



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Propuesta de un sistema de indicadores de eficiencia  
general de equipos para mejorar la productividad en la  
línea de fabricación de Stretch Film de una empresa  
del rubro plásticos de la ciudad de Lima**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

Luís Enrique RODRÍGUEZ FELIX

**ASESOR**

Edgardo Aurelio MENDOZA ALTEZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Rodríguez, L. (2019). *Propuesta de un sistema de indicadores de eficiencia general de equipos para mejorar la productividad en la línea de fabricación de Stretch Film de una empresa del rubro plásticos de la ciudad de Lima*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

---

## Metadatos

<b>Código ORCID del autor:</b>	NO APLICA
<b>Código ORCID del asesor:</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9788-3089">https://orcid.org/0000-0001-9788-3089</a>
<b>Grupo de investigación:</b>	NO APLICA
<b>Institución financiada parcialmente total:</b>	NO APLICA
<b>Ubicación geográfica de la investigación:</b>	Av. Parcela a-b, San Pedro, Lurín
<b>Año o rango de años de la Investigación:</b>	2019
<b>DNI:</b>	45309092



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

## ACTA N°027-VDAP-FII-2019

### SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **jueves 22 de agosto de 2019**, a las 11:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE EFICIENCIA GENERAL DE EQUIPOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE STRETCH FILM DE UNA EMPRESA DEL RUBRO PLÁSTICOS DE LA CIUDAD DE LIMA”**

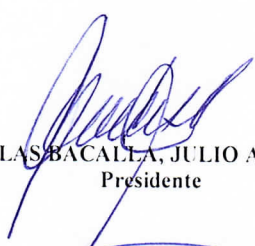
Que presenta el Bachiller:


**RODRÍGUEZ FELIX LUÍS ENRIQUE**

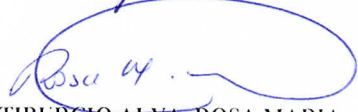
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria**.

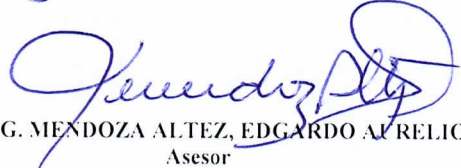
Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 12:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO con la calificación promedio de Dieciséis, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 22 de agosto del 2019

  
MG. SALAS BACALLA, JULIO ALEJANDRO  
Presidente

  
MG. MUVILA HINOJOZA, DANIEL HUMBERTO  
Miembro

  
ING. TIBURCIO ALVA, ROSA MARIA  
Miembro

  
ING. MENDOZA ALTEZ, EDGARDO ALRELIO  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Para Luisa mi madre, quien me apoyó incansablemente desde el principio.

A Dios por haberme dado salud y permitir lograr los objetivos trazados hasta ahora.

A toda mi familia quienes estuvieron siempre conmigo.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber guiado e iluminado mi camino en todo momento, por haberme dado salud durante todo este tiempo que me permitió lograr mis objetivos.

A Luisa mi madre, por haberme apoyado incansablemente desde un principio, por ser la persona que estuvo siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, por ayudarme a levantar y darme valor y ganas de seguir adelante.

A mis compañeros de trabajo, Ing. Gustavo Mattos y especialmente al Ingeniero Andersson Lezameta por apoyarme con este trabajo.

A todos mis profesores de la universidad que compartieron sus conocimientos y experiencias y me ayudaron a formarme integralmente, especialmente en esta última etapa al Ingeniero Edgardo Mendoza Altez quien estuvo dispuesto en asesorarme y darme todas las pautas necesarias.

Y en especial a Joanna Ramírez, por apoyarme en la recta final de esta investigación..

## RESUMEN

La presente Tesis consiste en la propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos, que resulta del producto de tres sub indicadores (disponibilidad, rendimiento y calidad) en la línea de fabricación de *stretch* film de una empresa del rubro de plásticos ubicada en la ciudad de Lima, con la finalidad de incrementar la productividad, incrementar la cantidad producida, disminuir la merma generada y los tiempos muertos.

Para la recopilación de datos se realizó un formato de producción en el que los operarios registran información como cantidad producida, cantidad de merma generada, tiempo de paradas de la máquina, motivos de paradas, etc. Toda esta información es ingresada diariamente a una base de datos creada en Excel que calcula de forma automática cada uno de los indicadores incluido la productividad. En base a estos indicadores iniciales se plantearon mejoras que permiten el incremento de la disponibilidad, rendimiento y calidad, por ende el aumento de la productividad.

Las mejoras propuestas fueron la implementación de un almacén transitorio con el objetivo de disminuir el tiempo de paradas de máquina por espera de material, también poner a un personal que apoye en el traslado y etiquetado de cajas y tubos de cartón y de esta forma incrementar el porcentaje de disponibilidad. Implementar un procedimiento de muestreo de tubos de cartón para su respectivo control de calidad y evitar la generación de merma, aumentando el porcentaje de calidad y porcentaje de rendimiento. Gestionar un plan de mantenimiento preventivo de las máquinas con la finalidad de que operen al 100% de su capacidad e incrementar el porcentaje de rendimiento, dar algunas pautas de mantenimiento productivo total para reducir tiempos de



paradas por averías que el mismo maquinista puede solucionar, instalar un tamizador de materia prima que filtre todas las impurezas antes que ingresen a la máquina, etc.

Todo esto con el objetivo principal de que a través de la propuesta de indicadores de Eficiencia General de Equipos se incremente la productividad.

Palabras clave: Productividad, rendimiento, disponibilidad, calidad.

**INDICE GENERAL**

RESUMEN .....	III
INDICE DE TABLAS .....	IX
INDICE DE GRAFICOS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1 Problemática actual .....	4
1.2 Formulación del problema .....	6
1.2.1 Problema general. ....	6
1.2.2 Problemas específicos. ....	6
1.3 Justificación e importancia de la investigación .....	6
1.3.1 Justificación teórica. ....	6
1.3.2 Justificación metodológica.....	7
1.3.3 Justificación práctica.....	7
1.4 Objetivos de la investigación .....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos. ....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1 Antecedentes a nivel internacionales. ....	9

2.1.2 Antecedentes nacionales.....	11
2.2 Bases teóricas.....	13
2.2.1 Industria del plástico.....	13
2.2.2 Polietileno de baja densidad lineal (PEBD).....	13
2.2.3 Productividad.....	14
2.2.4 Indicadores de la productividad.....	15
2.2.5 Eficiencia general de equipos (EGE).....	16
2.2.6 Cálculo de los factores que comprenden la eficiencia general de equipos.....	20
2.2.7 Principales pérdidas dentro de la eficiencia general de equipos.....	22
2.2.8 Planificación de la producción.....	23
2.2.9 Calidad.....	24
2.2.10 Procesos.....	24
2.2.11 Mejora continua de los procesos.....	25
2.2.12 Diagrama de Pareto.....	26
2.2.13 Mantenimiento productivo total (TPM).....	27
2.3 Marco conceptual.....	31
Stretch film: .....	31
<b>CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Hipótesis General.....	33
3.2 Hipótesis Específica.....	33

3.2.1 Hipótesis específica 1. ....	33
3.2.2 Hipótesis específica 2. ....	33
3.2.3 Hipótesis específica 3. ....	33
3.3 Variables .....	34
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>37</b>
4.1 Tipo de investigación.....	37
4.2 Diseño de la investigación .....	37
4.2.1 Nivel de investigación.....	37
4.2.2. Diseño. ....	37
4.2.3 Enfoque.....	38
4.3 Población y muestra.....	38
4.3.1 Unidad de análisis.....	38
4.3.2 Población.....	38
4.3.3 Muestra. ....	39
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	40
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	41
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
5.1 Presentación de los resultados .....	42
5.1.1 Determinación de capacidad máxima según especificación de la máquina. ....	42
5.1.2 Cálculo inicial de eficiencia general de equipos y productividad.....	45

5.1.3 Cálculo proyectado de la eficiencia general de equipos y productividad.....	77
5.1.4 Cuadro de resumen de eficiencia general de equipos y productividad en extrusora 1 durante mayo y junio. ....	90
5.1.5. Cuadro de resumen de la eficiencia general de equipos y productividad en la rebobinadora 2 durante mayo y junio. ....	91
5.2. Contratación de hipótesis. ....	92
5.2.1 Hipótesis específica. ....	92
5.2.2 Hipótesis general.....	102
5.3 Discusión de resultados.....	120
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	122
6.1 Conclusiones.....	122
6.2 Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS. ....	126

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación EGE.....	19
Tabla 2 Clasificación de variables .....	34
Tabla 3 Velocidad (kg/hr) según espesor en extrusión. ....	43
Tabla 4 Velocidad (Kg/Hr) según espesor en rebobinado. ....	44
Tabla 5 Velocidad máxima (Kg/Hr) según espesor para la rebobinadora número 2. ....	45
Tabla 6 Eficiencia General de equipos del área de extrusión – mayo 2019.....	46
Tabla 7 Disponibilidad, rendimiento y calidad del área de extrusión, mayo 2019. ....	47
Tabla 8 Productividad (Kg/H-H) en extrusión – mayo del 2019. ....	55
Tabla 9 Eficiencia general de equipos de rebobinado – mayo del 2019.....	58
Tabla 10 Disponibilidad, rendimiento y calidad en rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	59
Tabla 11 Porcentaje de merma en rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	66
Tabla 12 Resistencia mínima requerida de los tubos de cartón. ....	74
Tabla 13 Productividad en rebobinadora 2 – mayo del 2019.....	75
Tabla 14 Eficiencia general de equipos proyectados para el mes de junio del 2019. ....	78
Tabla 15 Disponibilidad, calidad y rendimiento proyectados a junio del 2019.....	80
Tabla 16 Productividad proyectada en extrusión – Junio del 2019. ....	82
Tabla 17 Eficiencia general de equipos proyectada a junio del 2019. ....	84
Tabla 18 Disponibilidad, rendimiento y calidad en rebobinadora 2 proyectado a junio 2019. ....	86
Tabla 19 Productividad proyectada en la rebobinadora 2 al mes de junio del 2019.....	88
Tabla 20 Cuadro de resumen de la EGE y productividad de la extrusora 1. ....	90

Tabla 21 Cuadro de resumen de EGE y productividad en la rebobinadora 2. ....	91
Tabla 22 Tiempo de paradas en la extrusora 1.....	100
Tabla 23 Tiempo de paradas en la rebobinadora 2.....	101
Tabla 24 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en extrusión. ..	102
Tabla 25 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en extrusión. ..	105
Tabla 26 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en rebobinado. ....	108
Tabla 27 Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en rebobinado. ....	111
Tabla 28 Prueba z para medias de dos muestras. ....	114
Tabla 29 Prueba z para medias de dos muestras. ....	117

## INDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1.</i> Ejemplo de diagrama de Pareto. ....	27
<i>Gráfico 2.</i> Kilogramos producidos en extrusión. ....	39
<i>Gráfico 3.</i> Kilogramos producidos en rebobinado. ....	40
<i>Gráfico 4.</i> Razones porcentuales de Disponibilidad, rendimiento y calidad en extrusión.....	49
<i>Gráfico 5.</i> Pareto de paradas en extrusora 1 – mayo 2019.....	50
<i>Gráfico 6.</i> Tamizador de materia prima. ....	52
<i>Gráfico 7.</i> Diagrama de Pareto por tipo de avería en extrusora 1.....	53
<i>Gráfico 8.</i> Pareto de motivos de merma en la extrusora 1 – mayo del 2019. ....	54
<i>Gráfico 9.</i> Productividad en extrusora 1- mayo del 2019. ....	57
<i>Gráfico 10.</i> Disponibilidad, rendimiento y calidad en la rebobinadora 2. ....	61
<i>Gráfico 11.</i> Diagrama de Pareto de paradas en rebobinadora 2 – mayo 2019.....	62
<i>Gráfico 12.</i> Diagrama de Pareto de paradas por falta de personal. ....	63
<i>Gráfico 13.</i> Velocidad de rodillo de la rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	64
<i>Gráfico 14.</i> Rodillo principal de la rebobinadora 2. ....	65
<i>Gráfico 15.</i> Porcentaje de merma en rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	67
<i>Gráfico 16.</i> Pareto de motivos de merma – rebobinadora 2 en mayo del 2019. ....	68
<i>Gráfico 17.</i> Tucos colapsados por exceso de humedad. ....	69
<i>Gráfico 18.</i> Colapsamiento de tucos con stretch film. ....	70
<i>Gráfico 19.</i> Termo higrómetro (medidor de humedad). ....	71
<i>Gráfico 20.</i> Máquina de compresión de tucos y cajas.....	74



<i>Gráfico 21.</i> Productividad de la rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	77
<i>Gráfico 22.</i> Porcentaje de rendimiento en la extrusora 1 - mayo vs junio del 2019. ....	92
<i>Gráfico 23.</i> Kilogramos producidos en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019. ....	93
<i>Gráfico 24.</i> Porcentaje de rendimiento en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019 .....	94
<i>Gráfico 25.</i> Cantidad de kilogramos rebobinados mayo vs junio del 2019. ....	95
<i>Gráfico 26.</i> Porcentaje de calidad en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019. ....	96
<i>Gráfico 27.</i> Porcentaje de merma en extrusora 1- mayo vs junio del 2019. ....	97
<i>Gráfico 28.</i> Porcentaje de calidad en la rebobinadora 2- mayo vs junio del 2019. ....	97
<i>Gráfico 29.</i> Porcentaje de merma en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019. ....	98
<i>Gráfico 30.</i> Porcentaje de disponibilidad en extrusora 1 – mayo vs junio 2019. ....	99
<i>Gráfico 31.</i> Porcentaje de disponibilidad en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019. ..	100
<i>Gráfico 32.</i> Campana de Gauss – productividad mayo del 2019. ....	104
<i>Gráfico 33.</i> Campana de Gauss – productividad junio 2019. ....	107
<i>Gráfico 34.</i> Campana de Gauss – productividad en rebobinadora 2 – mayo del 2019. ....	110
<i>Gráfico 35.</i> Campana de Gauss – productividad en rebobinadora 2 – junio del 2019. ....	113
<i>Gráfico 36.</i> Productividad (Kg/H-H) en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019. ....	115
<i>Gráfico 37.</i> Eficiencia General de Equipos en la extrusora 1 – Mayo vs Junio. ....	116
<i>Gráfico 38.</i> Productividad en Kg/H-H en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019. ....	118
<i>Gráfico 39.</i> Eficiencia General de Equipos en rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019. ....	119

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas buscan un crecimiento continuo porque quieren obtener mayor rentabilidad y paralelamente la mejora continua para ser más competitivos, y para lograrlo buscan medir sus procesos productivos en las diferentes líneas con el fin de tener un reflejo numérico de su estado actual y poder controlarlo para seguidamente mejorar y alcanzar los objetivos que se trazan.

Uno de los principales indicadores que reflejan el estado de la operación en una fábrica es la productividad y la eficiencia general de equipos (EGE).

En la línea de fabricación de *stretch film*, se presenta una gran cantidad de merma generada que equivale a un 2.81% mensual en la extrusora 1 y de 3.79% en la rebobinadora debido a la mala calidad de insumos, de igual forma tiene problemas de disponibilidad de máquina debido a los tiempos perdidos por lo operarios (tiempos muertos) y averías de máquina por un inadecuado plan de mantenimiento preventivo generando tiempos prolongados de paradas, también presenta un bajo rendimiento porque las máquinas no trabajan al 100% de su capacidad por falta de repuestos y por la mala calidad de los insumos.

Al presentarse estos problemas en la línea de fabricación de *stretch film*, es conveniente la propuesta y aplicación de indicadores de producción como eficiencia general de equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad). Esto va a permitir que se refleje la situación actual del proceso productivo en lo que se refiere a disponibilidad, calidad, rendimiento y productividad. En base a estos indicadores se plantearán mejoras que permitan incrementar la cantidad producida y rendimiento, disminuir la merma generada y los tiempos muertos, todo esto

mediante el uso de herramientas estadísticas que reflejen los principales motivos de avería y bajo rendimiento.

Por lo tanto, con la propuesta y aplicación de estos indicadores de producción, los ingenieros y operarios tendrán un panorama del estado actual del proceso productivo en esta línea y podrán tomar decisiones respecto a estas con el fin de mejorar y optimizar dicho proceso, sobre todo el personal que interviene directamente en el proceso productivo verá reflejado sus principales indicadores y mediante la capacitación y entrenamiento constante buscarán alcanzar objetivos trazados.

La presente investigación contiene los siguientes capítulos: El capítulo I comprende el planteamiento del problema en el que se describe la problemática actual que consiste en la baja productividad, excesiva generación de merma, paradas de máquina por falta de insumos o materiales y por el excesivo tiempo que se toma en el cambio de producción, bajo rendimiento de las máquinas debido a falta de repuestos y defecto de insumos utilizados como tubos de cartón con baja resistencia lo que ocasiona que no operen a su velocidad máxima.

En el capítulo II se hace mención de aplicaciones en otros rubros de estos indicadores y como han impactado en la productividad, también se define los conceptos teóricos de las herramientas que se van a utilizar en este trabajo como diagramas de Pareto, histogramas, etc. Conceptos de calidad, mejora continua productividad y planificación de la producción.

En el capítulo III se definen las hipótesis las cuales plantearán si la propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos mejorará la productividad en la línea de fabricación de stretch film y sus tres hipótesis específicas.

En el capítulo IV se define el diseño de la investigación que vendría hacer de nivel experimental de diseño pre experimental y la técnica y instrumentos de recolección de datos que en este caso sería mediante reportes de producción que serán completados por los maquinistas.

En el capítulo V se muestra los resultados obtenidos, los indicadores de Eficiencia General de Equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad) y productividad actual. Todos estos indicadores son analizados y comparados de un mes a otro que en este caso sería de mayo y junio, con el objetivo de contrastar la influencia que tuvo las mejoras planteadas en el incremento de la productividad como: instalación de un tamizador de materia prima que permita reducir los tiempos de paradas e incrementar el rendimiento, colocar un personal de apoyo en rebobinado para que los cambios de producción sean mucho más rápidos, implementar un almacén transitorio para evitar paradas por falta de materiales, etc. También en este capítulo se hace la contratación de la hipótesis mediante pruebas estadísticas y se discuten los resultados.

En el capítulo VI se dan las conclusiones y recomendaciones que en este caso una de las conclusiones vendría a ser que la propuesta y aplicación de los indicadores de eficiencia general de equipos incrementan la productividad en 26.4% en la extrusora 1 y en 90.6% en la rebobinadora 2. Y como una de las recomendaciones sería que se continúe llevando y actualizando la base de datos que calcula la eficiencia general de equipos y productividad para poder seguir buscando mejoras con el objetivo de optimizar los indicadores cada vez más.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Problemática actual

En la línea de fabricación de *stretch* film de la empresa en estudio perteneciente al rubro plásticos, se presenta una serie de problemas en el proceso productivo como el exceso de merma generada debido en su mayoría a los materiales utilizados defectuosos, mala regulación de la máquina y devoluciones por reclamos de clientes, así como también el constante avistamiento de máquinas paradas por falta de material de trabajo debido a que el almacén principal se encuentra lejos y tardan en traer los materiales, falta de un personal de apoyo en el abastecimiento de cajas y tucos, falta de apoyo en el etiquetado de cajas y tucos, avería de máquina por una falta de mantenimiento preventivo y falta de repuestos, etc. Ello conlleva a una baja productividad porque se invierte una gran cantidad de horas hombre y se produce muy poco, y todo esto sumado a que no se tiene implementado ningún tipo de indicadores que permitan medir y controlar el proceso productivo debido a la falta de tiempo y conocimiento de las personas encargadas de la producción hasta entonces.

La baja productividad en estos momentos se refleja en el constante incumplimiento de pedidos debido a las paradas de máquinas ya sean por averías o falta de material y reclamos por parte del cliente porque sus productos llegan dañados por la mala calidad de materiales utilizados, por supuesto que este reflejo es un estado crítico de esta área ya que los problemas se deberían diagnosticar y solucionar en planta.

También se presenta el constante descuadre de inventario de materia prima vs lo consumido mensualmente debido a que no se lleva un adecuado registro de merma por parte de los operarios de extrusión y rebobinado por la falta de un reporte en el que se registre adecuadamente los producido, merma generada y materia prima utilizada.

Hoy en día se lleva registros de producción por máquina en el que indica los kilogramos extruidos y rebobinados por turno. Sin embargo, los datos de kilogramos de merma generada y paradas de máquina no son registrados por la poca importancia que se le da y no se procesa esta información para obtener indicadores que permitan medir el OEE y productividad porque no hay una persona que se dedique exclusivamente a hacer este análisis.

Debido a la ausencia de estos indicadores no se puede reflejar la magnitud en que afectan a la productividad la disponibilidad de máquina, rendimiento y calidad.

La empresa que está en proceso de crecimiento tomó conciencia de toda esta problemática y decidió contratar profesionales que propongan soluciones en base a estudios y uso de herramientas adecuadas que muestren los puntos críticos para que se puedan mejorar e incrementar la productividad.

Por lo tanto con la aplicación de indicadores de eficiencia general de equipos se cuantificará las causas que provocan esta problemática y mediante algunas herramientas como Pareto o Ishikawa las sub causas y plantear soluciones.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general.

¿Cómo la propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos mejorará la productividad en la línea de fabricación de *stretch* film?

### 1.2.2 Problemas específicos.

- ¿De qué manera el indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de *stretch* film?
- ¿Cómo el indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma de la producción de *stretch* film?
- ¿El indicador de disponibilidad permitirá disminuir los tiempos muertos en el proceso de fabricación de *stretch* film?

## 1.3 Justificación e importancia de la investigación

### 1.3.1 Justificación teórica.

La justificación teórica que se le atribuye a esta investigación es que los indicadores de Eficiencia General de Equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad) están íntimamente ligada a la productividad, debido a que la productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos utilizados. La cantidad producida dependen directamente de tener una mayor disponibilidad posible de la máquina para que pueda operar el máximo tiempo posible de sus horas programadas, también dependen del rendimiento de máquina debido a que esta debe operar a su máxima capacidad posible y produciendo la mayor cantidad de productos conformes.

### **1.3.2 Justificación metodológica.**

La justificación metodológica de esta investigación es que para su propuesta se realizará una recolección de datos mediante formato de reportes que serán llenados por los operarios (maquinistas) durante la jornada laboral, en estos formatos de reportes se registrará toda la información necesaria para el cálculo de los indicadores de Eficiencia General de Equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad) así como también la productividad, por ejemplo cantidad de productos no conformes, tiempos de paradas, velocidad de máquina, etc. En base a estos indicadores que serán calculados durante dos meses se procederá a proponer mejoras en el proceso productivo, esto con el objetivo de mejorar cada uno de los indicadores, para esto se identificarán las causas raíces que inciden directamente y de forma negativa en cada indicador. Una vez propuesta las mejoras en el proceso productivo se hará una proyección de estos indicadores en el que se busca que mejoren progresivamente para influir de forma directa en el incremento de la productividad.

### **1.3.3 Justificación práctica.**

La justificación práctica se basa en que a partir de los indicadores de Eficiencia General de Equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad) se podrán proponer mejoras reales que permitan incrementar estos indicadores y consecuentemente incrementar el indicador de productividad. De forma análoga estos indicadores pueden ponerse en práctica en las demás máquinas que son muy similares a las que se eligió como muestra y a las diferentes líneas de producción de la empresa con el objetivo de tener un panorama inicial para proponer mejoras que permitan optimizar estos indicadores e incidan directamente en el incremento de la productividad general.



## 1.4 Objetivos de la investigación

### 1.4.1 Objetivo general.

Proponer un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos para mejorar la productividad en la línea de fabricación de *stretch film* de una empresa del rubro plástico.

### 1.4.2 Objetivos específicos.

- Determinar de qué manera el indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de *stretch film*.
- Determinar cómo el indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma en la producción de *stretch film*.
- Determinar cómo el indicador de disponibilidad permitirá disminuir los tiempos muertos en el proceso de fabricación de *stretch film*.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Parte de esta investigación se ha elaborado en base a búsquedas bibliográficas y haciendo un análisis de la información encontrada se menciona los siguientes antecedentes de la investigación.

#### **2.1.1 Antecedentes a nivel internacionales.**

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Casilimas & Poveda (2012) realizaron una investigación titulada “Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la línea de tubería en CORPACERO S.A. Llegando a las siguientes conclusiones: Se determinó la capacidad operativa de cada uno de los equipos a través de distribución de frecuencias para recopilar los datos actuales y formular las metas del OEE. Se recopiló información a través de un formato de reporte de paradas donde el operario registraba los problemas que se presentaban en el día a día y de esta forma se identificó las principales fallas en el proceso productivo. Se llegó de determinar que el cambio de montaje es un factor muy influyente en la pérdida de tiempo (tiempo muerto) en la línea productiva debido a que este cambio se realizaba de forma manual, por lo que se propuso hacer este cambio de montaje de forma automatizada, con una simulación de esta mejora se logró incrementar el OEE en un 8.4%.

Según Algarra & Sierra (2018) realizó la investigación en el país de Colombia titulada: “Estudio de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basado en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A.S” llegando a las siguientes conclusiones: A través de una reestructuración y actualización de formatos de paradas, registro de producción y merma, se calculó los indicadores OEE de forma confiable debido a que anteriormente esta información no se ajustaba a la realidad, este cálculo se hizo mediante un software ERP (Sistema de planificación de recursos empresariales) y se determinó que el rango porcentual del OEE se encontraba por debajo de los estándares de competitividad según Word Class. A través del análisis de estos datos se concluyó que las áreas críticas en las que se deben intervenir son: impresión y laminación, y que por ser máquinas primarias las variables críticas tienen repercusión en todo el sistema de producción. Por lo tanto, al hacer mejoras haciendo uso de herramientas de manufactura esbelta se logra mejorar estos indicadores.

Según Barria (2012), realizó una investigación en Chile que se titula: “Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de equipos en las líneas de procesos de sección mantequilla en la industria láctea” en la que se llegó a las siguientes conclusiones: La implementación y aplicación de los indicadores de eficiencia general de equipos no logrará dar una solución de por sí a los problemas en una empresa, pero sí generará un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas, personal de mantenimiento y la alta directiva en trabajar en mejora continua y hacer lo más eficiente el proceso productivo y ayudará a minimizar algunas pérdidas generadas por paradas de máquinas, generación de merma, re procesos, trabajos innecesarios etc., que conllevan a una baja rentabilidad. Al aplicar estas mejoras y teniendo una forma de trabajo orientado a la mejora continua y capacitando al personal

que opera las máquinas para que puedan realizar mantenimientos menores en las que no sea necesario la intervención de técnicos especializados se podrá disminuir el tiempo de paradas de las máquinas y esto unido a otras mejoras reducirán el costo de producción e incrementará la productividad y rentabilidad para la empresa y colaboradores.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales.**

Según Vásquez (2015), realizó un trabajo de investigación en Chiclayo que se titula: “Propuesta para mejorar la productividad del proceso productivo de cajas porta medidores de energía monofásica en la industria metálica CERINSA E.I.R.L. Aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE)” en la que llegó a la siguiente conclusión: Al aplicar el indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) permitió aumentar la productividad en el proceso productivo de fabricación de cajas porta medidores de energía monofásica en un 27.27% mediante el incremento de producción de 11 a 14 cajas por hora y la reducción de recursos utilizados (planchas de acero inoxidable y energía), logrando disminuir también el tiempo de producción de un lote de 80 000 cajas que se fabricaba en 76 días a 64 días. Así mismo la OEE de las principales máquinas aumentaron de 82.06% a 87.74% logrando así que la OEE de las máquinas industriales lleguen a un valor de clase Worl Class.

Según Rojas (2014) quien realizó una investigación en Huancayo titulado: “Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de San Fernando S.A.” con la que llegó a la siguiente conclusión: La gestión de un mantenimiento

productivo total (TPM) permitió un incremento de la Eficiencia General de Equipos de 65% a 70% en el área de molienda.

El rendimiento de los equipos se incrementa de un 67% a un 71% debido al compromiso de los operarios de máquina que evitan paradas pequeñas que comprometan el rendimiento y disponibilidad, esto debido a que se les capacitó e inculcó el pensamiento del mantenimiento autónomo.

El tiempo de paradas por falla de equipo se reduce debido a que se tiene un plan de mantenimiento preventivo anual y las máquinas son atendidas de forma preventiva de tal forma que se evita las paradas inoportunas que afecten la producción.

Según Torres (2017) quien realizó un trabajo de investigación en Trujillo que se titula: “Implementación de OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera Volcán Shungar S.A.” con la que llegó a la siguiente conclusión: La presente investigación tuvo como principal objetivo el incremento de la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E para el cual se realizó un muestreo no probabilístico al personal que opera dichos equipos y a la jefatura, demostrando que el incremento fue de 25.83% del indicador OEE en el año 2016.

Resumiendo, en cada uno de los factores los incrementos fueron de la siguiente manera: Disponibilidad incrementó en 12.24%, rendimiento en 11.58% y calidad en 11.58%, estos incrementos de los porcentajes son del año 2016 respecto al 2015 ya habiendo implementado el OEE. Por lo tanto, se comprobó que haciendo un diagnóstico inicial mediante la implementación de OEE y proponiendo mejoras se pudo incrementar estos indicadores y consecuentemente la

productividad, sumado a esto una reducción de 62% en costos de mantenimiento correctivo de la flota de camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Industria del plástico.**

Según Goodman, Sidney, Dodiuk y Hanna (2014) mencionan que la industria transformadora de plásticos tiene sus comienzos con la obtención de los primeros plásticos termo estable realizado por Baekeland en el año 1909, Baekeland logra crear por primera vez un polímero sintético para luego lograr el primer moldeo de plástico que le permitió fabricar diversos artículos de comercio, estos primeros plásticos sintéticos tuvieron como denominación el nombre de baquelita en honor a su descubridor, estos se obtuvieron mediante una reacción de condensación del fenol con el formaldehído.

También Goodman et al. (2014) mencionan lo siguiente: Para el proceso productivo del plástico, se parte de la fabricación de polímeros a través de la industria química y gran parte de los plásticos que se utilizan en esta industria tienen la forma de granos o resina que son procesados de diferentes formas, entre ellos tenemos los diferentes tipos de procesamiento de plástico que son a través de la extrusión el cual se caracteriza por producir láminas de plástico de forma extensa y continua, también está el moldeo que puede ser por inyección, inflación, rotación.

### **2.2.2 Polietileno de baja densidad lineal (PEBD).**

Según Rizzo & Spadaro (1988), el polietileno de baja densidad lineal (PEBD) es un polímero sintético que fue derivado del petróleo mediante procesos químicos, tiene propiedades físicas

muy beneficiosas como por ejemplo, tenacidad, ductilidad, buena resistencia química y de naturaleza hidrofóbica.

### **2.2.3 Productividad.**

Para Carro & Gonzales (2012), la productividad va de la mano con la mejora en el proceso productivo, y la mejora busca optimizar la relación que hay entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes o servicios obtenidos. Por lo tanto, la productividad es un indicador que relaciona lo producido por un sistema (bienes o servicios) y los recursos que se utilizaron para poder generarlo (insumos).

- Los factores que influyen en la restricción del aumento de la productividad son los siguientes: Los dirigentes no tienen la capacidad de fijar y mantener un clima adecuado para el crecimiento de la productividad, es de vital importancia que los dirigentes motiven e impulsen un clima de optimismo hacia los trabajadores para cumplir con los objetivos trazados de la organización.
- Problemas con los reglamentos gubernamentales que cada vez son más extensos e incluso con falta de criterio que han perjudicado a los recursos de las organizaciones.
- El tamaño y madurez de las organizaciones influyen en el decrecimiento de la productividad, esto debido a que se crean muchos niveles a nivel organizacional que impide una comunicación directa y fluida. Por lo que los directivos y analistas al tomar decisiones dependen más de información “procesada” y no de observaciones y experiencias propias y directas.

- Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo debido a que en la actualidad el desempeño de los colaboradores cada vez es menos físico y tangible por lo que son pocas empresas las que cuantifican y miden la productividad.
- Los recursos físicos, los métodos con los que se lleva a cabo el trabajo y así como los factores tecnológicos influyen en restringir la productividad. Las condiciones de las máquinas, si son antiguas y poco eficientes influyen en la productividad, la calidad de materia prima de igual forma.

#### **2.2.4 Indicadores de la productividad.**

La productividad debido a que únicamente se ha relacionado a un concepto operacional que mediante una expresión matemática en la que se divide producto/insumos ha perdido su verdadero concepto o importancia.

Por lo tanto para Rodríguez y Gómez (1991), un concepto válido sería que la productividad evalúa un sistema que tenga la capacidad de fabricar productos requeridos y a la vez considerar el máximo aprovechamiento de los recursos utilizados, de tal forma que se debe producir lo que el consumidor valora y utilizando el menor consumo de recursos.

Existen varios tipos de productividad que dependen de los recursos utilizados en el proceso productivo, de esta forma podemos tener los siguientes tal y como lo establece Botero & Álvarez (2004):

- Productividad de los materiales: En este tipo de productividad es muy importante evitar el desperdicio de los materiales ya que esto implicaría un alto costo de producción y baja productividad.



- Productividad de mano de obra: Este podría considerarse uno de los más importantes, debido a que del recurso humano depende mucho el ritmo de la producción y de este depende la productividad de los demás recursos.
- Productividad de maquinaria: Este representa un alto costo de adquisición, por lo tanto, se debe evitar paradas o tiempos muertos y tratar de que estén operativas el mayor tiempo posible.

En la presente tesis se enfoca en máquinas industriales que fabrican stretch film operadas manualmente, por lo tanto, nos enfocaremos en la productividad de la mano de obra.

$$\text{productividad de mano de obra} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{número de horas} - \text{hombre}}$$

Este indicador nos permite tener las siguientes ventajas:

- Permite obtener un diagnóstico inicial de la productividad y plantear ciertas mejoras en el proceso productivo para luego calcular un proyectado de la nueva productividad y hacer una comparación.
- Da un reflejo actual del estado del proceso productivo y permite controlar el desempeño de la industria y analizar sus variantes.
- Se pueden usar para determinar la influencia de algunos cambios que se puedan realizar en el proceso productivo como por ejemplo: cambio de materia prima, insumos, nueva distribución del personal, capacitaciones, etc.

### **2.2.5 Eficiencia general de equipos (EGE).**

La Eficiencia General de Equipos (EGE) es una razón porcentual que nos ayuda a medir la eficiencia de máquinas dentro de una línea de producción industrial, básicamente la eficiencia productiva. (Cruelles, 2010).

La ventaja de este indicador es que permite medir en un solo indicador los tres parámetros fundamentales dentro de un proceso productivo (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad). Y determinar el factor que más influyó en una disminución de este indicador como por ejemplo (baja disponibilidad por alguna parada no programada de la máquina, bajo rendimiento por algún defecto que impide que la máquina no trabaje a su capacidad máxima o baja calidad por la generación excesiva de productos defectuosos). (Cruelles. 2010).

Lezana (2008) indica que las pérdidas más comunes en el OEE son en los siguientes factores:

*a) Disponibilidad:*

Cuanto tiempo estuvo en funcionamiento la máquina respecto del tiempo que se ha deseado que funcione (descontando el tiempo total de paradas no programadas).

*b) Rendimiento:*

En el transcurso de tiempo que estuvo en funcionamiento la máquina, cuanto ha producido (productos buenos y defectuosos) respecto de lo que idealmente podría haber producido con su máxima capacidad.

*c) Calidad:*

Cuantos productos buenos ha producido la máquina sin considerar reproceso respecto a la producción total (productos buenos más defectuosos).

Lezana (2008) A través de estos tres factores se visualizará claramente la efectividad total de una máquina mediante las siguientes preguntas: disponibilidad ¿está funcionando la máquina? Rendimiento, ¿la máquina está funcionando al 100% de su máxima capacidad? Calidad, ¿la máquina está fabricando productos buenos?

Lezana (2008) indica que: El EGE muestra la efectividad global de una máquina respecto a su efectividad global ideal (EGE=100%), La diferencia que existe entre la efectividad global ideal y real son debido a las pérdidas de tiempo en el sistema productivo, pérdidas de velocidad de máquina y pérdidas de calidad.

Por lo tanto el producto de estos tres factores constituye el EGE (Eficiencia General de Equipos).

$$EGE = \%Disponibilidad \times \%Rendimiento \times \%Calidad$$

El valor del indicador EGE, permite clasificar una o más líneas de producción, o de toda una planta respecto a las mejores de su clase o que ya hayan alcanzado el nivel de excelencia. (Cruelles, 2010). (Ver tabla 1).

Tabla 1  
Clasificación EGE

EGE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
		Se reflejan grandes
EGE<65%	Inaceptable	pérdidas económicas y una muy baja competitividad.
		Se acepta solo si existe un proceso de mejora.
65%<EGE<75%	Regular	Pérdidas económicas y baja competitividad.
		Para superar el 85% y entrar al World Class se debe continuar con mejora.
75%<EGE<85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas y ligera baja competitividad.
		Entra en valores de
85%<EGE<95%	Buenas	World Class, buena competitividad.
		Excelente
EGE>95%	Excelencia	competitividad.

Fuente: Cruelles 2010.

### **2.2.6 Cálculo de los factores que comprenden la eficiencia general de equipos.**

Para el cálculo de la Eficiencia General de Equipos se necesita que primero se calcule los tres factores que lo comprenden (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad).

#### **2.2.6.1 Disponibilidad.**

Para Cruelles (2010) La disponibilidad se calcula mediante una división entre el tiempo neto operativo y el tiempo teórico que la máquina pudo estar operado. El tiempo neto operativo comprende el tiempo total de trabajo menos las paradas programadas y las no programadas (averías). El tiempo teórico que la máquina pudo haber estado operando es el tiempo total de trabajo menos las paradas programadas (mantenimiento programado, charlas de seguridad, almuerzo, etc.).

Cálculo de la disponibilidad:

$$disponibilidad = \frac{TNO}{TO} \times 100\%$$

Fuente: Cruelles 2010

TNO: Tiempo neto operativo.

TO: Tiempo operativo.

TNO = tiempo total de trabajo – paradas programadas – paradas no programadas.

TO = tiempo total de trabajo – paradas programadas.

#### **2.2.6.2 Rendimiento.**

Según Cruelles (2010) nos dice que el rendimiento se calcula mediante una división entre la cantidad de productos que se fabricaron (valor real) y la cantidad de productos que pudo haber fabricado si la máquina hubiera trabajado al 100% de su capacidad (capacidad teórica). Por lo general la capacidad teórica de la máquina es un dato que se encuentra en las especificaciones de

la máquina y es dado por el proveedor, este dato por lo general tiene unidad de productos/hora. Por lo tanto para determinar la cantidad de productos que pudo haber fabricado se calcula mediante el producto de la capacidad teórica y el tiempo operativo.

Cálculo del rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{tiempo operativo} \times \text{capacidad teórica}} \times 100\%$$

Fuente: Cruelles, 2010.

### **2.2.6.3 Calidad.**

Cruelles (2010) también menciona que el indicador de calidad se calcula mediante una división entre la cantidad de productos conformes (se consideran conformes a aquellos productos que salieron conformes en la primera vez) y la cantidad de productos totales (la cantidad de productos totales está compuesto por productos conformes, no conformes, merma, rechazados, reprocesados).

Cálculo de la calidad:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Cantidad de productos conformes}}{\text{Cantidad de productos totales}} \times 100\%$$

Fuente: Cruelles, 2010.

Belohlavek (2009) hace referencia al EGE de la siguiente forma: Desde el punto de vista de las máquinas la eficiencia general de equipos es un indicador importante, preciso y disponible para realizar una mejora de procesos y optimizarlos. El indicador de eficiencia general de equipos nos da un panorama de las principales pérdidas, cuellos de botella y permite tomar decisiones a nivel de inversión para incrementar el rendimiento en las operaciones realizadas.

Este indicador permite enfocarse de manera más precisa en los requerimientos de la calidad y mejora continua si en caso se desea implementar una certificación ISO 9000.2008. (Belohlavek, 2009).

### **2.2.7 Principales pérdidas dentro de la eficiencia general de equipos.**

Cruelles (2012) menciona las principales pérdidas dentro de la eficiencia general de equipos y son las siguientes:

#### ***2.2.7.1 Pérdida de tiempo por mantenimiento.***

Existe dos tipos de pérdidas de tiempo por mantenimiento, la primera es por parada de máquina por mantenimiento planificado el cual ya se encuentra programado de forma diaria, semanal o mensual y la segunda es por parada de máquina por mantenimiento correctivo o imprevisto, este se da de forma espontánea para reparar una máquina que se averió de forma repentina. (Cruelles, 2012).

#### ***2.2.7.2 Pérdida de tiempo de la disponibilidad.***

Esta pérdida de tiempo abarca todo el lapso en que una máquina esta con disponibilidad y no fabrica productos. Por ejemplo cuando un operario cambia de formato de producto y tiene que abastecer de material la máquina y se ausenta para traerlo desde almacén, es considerado como una pérdida de tiempo de la disponibilidad. (Cruelles, 2012).

#### ***2.2.7.3 Pérdida de tiempo ocioso.***

La pérdida de tiempo ocioso es aquella que no involucra paradas por mantenimiento ni paradas por disponibilidad, sino que son pérdidas de tiempo por espera de una nueva orden de producción, pérdidas por espera de materiales o pérdidas de tiempo forzadas por el operario como por ejemplo detenerse para continuar con la próxima producción. (Cruelles, 2012).

#### ***2.2.7.4 Pérdida de tiempo de la calidad.***

La pérdida de tiempo de la calidad es considerada como el lapso de tiempo que se toma en fabricar productos defectuosos, así como también el tiempo que se toma en los re-procesos (corrección de productos defectuosos).

#### ***2.2.7.5 Pérdida de tiempo en el rendimiento.***

Están considerados como pérdida de tiempo en el rendimiento la disminución de velocidad de trabajo de las máquinas debido a factores de avería que les impide operar al 100% de su capacidad.

#### **2.2.8 Planificación de la producción.**

Según un artículo de Tic. Portal (2018), la planificación de la producción se define como el establecimiento de un plan de trabajo en base a los pedidos o ventas esperadas, para realizar esta planificación se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Disponibilidad de materiales o tiempo de abastecimiento: Se debe analizar la cantidad de pedidos solicitados y calcular la disponibilidad de materiales que se necesitan para la fabricación, como también el tiempo de abastecimiento de materiales si no se cuenta con stock en almacén.
- b) Cantidad de operarios: En base a la cantidad de pedidos se debe definir la cantidad de operarios que van a ser necesarios para la fabricación de los productos, se debe tener en cuenta operadores de máquina y ayudantes.



- c) Capacidad de producción de las máquinas: Se tiene que analizar el tipo de productos a fabricar y verificar las condiciones y restricciones que tienen las máquinas para poder asignarles una determinada carga de trabajo.

Gracias a la planificación de la producción se puede operar de forma ordenada y secuencial, esto también permite calcular tiempos de entrega y tiempos de abastecimiento de insumos de forma anticipada. (Recuperado de <https://www.ticportal.es/glosario-tic/planificacion-produccion>)

### **2.2.9 Calidad.**

Según Bonilla, Díaz, Kleeber y Noriega (2010) la calidad aplicada a un producto se describe como el lograr que los productos fabricados tengan características tanto cualitativa como cuantitativa similares respecto a una especificación requerida.

Respecto a la calidad aplicada a un usuario se podría definir como el grado de satisfacción que tiene el consumidor final respecto al bien o servicio brindado.

De esta forma la satisfacción se puede expresar de la siguiente manera:

$$satisfacción = \frac{calidad\ percibida}{expectativa}$$

Fuente: Bonilla, Díaz, Kleeberg, Noriega (Mejora continua de los procesos, 2010)

### **2.2.10 Procesos.**

Para Bonilla, Díaz, Keeberg y Noriega (2010) el proceso es un conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de los clientes. Los procesos pueden clasificarse según su envergadura en micro procesos, como el proceso de corte de tela, medianos, como el proceso de fabricación de prendas, macro procesos como el proceso de gestión empresarial y mega procesos como el proceso de la gestión de una cadena de suministro global.

Los recursos que se requieren para los procesos son considerados como las seis “M”:

- **MANO DE OBRA:** Es el factor más importante y de todo el proceso, debido a que sus actividades y destrezas influyen de forma directa en los resultados del proceso.
- **MÉTODOS:** Está constituido por las políticas, las normas, los procedimientos establecidos por la empresa y que se utilizan para realizar un determinado trabajo. Formalizar y estandarizar un método de trabajo influye de forma directa en el aseguramiento de la calidad del producto.
- **MAQUINARIA O EQUIPO:** Es un elemento que complementa el esfuerzo del personal para agregar valor en la cadena productiva. Un adecuado mantenimiento, calibración y manipulación permite operar y fabricar de forma precisa y exacta.
- **MATERIALES:** Son las entradas que se transformarán durante un proceso en productos terminados. Dependerá mucho de la calidad de los materiales o insumos para obtener productos de buena calidad.
- **MEDIO AMBIENTE:** Está conformado por el entorno de trabajo, estas incluyen las condiciones del trabajo como la iluminación adecuada, la ventilación, la señalización de seguridad, etc.
- **MEDIOS DE CONTROL:** Hace referencia a los instrumentos o recursos que se utilizan para la medición y evaluación del cumplimiento de los requisitos que se establecieron para un determinado producto.

#### **2.2.11 Mejora continua de los procesos.**

Según Bonilla et al. (2010) la mejora continua de los procesos es una estrategia de la gestión empresarial el cual consisten en crear e implementar mecanismos sistemáticos que permitan optimizar el rendimiento de los procesos y como consecuencia elevar el nivel de satisfacción de

los clientes. La mejora continua tiene como fundamento primordial una cultura organizacional sólida de profundos valores, donde lo más relevante e importante es el enfoque en el cliente, es también importante contar con un liderazgo de la alta dirección que apoye y reconozca las iniciativas del personal involucrado.

### **2.2.12 Diagrama de Pareto.**

Según Bonilla, et al. (2010) el diagrama de Pareto es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, la influencia o el efecto que tienen determinados elementos sobre un aspecto. El diagrama de Pareto permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función de su impacto en la organización. La clase A contiene cerca del 20% de los elementos y 80% de impacto, mientras que en el otro extremo la clase C contiene el 50% de elementos y solo un 50% de impacto. En la clase intermedia se encuentra el 30% de los elementos y el 15% de impacto.

#### **2.2.12.1 Metodología.**

Según Bonilla, et al. (2010). Para elaborar un diagrama de Pareto se deben realizar los siguientes pasos:

- Llevar un registro de los problemas y defectos de un proceso productivo.
- Ordenar estos elementos de forma cuantitativa de mayor a menor.
- Sumar el total.
- Hacer un cálculo de todos los elementos en función del total.
- Realizar la gráfica en los eje X y Y, donde (X) es el % acumulado de los elementos y (Y) es el porcentaje acumulado del impacto del elemento.

- Hacer el trazo de la curva.
- Se procede a dividir el gráfico en tres zonas (A, B y C).
- Finalmente se debe analizar el comportamiento de la curva y seleccionar los elementos de la zona A.

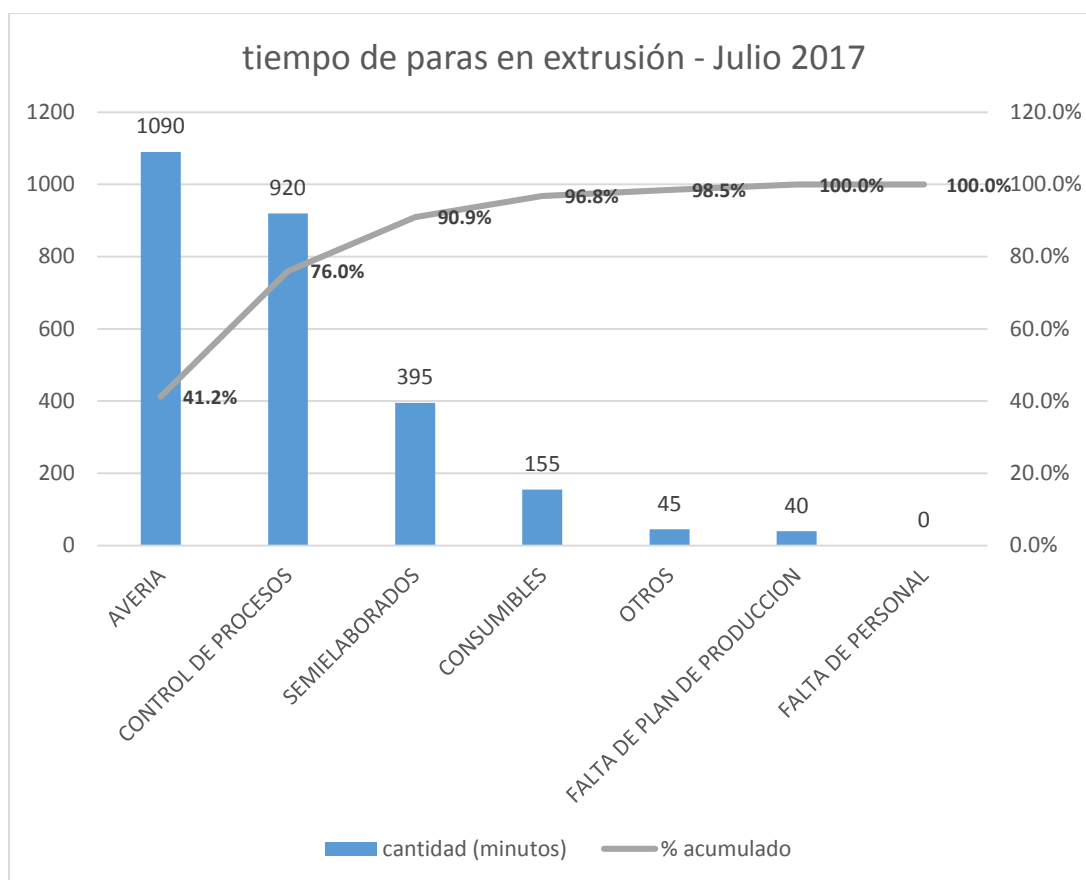


Gráfico 1. Ejemplo de diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.13 Mantenimiento productivo total (TPM).

El mantenimiento productivo total con siglas en inglés TPM, tiene como orígenes en la década de 1950 en Estados Unidos bajo el concepto principal del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en la revisión periódica de los equipos según una planificación, en las que se realizan actividades como cambios de piezas, lubricaciones, limpieza con el fin de que las averías se materialicen.

La planificación y programación de mantenimiento preventivo debe estar sujeta a las recomendaciones del fabricante de los equipos, así como también al histórico de averías con el fin de anticiparse a las fallas.

El mantenimiento productivo total (TPM) es considerado como una metodología de mejora puesto que permite obtener disponibilidad y confiabilidad de las máquinas para las operaciones. Básicamente en el TPM se manejan conceptos básicos como: prevención, cero averías, cero accidentes y participación constante de las personas, esto consiste en que para realizar un mantenimiento preventivo no solo debe ser limitada al personal de mantenimiento, sino que el personal que opera la máquina debe estar capacitado y preparado para realizar un mantenimiento preventivo.

#### ***2.2.13.1 Ventajas del TPM.***

El TPM representa las siguientes ventajas según Salazar (2017).

- Al estar en condiciones óptimas los equipos producen un mínimo o cero productos no conformes.
- Se aumenta la productividad como consecuencia de tener mayor disponibilidad de máquina.
- Se incrementa el rendimiento debido a que la máquina puede operar al 100% de su capacidad máxima.
- Se reduce considerablemente los gastos por mantenimiento correctivo debido a que se minimiza las averías, se evita compras de repuesto con urgencia.

- Se aprovecha de forma más óptima el capital humano debido a que contarán con un equipo 100% operativo y se evitará tiempos perdidos.

### ***2.2.13.2 Pilares del TPM.***

Según Salazar (2017). El mantenimiento productivo total (TPM), se sostiene sobre seis pilares fundamentales:

- a) **Mejoras enfocadas:** Estas consisten en realizar actividades puntuales con el propósito de mejorar la eficiencia general de equipos, estas están orientadas al mantenimiento preventivo y a eliminar las limitaciones que van surgiendo en los equipos. Estas mejoras enfocadas tiene una naturaleza incremental y sostenible ya que adoptan ciclos de mejora continua como el PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar).
- b) **Mantenimiento autónomo:** Para que el mantenimiento autónomo se desarrolle de acuerdo a lo planificado, se debe contar con el apoyo de los operarios de máquinas, debido a que ellos deben realizar trabajos menores como limpieza de máquinas, lubricación, inspección, ajustes menores, análisis de fallas y proponer mejoras que se puedan realizar. Para que esto se realice de forma eficiente, es importante que los operarios sean capacitados y que conozcan a la perfección el funcionamiento de las máquinas que operan.
- c) **Mantenimiento planificado:** El mantenimiento planificado también conocido como mantenimiento programado o preventivo es uno de los pilares de mayor importancia, ya que tiene como finalidad lograr minimizar las averías a cero. Este pilar desarrolla actividades de rutina o periódicas y predictivas para prevenir cualquier tipo de averías. Para esto se debe tener actualizada las órdenes de trabajo y también el stock de repuestos.

- d) **Mantenimiento de calidad:** El mantenimiento de calidad tiene como objetivo principal el mantener en óptimas condiciones los equipos para que al momento de operar se genere cero productos defectuosos o no conformes.
- e) **Educación y entrenamiento:** La metodología de TPM requiere de una colaboración de todo personal involucrado, para esto se debe contar con personas comprometidas y capacitadas. Por lo tanto el pilar de educación y entrenamiento debe garantizar que los operarios desarrollen lo más que puedan sus competencias y que estén orientadas a los objetivos de la empresa. Estas competencias deben estar enfocadas en términos de equipamiento, gestión y desarrollo de habilidades y participación.
- f) **Seguridad y medio ambiente:** El pilar de seguridad y medio ambiente es uno de los más importantes y trascendentales del TPM, este pilar va a garantizar que el operario labore en condiciones seguras disminuyendo a lo más mínimo el riesgo de accidentes y que las operaciones realizadas no tengan un impacto ambiental negativo. El objetivo principal de este pilar es lograr cero accidentes y cero contaminación. Es sabido que el incremento de la productividad está relacionada a las condiciones seguras de trabajo y al impacto ambiental ya que estos escenarios son los ideales para la búsqueda de un trabajo altamente eficiente.

### 2.3 Marco conceptual

**Stretch film:** Es una lámina de plástico, estirable y flexible y transparente, fabricado a base de polietileno de baja densidad lineal, se utiliza para envolver productos en proceso o terminados y se amolda a la forma del producto a embalar. Fuente: Packing and Plastics Perú.

**Bobina madre:** Es un rollo de stretch film que se enrolla en un tubo de cartón cuyo peso oscila entre 30 Kg a 35 Kg.

**Tuco:** Se define como tubo de cartón en el que se enrolla el stretch film.

**Rebobinadora:** Máquina que se encarga de rebobinar las bobinas madre en bobinas de menor peso.

**Bobina automática:** Es un rollo de stretch film con características especiales, suelen tener mayor resistencia y elongación que una bobina madre.

**Extrusora:** Máquina que tiene como función succionar la materia prima, fundirlo y generar la película de plástico a través de un cabezal.

**Formato de producción:** Son plantillas donde el operario registra información de su producción, cantidad producida, cantidad de merma, tiempo de paradas, etc.

**Merma:** Es la cantidad de Kilogramos de productos defectuosos.

**Micrómetro:** Instrumento que mide el espesor del stretch film, su unidad de medición son las micras.

**Compresora:** Es una máquina que mide la resistencia a la compresión de los tucos.

**Dinamómetro:** Es un instrumento que mide la elongación y esfuerzo de rotura del stretch film.

**Lote:** Es un número correlativo que identifica el producto fabricado, permite hacer trazabilidad a la producción.



**Pirómetro:** Instrumento que nos permite medir la temperatura superficial de cualquier objeto.

**Termo higrómetro:** Es un instrumento que mide la humedad de los tucos.

**Chill Roll: Rodillo que se encarga de enfriar la lámina de plástico recién extruida.**

**Zaranda:** Máquina encargada de eliminar residuos contaminantes de la materia prima.

**Parihuela:** Es una estructura de madera o plástico en el que se apilan las cajas con los rollos de stretch film para su transporte.

**Pistola etiquetadora:** Es un instrumento que genera las etiquetas con los lotes asignados para cada producto.

**Scanner:** Instrumento que está incorporado en la máquina extrusora y permite medir el espesor en tiempo real del stretch film extruido.

**EGE:** Eficiencia General de Equipos.

**Productividad:** Indicador que nos relaciona los Kilogramos producidos entre las horas hombre utilizadas.

## **CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **3.1 Hipótesis General**

La propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos mejorará la productividad en la línea de fabricación de stretch film.

### **3.2 Hipótesis Específica**

#### **3.2.1 Hipótesis específica 1.**

La propuesta del indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de stretch film.

#### **3.2.2 Hipótesis específica 2.**

A través de la propuesta del indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma en la producción de stretch film.

#### **3.2.3 Hipótesis específica 3.**

La propuesta del indicador de disponibilidad permitirá disminuir los tiempos muertos en el proceso de fabricación de stretch film.

### 3.3 Variables

Tabla 2  
*Clasificación de variables*

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición	Indicador	Instrumento de medición
Velocidad	Cantidad de kilogramos producidos por hora.	Cuantitativo	Continua	Kg/Hr	Observación
Merma	Relación entre la cantidad de material desperdiciado y producido.	Cuantitativo	Intervalo	% de merma	Reporte de producción
Disponibilidad	Es un indicador que muestra el tiempo que está disponible una máquina respecto de la duración total que se hubiese deseado que funcione	Cuantitativo	Razón	$(T. \text{ total} - T. \text{ paradas}) / T. \text{ total} \times 100\%$	Excel

---

Rendimiento	Relación entre la cantidad de Kg que se produce y la cantidad de Kg que se podría haber producido.	Cuantitativo	Razón	$(P. \text{ real} - P. \text{ teórica}) / P. \text{ Teórica} \times 100\%$	Excel
Calidad	Relación entre la cantidad producida conforme y cantidad total producida	Cuantitativo	Razón	$(\text{Kg. Conformes} / \text{Kg. Prod.}) \times 100\%$	Excel
EGE	Razón porcentual que permite medir la eficiencia productiva de una máquina.	Cuantitativo	Intervalo	$(D \times R \times C)\%$	Excel
Productividad	Relación entre la cantidad de Kg producidos y los recursos (Horas hombre) utilizados.	Cuantitativo	Razón	$\text{Kg. Producidos} / \text{H-H}$	Excel
Kilogramos producidos	Es la cantidad de kilogramos que se extruyen y rebobinan.	Cuantitativo	Valor numérico	Kg.	Reporte de producción

---

---

Tiempos muertos	Es la cantidad de tiempo en minutos que la máquina esta parada.	Cuantitativo	Valor numérico	Minutos	Reporte de producción
-----------------	---	--------------	----------------	---------	-----------------------

---

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada debido a que se utiliza los conocimientos teóricos de productividad y eficiencia general de equipos como rendimiento, disponibilidad y calidad con el objetivo de tener un diagnóstico inicial del área de fabricación de stretch film y dar las posibles soluciones y mejoras a los problemas actuales, y es tecnológica porque para el procesamiento de datos y cálculo de las razones porcentuales de la eficiencia general de equipos utilizaremos una matriz elaborada en Excel el cual será alimentada a diario a través de los reportes de producción en físico.

### **4.2 Diseño de la investigación**

#### **4.2.1 Nivel de investigación.**

Esta investigación es de nivel experimental porque buscamos controlar y manipular la variable independiente con el objetivo de observar los posibles resultados que nos den estos.

#### **4.2.2. Diseño.**

Es de diseño pre experimental porque en un principio se hace un diagnóstico inicial de la productividad y de las tres razones porcentuales que comprende la eficiencia general de equipos (Disponibilidad, rendimiento y calidad) las cuales influyen directamente en la productividad, esta variable independiente será modificada mediante herramientas de mejora continua con el

objetivo de ver cómo impacta en el indicador de productividad de tal forma que nuestra propuesta de indicadores sea aplicada a todas las máquinas.

Esquema:

G1: A1 – T – A2

G1: Línea de fabricación de stretch film.

A1: Pre – propuesta.

T: Tratamiento (Indicadores de Eficiencia General de Equipos)

A2: Post – propuesta.

#### **4.2.3 Enfoque.**

El enfoque es cuantitativo porque este estudio se basa en análisis numéricos que relacionan razones porcentuales de disponibilidad, rendimiento y calidad con la productividad, también se hacen uso de herramientas estadísticas como diagrama de Pareto e Histogramas.

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Unidad de análisis.**

Nuestra unidad de análisis es la línea de fabricación de stretch film de donde se obtuvo la información necesaria para este estudio.

#### **4.3.2 Población.**

La población son todas las máquinas de la línea de fabricación de stretch film que en total son 7 máquinas rebobinadoras (1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) de las cuales dos son de fabricación rusa, una de

fabricación italiana y 4 de fabricación china y 2 máquinas extrusoras (1 y 4) de las cuales una es de fabricación italiana y la otra de fabricación china.

#### 4.3.3 Muestra.

La muestra fue determinada a través de un muestreo no probabilístico y tomando en consideración las máquinas que tienen mayor volumen de producción y las que se adaptan a mayores tipos de formato de productos. Por lo tanto se tomó como muestra la máquina extrusora número 1 y la máquina rebobinadora número 2 las cuales tienen un volumen mayor de producción respecto a las demás máquinas. Esto se determinó mediante un gráfico de barras en las que se muestra las máquinas que mayor volumen de producción tuvo en el mes de junio del 2019 el cual se muestra a continuación:

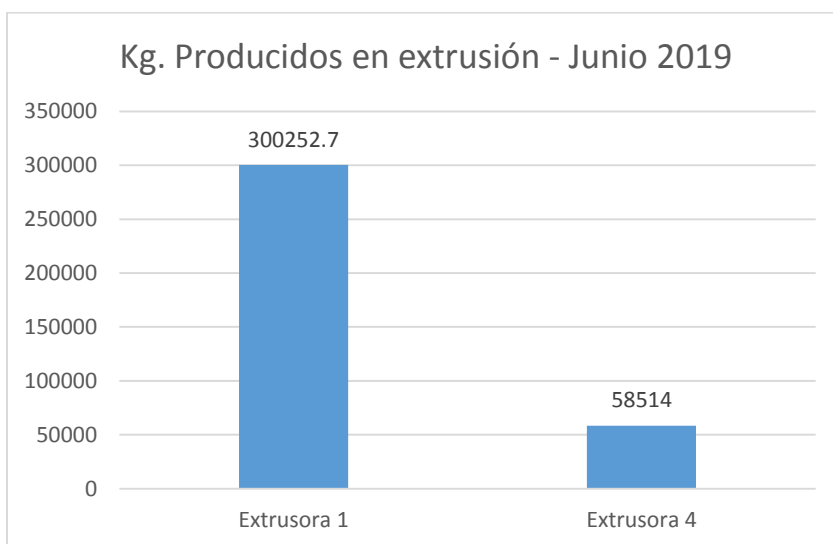


Gráfico 2. Kilogramos producidos en extrusión.

Fuente: Elaboración propia.



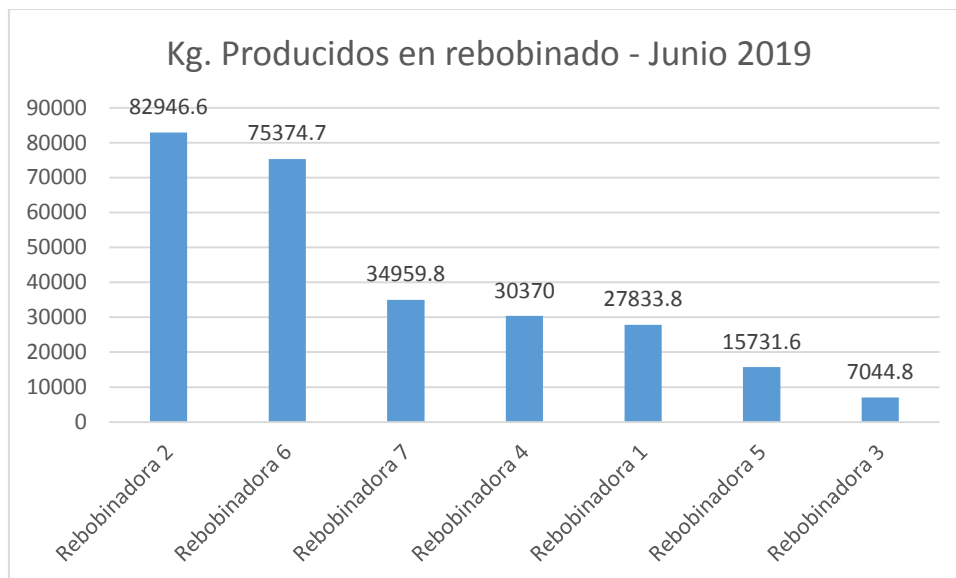


Gráfico 3. Kilogramos producidos en rebobinado.

Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico número 2, se observa que la extrusora número 1 tiene un volumen de producción mucho mayor que la extrusora número 4, por lo tanto se tomará como muestra esta máquina para realizar el estudio.

En el gráfico número 3 de igual forma se observa que la rebobinadora número 2 es la que mayor cantidad de Kg produjo en el mes de Junio del 2019, por lo tanto esta máquina será tomada como muestra para realizar el estudio.

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron la observación directa de las actividades en el proceso de producción, el registro de información para determinar la capacidad máxima de producción de stretch film de las máquinas 1 y 2 y la capacitación a los operarios para que registren de forma adecuada y con la información necesaria los reportes de producción.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron tomados de los formatos de reporte de producción de rebobinado (Ver anexo 1) y extrusión (Ver anexo 2) los cuales fueron utilizados directamente por los operarios de máquina donde registran la cantidad conforme producida, la merma generada, velocidad de máquina, registro de paradas y descripción del producto, etc.

También se utilizó instrumentos como un cronómetro para determinar la capacidad máxima de la máquina rebobinadora, y un cuadro de registro de hallazgos para llevar un control de reclamos de productos defectuosos por parte de los clientes.

Para la recolección de datos se registró toda la información anotada en los reportes de producción emitidas por los operarios durante 30 días del mes de mayo y 30 días del mes de junio del 2019, cabe mencionar que el área de producción trabaja de lunes a domingo en dos turnos de doce horas cada uno, de tal forma que la producción es continua durante toda la semana y mes.

#### **4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de datos se utilizó una matriz creada en Excel que será alimentada con información diaria de los reportes de producción en físico, esta matriz tiene como función principal hacer el cálculo de forma automática de las tres razones porcentuales que conforman la Eficiencia General de Equipos (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad), de igual forma esta matriz calcula la productividad diaria de cada máquina en Kg/ H-H.

Para el análisis de datos, utilizaremos herramientas como diagramas de Pareto y cuadros y gráficos estadísticos que van a permitir identificar las causas raíces de los problemas principales que se tiene en el proceso productivo.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1 Presentación de los resultados**

#### **5.1.1 Determinación de capacidad máxima según especificación de la máquina.**

Cada máquina tiene una determinada capacidad máxima de producción según el tipo de producto a fabricar, de esta forma determinaremos la capacidad máxima de las dos máquinas en estudio, la extrusora número 1 y la rebobinadora número 2.

##### ***5.1.1.1. Capacidad máxima en extrusión.***

La capacidad máxima de la máquina extrusora número 1 se determinó mediante especificación técnica del fabricante según los espesores de los productos a fabricar.

Tabla 3  
*Velocidad (kg/hr) según espesor en extrusión.*

ESPESOR (micras)	Velocidad (Kg/Hr)
13	380
14	380
15	380
16	380
17	380
18	380
19	400
20	530
21	530
22	530
23	530
24	530
25	550
27	600
28	600
30	600

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1.2. Capacidad máxima en rebobinado.

Para determinar la capacidad máxima de rebobinado se hizo una medición de la cantidad de kilogramos producidos en un lapso de una hora, en total se hizo 8 mediciones de 1 hora cada uno y se tomó como capacidad máxima de rebobinado el valor máximo obtenido.

Tabla 4  
Velocidad (Kg/Hr) según espesor en rebobinado.

Medición	15 micras	18 micras	20 micras
1	230	270	310
2	225	280	320
3	240	250	290
4	180	230	315
5	215	240	285
6	225	290	295
7	205	275	300
8	235	250	280

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto se elige la velocidad más alta para cada espesor como capacidad máxima de rebobinado o rendimiento teórico.

Tabla 5

*Velocidad máxima (Kg/Hr) según espesor para la rebobinadora número 2.*

ESPESOR (micras)	Velocidad (Kg/Hr)
15	240
18	290
20	320

Fuente: Elaboración propia.

### **5.1.2 Cálculo inicial de eficiencia general de equipos y productividad.**

Para el cálculo inicial de la eficiencia general de equipos y productividad se utilizó una matriz en Excel el cual fue alimentado de forma diaria con información de los reportes en físico de producción (ver anexos), estos indicadores fueron calculados durante dos meses, abril y mayo del 2019 y de esta forma se puede tener un diagnóstico actual de la línea de fabricación de stretch film en cuanto a indicadores de proceso productivo se refiere.

#### ***5.1.2.1. Eficiencia General de Equipos en extrusión.***

Eficiencia General de equipos en extrusión: En el área de extrusión de stretch film se calculó la eficiencia general de equipos durante el mes de mayo para la extrusora 1 y estos fueron los resultados.

Tabla 6  
*Eficiencia General de equipos del área de extrusión – mayo 2019.*

Día	EGE	Día	EGE
02-may	37.08%	17-may	92.68%
03-may	86.11%	18-may	87.29%
04-may	78.99%	19-may	94.23%
05-may	88.82%	20-may	88.88%
06-may	90.97%	21-may	74.76%
07-may	83.32%	22-may	89.11%
08-may	87.41%	23-may	68.39%
09-may	94.30%	24-may	85.68%
10-may	89.53%	25-may	88.28%
11-may	86.63%	26-may	76.98%
12-may	71.44%	27-may	70.75%
13-may	69.21%	28-may	69.01%
14-may	90.88%	29-may	72.07%
15-may	81.21%	30-may	88.05%
16-may	77.81%	31-may	78.09%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 6 se puede apreciar que la eficiencia general de equipos como valor mínimo tuvo 37.08% y como valor máximo tuvo 94.30%. En promedio la eficiencia general de equipos acumulada durante el mes de mayo del 2019 fue de 82.89%, este número nos indica que de 100 unidades con calidad óptima que la máquina pudo haber fabricado solo se ha fabricado 83 unidades.

El valor de 82.89% es aceptable pero para poder entrar al World Class se deben hacer mejoras para superar el 85% de eficiencia general de equipos.

Disponibilidad, rendimiento y calidad del área de extrusión de stretch film: A continuación se analiza las tres razones porcentuales que componen la eficiencia general de equipos para la extrusora número 1.

Tabla 7

*Disponibilidad, rendimiento y calidad del área de extrusión, mayo 2019.*

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
02-may	76.42%	60.45%	80.27%
03-may	100.00%	87.51%	98.03%
04-may	91.21%	89.31%	96.03%
05-may	96.53%	92.52%	99.48%
06-may	100.00%	91.88%	98.82%
07-may	100.00%	85.04%	97.78%
08-may	100.00%	88.80%	98.30%
09-may	100.00%	95.29%	98.87%
10-may	100.00%	90.42%	99.09%
11-may	94.72%	91.92%	99.24%
12-may	94.16%	78.23%	96.31%
13-may	81.20%	88.14%	97.34%
14-may	97.93%	94.34%	98.42%
15-may	100.00%	81.91%	99.07%
16-may	93.95%	87.54%	95.01%
17-may	96.23%	96.87%	99.49%



Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
18-may	100.00%	92.37%	94.88%
19-may	100.00%	94.54%	99.69%
20-may	100.00%	91.70%	97.09%
21-may	100.00%	75.84%	98.92%
22-may	100.00%	91.23%	97.37%
23-may	90.80%	80.04%	94.02%
24-may	100.00%	87.08%	98.17%
25-may	95.38%	94.09%	98.54%
26-may	100.00%	81.83%	93.76%
27-may	81.08%	93.17%	93.99%
28-may	90.18%	78.34%	97.36%
29-may	100.00%	74.21%	97.32%
30-may	100.00%	89.35%	98.56%
31-may	93.22%	88.27%	95.58%

Fuente: Elaboración propia.

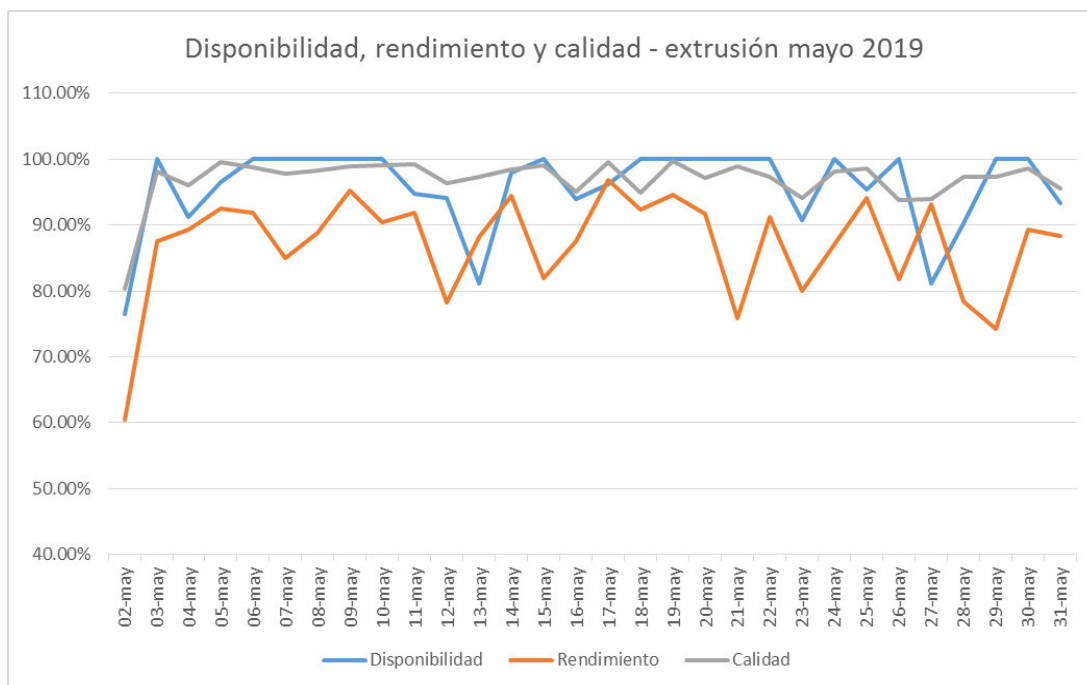


Gráfico 4. Razones porcentuales de Disponibilidad, rendimiento y calidad en extrusión.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 7 y gráfico 4 se puede concluir que una de las razones que más afecta a la eficiencia general de equipos en extrusión es el rendimiento el cual registra un valor mínimo de 60.45% y de igual forma la disponibilidad registra un valor mínimo de 76.42%.

### 5.1.2.2. Causas de bajo rendimiento y disponibilidad.

Para determinar las causas de un bajo rendimiento y disponibilidad se realiza un diagrama de Pareto de las causas de paradas de la extrusora 1.

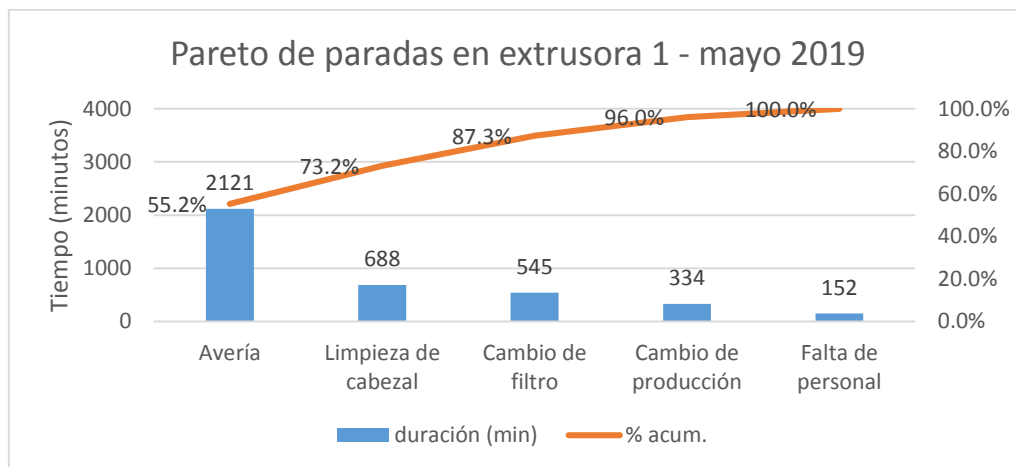


Gráfico 5. Pareto de paradas en extrusora 1 – mayo 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto se puede concluir que aproximadamente el 80% de las causas de baja disponibilidad y rendimiento se deben a las averías, limpieza de cabezal y cambio de filtro.

Las averías que se presentan son debido a un ineficiente plan de mantenimiento preventivo, por lo que se sugiera elaborar un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de que las máquinas no paren por averías que se pudieron haber evitado con un mantenimiento anticipado.

Por lo tanto aquí se plantea como mejora aplicar uno de los principios del TPM, que en este caso sería el mantenimiento autónomo, con el objetivo principal de que a través de capacitaciones, el maquinista tenga las facultades de realizar las siguientes actividades:

- Verificación e inspección diaria de la máquina.
- Lubricar las partes que lo requieran, es fundamental que el maquinista esté al tanto de la lubricación de las máquinas debido al constante desgaste de las piezas.

- El reemplazo de partes básicas como filtros de aire, filtros de materia prima y cuchillas cortadoras las debe intervenir el maquinista, de esta forma evitar tiempos de espera hasta que personal de mantenimiento lo haga, este trabajo solo se debe realizar en cambios de piezas básicas debido a que para partes más sensibles si se requiere de personal especializado.
- El maquinista debe estar preparado para realizar reparaciones básicas en caso de que no haya personal de mantenimiento disponible, este tipo de reparaciones pueden ser: ajuste de rodillos, limpieza de dosificadores obstruidos, etc.
- Y por último la detección temprana de condiciones anormales es una tarea muy importante, debido a que a partir de esta detección se pueden prevenir averías serias que paren la máquina durante mucho tiempo, esta detección temprana de condiciones anormales debe ser informada de manera inmediata al supervisor o jefe de área para que coordine con mantenimiento.

De igual forma la constante contaminación de la materia prima hacen que se acumule impurezas y ensucien rápido el cabezal de la extrusora y se obstruyan los filtros de forma más frecuente, por lo tanto como alternativa principal se propone usar un tamizador de materia prima que permita filtrar las impurezas antes de ser utilizadas en la máquina.



*Gráfico 6.* Tamizador de materia prima.

Fuente: Elaboración propia

Como propuesta se planteó usar un tamizador de materia prima este será útil para eliminar gran parte de las impurezas que vienen en la materia prima, por lo tanto se reducirá los 688 minutos de limpieza de cabezal y los 545 minutos por cambio de filtro por acumulación de impurezas.

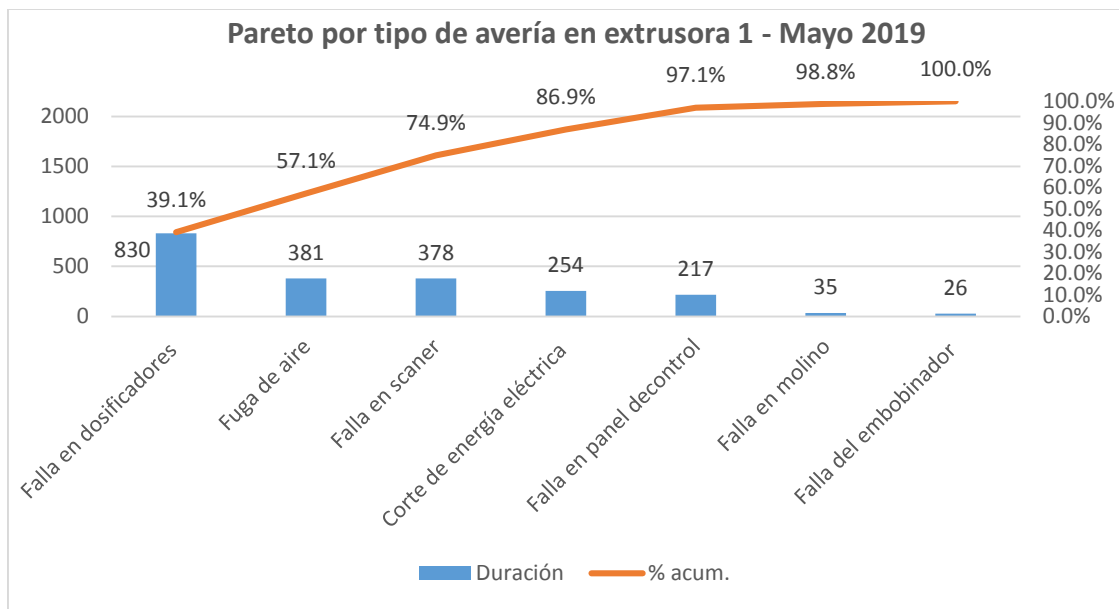


Gráfico 7. Diagrama de Pareto por tipo de avería en extrusora 1.

Fuente: Elaboración propia

Del diagrama de Pareto se concluye que aproximadamente el 80% de las causas de avería se deben a fallas en el dosificador, fuga de aire y falla en scanner.

- Las fallas constantes en el dosificador se debe a que no se cuenta con los repuestos originales (importados de Italia), esto debido a su elevado costo, por lo tanto se adquirió repuestos alternativos que no tienen una buena duración y esto generó paradas de 830 minutos (14 horas aproximadamente) en el mes de mayo, esto equivale a 9100 Kg de producción ya que la extrusora 1 produce 650 Kg/hr, esto equivalente en unidades monetarias serían S/.136500.00. Debido a que los repuestos originales están cotizados en S/. 40 000.00, se recomienda adquirirlos para evitar paradas de máquina que generen pérdidas a la empresa.
- Las fallas por fuga de aire se debe a que no se cambiaron con anticipación las mangueras conductoras de aire, con el pasar del tiempo estas se han ido agrietando y esto ha provocado escape de aire del sistema. Se debe implementar un programa de

mantenimiento que permitan cambiar las mangueras cada cierto periodo de tiempo y de esta forma evitar estas paradas.

- Las fallas en el scanner tienen como causa principal la falta de calibración de forma periódica, esta calibración la hace el proveedor de la máquina extrusora para el cual se debe enviar al extranjero el scanner, por lo tanto se sugiere tener un scanner de back up para evitar paradas cuando uno de ellos se envíe para su calibración.

### 5.1.2.3. Causas de bajo porcentaje de calidad.

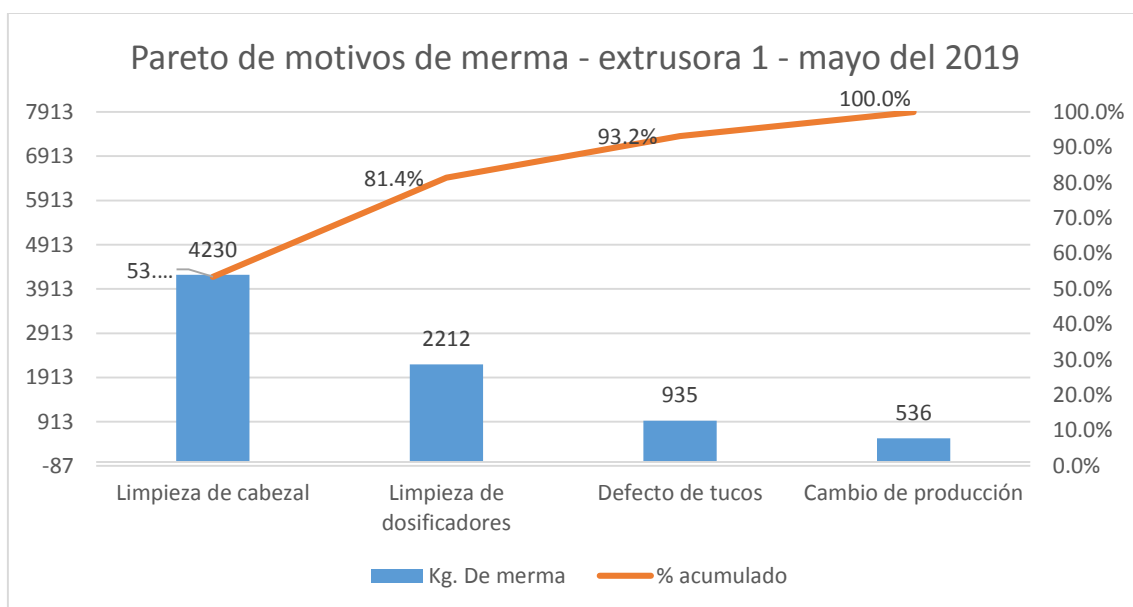


Gráfico 8. Pareto de motivos de merma en la extrusora 1 – mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 8 se concluye que el 80% de merma generada se debe a la constante limpieza de cabezal y limpieza de dosificadores, esto debido a las impurezas que contienen la materia prima y obstruyen el cabezal y los dosificadores. Junto a la limpieza de dosificadores también se realizan los cambios de filtro que se obstruyen con el material contaminado.

#### 5.1.2.4. Productividad en extrusión.

Tabla 8

*Productividad (Kg/H-H) en extrusión – mayo del 2019.*

Día	Productividad (Kg/H-H)
02-may	137
03-may	176
04-may	157
05-may	219
06-may	229
07-may	127
08-may	202
09-may	242
10-may	211
11-may	216
12-may	165
13-may	145
14-may	130
15-may	147
16-may	145
17-may	170
18-may	180
19-may	248
20-may	201



Día	Productividad (Kg/H-H)
21-may	155
22-may	215
23-may	152
24-may	199
25-may	211
26-may	196
27-may	166
28-may	181
29-may	128
30-may	229
31-may	168

Fuente: Elaboración propia.

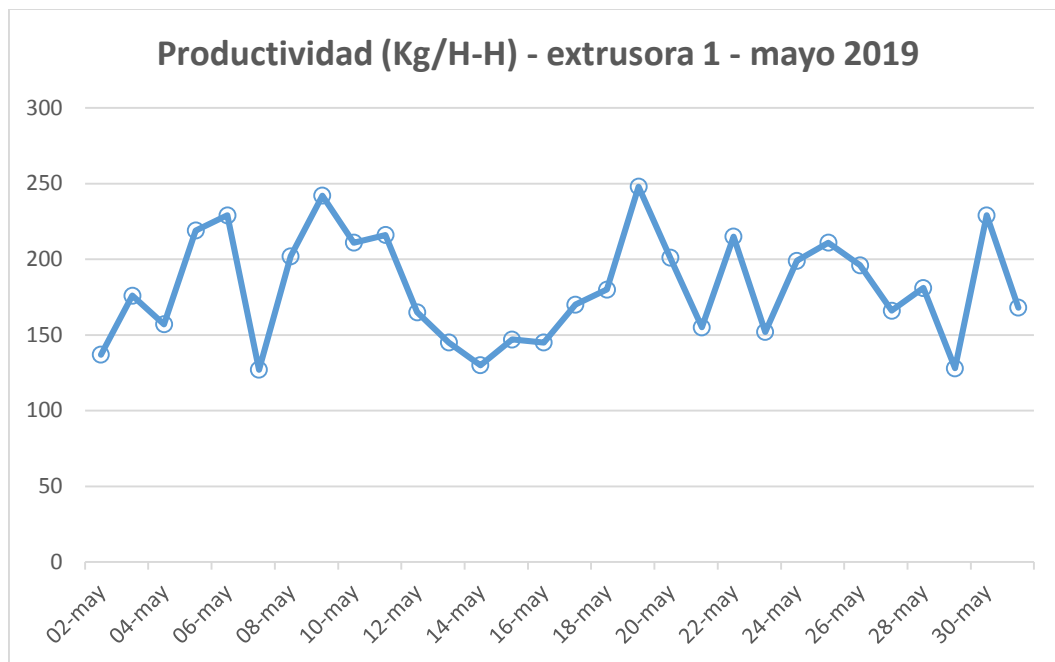


Gráfico 9. Productividad en extrusora 1- mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 9 se puede observar que en el mes de mayo la productividad tuvo un pico más alto de 248 Kg/H-H y un pico más bajo de 127 Kg/H-H. Con las mejoras que se proponen para elevar la eficiencia general de equipos se hará un proyectado de la nueva productividad en la extrusora 1.

#### **5.1.2.5. Eficiencia general de equipos en rebobinado.**

Eficiencia General de equipos en rebobinado: En el área de rebobinado de stretch film se calculó la eficiencia general de equipos durante el mes de mayo para la rebobinadora número 2 y estos fueron los resultados:

Tabla 9

*Eficiencia general de equipos de rebobinado – mayo del 2019.*

Día	EGE	Día	EGE
02-may	49.22%	17-may	52.57%
03-may	53.25%	18-may	42.33%
04-may	37.06%	19-may	52.82%
05-may	44.09%	20-may	48.71%
06-may	42.20%	21-may	54.42%
07-may	45.12%	22-may	58.06%
08-may	51.21%	23-may	42.25%
09-may	51.58%	24-may	49.97%
10-may	47.20%	25-may	65.80%
11-may	50.73%	26-may	47.91%
12-may	42.31%	27-may	40.81%
13-may	43.10%	28-may	42.98%
14-may	47.34%	29-may	47.42%
15-may	60.44%	30-may	40.44%
16-may	63.40%	31-may	55.96%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 9 se puede apreciar que la eficiencia general de equipos como valor mínimo tuvo 37.06% y como valor máximo tuvo 65.80%. En promedio la eficiencia general de equipos acumulada durante el mes de mayo del 2019 fue de 49.72%, este número nos indica que de 100 unidades con calidad óptima que la máquina pudo haber fabricado solo se ha fabricado 50 unidades.

El valor de 49.72% según la tabla 1 es inaceptable debido a que se están generando pérdidas para la empresa y para poder entrar al World Class se deben hacer mejoras para superar el 85% de eficiencia general de equipos.

Disponibilidad, rendimiento y calidad del área de rebobinado de stretch film: A continuación se analiza las tres razones porcentuales que componen la eficiencia general de equipos para la rebobinadora número 2.

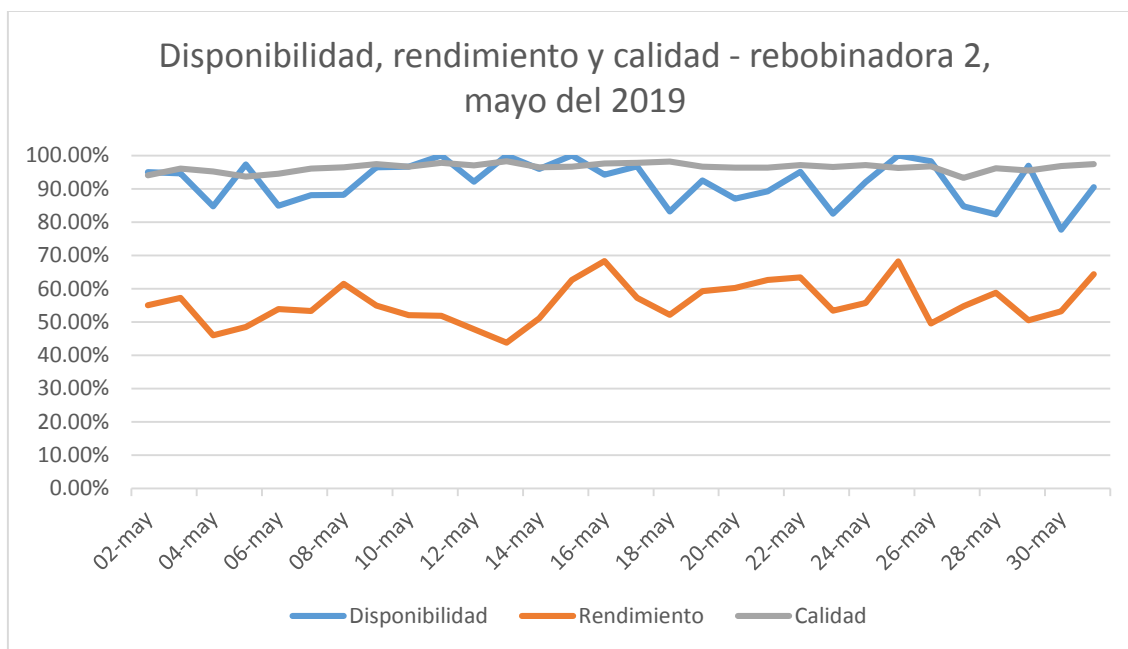
*Tabla 10*

*Disponibilidad, rendimiento y calidad en rebobinadora 2 – mayo del 2019.*

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
02-may	95.02%	55.04%	94.05%
03-may	94.62%	57.28%	96.05%
04-may	84.71%	46.01%	95.21%
05-may	97.32%	48.54%	93.66%
06-may	84.95%	53.88%	94.51%
07-may	88.09%	53.30%	96.09%
08-may	88.20%	61.50%	96.47%
09-may	96.40%	54.94%	97.39%
10-may	96.65%	52.08%	96.67%
11-may	100.00%	51.86%	97.82%
12-may	92.15%	47.81%	97.02%
13-may	100.00%	43.82%	98.25%
14-may	95.99%	51.08%	96.47%
15-may	100.00%	62.60%	96.61%

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
16-may	94.19%	68.33%	97.61%
17-may	96.69%	57.27%	97.82%
18-may	83.17%	52.18%	98.13%
19-may	92.49%	59.26%	96.65%
20-may	87.07%	60.22%	96.31%
21-may	89.26%	62.62%	96.36%
22-may	95.08%	63.42%	97.16%
23-may	82.54%	53.45%	96.55%
24-may	92.06%	55.71%	97.12%
25-may	100.00%	68.24%	96.23%
26-may	98.23%	49.55%	96.69%
27-may	84.73%	54.77%	93.24%
28-may	82.31%	58.78%	96.16%
29-may	96.88%	50.56%	95.50%
30-may	77.67%	53.21%	96.79%
31-may	90.49%	64.37%	97.45%

Fuente: Elaboración propia.



*Gráfico 10.* Disponibilidad, rendimiento y calidad en la rebobinadora 2.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 10 y gráfico 10 se puede concluir que una de las razones que más afecta a la eficiencia general de equipos en la rebobinadora 2 es el rendimiento el cual registra un valor mínimo de 43.82 % seguido de la disponibilidad que registra un valor mínimo de 77.67 %.

### 5.1.2.6. Causas de bajo rendimiento y disponibilidad.

Para determinar las causas de un bajo rendimiento y disponibilidad se realiza un diagrama de Pareto de las causas de paradas de la rebobinadora 2.

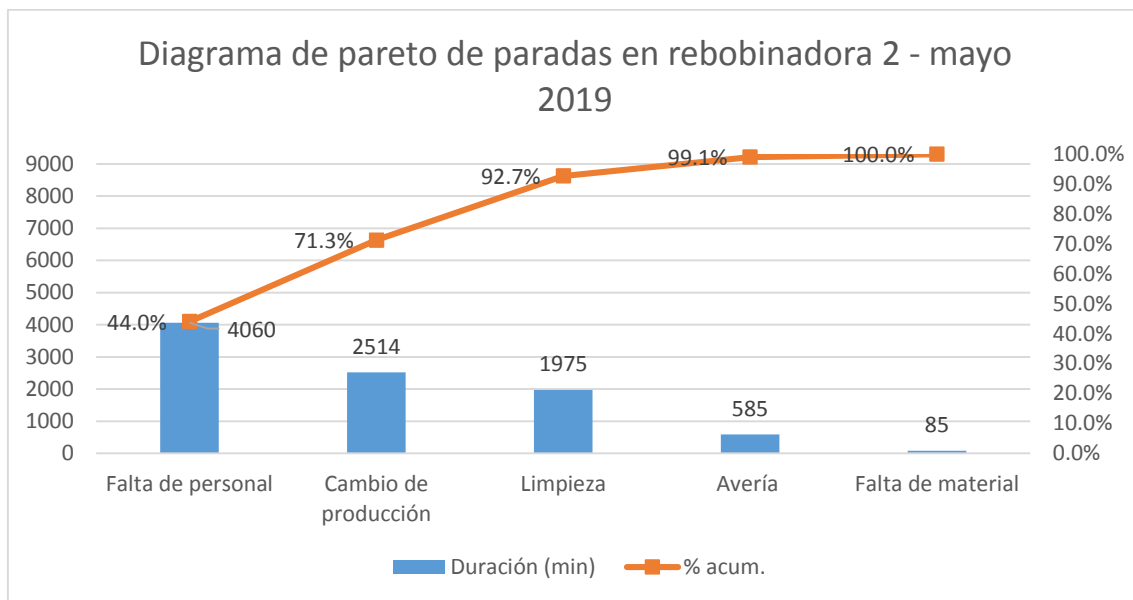


Gráfico 11. Diagrama de Pareto de paradas en rebobinadora 2 – mayo 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto 11 se puede concluir que aproximadamente el 80% de las causas de baja disponibilidad y rendimiento se deben a la falta de personal y cambio de producción.

A continuación se analizará las causas de parada por falta de personal mediante un diagrama de Pareto.

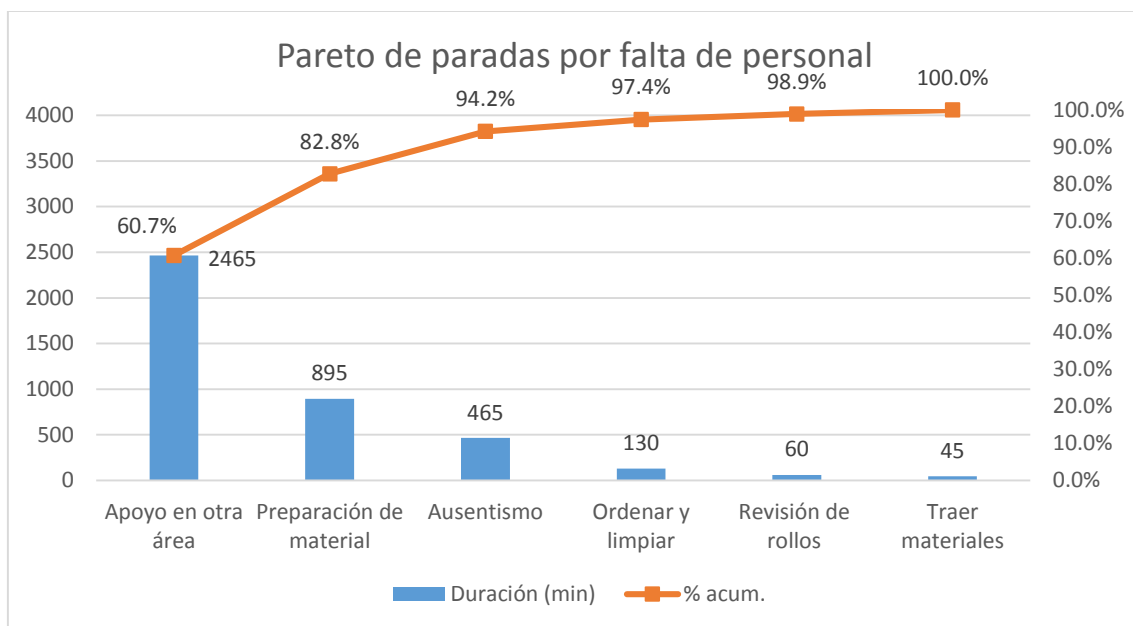


Gráfico 12. Diagrama de Pareto de paradas por falta de personal.

Fuente: Elaboración propia.

Del diagrama de Pareto 12 se puede concluir que el 80% de paradas por falta de personal se deben a dos razones principales, la primera es porque el maquinista de la rebobinadora número 2 tiene que ir a apoyar a otra área debido a que no hay operarios disponibles que puedan apoyarlo, en el mes de mayo se paró la máquina por apoyar en otras áreas un total de 41 horas aproximadamente.

Otra de las causas de paradas de máquina es que este se ocupara de preparar el material para empezar a rebobinar, entre las actividades de preparación de material están el etiquetado de las cajas y tucos y traer cajas y tucos del almacén.

Para el primer problema es que se contrate un personal y se le capacite para que apoye en las áreas que lo requieran, esto evitará que el operario de la rebobinadora se dedique exclusivamente a su máquina.

Para el segundo problema se recomienda poner a un personal que se encargue de etiquetar cajas y tucos, así como también abastecer de cajas y tucos a todas las rebobinadoras operativas,



esto con la finalidad de que los maquinistas de cada rebobinadora solo se dediquen a operar la máquina el mayor tiempo posible, este personal también ayudará a reducir el tiempo de cambios de producción, debido a que para realizar un cambio de producción el maquinista tiene que cambiar la medida en la máquina de forma manual y luego traer sus cajas, tucos, pesar merma, etiquetado de tucos y cajas, etc.

Conjuntamente con esto se propone tener un espacio al costado de las rebobinadoras donde se tengan un stock de cajas y tubos de cartón de tal forma que el personal tenga acceso rápido a estos insumos y se evite tener largas esperas hasta que los traigan del almacén principal.

Con esto se logrará reducir las 57 horas de paradas aproximadamente que se tuvo en el mes de mayo por cambios de producción y preparación de material a 25 horas mensual, esto considerando que los cambios de producción se reducirán a 5 minutos por cambio.

#### 5.1.2.7. Causas de bajo rendimiento y calidad.

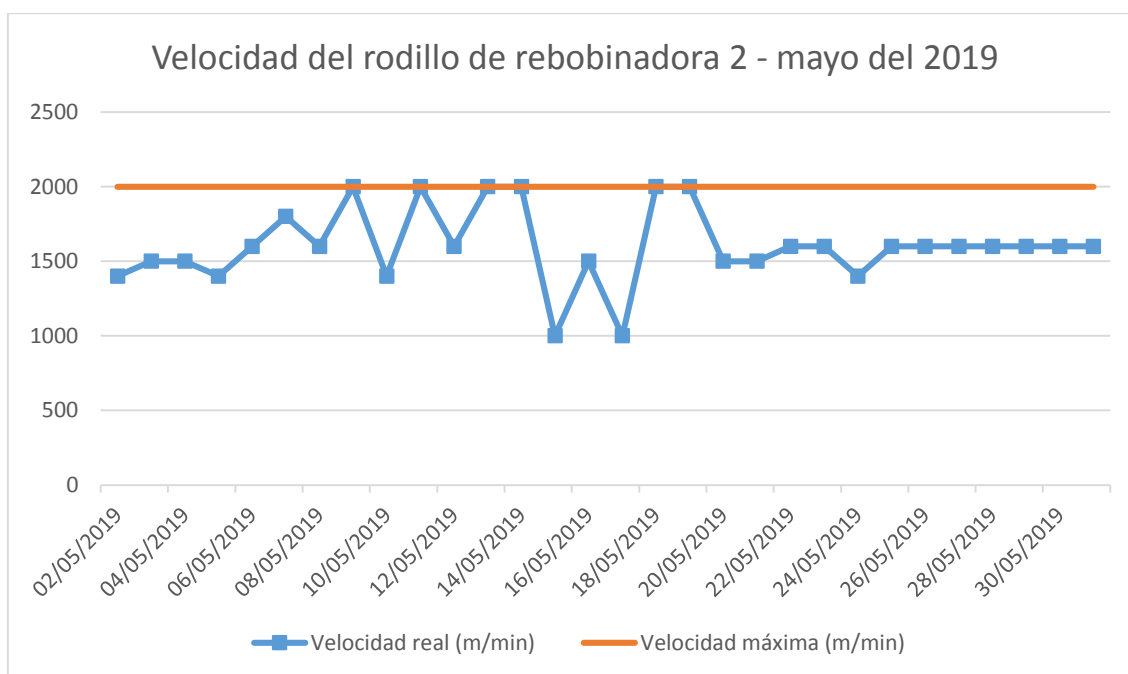


Gráfico 13. Velocidad de rodillo de la rebobinadora 2 – mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 13 se muestra un comparativo de la velocidad máxima a la que puede operar la rebobinadora 2 versus la velocidad real a la que opera, se observa que la velocidad incluso llega a disminuir a 1000 rpm y son pocas las veces a las que se trabajó con velocidad de 2000 rpm.



*Gráfico 14.* Rodillo principal de la rebobinadora 2.

Fuente: Surpack S.A.C.

En la figura se muestra el estado actual del rodillo principal de la rebobinadora número 2, como se aprecia los operarios tienen que colocarle cinta debido a que el rodillo no mantiene uniformidad en su superficie, esto provoca que los rollos de stretch film salgan con defectos de mala apariencia (llenos de aire) y se genere merma, también debido al mal estado del rodillo la máquina no trabaja a sus revoluciones máximas (2000 rpm), sino a una velocidad de 1000 rpm lo cual hace disminuir considerablemente su rendimiento y a esto sumado las paradas por cambios de producción.

Por lo tanto al reemplazar por un nuevo rodillo se lograría trabajar a 2000 rpm e incrementar el rendimiento de la máquina.

Tabla 11  
*Porcentaje de merma en rebobinadora 2 – mayo del 2019.*

Día	Kg producidos	Merma (Kg)	% Merma
02-may	2578.00	161.62	6.27%
03-may	1498.80	90.73	6.05%
04-may	2478.00	125.30	5.06%
05-may	2200.00	150.00	6.82%
06-may	2630.40	156.20	5.94%
07-may	2620.00	74.03	2.83%
08-may	1920.00	79.20	4.13%
09-may	3362.00	91.05	2.71%
10-may	3156.00	108.80	3.45%
11-may	816.00	18.26	2.24%
12-may	1243.20	38.43	3.09%
13-may	3782.00	67.24	1.78%
14-may	2631.20	97.21	3.69%
15-may	1680.00	59.40	3.54%
16-may	2292.00	56.30	2.46%
17-may	3310.00	73.84	2.23%
18-may	3130.00	95.23	3.04%
19-may	3470.40	120.48	3.47%
20-may	2566.00	81.72	3.18%
21-may	2154.00	81.91	3.80%

Día	Kg producidos	Merma	%
		(Kg)	Merma
22-may	3451.00	83.51	2.42%
23-may	1765.60	52.81	2.99%
24-may	2760.00	82.74	3.00%
25-may	3994.00	157.47	3.94%
26-may	1785.20	62.96	3.53%
27-may	2433.30	154.68	6.36%
28-may	2434.80	138.53	5.69%
29-may	2112.00	99.84	4.73%
30-may	1868.80	63.55	3.40%
31-may	3252.00	104.98	3.23%
Total	75374.70	2828.02	3.75%

Fuente: Elaboración propia.

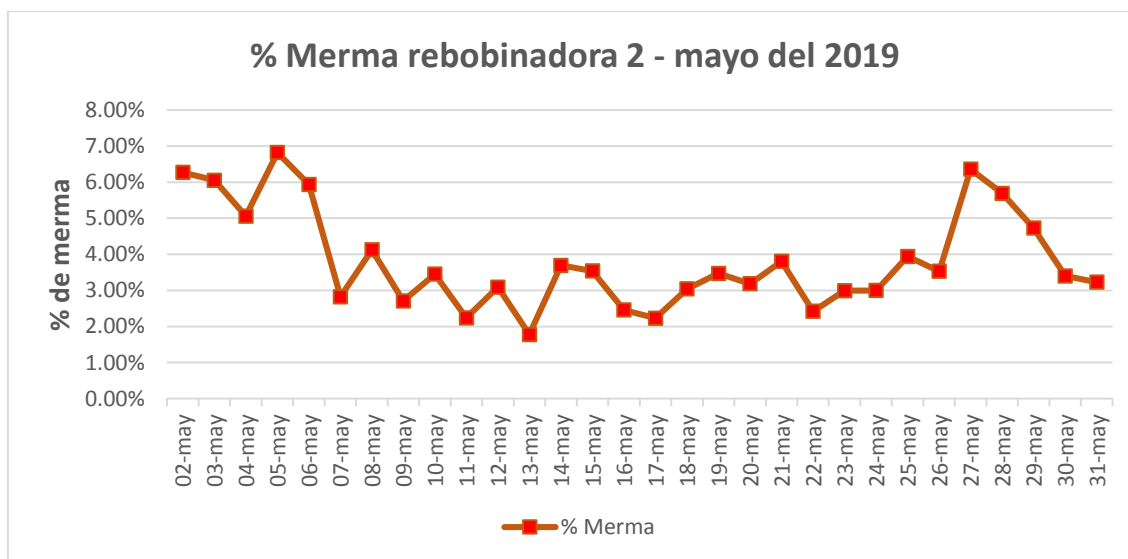


Gráfico 15. Porcentaje de merma en rebobinadora 2 – mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11 y gráfico 15 se puede apreciar que el porcentaje de merma tuvo un pico alto de 6.82%, y un pico menor de 1.78%, como objetivo se tiene que la merma se reduzca a menos de 2.5 % Se observó que una de las causas principales de la generación de merma son los tubos de cartón defectuosos (arqueados, peso variado, alta humedad y baja resistencia).

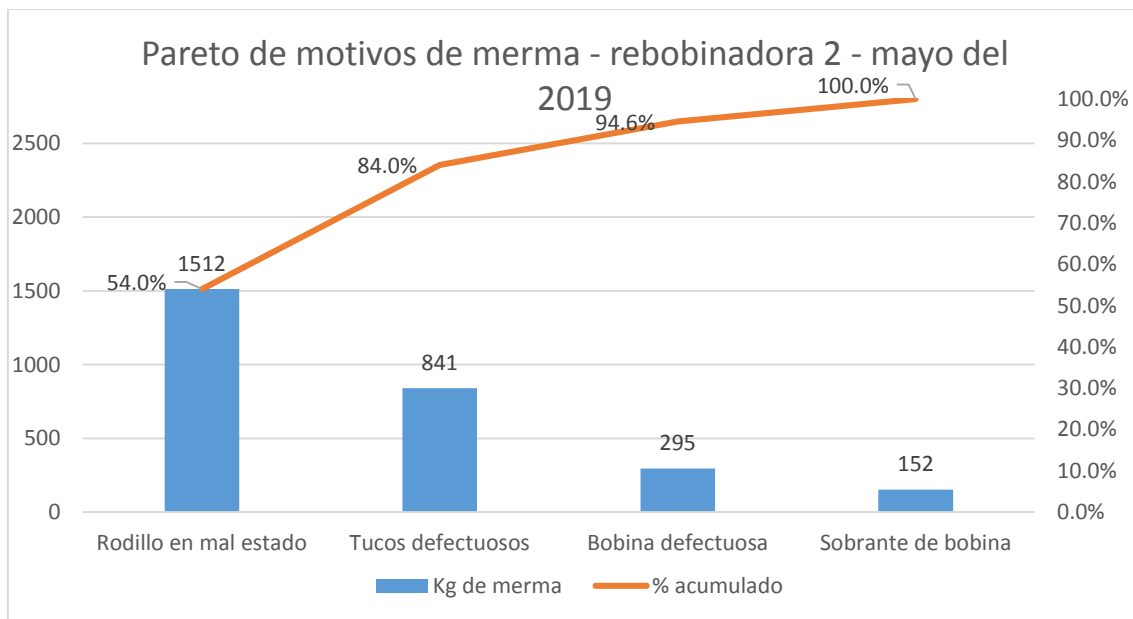


Gráfico 16. Pareto de motivos de merma – rebobinadora 2 en mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 16 se concluye que del 80% de motivos de merma corresponden al rodillo principal en mal estado y tubos de cartón defectuosos.



*Gráfico 17.* Tucos colapsados por exceso de humedad.

Fuente: Surpack S.A.C.

En la imagen se puede observar colapsamiento de los tubos de cartón, estos tubos de cartón colapsan con facilidad debido a que el proveedor entrega estos insumos con un alto nivel de humedad y al momento de rebobinar el stretch film ejerce una presión concéntrica a los tubos de cartón y hacen que colapsen si es que no tienen la humedad adecuada. Esto a su vez genera merma e incluso puede generar reclamo de los clientes si en caso llegan a colapsar una vez despachados, de igual forma influyen en el rendimiento de la máquina debido a que se tiene que trabajar con velocidades muy bajas (1000 rpm) para que el tubo de cartón no colapse.



*Gráfico 18.* Colapsamiento de tucos con stretch film.

Fuente: Elaboración propia.

Para evitar este tipo de sucesos se está proponiendo realizar un muestreo por parte de control de calidad a los tubos de cartón entregados por el proveedor, para esto se utilizará los formatos anexados, y un instrumento llamado termo higrómetro que es un medidor de humedad. Revisar anexo 2, con el objetivo de aceptar solo tubos de cartón que cumplan con los requisitos exigidos como son: índice de humedad, resistencia a compresión y rectitud del tubo de cartón.

La medición de humedad se hace utilizando el termo higrómetro bajo el siguiente procedimiento.

Instructivo para análisis de humedad en el termohigrómetro “Delmhorst P 2000”.

a) Partes del Termohigrómetro.



Gráfico 19. Termo higrómetro (medidor de humedad).

Fuente: Elaboración propia.

(1) Electrodo

(2) Botón de lectura

(3) Botón de calibración

(4) Lector Digital

(5) Botón de punto fijo

(6) Botón de escala

b) Calibración del equipo:

Presionar el botón de calibración (3) + botón de lectura (2) hasta aparecer en el lector digital

(4) el número 11.1, esto nos indica que el medidor de humedad está calibrado.



c) Elección del nivel para análisis de tubos de cartón:

Presionar el botón de punto fijo (5) hasta aparecer el nivel 1 en el lector digital

Presionar el botón de escala (6) {5, 6, 7, 8, ---, 18}, según el número que se coloque emitirá un sonido agudo, esto porque se alcanzó o se superó el número de la escala escogido.

d) Uso del medidor:

Coger con firmeza el medidor de humedad e introducir los dos electrodos por la parte externa del tubo de cartón de manera perpendicular hasta el 50% del tamaño de los electrodos sin exceder el espesor del tubo.

Para borrar lecturas, presionar por 8 segundos el botón de calibración (3) se borrarán todas las medidas acumuladas y aparecerá "0" en el lector digital (4).



e) Análisis de humedad:

Presionar con el dedo pulgar el botón de lectura (2) hasta visualizar en el lector digital (4) el grado de humedad en el rango de (5%-18%).



Si se realiza varios análisis y se desea saber el promedio, presionar por 10 segundos el botón calibración (3):

El primer número en el lector digital nos indica la cantidad de análisis realizados(100 máximo, si en el medidor llega a este máximo emitirá sonido agudo constante, regresar al tercer paso (ítem 3.2) de este instructivo).

El segundo número nos indica la última medición realizada.

El tercer número nos indica el promedio de mediciones realizadas.

También se propone medir la resistencia a la compresión de los tubos de cartón, de tal forma que solo sean aceptados los que cumplen con la resistencia mínima requerida.

Tabla 12  
*Resistencia mínima requerida de los tubos de cartón.*

Medida del tubo de cartón	Resistencia mínima requerida (N)
20 pulgadas x 350 g	2100
18 pulgadas x 400 g	2500
20 pulgadas x 500 g	3000
20 pulgadas x 400 g	2500
18 pulgadas x 500 g	3000
9 pulgadas x 270 g	1100

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 20. Máquina de compresión de tucos y cajas.

Fuente: Surpack.

**5.1.2.8. Productividad en rebobinado.**

Tabla 13

*Productividad en rebobinadora 2 – mayo del 2019.*

Día	Productividad (Kg/H-H)
02-may	107
03-may	115
04-may	103
05-may	81
06-may	110
07-may	121
08-may	125
09-may	140
10-may	132
11-may	166
12-may	104
13-may	105
14-may	110
15-may	124
16-may	155
17-may	138
18-may	112
19-may	145

Día	Productividad (Kg/H-H)
20-may	119
21-may	139
22-may	144
23-may	96
24-may	131
25-may	166
26-may	101
27-may	101
28-may	105
29-may	88
30-may	78
31-may	136

Fuente: Elaboración propia.

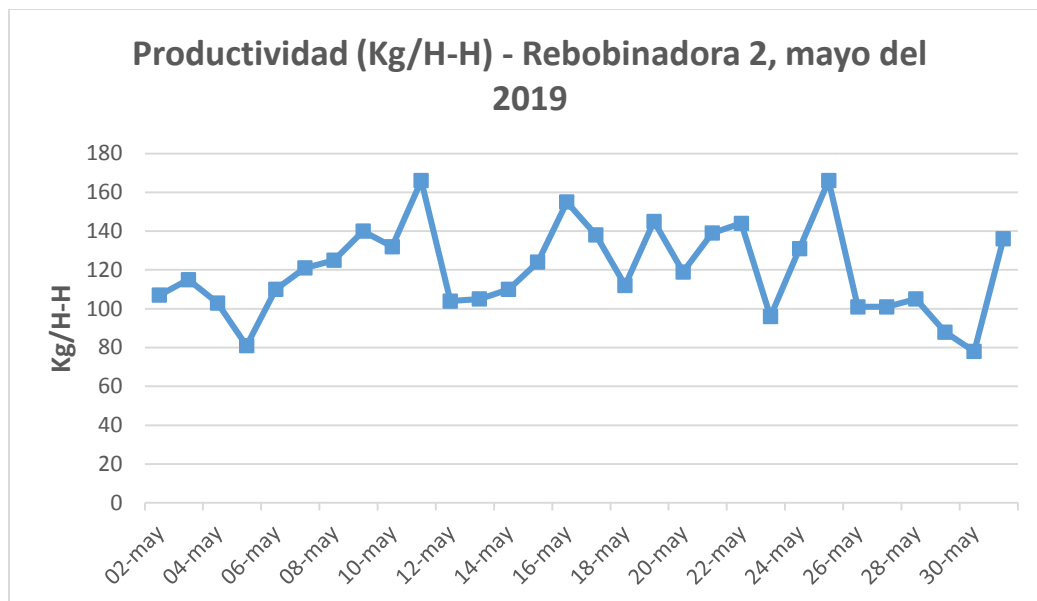


Gráfico 21. Productividad de la rebobinadora 2 – mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 21 se puede observar que en el mes de mayo la productividad tuvo un pico más alto de 166 Kg/H-H y un pico más bajo de 78 Kg/H-H. Con las mejoras que se proponen para elevar la eficiencia general de equipos se hará un proyectado de la nueva productividad en la rebobinadora 2.

### 5.1.3 Cálculo proyectado de la eficiencia general de equipos y productividad.

Para el cálculo de la eficiencia general de equipos y productividad proyectada para el mes de junio del 2019, se utilizó una matriz en Excel donde registramos la producción diaria durante el mes de junio en la cual eliminamos los tiempos de parada, disminución de velocidad y merma generada por las causas ya analizadas, esto nos dio como resultado el proyectado de la eficiencia general de equipos y productividad con las mejoras planteadas.

**5.1.3.1. Eficiencia general de equipos proyectada en extrusión.**

Tabla 14

*Eficiencia general de equipos proyectados para el mes de junio del 2019.*

Día	EGE
1-Jun	91.97%
2-Jun	94.03%
3-Jun	94.38%
4-Jun	92.13%
5-Jun	95.98%
6-Jun	97.43%
7-Jun	92.44%
8-Jun	96.43%
9-Jun	95.98%
10-Jun	91.33%
11-Jun	93.77%
12-Jun	92.08%
13-Jun	88.14%
14-Jun	89.57%
15-Jun	96.10%
16-Jun	94.15%
17-Jun	90.22%
18-Jun	94.40%

Día	EGE
19-Jun	92.45%
20-Jun	92.16%
21-Jun	91.05%
22-Jun	93.50%
23-Jun	93.92%
24-Jun	93.55%
25-Jun	91.99%
26-Jun	92.45%
27-Jun	93.59%
28-Jun	90.61%
29-Jun	88.26%
30-Jun	92.99%
EGE	93.20%
MENSUAL	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14 se observa la eficiencia general de equipos proyectada para el mes de junio del 2019, tiene un máximo valor de 97.43% el cual significa que de 100 unidades con buena calidad que se pudieron haber fabricado solo se ha fabricado 97, el cual es un buen indicador.

El valor de 97.43% según la tabla 1 es excelente debido a que está siendo considerado dentro de la categoría de World Class, este nivel es alcanzable debido a que la máquina 1 de extrusión es de última tecnología para el rubro de negocio, por lo tanto, un objetivo debe ser llegar y mantener este nivel.



Disponibilidad, rendimiento y calidad proyectada del área de extrusión de stretch film: A continuación, se analiza las tres razones porcentuales proyectadas que componen la eficiencia general de equipos para la extrusora número 1 en el mes de junio del 2019.

Tabla 15

*Disponibilidad, calidad y rendimiento proyectados a junio del 2019.*

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
1-Jun	98.93%	96.36%	96.47%
2-Jun	99.71%	96.77%	99.58%
3-Jun	100.00%	95.31%	98.93%
4-Jun	100.00%	93.45%	98.64%
5-Jun	100.00%	97.04%	98.91%
6-Jun	100.00%	97.88%	99.55%
7-Jun	100.00%	94.23%	98.11%
8-Jun	100.00%	98.60%	97.78%
9-Jun	100.00%	96.26%	99.68%
10-Jun	99.28%	92.77%	99.15%
11-Jun	100.00%	94.51%	99.19%
12-Jun	100.00%	93.19%	98.82%
13-Jun	100.00%	90.44%	97.19%
14-Jun	100.00%	92.17%	98.89%
15-Jun	99.16%	97.27%	99.62%
16-Jun	100.00%	95.42%	98.71%
17-Jun	100.00%	91.50%	99.38%
18-Jun	99.38%	96.07%	99.21%

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
19-Jun	100.00%	93.96%	98.39%
20-Jun	100.00%	94.21%	99.44%
21-Jun	100.00%	91.65%	99.37%
22-Jun	100.00%	95.59%	97.82%
23-Jun	100.00%	95.31%	98.42%
24-Jun	100.00%	95.43%	98.04%
25-Jun	99.46%	94.62%	97.82%
26-Jun	98.64%	95.47%	98.13%
27-Jun	100.00%	96.65%	96.87%
28-Jun	100.00%	92.77%	97.72%
29-Jun	100.00%	91.43%	99.25%
30-Jun	100.00%	94.21%	98.68%
MENSUAL	99.81%	94.70%	98.62%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 15 se puede concluir que la disponibilidad de máquina mensual se elevó a aun 99.81% debido a que se propuso implementar un programa de mantenimiento productivo total de forma preventiva, es por tal razón que se tiene mantenimientos programados para el cambio de repuestos críticos.

**5.1.3.2. Productividad proyectada en extrusión a junio del 2019.**

Tabla 16

*Productividad proyectada en extrusión – Junio del 2019.*

Día	Productividad (Kg/H-H)
1-Jun	144
2-Jun	230
3-Jun	262
4-Jun	233
5-Jun	217
6-Jun	271
7-Jun	183
8-Jun	273
9-Jun	248
10-Jun	221
11-Jun	249
12-Jun	241
13-Jun	215
14-Jun	197
15-Jun	248
16-Jun	257
17-Jun	214
18-Jun	210
19-Jun	257

Día	Productividad (Kg/H-H)
20-Jun	210
21-Jun	253
22-Jun	170
23-Jun	226
24-Jun	192
25-Jun	248
26-Jun	247
27-Jun	194
28-Jun	233
29-Jun	252
30-Jun	257
MENSUAL	225

Fuente: Elaboración propia.

Debido al incremento del rendimiento se incrementó la cantidad de kilogramos extruidos y con mayor disponibilidad de máquina se tuvo más tiempo neto operativo de la máquina, todo esto influyó de forma positiva en la productividad alcanzando un valor máximo de 273 Kg/H-H y una productividad promedio mensual de 225 Kg/H-H.

**5.1.3.3. Eficiencia general de equipo proyectado en rebobinado a junio del 2019.**

Tabla 17

*Eficiencia general de equipos proyectada a junio del 2019.*

Día	EGE
1-Jun	84.89%
2-Jun	80.26%
3-Jun	76.69%
4-Jun	73.00%
5-Jun	79.72%
6-Jun	80.44%
7-Jun	71.23%
8-Jun	78.03%
9-Jun	81.29%
10-Jun	71.45%
11-Jun	79.66%
12-Jun	88.46%
13-Jun	85.21%
14-Jun	81.85%
15-Jun	82.06%
16-Jun	85.63%
17-Jun	85.10%
18-Jun	82.98%
19-Jun	85.14%
20-Jun	81.79%

Día	EGE
21-Jun	81.80%
22-Jun	86.81%
23-Jun	84.40%
24-Jun	83.17%
25-Jun	87.21%
26-Jun	84.82%
27-Jun	85.00%
28-Jun	85.60%
29-Jun	82.00%
30-Jun	84.98%
MENSUAL	82.31%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 17 se puede apreciar la eficiencia general de equipo mensual proyectada para junio del 2019 en la rebobinadora 2 es de 82.31%, según la tabla 1 esto nos pone en un nivel aceptable, sin embargo, se deben continuar con las mejorar para incrementar esta razón porcentual. Una eficiencia de 82% nos indica que de 100 unidades con buena calidad que se podrían haber fabricado solo se han fabricado 82.

De la eficiencia general de equipos se desglosan las tres razones porcentuales que lo comprenden, así tenemos la disponibilidad, rendimiento y calidad proyectado para la rebobinadora 2 a junio del 2019.

Tabla 18  
*Disponibilidad, rendimiento y calidad en rebobinadora 2 proyectado a junio 2019.*

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
1-Jun	100.00%	87.49%	97.03%
2-Jun	100.00%	82.30%	97.51%
3-Jun	100.00%	77.82%	98.55%
4-Jun	97.30%	77.21%	96.67%
5-Jun	97.78%	83.15%	97.99%
6-Jun	98.54%	83.39%	97.96%
7-Jun	98.49%	75.18%	96.28%
8-Jun	98.46%	80.86%	97.99%
9-Jun	97.06%	85.73%	97.88%
10-Jun	100.00%	72.59%	98.39%
11-Jun	94.28%	85.83%	98.65%
12-Jun	100.00%	89.69%	98.60%
13-Jun	100.00%	87.33%	97.57%
14-Jun	96.69%	87.97%	96.53%
15-Jun	100.00%	83.87%	97.83%
16-Jun	100.00%	87.24%	98.15%
17-Jun	100.00%	87.45%	97.31%
18-Jun	100.00%	84.42%	98.28%
19-Jun	100.00%	97.31%	97.56%
20-Jun	95.11%	87.92%	97.55%
21-Jun	100.00%	85.22%	95.82%

Día	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
22-Jun	98.13%	89.65%	98.70%
23-Jun	100.00%	86.62%	97.43%
24-Jun	97.84%	87.82%	96.75%
25-Jun	100.00%	88.22%	98.85%
26-Jun	100.00%	87.55%	96.86%
27-Jun	100.00%	86.41%	98.37%
28-Jun	100.00%	86.95%	98.46%
29-Jun	96.28%	87.55%	97.34%
30-Jun	100.00%	85.84%	98.99%
MENSUAL	98.85%	85.17%	97.74%

Fuente: Elaboración propia.



**5.1.3.4. Productividad proyectada en la rebobinadora 2 al mes de junio del 2019.***Tabla 19**Productividad proyectada en la rebobinadora 2 al mes de junio del 2019.*

Día	Productividad (Kg/H-H)
1-Jun	238
2-Jun	207
3-Jun	219
4-Jun	203
5-Jun	209
6-Jun	214
7-Jun	212
8-Jun	224
9-Jun	228
10-Jun	168
11-Jun	211
12-Jun	240
13-Jun	239
14-Jun	243
15-Jun	226
16-Jun	274
17-Jun	228
18-Jun	235

Día	Productividad (Kg/H-H)
19-Jun	232
20-Jun	220
21-Jun	226
22-Jun	250
23-Jun	251
24-Jun	218
25-Jun	218
26-Jun	209
27-Jun	238
28-Jun	235
29-Jun	236
30-Jun	238
MENSUAL	225

Fuente: Elaboración propia.

Con el incremento del rendimiento a partir de las mejoras sugeridas y el incremento de la disponibilidad se incrementa la cantidad de kilogramos producidos de stretch film, por ende, la productividad que esta expresada en kg/H-H se incrementa según el proyectado.

### 5.1.4 Cuadro de resumen de eficiencia general de equipos y productividad en extrusora 1 durante mayo y junio.

Tabla 20

*Cuadro de resumen de la EGE y productividad de la extrusora 1.*

Día	EGE MAYO	EGE JUNIO	% RENDIMIENTO MAYO	% RENDIMIENTO JUNIO	% DISPONIBILIDAD MAYO	% DISPONIBILIDAD JUNIO	% CALIDAD MAYO	% CALIDAD JUNIO	PRODUCTIVIDAD MAYO (Kg/H-H)	PRODUCTIVIDAD JUNIO (Kg/H-H)
1	37.08%	91.97%	60.45%	96.36%	76.42%	98.93%	80.27%	96.47%	137	144
2	86.11%	94.03%	87.51%	96.77%	100.00%	99.71%	98.03%	99.58%	176	230
3	78.99%	94.38%	89.31%	95.31%	91.21%	100.00%	96.03%	98.93%	157	262
4	88.82%	92.13%	92.52%	93.45%	96.53%	100.00%	99.48%	98.64%	219	233
5	90.97%	95.98%	91.88%	97.04%	100.00%	100.00%	98.82%	98.91%	229	217
6	83.32%	97.43%	85.04%	97.88%	100.00%	100.00%	97.78%	99.55%	127	271
7	87.41%	92.44%	88.80%	94.23%	100.00%	100.00%	98.30%	98.11%	202	183
8	94.30%	96.43%	95.29%	98.60%	100.00%	100.00%	98.87%	97.78%	242	273
9	89.53%	95.98%	90.42%	96.26%	100.00%	100.00%	99.09%	99.68%	211	248
10	86.63%	91.33%	91.92%	92.77%	94.72%	99.28%	99.24%	99.15%	216	221
11	71.44%	93.77%	78.23%	94.51%	94.16%	100.00%	96.31%	99.19%	165	249
12	69.21%	92.08%	88.14%	93.19%	81.20%	100.00%	97.34%	98.82%	145	241
13	90.88%	88.14%	94.34%	90.44%	97.93%	100.00%	98.42%	97.19%	130	215
14	81.21%	89.57%	81.91%	92.17%	100.00%	100.00%	99.07%	98.89%	147	197
15	77.81%	96.10%	87.54%	97.27%	93.95%	99.16%	95.01%	99.62%	145	248
16	92.68%	94.15%	96.87%	95.42%	96.23%	100.00%	99.49%	98.71%	170	257
17	87.29%	90.22%	92.37%	91.50%	100.00%	100.00%	94.88%	99.38%	180	214
18	94.23%	94.40%	94.54%	96.07%	100.00%	99.38%	99.69%	99.21%	248	210
19	88.88%	92.45%	91.70%	93.96%	100.00%	100.00%	97.09%	98.39%	201	257
20	74.76%	92.16%	75.84%	94.21%	100.00%	100.00%	98.92%	99.44%	155	210
21	89.11%	91.05%	91.23%	91.65%	100.00%	100.00%	97.37%	99.37%	215	253
22	68.39%	93.50%	80.04%	95.59%	90.80%	100.00%	94.02%	97.82%	152	170
23	85.68%	93.92%	87.08%	95.31%	100.00%	100.00%	98.17%	98.42%	199	226
24	88.28%	93.55%	94.09%	95.43%	95.38%	100.00%	98.54%	98.04%	211	192
25	76.98%	91.99%	81.83%	94.62%	100.00%	99.46%	93.76%	97.82%	196	248
26	70.75%	92.45%	93.17%	95.47%	81.08%	98.64%	93.99%	98.13%	166	247
27	69.01%	93.59%	78.34%	96.65%	90.18%	100.00%	97.36%	96.87%	181	194
28	72.07%	90.61%	74.21%	92.77%	100.00%	100.00%	97.32%	97.72%	128	233
29	88.05%	88.26%	89.35%	91.43%	100.00%	100.00%	98.56%	99.25%	229	252
30	78.09%	92.99%	88.27%	94.21%	93.22%	100.00%	95.58%	98.68%	168	257
<b>PROMEDIO</b>	<b>82.89%</b>	<b>93.20%</b>	<b>87.78%</b>	<b>94.70%</b>	<b>96.18%</b>	<b>99.81%</b>	<b>97.10%</b>	<b>98.62%</b>	<b>178</b>	<b>225</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 20 se detalla el resumen de la eficiencia general de equipos y productividad en la extrusora número 1 en los meses de mayo y su proyectado de junio del 2019. Estos datos serán

analizados de tal forma que se pueda comparar la tendencia que siguió en junio respecto de mayo del 2019.

### 5.1.5. Cuadro de resumen de la eficiencia general de equipos y productividad en la rebobinadora 2 durante mayo y junio.

Tabla 21

*Cuadro de resumen de EGE y productividad en la rebobinadora 2.*

Día	EGE MAYO	EGE JUNIO	% RENDIMIENTO MAYO	% RENDIMIENTO JUNIO	% DISPONIBILIDAD MAYO	% DISPONIBILIDAD JUNIO	% CALIDAD MAYO	% CALIDAD JUNIO	PRODUCTIVIDAD MAYO (Kg/H-H)	PRODUCTIVIDAD JUNIO (Kg/H-H)
1	49.22%	84.89%	55.04%	87.49%	95.02%	100.00%	94.05%	97.03%	107	238
2	53.25%	80.26%	57.28%	82.30%	94.62%	100.00%	96.05%	97.51%	115	207
3	37.06%	76.69%	46.01%	77.82%	84.71%	100.00%	95.21%	98.55%	103	219
4	44.09%	73.00%	48.54%	77.21%	97.32%	97.30%	93.66%	96.67%	81	203
5	42.20%	79.72%	53.88%	83.15%	84.95%	97.78%	94.51%	97.99%	110	209
6	45.12%	80.44%	53.30%	83.39%	88.09%	98.54%	96.09%	97.96%	121	214
7	51.21%	71.23%	61.50%	75.18%	88.20%	98.49%	96.47%	96.28%	125	212
8	51.58%	78.03%	54.94%	80.86%	96.40%	98.46%	97.39%	97.99%	140	224
9	47.20%	81.29%	52.08%	85.73%	96.65%	97.06%	96.67%	97.88%	132	228
10	50.73%	71.45%	51.86%	72.59%	100.00%	100.00%	97.82%	98.39%	166	168
11	42.31%	79.66%	47.81%	85.83%	92.15%	94.28%	97.02%	98.65%	104	211
12	43.10%	88.46%	43.82%	89.69%	100.00%	100.00%	98.25%	98.60%	105	240
13	47.34%	85.21%	51.08%	87.33%	95.99%	100.00%	96.47%	97.57%	110	239
14	60.44%	81.85%	62.60%	87.97%	100.00%	96.69%	96.61%	96.53%	124	243
15	63.40%	82.06%	68.33%	83.87%	94.19%	100.00%	97.61%	97.83%	155	226
16	52.57%	85.63%	57.27%	87.24%	96.69%	100.00%	97.82%	98.15%	138	274
17	42.33%	85.10%	52.18%	87.45%	83.17%	100.00%	98.13%	97.31%	112	228
18	52.82%	82.98%	59.26%	84.42%	92.49%	100.00%	96.65%	98.28%	145	235
19	48.71%	85.14%	60.22%	97.31%	87.07%	100.00%	96.31%	97.56%	119	232
20	54.42%	81.79%	62.62%	87.92%	89.26%	95.11%	96.36%	97.55%	139	220
21	58.06%	81.80%	63.42%	85.22%	95.08%	100.00%	97.16%	95.82%	144	226
22	42.25%	86.81%	53.45%	89.65%	82.54%	98.13%	96.55%	98.70%	96	250
23	49.97%	84.40%	55.71%	86.62%	92.06%	100.00%	97.12%	97.43%	131	251
24	65.80%	83.17%	68.24%	87.82%	100.00%	97.84%	96.23%	96.75%	166	218
25	47.91%	87.21%	49.55%	88.22%	98.23%	100.00%	96.69%	98.85%	101	218
26	40.81%	84.82%	54.77%	87.55%	84.73%	100.00%	93.24%	96.86%	101	209
27	42.98%	85.00%	58.78%	86.41%	82.31%	100.00%	96.16%	98.37%	105	238
28	47.42%	85.60%	50.56%	86.95%	96.88%	100.00%	95.50%	98.46%	88	235
29	40.44%	82.00%	53.21%	87.55%	77.67%	96.28%	96.79%	97.34%	78	236
30	55.96%	84.98%	64.37%	85.84%	90.49%	100.00%	97.45%	98.99%	136	238
<b>PROMEDIO</b>	<b>49.72%</b>	<b>82.31%</b>	<b>56.24%</b>	<b>85.17%</b>	<b>92.09%</b>	<b>98.85%</b>	<b>96.44%</b>	<b>97.74%</b>	<b>118</b>	<b>225</b>

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 21 de resumen se tiene el comparativo de la eficiencia general de equipos y productividad en la rebobinadora 2 de los meses de mayo y junio del 2019, con esta información se realizará la prueba de hipótesis y contrastación de los resultados.

## 5.2. Contrastación de hipótesis.

### 5.2.1 Hipótesis específica.

#### 5.2.1.1. Hipótesis específica 1.

La propuesta del indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de stretch film.

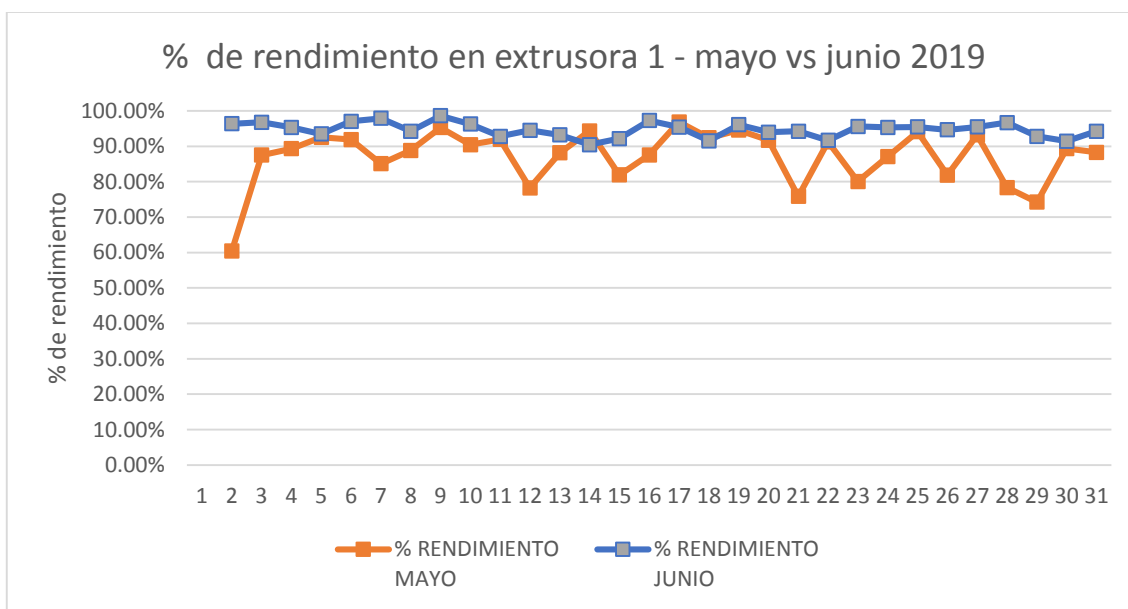


Gráfico 22. Porcentaje de rendimiento en la extrusora 1 - mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 22 se puede observar que el rendimiento proyectado en extrusión para el mes de junio con las mejoras propuestas tiende a incrementarse respecto al rendimiento del mes de mayo. Siendo el rendimiento promedio del mes de mayo 87.78% y el rendimiento de promedio del mes de junio 94.70% incrementándose en 6.92%.

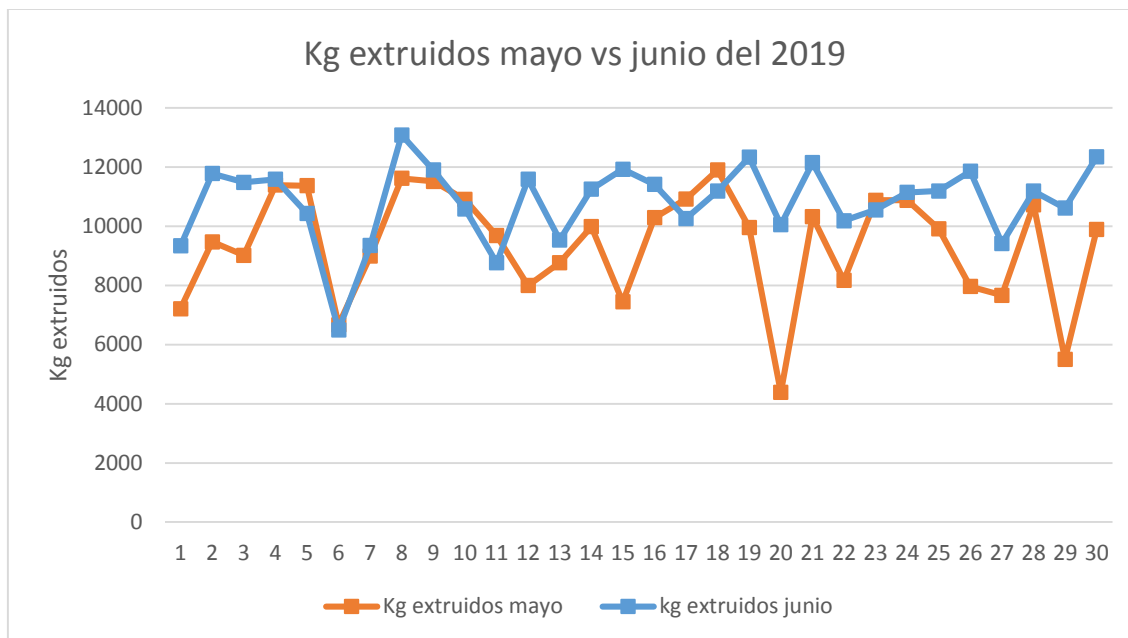
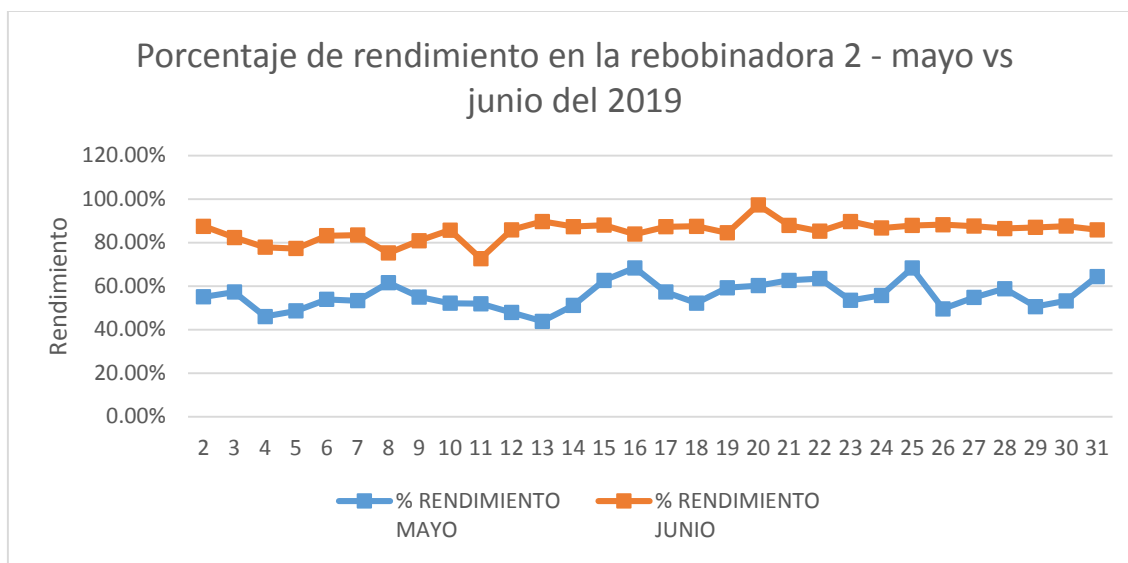


Gráfico 23. Kilogramos producidos en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 23 se concluye que la cantidad de kilogramos proyectados en el mes junio es mayor a la cantidad de kilogramos producidos en el mes de mayo en la extrusora 1. Teniendo una producción proyectada del mes de junio de 326273.6 Kg vs una producción de 281363.8 kg en el mes de mayo.



*Gráfico 24.* Porcentaje de rendimiento en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019

Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico 24 se aprecia que el rendimiento de la rebobinadora 2 proyectado en junio es superior al rendimiento de mayo, esto debido a que la máquina opera con mayor rapidez por el cambio de rodillo y también porque se está trabajando con tubos de cartón en buen estado. De esta forma según la tabla 21 el rendimiento promedio del mes de mayo fue 56.24% mientras que en el mes de junio el proyectado es de 85.17%. Por lo tanto se percibe un incremento de 28.93%.

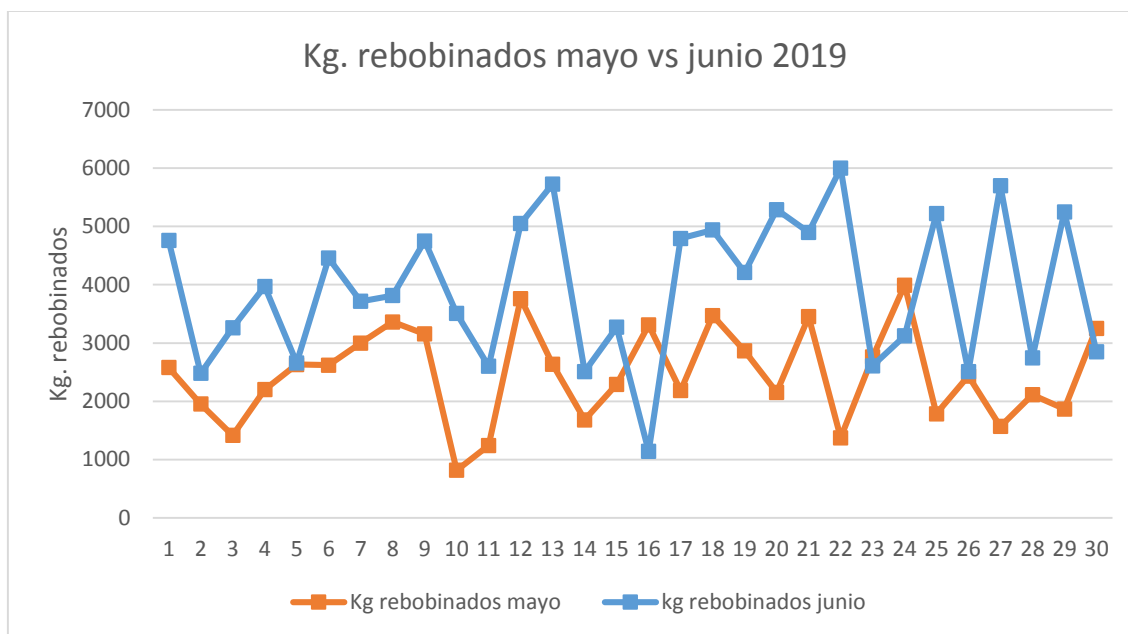


Gráfico 25. Cantidad de kilogramos rebobinados mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 25 se concluye que la cantidad de kilogramos producidos proyectados en el mes de junio para la rebobinadora 2 es mayor a la cantidad de kilogramos producidos en el mes de mayo. Teniendo una producción proyectada en el mes de junio de 117821.6 Kg vs un promedio de 74990.1 kg en el mes de mayo.

Por lo tanto mediante los gráficos 22 y 24 y sus respectivos promedios producidos en mayo y junio, se demuestra la hipótesis específica que indica que la propuesta del indicador de rendimiento incrementaría la cantidad producida en la línea de stretch film.



### 5.2.1.2. Hipótesis específica 2.

A través de la propuesta del indicador de calidad se reducirá el porcentaje de merma en la producción de stretch film.

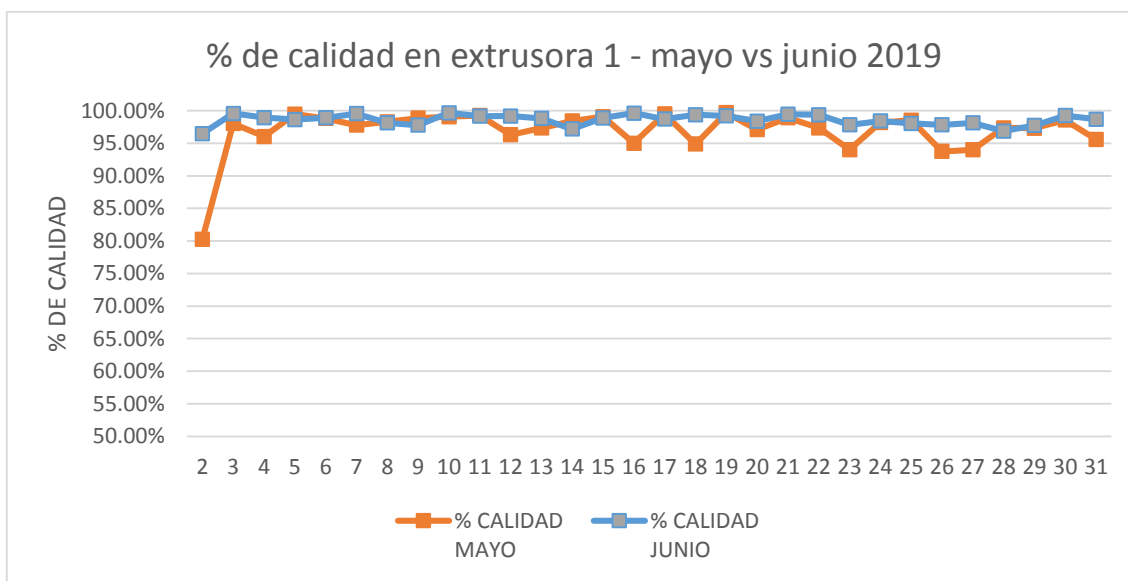


Gráfico 26. Porcentaje de calidad en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 26 se concluye que el porcentaje de calidad en la extrusora 1 se incrementa en el mes de junio respecto del mes de mayo, esto debido a la menor cantidad de merma generada. Siendo el porcentaje de calidad del mes de mayo de 97.10% mientras que el proyectado del mes de junio es de 98.62%, lo cual equivale a un incremento de 1.52%.

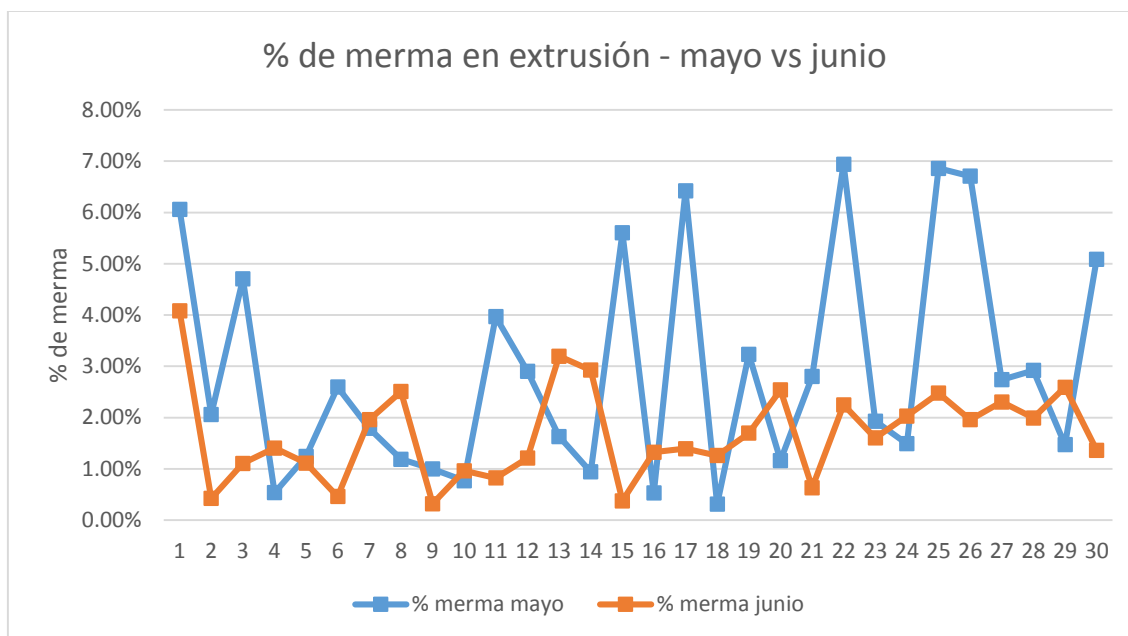


Gráfico 27. Porcentaje de merma en extrusora 1- mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 27 se puede concluir que el porcentaje de merma proyectado en el mes de junio en la extrusora 1 tuvo picos más bajos que en el mes de mayo, de esta forma se tiene que en el mes de mayo se tuvo una merma de 2.81%, mientras que en el mes de junio se tuvo una merma de 1.66%.

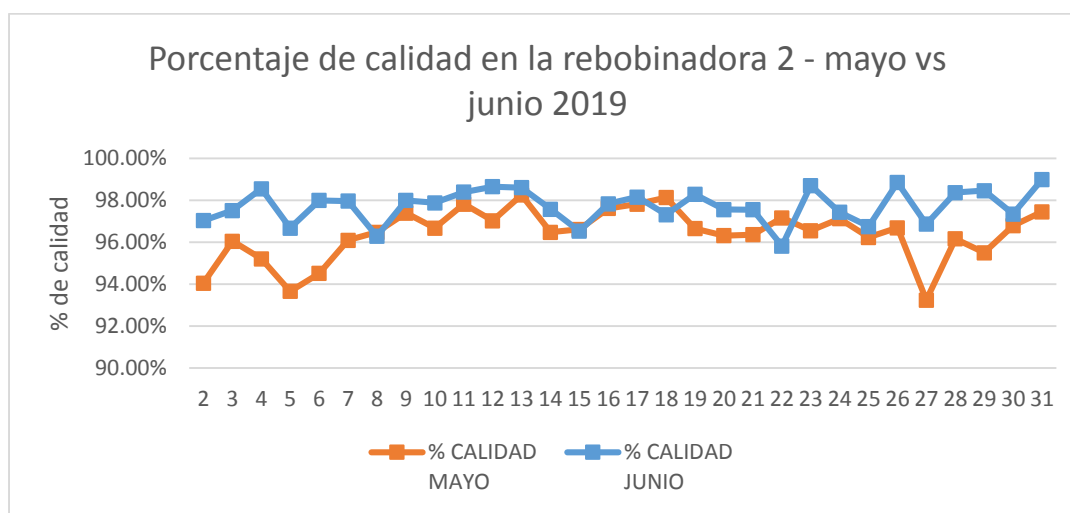


Gráfico 28. Porcentaje de calidad en la rebobinadora 2- mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 28 se concluye que el porcentaje de calidad proyectado en el mes de junio se ha incrementado respecto al mes de mayo, esto debido a que se propone tener un mayor control de los tubos de cartón, siendo evaluados y solo aceptados aquellos que cumplan con las especificaciones establecidas como resistencia a compresión e uniformidad superficial. De esta forma según la tabla 21 se tiene que en mayo se tuvo un porcentaje de calidad de 96.44% mientras que el proyectado en junio un valor de 97.74%, lo que equivale a un incremento de 1.3%.

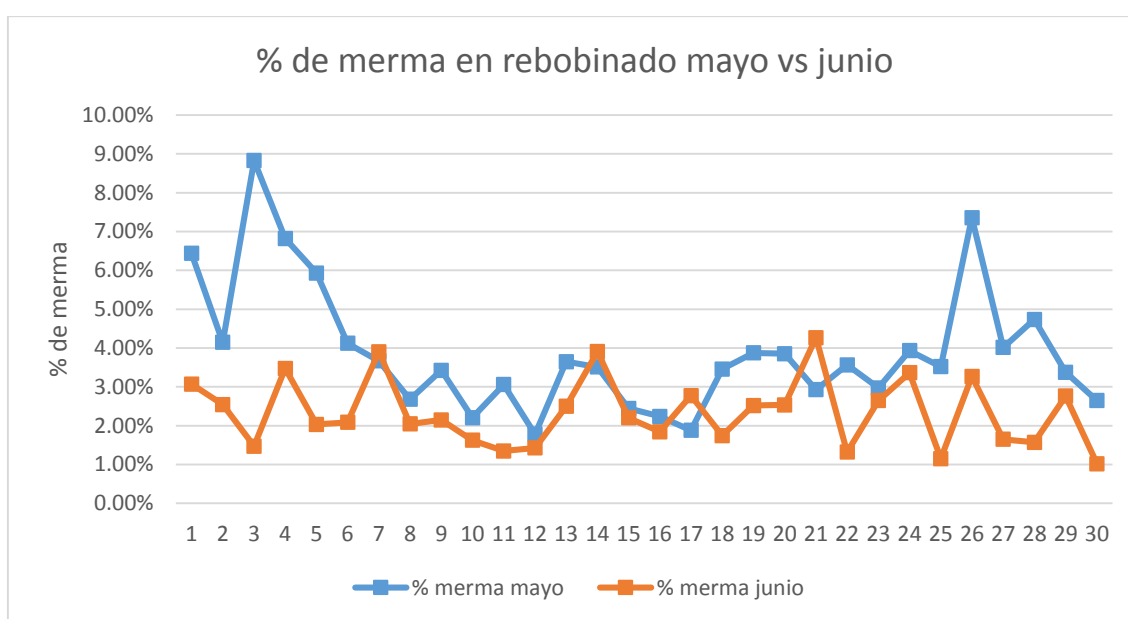


Gráfico 29. Porcentaje de merma en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 28 se puede concluir que el porcentaje de merma proyectado en el mes de junio en la rebobinadora 2 tuvo picos más bajos que en el mes de mayo, de esta forma se tiene que en el mes de mayo se tuvo una merma de 3.79%, mientras que en el mes de junio se tuvo una merma de 2.32%.

Por lo tanto mediante los gráficos 26 y 28 y sus respectivos porcentajes de merma en mayo y junio, se demuestra la hipótesis específica que indica que la propuesta del indicador de calidad reduciría la cantidad de merma generada.

### 5.2.1.3. Hipótesis específica 3.

La propuesta del indicador de disponibilidad permitirá disminuir los tiempos muertos en el proceso de fabricación de stretch film.

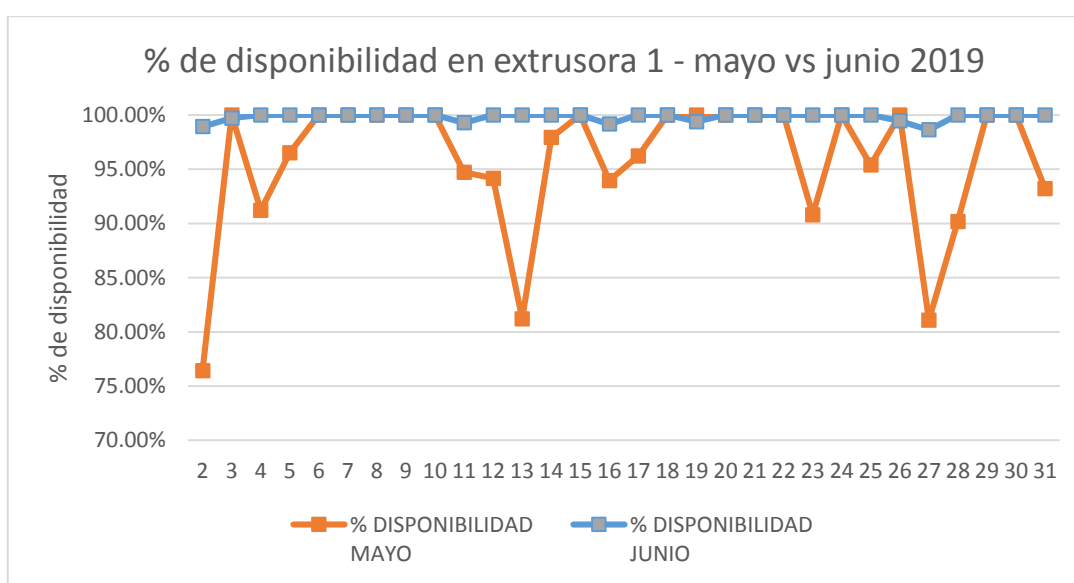


Gráfico 30. Porcentaje de disponibilidad en extrusora 1 – mayo vs junio 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 30 se concluye que la disponibilidad de la extrusora 1 se ha incrementado en el mes de junio con las mejoras propuestas para evitar paradas de máquina por avería mediante el manejo de un plan de mantenimiento preventivo. De esta forma se tiene según la tabla 28 que el porcentaje de disponibilidad en el mes de mayo fue de 96.18% mientras que en el mes de junio fue de 99.81%. Incrementándose la disponibilidad en un 3.63%.

Tabla 22  
Tiempo de paradas en la extrusora 1.

Extrusora 1	
Tiempo (min) de paradas	Tiempo (min) de paradas
mayo	junio
2682	645

Fuente: Elaboración propia

De esta forma se tiene que en el mes de mayo se registró un total de 2682 minutos de paradas, mientras que en junio se tuvo un proyectado de 645 minutos de paradas, reduciéndose considerablemente en un 75% aproximadamente. Por lo tanto se concluye que mediante la aplicación del porcentaje de disponibilidad y a la vez aplicando mejoras se lograría reducir el tiempo de paradas (tiempo ocioso) en la extrusora 1.

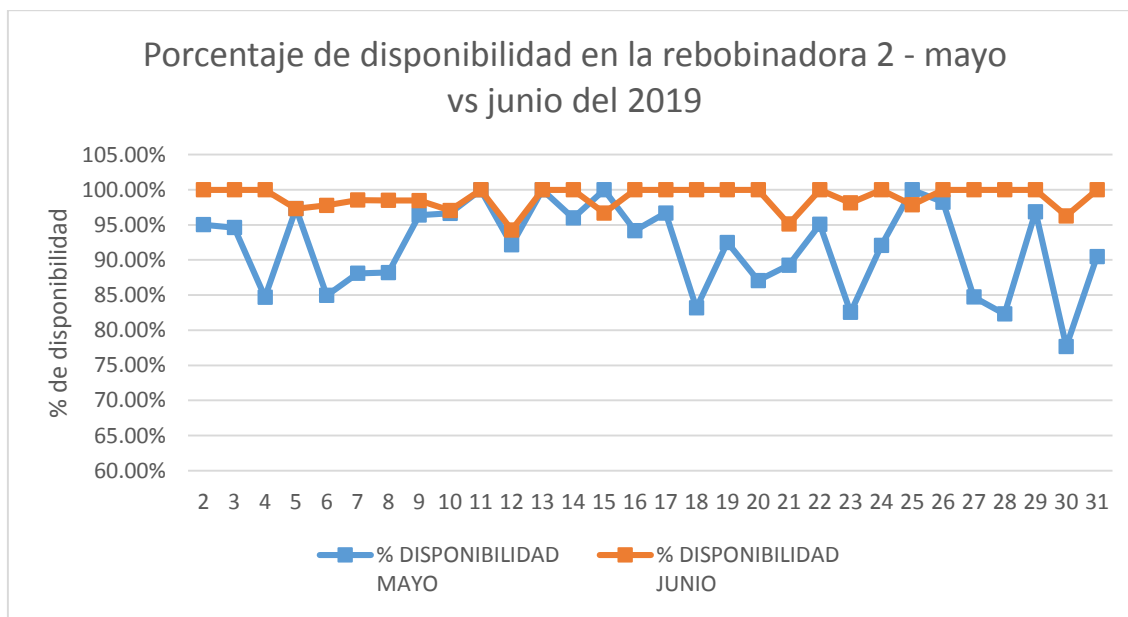


Gráfico 31. Porcentaje de disponibilidad en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 31 se puede concluir que la disponibilidad en el mes de junio del 2019 tuvo una tendencia a incrementar respecto a la disponibilidad en mayo. Esto a consecuencia de que las propuestas planteadas permitieron reducir tiempos de parada de máquina debido a falta de personal, preparación de material y averías. De esta forma según la tabla 21 se tiene que en el mes de mayo la disponibilidad promedio fue de 92.09% mientras que en junio se tuvo un proyectado de 98.85%, dándose un incremento de 6.76%.

Tabla 23

*Tiempo de paradas en la rebobinadora 2.*

Rebobinadora	
Tiempo (min) de paradas	Tiempo (min) de paradas
en mayo	en junio
3192	1324

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se tiene que en el mes de mayo se registró un total de 3192 minutos de paradas, mientras que en junio se tuvo un proyectado de 1324 minutos de paradas, reduciéndose considerablemente en un 60% aproximadamente. Por lo tanto se concluye que mediante la aplicación del porcentaje de disponibilidad y a la vez aplicando mejoras se lograría reducir el tiempo de paradas (tiempo ocioso) en la rebobinadora 2.

## 5.2.2 Hipótesis general.

### 5.2.2.1. Prueba de normalidad en extrusión de productividad en mayo.

Determinaremos la prueba de normalidad de la productividad en el mes de mayo del 2019.

Para esto usaremos el test de Shapiro Wilk para una muestra de 30 datos con un nivel de significancia de 0.05, Ver anexo 9.

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 24

*Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en extrusión.*

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi- XiINV)
1	127	2977.52111	0.4254	248	-121
2	128	2869.38778	0.2944	242	-114
3	130	2659.12111	0.2487	229	-99
4	137	1986.18778	0.2148	229	-92
5	145	1337.12111	0.187	219	-74
6	145	1337.12111	0.163	216	-71
7	147	1194.85444	0.1415	215	-68
8	152	874.187778	0.1219	211	-59
9	155	705.787778	0.1036	211	-56
10	157	603.521111	0.0862	202	-45
11	165	274.454444	0.0697	201	-36

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi- XiINV)
12	166	242.321111	0.0537	199	-33
13	168	184.054444	0.0381	196	-28
14	170	133.787778	0.0227	181	-11
15	176	30.9877778	0.0076	180	-4
16	180	2.45444444		176	
17	181	0.32111111		170	
18	196	208.321111		168	
19	199	303.921111		166	
20	201	377.654444		165	
21	202	417.521111		157	
22	211	866.321111		155	
23	211	866.321111		152	
24	215	1117.78778		147	
25	216	1185.65444		145	
26	219	1401.25444		145	
27	229	2249.92111		137	
28	229	2249.92111		130	
29	242	3652.18778		128	
30	248	4413.38778		127	

Fuente: Elaboración propia.



De la tabla 24 se tienen los siguientes datos.

Promedio = 181.57

Coefficiente de Shapiro Wilk calculado = 0.9517.

Coefficiente de Shapiro Wilk teórico = 0.927

P – Value mediante interpolación = 0.277

Por lo tanto como  $0.9517 > 0.927$  y  $0.277 > 0.05$  no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la productividad del mes de mayo del 2019 sigue una distribución normal.

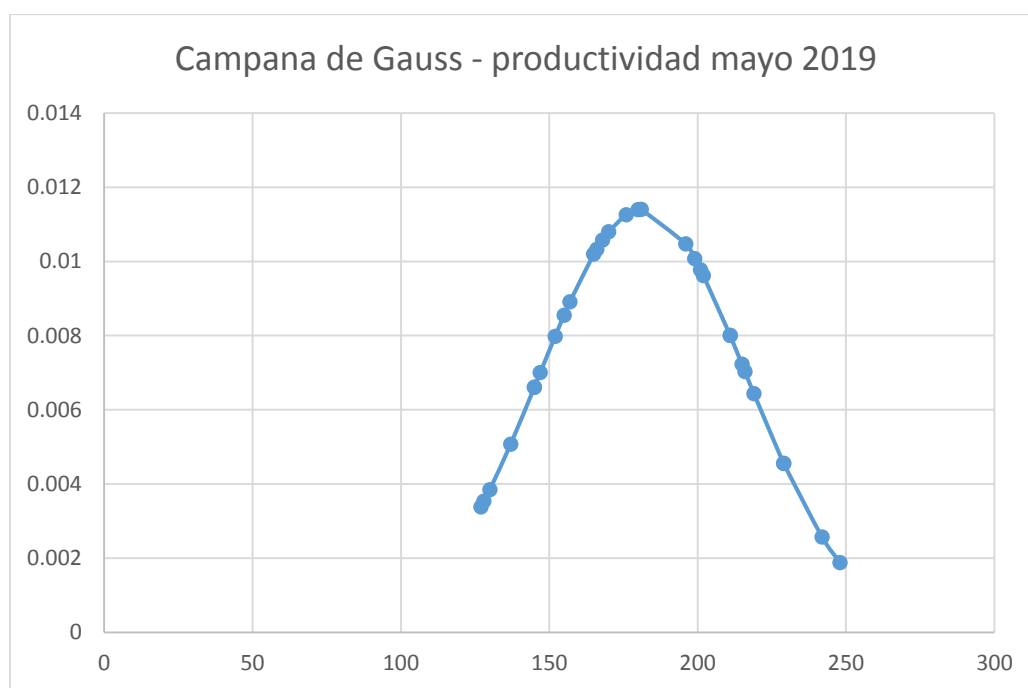


Gráfico 32. Campana de Gauss – productividad mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2.2. Prueba de normalidad en extrusión de productividad en junio.

Determinaremos la prueba de normalidad de la productividad en el mes de junio del 2019.

Para esto usaremos el test de Shapiro Wilk para una muestra de 30 datos con un nivel de significancia de 0.05. Ver anexo 9.

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 25

*Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en extrusión.*

i	Xi	(Xi- MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi- XiINV)
1	144	7123.36	0.4254	273	-129
2	170	3410.56	0.2944	271	-101
3	183	2061.16	0.2487	262	-79
4	192	1324.96	0.2148	257	-65
5	194	1183.36	0.187	257	-63
6	197	985.96	0.163	257	-60
7	210	338.56	0.1415	253	-43
8	210	338.56	0.1219	252	-42
9	214	207.36	0.1036	249	-35
10	215	179.56	0.0862	248	-33
11	217	129.96	0.0697	248	-31
12	221	54.76	0.0537	248	-27
13	226	5.76	0.0381	247	-21
14	230	2.56	0.0227	241	-11

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi-XiINV)
15	233	21.16	0.0076	233	0
16	233	21.16		233	
17	241	158.76		230	
18	247	345.96		226	
19	248	384.16		221	
20	248	384.16		217	
21	248	384.16		215	
22	249	424.36		214	
23	252	556.96		210	
24	253	605.16		210	
25	257	817.96		197	
26	257	817.96		194	
27	257	817.96		192	
28	262	1128.96		183	
29	271	1814.76		170	
30	273	1989.16		144	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 25 se tienen los siguientes datos.

Promedio = 228.4

Coefficiente de Shapiro Wilk calculado = 0.9380

Coefficiente de Shapiro Wilk teórico = 0.927

P – Value mediante interpolación = 0.095

Por lo tanto como  $0.9380 > 0.927$  y  $0.095 > 0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la productividad del mes de junio del 2019 sigue una distribución normal.

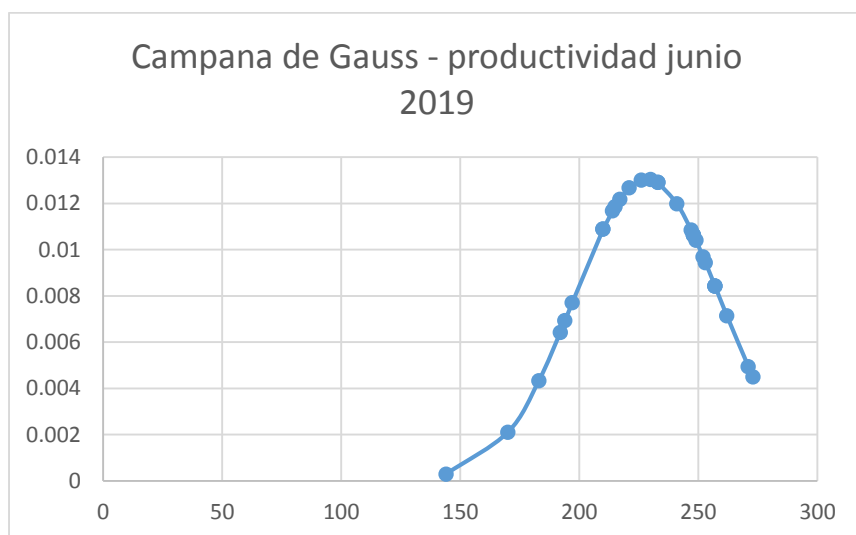


Gráfico 33. Campana de Gauss – productividad junio 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2.3. Prueba de normalidad en rebobinado de la productividad en mayo del 2019.

Determinaremos la prueba de normalidad de la productividad en el mes de mayo del 2019.

Para esto usaremos el test de Shapiro Wilk para una muestra de 30 datos con un nivel de significancia de 0.05. Ver anexo 9.

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 26

*Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en rebobinado.*

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi-XiINV)
1	78	1755.61	0.4254	166	-88
2	81	1513.21	0.2944	166	-85
3	88	1017.61	0.2487	155	-67
4	96	571.21	0.2148	145	-49
5	101	357.21	0.187	144	-43
6	101	357.21	0.163	140	-39
7	103	285.61	0.1415	139	-36
8	104	252.81	0.1219	138	-34
9	105	222.01	0.1036	136	-31
10	105	222.01	0.0862	132	-27
11	107	166.41	0.0697	131	-24
12	110	98.01	0.0537	125	-15

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi-XiINV)
13	110	98.01	0.0381	124	-14
14	112	62.41	0.0227	121	-9
15	115	24.01	0.0076	119	-4
16	119	0.81		115	
17	121	1.21		112	
18	124	16.81		110	
19	125	26.01		110	
20	131	123.21		107	
21	132	146.41		105	
22	136	259.21		105	
23	138	327.61		104	
24	139	364.81		103	
25	140	404.01		101	
26	144	580.81		101	
27	145	630.01		96	
28	155	1232.01		88	
29	166	2125.21		81	
30	166	2125.21		78	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 26 se tienen los siguientes datos.

Promedio = 119.9

Coefficiente de Shapiro Wilk calculado = 0.9697

Coefficiente de Shapiro Wilk teórico = 0.927

P – Value mediante interpolación = 0.567

Por lo tanto como  $0.9697 > 0.927$  y  $0.567 > 0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la productividad del mes de mayo del 2019 en rebobinado sigue una distribución normal.

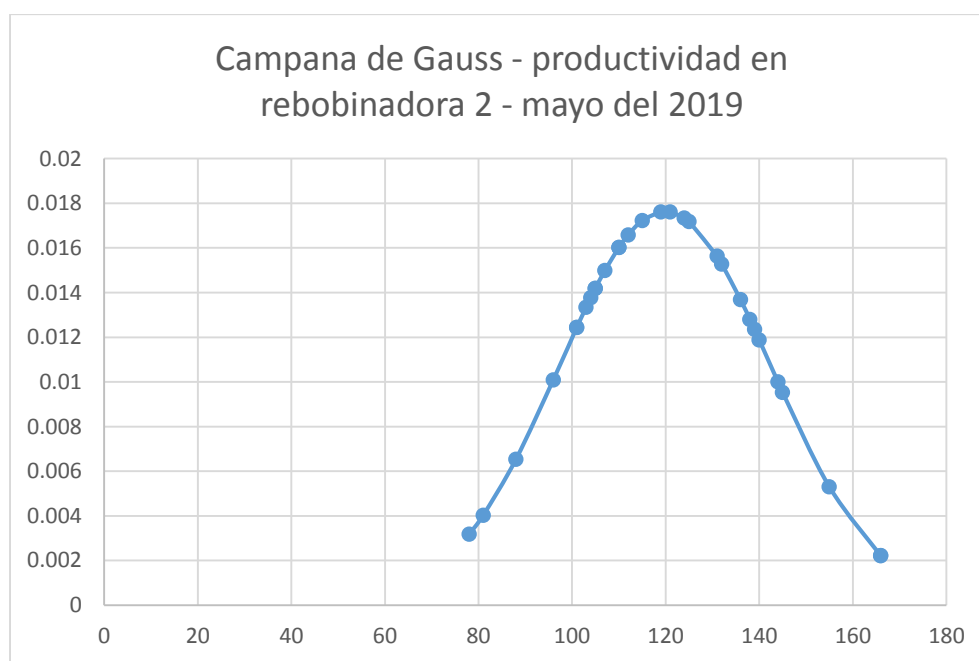


Gráfico 34. Campana de Gauss – productividad en rebobinadora 2 – mayo del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.2.4. Prueba de normalidad en rebobinado de la productividad en junio del 2019.

Determinaremos la prueba de normalidad de la productividad en el mes de junio del 2019.

Para esto usaremos el test de Shapiro Wilk para una muestra de 30 datos con un nivel de significancia de 5%. Ver anexo 9.

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal.

H1: Los datos no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 27

*Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk de la productividad en rebobinado.*

i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi-XiINV)
1	168	3398.89	0.4254	274	-106
2	203	542.89	0.2944	251	-48
3	207	372.49	0.2487	250	-43
4	209	299.29	0.2148	243	-34
5	209	299.29	0.187	240	-31
6	211	234.09	0.163	239	-28
7	212	204.49	0.1415	238	-26
8	214	151.29	0.1219	238	-24
9	218	68.89	0.1036	238	-20
10	218	68.89	0.0862	236	-18
11	219	53.29	0.0697	235	-16
12	220	39.69	0.0537	235	-15



i	Xi	(Xi-MED) <sup>2</sup>	ai	Xi INV	Dif(Xi-XiINV)
13	224	5.29	0.0381	232	-8
14	226	0.09	0.0227	228	-2
15	226	0.09	0.0076	228	-2
16	228	2.89		226	
17	228	2.89		226	
18	232	32.49		224	
19	235	75.69		220	
20	235	75.69		219	
21	236	94.09		218	
22	238	136.89		218	
23	238	136.89		214	
24	238	136.89		212	
25	239	161.29		211	
26	240	187.69		209	
27	243	278.89		209	
28	250	561.69		207	
29	251	610.09		203	
30	274	2275.29		168	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 27 se tienen los siguientes datos.

Promedio = 226.3

Coefficiente de Shapiro Wilk calculado = 0.9535

Coefficiente de Shapiro Wilk teórico = 0.927

P – Value mediante interpolación = 0.307

Nivel de significancia alfa = 0.05.

Por lo tanto como  $0.9535 > 0.927$  y  $0.307 > 0.05$ , no se puede rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la productividad del mes de junio del 2019 en rebobinado sigue una distribución normal.

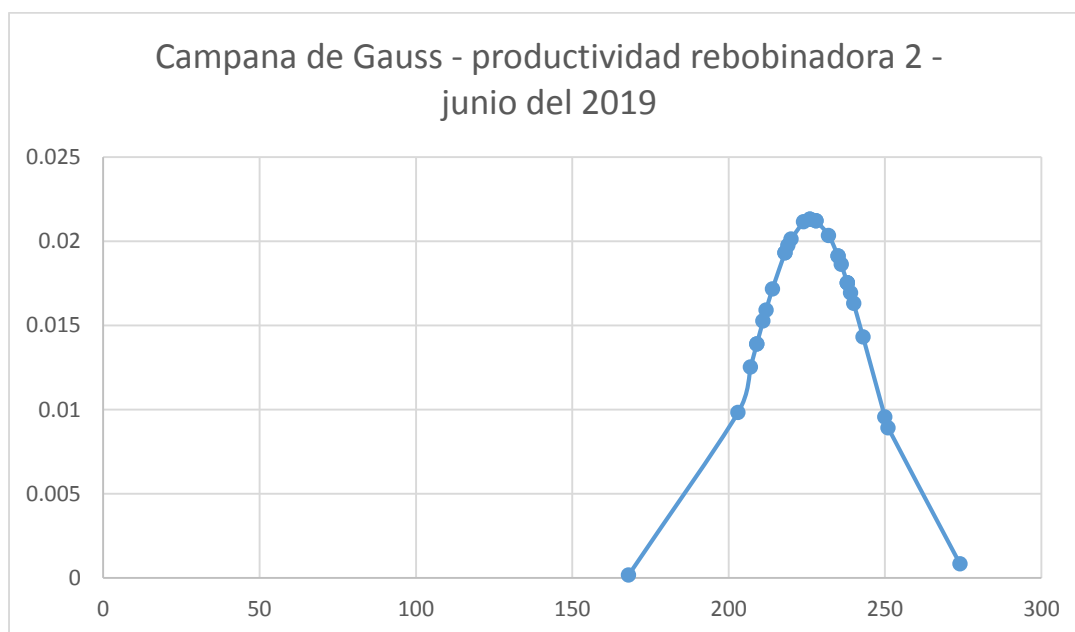


Gráfico 35. Campana de Gauss – productividad en rebobinadora 2 – junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2.5. Prueba de la hipótesis general extrusión.

Una vez comprobada que la productividad en mayo y junio del 2019 en extrusión sigue una distribución normal, utilizaremos la distribución z por tener una cantidad de datos mayor o igual a 30. Nuestro nivel de confianza será de 95% y nuestro nivel de significancia de 5%.

Usando la tabla Z, tenemos que nuestro  $Z_0 = 1.645$ .

$H_0$  = la productividad del mes de junio es menor que la productividad del mes de mayo.

$H_1$  = la productividad del mes de junio es mayor a la productividad del mes de mayo.

Hacemos uso de Excel mediante la herramienta de análisis de datos para la productividad en extrusión, haciendo una comparación entre la productividad de junio vs productividad de mayor.

Tabla 28

*Prueba z para medias de dos muestras.*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	228.4	181.5666667
Varianza (conocida)	933.97	1224.11
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0	
<i>z</i>	5.52181595	
P( $Z \leq z$ ) una cola	0.000000017	
Valor crítico de <i>z</i> (una cola)	1.644853627	
Valor crítico de <i>z</i> (dos colas)	0.00000003	
Valor crítico de <i>z</i> (dos colas)	1.959963985	

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 28 se tiene que el valor  $Z = 5.52$  es mayor que el valor  $Z$  crítico = 1.645 y  $p\text{-value} = 0.0000 < 0.05$ . Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa para un nivel de confianza de 95% que indica que la productividad en el mes de junio es mayor a la productividad en el mes de mayo del 2019.

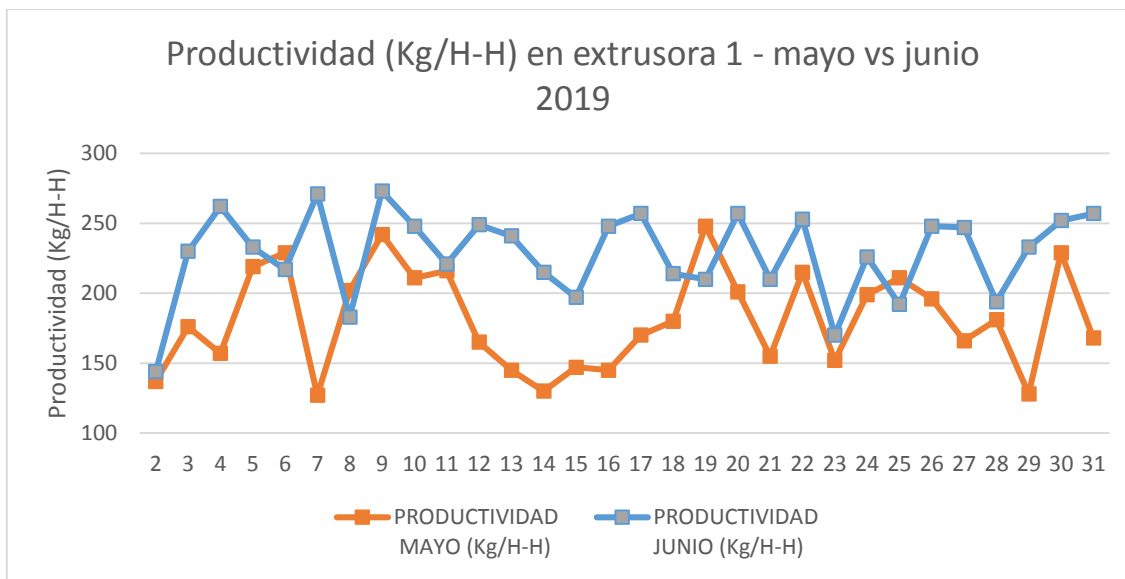


Gráfico 36. Productividad (Kg/H-H) en la extrusora 1 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 36 se concluye que la productividad en el mes de junio tiene una tendencia al incremento respecto al mes de mayo, esto debido al incremento del rendimiento y disponibilidad de la máquina contribuyendo a una mayor cantidad de Kg producidos. De esta forma se tiene que la productividad en el mes de mayo fue de 178 Kg/H-H, mientras que en el mes de junio se tuvo un proyectado de 225 Kg/H-H. Esto equivale a un incremento de 26.4% en la productividad.

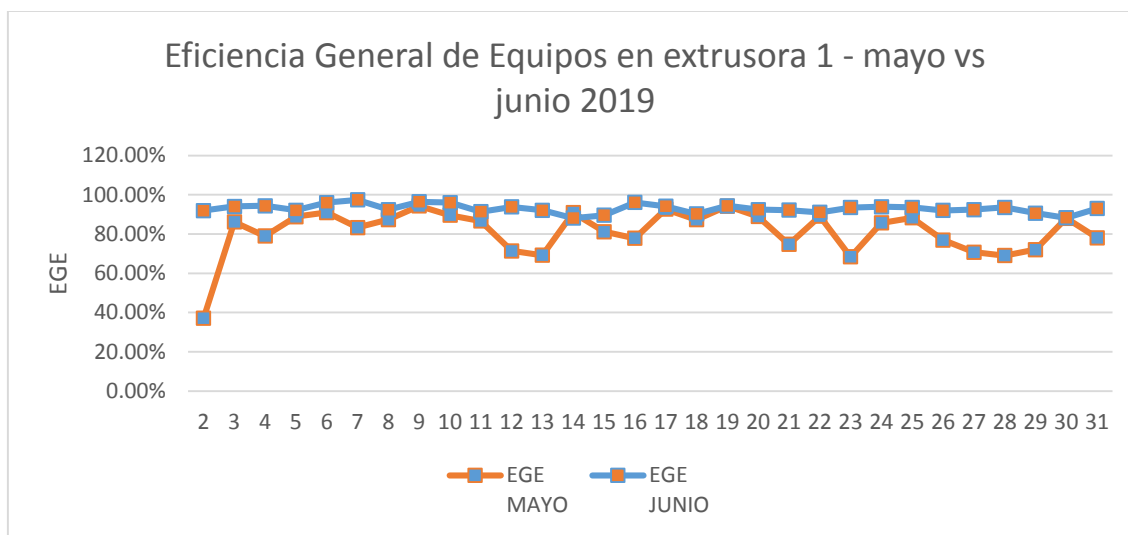


Gráfico 37. Eficiencia General de Equipos en la extrusora 1 – Mayo vs Junio.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 37 se concluye que la eficiencia general de equipos proyectada del mes de junio es mayor a la eficiencia general de equipos de mes de mayo, esto debido a que las mejoras que se propusieron, logran incrementar el rendimiento de las máquinas y la disponibilidad de la máquina y reducir la merma. De esta forma según la tabla 20, el EGE promedio en el mes de mayo fue de 82.89% y en el mes de junio el EGE promedio fue de 93.20% lo que equivale a un incremento de 10.31%.

#### 5.2.2.6. Prueba de la hipótesis general rebobinado.

Una vez comprobada que la productividad en mayo y junio del 2019 en la rebobinadora 2 sigue una distribución normal, utilizaremos la distribución z por tener una cantidad de datos mayor o igual a 30. Nuestro nivel de confianza será de 95% y nuestro nivel de significancia de 5%.

Usando la tabla Z, tenemos que nuestro  $Z_0 = 1.645$ .

$H_0$  = la productividad del mes de junio es menor que la productividad del mes de mayo.

$H_1$  = la productividad del mes de junio es mayor a la productividad del mes de mayo.

Hacemos uso de Excel mediante la herramienta de análisis de datos para la productividad en la rebobinadora 2, haciendo una comparación entre la productividad de junio vs productividad de mayor.

Tabla 29  
*Prueba z para medias de dos muestras.*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable2</i>
Media	226.3	119.9
Varianza (conocida)	350.27	512.22
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	19.843817	
P(Z<=z) una cola	0.000000	
Valor crítico de z (una cola)	1.644854	
Valor crítico de z (dos colas)	0.000000	
Valor crítico de z (dos colas)	1.959964	

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 29 se tiene que el valor  $Z = 19.8$  es mayor que el valor  $Z$  crítico = 1.645 y  $p - \text{value} = 0.0000 < 0.05$ . Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa para un nivel de confianza de 95% que indica que la productividad en el mes de junio es mayor a la productividad en el mes de mayo del 2019 en la rebobinadora 2.

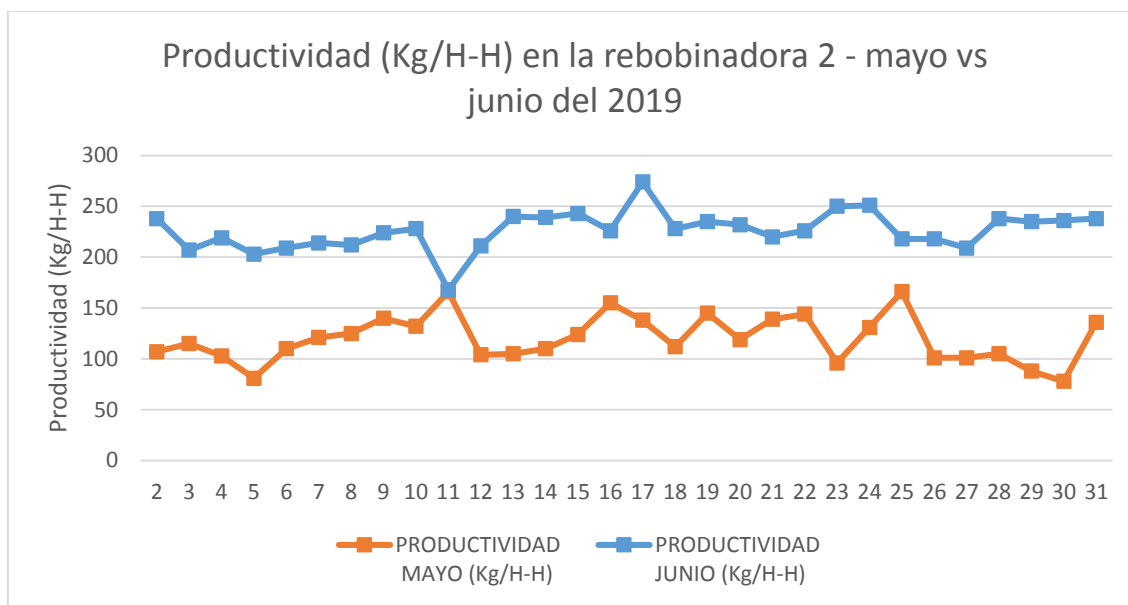


Gráfico 38. Productividad en Kg/H-H en la rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

De gráfico 38 se puede concluir que la productividad proyectada en el mes de junio es mayor que la productividad durante el mes de mayo, esto debido al incremento del rendimiento y mayor disponibilidad que logran impactar de forma positiva en la cantidad de kilogramos rebobinados. Según la tabla 21 se tiene que la productividad promedio en mayo fue de 118 Kg/H-H, mientras que en junio se tuvo un proyectado de 225 Kg/H-H, lo que equivale a un incremento de 90.6% el cual se considera un incremento muy importante.

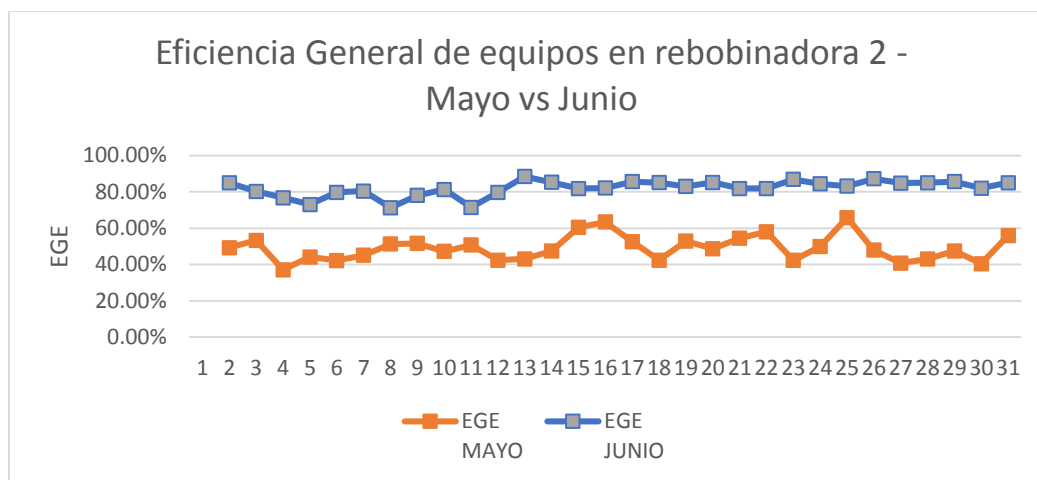


Gráfico 39. Eficiencia General de Equipos en rebobinadora 2 – mayo vs junio del 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico 39 se concluye que la eficiencia general de equipos proyectada del mes de junio es mayor a la eficiencia general de equipos de mes de mayo, esto debido a que las mejoras que se propusieron logran incrementar el rendimiento de las máquinas y la disponibilidad de la máquina y reducir la merma. De esta forma según la tabla 21, el EGE promedio en el mes de mayo fue de 49.72% y en el mes de junio el EGE promedio fue de 82.31% lo que equivale a un incremento de 32.59%.

Por lo tanto se demuestra que tanto en extrusión como el rebobinado se incrementa la productividad a través de la propuesta de indicadores de eficiencia general de equipos.



### 5.3 Discusión de resultados

- Vásquez quien realizó un trabajo de investigación en el 2015 en la ciudad de Chiclayo que se titula: “Propuesta para mejorar la productividad del proceso productivo de cajas porta medidores de energía monofásica en la industria metálica CERINSA E.I.R.L. Aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE)” logró incrementar la productividad en un 27.7 %, de igual forma en esta investigación se demuestra que con la aplicación de Eficiencia General de Equipos se lograría incrementar la productividad en 26.4% en el área de extrusión y un 90.6% en el área de rebobinado.
- Rojas quien realizó una investigación en el 2014 en la ciudad Huancayo titulado: “Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de San Fernando S.A.” logró demostrar que con la gestión de mantenimiento productivo total se incrementó el rendimiento de las máquinas de un 67% a un 71%, de igual forma al aplicar TPM en la línea de fabricación de stretch film se lograría incrementar el rendimiento de la extrusora 1 de 78% a 94.70%, mientras que el de la rebobinadora 2 se incrementaría de 56.24% a 85.17%, se lograría basado en uno de los principios del TPM en la que indica que el operario debe estar capacitados para realizar trabajos menores de mantenimiento y evitar paradas prologadas esperando a los técnicos de mantenimiento por algo que ellos mismos podrían solucionar o prevenir.
- En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Casilimas & Poveda (2012) realizaron una investigación titulada “Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la línea de tubería en CORPACERO S.A. En la que demostró que con la implementación de un

sistema de indicadores de eficiencia general de equipos y productividad se plantearon mejoras a partir de sus valores iniciales, detectando las principales causas de bajo rendimiento, disponibilidad y calidad para que de esta forma se logre incrementar la eficiencia general de equipos en 8.4%, de forma análoga en esta investigación a través de las mejoras propuestas se lograría incrementar la eficiencia general de equipos en la extrusora 1 en 10.31%, mientras que en la rebobinadora 2 en 32.59%. Esto demuestra que con la aplicación de indicadores de eficiencia general de equipos se busca medir, identificar y controlar para luego mejorar los tres elementos que lo componen (disponibilidad, rendimiento y calidad).

- Barria realizó una investigación en Chile en el 2012 que se titula: “Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de equipos en las líneas de procesos de sección mantequilla en la industria láctea” en la que indica que la implementación de estos indicadores genera un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de máquina y jefaturas para trabajar en busca de la mejora continua, de igual forma al proponer la aplicación de este sistema de eficiencia general de equipos en el área de stretch film, se generó este sentimiento de responsabilidad conjunta que se apreciaba en las reuniones de capacitación para el adecuado registro de reporte de producción, en la que cada operario se mostraba interesado en aprender de estos indicadores e incluso proponían realizar ciertas mejoras con el objetivo de disminuir tiempos muertos y la merma. Por lo tanto es un punto en común al que se llegó en comparación con la investigación de Barria.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1 Conclusiones

- Se concluye que mediante la aplicación de los indicadores de eficiencia general de equipos, se lograría incrementar la productividad en 26.4% en la extrusora 1 y 90.6% en la rebobinadora 2.
- Se determina que el rendimiento de la máquina extrusora 1 se incrementaría de 87.78% a 94.70% y por lo tanto la cantidad producida se incrementaría en un 15% en junio respecto de mayo, de igual forma en la rebobinadora 2 el rendimiento se incrementaría de 56.24% a 85.17%, esto debe a un incremento en la cantidad producida de 57% en junio respecto de mayo.
- Se concluye que mediante la aplicación del indicador de calidad se reduciría la merma 2.81% mensual a 1.66% en el área de extrusión, mientras que en el área de rebobinado se reduciría de un 3.79% mensual a 2.32%.
- La aplicación del indicador de disponibilidad permitiría disminuir los tiempos muertos en la extrusora 1 de 2682 minutos a 645 minutos, mientras que en la rebobinadora 2 permitiría reducir los tiempos muertos de 3192 minutos a 1324 minutos.
- Por último se concluye que mediante la aplicación de indicadores de eficiencia general de equipos se obtiene un diagnóstico inicial que permite plantear mejoras que incrementen este indicador, en esta investigación el incremento que se tendría en la eficiencia general de equipos sería de 10.31% en la extrusora 1 y de 32.59% en la rebobinadora 2.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda actualizar de forma diaria la matriz que calcula la eficiencia general de equipos y productividad para tener los indicadores actualizados y buscar nuevas mejoras que permitan optimizarlos.
- Implementar las propuestas de mejoras planteadas con el objetivo de reducir tiempos de paradas de máquina, reducir merma, incrementar el rendimiento y por ende aumentar la productividad.
- Realizar un programa de mantenimiento preventivo completo para todas las máquinas extrusoras y rebobinadoras.
- De acuerdo al análisis se sugiere ver otras propuestas de proveedores de tubos de cartón que cumplan con los parámetros mínimos requeridos, esto evitaría generar merma en cantidad y aumentar el rendimiento de las máquinas.
- Crear un comité de operaciones el cual se reúna de forma mensual para analizar los indicadores del mes como: eficiencia general de equipos, productividad, etc. Con el objetivo de plantear nuevas mejoras haciendo participar a operarios y supervisores de tal forma que sientan que son parte de la mejora continua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Algarra, I., & Sierra, C. (2018). “Estudio de la Efectividad Global de los Equipos (OEE) y propuesta de mejoramiento basado en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa INEMFLEX S.A.S”. Colombia.
- Barria, P. (2012). “Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de equipos en las líneas de procesos de sección mantequilla en la industria láctea”. Chile.
- Belohlavek, Peter. (2009). Overall Equipment Effectiveness. Rusia: Blue Eagle Group.
- Botero, L. & Álvarez, M. (2004). Guía para la mejora continua en la construcción de proyectos de vivienda. Vol. 40, pp. 50 – 64. Recuperado en junio del 2019, <http://www.redalyc.org/pdf/215/21513605.pdf>
- Carro, R., & Gonzales, D. (2012). Productividad y competitividad, pp. 01. Recuperado en junio del 2019, de <http://nulan.mdp.edu.ar/1607/>
- Casilimas, C., & Poveda, R. (2012). “Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) en la línea de tubería en CORPACERO S.A”. Caldas, Colombia.
- Cruelles, José. (2010). La teoría de la medición del despilfarro. Toledo: Reverté-Aguilar, S.L.
- Cruelles, José. (2012). Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Toledo: Marcombo S.A.
- E. Bonilla, B. Díaz, F. Kleeber & M. Noriega. (2010). Mejora Continua de los procesos, Herramientas y Técnicas, pp. 23 – 67.
- G. Rizzo & G. Spadaro, Mechanical properties of low density polyethylene-isotactic polypropylene blends-I”. Vol. 24, pp. 303 – 306, 1988.
- Goodman, Sidney, Dodiuk, Hanna. (2014). Hanbook of thermoset plastics. (3era edición).

- Masaaki, Imai. (1988). Como implementar el kaizen en el sitio de trabajo. Bogotá. Planificación de la producción. (s.f.). Recuperado el 28 de mayo del 2019 de <https://www.ticportal.es/glosario-tic/planificacion-produccion>
- Rodríguez, J., & Gómez, L. (1991). Indicadores de calidad y productividad en las empresas. (1era edición), pp. 32 - 33.
- Rojas, R. (2014). “Gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia global de equipos en el área de molienda de San Fernando S.A.”. Huancayo, Perú.
- Salazar, B. (s.f.). Ingeniería Industrial Online. Recuperado el 25 de Mayo del 2019, de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingenieroiindustrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Torres, V. (2017). “Implementación de OEE para incrementar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera Volcán Shungar S.A.”. Trujillo, Perú.
- Ucelo Lezana, A. R. (2008). “Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuesta viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa”. Guatemala.
- Vásquez, L. (2015). “Propuesta para mejorar la productividad del proceso productivo de cajas porta medidores de energía monofásica en la industria metálica CERINSA E.I.R.L. Aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE)”. Chiclayo, Perú.


**ANEXOS.**

**Matriz de consistencia**

**TÍTULO: “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE EFICIENCIA GENERAL DE EQUIPOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE FABRICACIÓN DE STRETCH FILM DE UNA EMPRESA DEL RUBRO PLÁSTICOS DE LA CIUDAD DE LIMA”**


PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema Principal</b></p> <p>¿Cómo la propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos mejorará la productividad en la línea de fabricación de stretch film?</p> <p><b>Sub problemas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera el indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de stretch film?</li> <li>• ¿Cómo el indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma de la producción de stretch film?</li> <li>• ¿El indicador de disponibilidad disminuirá los tiempos muertos en el proceso de fabricación de stretch film?</li> </ul>	<p><b>Objetivo Principal</b></p> <p>Proponer un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos para mejorar la productividad en la línea de fabricación de stretch film de una empresa del rubro plástico.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar de qué manera el indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de stretch film.</li> <li>• Determinar como el indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma en la producción de stretch film.</li> <li>• Determinar como el indicador de disponibilidad permitirá disminuir los tiempos muertos en el proceso de fabricación de stretch film.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Principal</b></p> <p>La propuesta de un sistema de indicadores de Eficiencia General de Equipos mejorará la productividad en la línea de fabricación de stretch film.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La propuesta del indicador de rendimiento de máquina mejorará la cantidad producida en la línea de fabricación de stretch film.</li> <li>• La propuesta del indicador de calidad reducirá el porcentaje de merma en la producción de stretch film.</li> <li>• La propuesta del indicador de disponibilidad disminuirá los tiempos muertos en el proceso de fabricación de stretch film.</li> </ul>	<p><b>Variable X = Variable Independiente:</b> <b>Eficiencia General de Equipos.</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>Rendimiento X1 Calidad X2 Disponibilidad X3</p> <p><b>Variable Y = Variable Dependiente:</b> <b>Productividad</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <p>Productividad (Kg/H-H) Kg producidos. % de merma. Tiempos muertos</p>	<p><b>Diseño de la Investigación:</b> Nivel experimental, de diseño pre experimental, del tipo aplicada tecnológica.</p> <p><b>Muestra:</b> La población está integrada por las 7 máquinas rebobinadoras y 2 máquinas extrusoras.</p> <p>La muestra consta de una máquina rebobinadora (Reb. 2) y una máquina extrusora (Ext. 1).</p> <p><b>Técnicas.-</b> Análisis de Contenidos, Diagrama de Pareto, Ishikawa.</p> <p><b>Instrumentos.-</b> Reporte de producción diario, reporte de paradas y merma, reporte de reclamos de clientes, cronómetro digital.</p>

## ANEXO 2. Formato de control de calidad de tubos de cartón.

		CONTROL DE CALIDAD DE TUCOS						FSGC-CC0008 Ver.00 05.05.19	
FECHA:		TURNO:		INSPECTOR:			PROVEEDOR :		
LOTE:		CANTIDAD TUCOS :				MUESTRA TUCOS :			
PESO TUCO (g) :		DIAMETRO INTERNO (mm):			ESPEJOR (mm) :		LARGO (mm):		
Muestreo MIL std 105D : Nivel Inspección I, AQL 0.15% ( Defectos crítico: hallazgo de tucos deformes, dañados, arrugados)									
HORA:	DIAMETRO INTERNO (mm)	ESPEJOR (mm)	LARGO (mm)	UNIFORMIDAD: POSITIVO (+) NEGATIVO (-)	RESISTENCIA MAX. (N) DPR 97%	DEFORMACION (mm)	% HUMEDAD	VALORES PROMEDIO	
1								PESO (g) :	
2								DIAMETRO INTERNO (mm):	
3								LARGO (mm) :	
4								RESISTENCIA MAX. (N) :	
5								% HUMEDAD :	
OBSERVACIONES:								DECISION:	
LOTE:		CANTIDAD TUCOS :				MUESTRA TUCOS :			
PESO TUCO (g) :		DIAMETRO INTERNO (mm):			ESPEJOR (mm) :		LARGO (mm):		
HORA:	DIAMETRO INTERNO (mm)	ESPEJOR (mm)	LARGO (mm)	UNIFORMIDAD: POSITIVO (+) NEGATIVO (-)	RESISTENCIA MAX. (N) DPR 97%	DEFORMACION (mm)	% HUMEDAD	VALORES PROMEDIO	
1								PESO (g) :	
2								DIAMETRO INTERNO (mm):	
3								LARGO (mm) :	
4								RESISTENCIA MAX. (N) :	
5								% HUMEDAD :	
OBSERVACIONES:								DECISION:	
LOTE:		CANTIDAD TUCOS :				MUESTRA TUCOS :			
PESO TUCO (g) :		DIAMETRO INTERNO (mm):			ESPEJOR (mm) :		LARGO (mm):		
HORA:	DIAMETRO INTERNO (mm)	ESPEJOR (mm)	LARGO (mm)	UNIFORMIDAD: POSITIVO (+) NEGATIVO (-)	RESISTENCIA MAX. (N) DPR 97%	DEFORMACION (mm)	% HUMEDAD	VALORES PROMEDIO	
1								PESO (g) :	
2								DIAMETRO INTERNO (mm):	
3								LARGO (mm) :	
4								RESISTENCIA MAX. (N) :	
5								% HUMEDAD :	
OBSERVACIONES:								DECISION:	
INSPECTOR DE CALIDAD					JEFE DE CONTROL DE CALIDAD				




**ANEXO 3.** Formato de registro de producción en rebobinado.

		<b>REGISTRO DE PRODUCCIÓN - REBOBINADO</b>										PSGC-PK0003							
										Versión: 01		01.03.19							
<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 1		<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 2		<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 3		<input type="checkbox"/> REB. PRE-ESTIRADORA 7													
<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 4		<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 5		<input type="checkbox"/> REBOBINADORA 6															
OPERARIO: _____			FECHA: ____ / ____ / ____				TURNO: _____												
OP	Lote	Cliente	Código Del Producto	Descripción del Producto				Cantidad Producida		PESO TOTAL (KG)	color	Tiempo				Peso Total de la Merma	Tucos para tachos	Tucos para burbupack	Observaciones
				TIPO	PULG	MICR	PESO (KG)	Rollos	Cajas			Inicial	Final	Paradas					
														Inicio	Final				
<i>Kilos Totales:</i>										<i>Merma total:</i>									
<b>LEYENDA DEL COLOR</b> NE NEGRO NA NATURAL RO ROJO BLA BLANCO AZU AZUL		<b>LEYENDA TIPO PRODUCTO</b> SFM MANUAL SFA AUTOMÁTICO SFALIM ALIMENTOS SFPRE PRE ESTIRADO		_____ V"B* Jefe de Producción										_____ V"B* Supervisor de Producción				_____ V"B* Rebobinador	

## ANEXO 4. Kilogramos extruidos y kilogramos de merma generada en la extrusora 1.

<b>Kg. Extruidos y Kg de merma generada en la extrusora 1</b>						
	<b>Kg extruidos mayo</b>	<b>kg extruidos junio</b>	<b>merma mayo</b>	<b>merma junio</b>	<b>% merma mayo</b>	<b>% merma junio</b>
1	7210	9337	437	381	6.06%	4.08%
2	9472	11782	195	50	2.06%	0.42%
3	9016	11480	424	127	4.70%	1.11%
4	11389	11587	61	163	0.54%	1.41%
5	11368	10436	141	116	1.24%	1.11%
6	6668	6492	173	30	2.59%	0.46%
7	8988	9346	161	183	1.79%	1.96%
8	11620	13084	138	328	1.19%	2.51%
9	11515	11900	115	38	1.00%	0.32%
10	10906	10585	84	102	0.77%	0.96%
11	9681	8760	384	72	3.97%	0.82%
12	7994	11585	232	140	2.90%	1.21%
13	8766	9536	143	305	1.63%	3.20%
14	9984	11250	94	329	0.94%	2.92%
15	7442	11925	417	45	5.60%	0.38%
16	10289	11410	54.5	151	0.53%	1.32%
17	10920	10261	701	143	6.42%	1.39%
18	11900	11186	37	141	0.31%	1.26%
19	9960	12330	322	209	3.23%	1.70%
20	4382	10049	51	255	1.16%	2.54%
21	10318	12150	289	77	2.80%	0.63%
22	8169	10184	567	229	6.94%	2.25%
23	10878	10552	210	169	1.93%	1.60%
24	10878	11140	162	226	1.49%	2.03%
25	9912	11192	680	277	6.86%	2.47%
26	7963	11856	534	232	6.71%	1.96%
27	7665	9418	210	217	2.74%	2.30%
28	10724	11184	313	223	2.92%	1.99%
29	5500	10613	81	275	1.47%	2.59%
30	9885	12342	503	168	5.09%	1.36%

ANEXO 5. Formato de registro de producción en extrusión.

				<b>REGISTRO DE PRODUCCIÓN - EXTRUSIÓN</b>								FSGC-PK-0003						
												Versión: 03						
FECHA: ____/____/____				OPERARIO: _____				TURNO: _____										
OP	Lote	Cliente	CODIGO DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO				CANTIDAD PRODUCIDA		PESO TOTAL (KG)	PESO TOTAL DE MERMA	TIEMPO		PARADAS		PARADAS POR:	KG/H	OBSERVACIONES
				TIPO	PULG	MICR	PESO DEL ROLLO	ROLLOS	CAJAS			INICIAL	FINAL	INICIO	FINAL			
<b>Kilos Totales :</b>					<b>Merma total:</b>													
<b>LEYENDA TIPO PRODUCTO</b>								<b>PARADAS POR:</b>				<b>Z OTROS</b>						
<b>SFM</b>	SFILM MANUAL							1 ARRANQUE DE MAQUINA				_____						
<b>SFA</b>	SFILM AUTOMATICO							2 CAMBIO DE FORMATO				_____						
<b>BMM</b>	BOBINA MADRE MANUAL							3 CAMBIO DE MALLA				_____						
<b>BMA</b>	B. M. AUTOMATICO							4 PROBLEMAS CON EL CHILER				_____						
								5 LIMPIEZA DE CABEZAL COLINES				_____						
								6 CALENTAMIENTO DE MOLINO				_____						
_____ V°B° Jefe de Producción				_____ V°B° Supervisor de Producción				_____ V°B° Rebobinador										

## ANEXO 6. Kilogramos rebobinados y Kilogramos de merma en la rebobinadora 2.

<b>Kg. Extruidos y Kg. de merma generada en la rebobinadora 2</b>						
	<b>Kg rebobinados mayo</b>	<b>kg rebobinados junio</b>	<b>merma mayo</b>	<b>merma junio</b>	<b>% merma mayo</b>	<b>% merma junio</b>
1	2578	4759	166	146	6.44%	3.07%
2	1954	2479	81	63	4.15%	2.54%
3	1416	3264	125	48	8.83%	1.47%
4	2200	3972	150	138	6.82%	3.47%
5	2630	2660	156	54	5.93%	2.03%
6	2620	4458	108	93	4.12%	2.09%
7	2998	3715	110	145	3.67%	3.90%
8	3362	3815	90	78	2.68%	2.04%
9	3156	4750	108	102	3.42%	2.15%
10	816	3508	18	57	2.21%	1.62%
11	1243	2600	38	35	3.06%	1.35%
12	3762	5050	67	72	1.78%	1.43%
13	2633	5727	96	143	3.65%	2.50%
14	1680	2510	59	98	3.51%	3.90%
15	2292	3270	56	72	2.44%	2.20%
16	3310	1140	74	21	2.24%	1.84%
17	2184	4794	41	133	1.88%	2.77%
18	3470	4940	120	86	3.46%	1.74%
19	2865	4210	111	106	3.87%	2.52%
20	2154	5290	83	134	3.85%	2.53%
21	3451	4900	101	209	2.93%	4.27%
22	1375	6000	49	79	3.56%	1.32%
23	2760	2610	82	69	2.97%	2.64%
24	3994	3122	157	105	3.93%	3.36%
25	1785	5220	62.8	60	3.52%	1.15%
26	2433	2510	179	82	7.36%	3.27%
27	1570	5700	63	94	4.01%	1.65%
28	2112	2743	100	43	4.73%	1.57%
29	1868	5250	63	145	3.37%	2.76%
30	3252	2850	86	29	2.64%	1.02%

## ANEXO 7. Cuadro estadístico de Shapiro – Wilk.

Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk ( $w$ ) para el contraste de normalidad.

Se tabulan los valores  $w_\alpha$  tales que  $P(w > w_\alpha) = \alpha$ .

$n$	$\alpha$								
	0'01	0'02	0'05	0'1	0'5	0'9	0'95	0'98	0'99
3	0'753	0'756	0'767	0'789	0'959	0'998	0'999	1'000	1'000
4	0'687	0'707	0'748	0'792	0'935	0'987	0'992	0'996	0'997
5	0'686	0'715	0'762	0'806	0'927	0'979	0'986	0'991	0'993
6	0'713	0'743	0'788	0'826	0'927	0'974	0'981	0'986	0'989
7	0'730	0'760	0'803	0'838	0'928	0'972	0'979	0'985	0'988
8	0'749	0'778	0'818	0'851	0'932	0'972	0'978	0'984	0'987
9	0'764	0'791	0'829	0'859	0'935	0'972	0'978	0'984	0'986
10	0'781	0'806	0'842	0'869	0'938	0'972	0'978	0'983	0'986
11	0'792	0'817	0'850	0'876	0'940	0'973	0'979	0'984	0'986
12	0'805	0'828	0'859	0'883	0'943	0'973	0'979	0'984	0'986
13	0'814	0'837	0'866	0'889	0'945	0'974	0'979	0'984	0'986
14	0'825	0'846	0'874	0'895	0'947	0'975	0'980	0'984	0'986
15	0'835	0'855	0'881	0'901	0'950	0'975	0'980	0'984	0'987
16	0'844	0'863	0'887	0'906	0'952	0'976	0'981	0'985	0'987
17	0'851	0'869	0'892	0'910	0'954	0'977	0'981	0'985	0'987
18	0'858	0'874	0'897	0'914	0'956	0'978	0'982	0'986	0'988
19	0'863	0'879	0'901	0'917	0'957	0'978	0'982	0'986	0'988
20	0'868	0'884	0'905	0'920	0'959	0'979	0'983	0'986	0'988
21	0'873	0'888	0'908	0'923	0'960	0'980	0'983	0'987	0'989
22	0'878	0'892	0'911	0'926	0'961	0'980	0'984	0'987	0'989
23	0'881	0'895	0'914	0'928	0'962	0'981	0'984	0'987	0'989
24	0'884	0'898	0'916	0'930	0'963	0'981	0'984	0'987	0'989
25	0'888	0'901	0'918	0'931	0'964	0'981	0'985	0'988	0'989



## ANEXO 9. Coeficientes del estadístico de Shapiro Wilk.

Coeficientes del estadístico de Shapiro-Wilk

Se tabulan los valores de las constantes  $a_{j,n}$ ,  $j = 1, 2, \dots, [n/2]$ ,  $n = 2, 3, \dots$ 

$j$	$n$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	0'7071	0'7071	0'6872	0'6646	0'6431	0'6233	0'6052	0'5888	0'5739
2	—	—	0'0000	0'1677	0'2413	0'2806	0'3031	0'3164	0'3244	0'3291
3	—	—	—	—	0'0000	0'0875	0'1401	0'1743	0'1976	0'2141
4	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0561	0'0947	0'1224
5	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0399

$j$	$n$									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0'5601	0'5475	0'5359	0'5251	0'5150	0'5056	0'4968	0'4886	0'4808	0'4734
2	0'3315	0'3325	0'3325	0'3318	0'3306	0'3290	0'3273	0'3253	0'3232	0'3211
3	0'2260	0'2347	0'2412	0'2495	0'2495	0'2521	0'2540	0'2553	0'2561	0'2565
4	0'1429	0'1586	0'1707	0'1802	0'1878	0'1988	0'1988	0'2027	0'2059	0'2085
5	0'0695	0'0922	0'1099	0'1240	0'1353	0'1447	0'1524	0'1587	0'1641	0'1686
6	0'0000	0'0303	0'0539	0'0727	0'0880	0'1005	0'1109	0'1197	0'1271	0'1334
7	—	—	0'0000	0'0240	0'0433	0'0593	0'0725	0'0837	0'0932	0'1013
8	—	—	—	—	0'0000	0'0196	0'0359	0'0496	0'0612	0'0711
9	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0163	0'0303	0'0422
10	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0140

$j$	$n$									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0'4643	0'4590	0'4542	0'4493	0'4450	0'4407	0'4366	0'4328	0'4291	0'4254
2	0'3185	0'3156	0'3126	0'3098	0'3069	0'3043	0'3018	0'2992	0'2968	0'2944
3	0'2578	0'2571	0'2563	0'2554	0'2543	0'2533	0'2522	0'2510	0'2499	0'2487
4	0'2119	0'2131	0'2139	0'2145	0'2148	0'2151	0'2152	0'2151	0'2150	0'2148
5	0'1736	0'1764	0'1787	0'1807	0'1822	0'1836	0'1848	0'1857	0'1864	0'1870
6	0'1399	0'1443	0'1480	0'1512	0'1539	0'1563	0'1584	0'1601	0'1616	0'1630
7	0'1092	0'1115	0'1201	0'1245	0'1283	0'1316	0'1346	0'1372	0'1395	0'1415
8	0'0804	0'0878	0'0941	0'0997	0'1046	0'1089	0'1128	0'1162	0'1192	0'1219
9	0'0530	0'0618	0'0696	0'0764	0'0823	0'0876	0'0923	0'0965	0'1002	0'1036
10	0'0263	0'0368	0'0459	0'0539	0'0610	0'0672	0'0728	0'0778	0'0822	0'0862
11	0'0000	0'0122	0'0228	0'0321	0'0403	0'0476	0'0540	0'0598	0'0650	0'0697
12	—	—	0'0000	0'0107	0'0200	0'0284	0'0358	0'0424	0'0483	0'0537
13	—	—	—	—	0'0000	0'0094	0'0178	0'0253	0'0320	0'0381
14	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0084	0'0159	0'0227
15	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0076

## ANEXO 10. Coeficientes del estadístico de Shapiro Wilk.

Coeficientes del estadístico de Shapiro-Wilk (continuación).

j	n									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0'4220	0'4188	0'4156	0'4127	0'4096	0'4068	0'4040	0'4015	0'3989	0'3964
2	0'2921	0'2898	0'2876	0'2854	0'2834	0'2813	0'2794	0'2774	0'2755	0'2737
3	0'2475	0'2463	0'2451	0'2439	0'2427	0'2415	0'2403	0'2391	0'2380	0'2368
4	0'2145	0'2141	0'2137	0'2132	0'2127	0'2121	0'2116	0'2110	0'2104	0'2098
5	0'1874	0'1878	0'1880	0'1882	0'1883	0'1883	0'1883	0'1881	0'1880	0'1878
6	0'1641	0'1651	0'1660	0'1667	0'1673	0'1678	0'1683	0'1686	0'1689	0'1691
7	0'1433	0'1449	0'1463	0'1475	0'1487	0'1496	0'1505	0'1513	0'1520	0'1526
8	0'1243	0'1265	0'1284	0'1301	0'1317	0'1331	0'1344	0'1356	0'1366	0'1376
9	0'1066	0'1093	0'1118	0'1140	0'1160	0'1179	0'1196	0'1211	0'1225	0'1237
10	0'0899	0'0931	0'0961	0'0988	0'1013	0'1036	0'1056	0'1075	0'1092	0'1108
11	0'0739	0'0777	0'0812	0'0844	0'0873	0'0900	0'0924	0'0947	0'0967	0'0986
12	0'0585	0'0629	0'0669	0'0706	0'0739	0'0770	0'0798	0'0824	0'0848	0'0870
13	0'0435	0'0485	0'0530	0'0572	0'0610	0'0645	0'0677	0'0706	0'0733	0'0759
14	0'0289	0'0344	0'0395	0'0441	0'0484	0'0523	0'0559	0'0592	0'0622	0'0651
15	0'0144	0'0206	0'0262	0'0314	0'0361	0'0404	0'0444	0'0481	0'0515	0'0546
16	0'0000	0'0068	0'0187	0'0187	0'0239	0'0287	0'0331	0'0372	0'0409	0'0444
17	—	—	0'0000	0'0062	0'0119	0'0172	0'0220	0'0264	0'0305	0'0343
18	—	—	—	—	0'0000	0'0057	0'0110	0'0158	0'0203	0'0244
19	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0053	0'0101	0'0146
20	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0049



ANEXO 11. Tabla de distribución normal Z.

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010