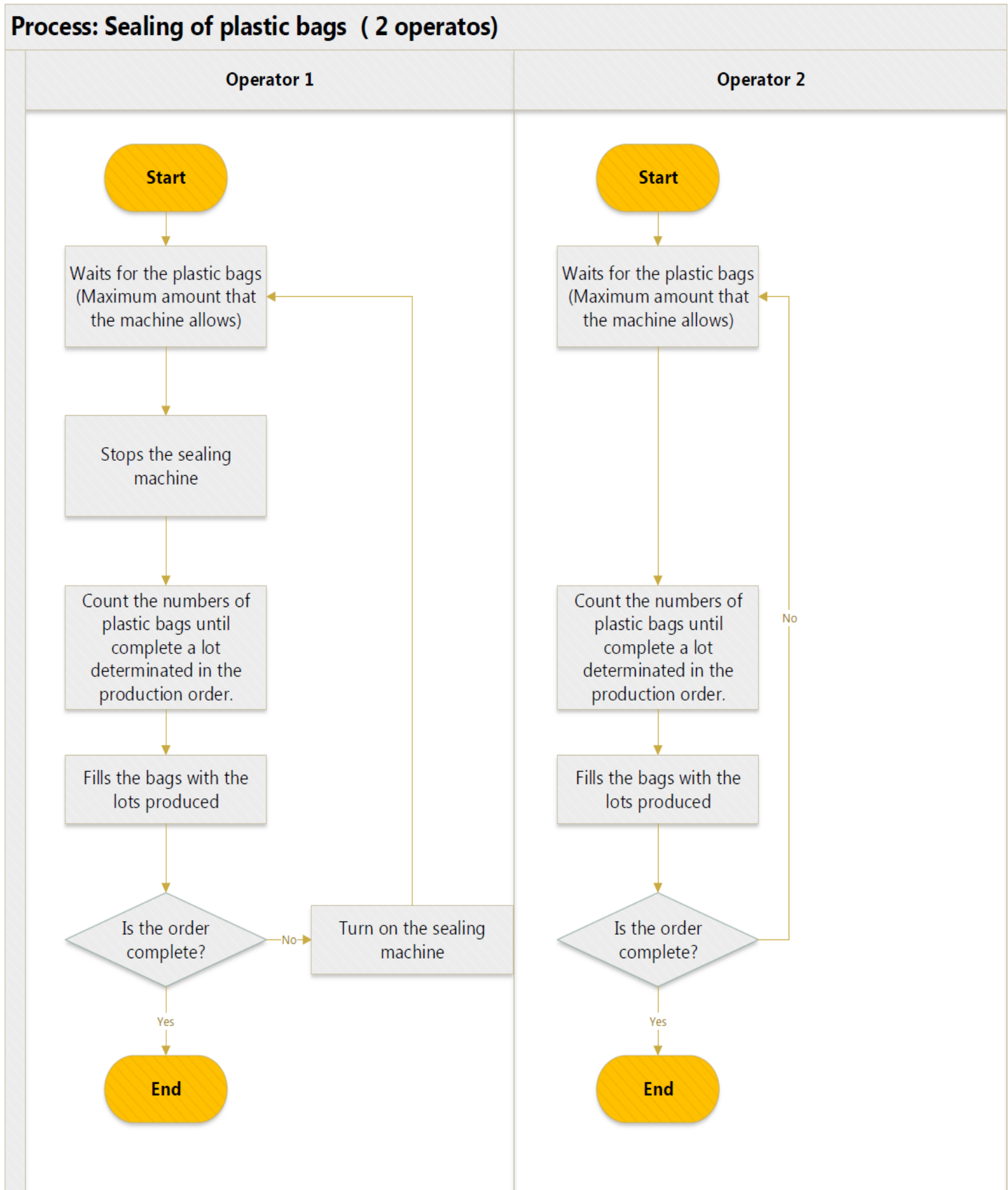
Ronda 1		Ronda 2		Ronda 3		Ronda 4		Ronda 5		Causa Raíz
Por qué el porcentaje de paros de máquina es alto en el área de sellado?		Por qué los operadores detienen la máquina 30-40 min antes de que acabe el turno para limpiar su puesto de trabajo?								
Porque los operadores detienen la máquina 30-40 min antes de que acabe el turno para limpiar su puesto de trabajo	Yes	Porque los operadores se toman el tiempo de limpieza para llenar la hoja de producción y de calidad con información recolectada, que debió ser anotada previamente.								Cultura de Trabajo

5 ¿Por qué?: Desgaste en la cuchilla (gillete) de corte.

Ronda 1		Ronda 2		Ronda 3		Ronda 4		Ronda 5		Causa Raíz
Por qué el porcentaje de paros de máquina es alto en el área de sellado?		Por qué los operadores detienen la máquina para cambiar la gillete de corte?		Por qué la gillete se desgasta o se rompe?		Por qué no es la adecuada para el sistema de la máquina de sellado?				
Porque los operadores detienen la máquina para cambiar la gillete de corte	Sí	Porque la gillete se desgasta o se rompe	Sí	Porque no es la adecuada para el sistema de la máquina de sellado	Sí	Porque cada vez que se la cambia deben cortarse los filos para que encaje en la máquina				El equipo está diseñado de esa forma. No hay cuchillas en el mercado que se ajusten

APÉNDICE E

Diagrama de flujo funcional del proceso actual de embalaje de fundas plásticas de dimensiones grandes con dos operadores



APÉNDICE F

Diagrama de flujo funcional del proceso Propuesto de embalaje de fundas plásticas de dimensiones grandes con dos operadores

