



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Proyecto Técnico previo a la obtención del título de
Ingeniería Industrial**

*Título: Propuesta de mejora para la reducción de
scrap en la producción de sacos de polipropileno
mediante la aplicación del modelo DMAIC*

*Title: Proposal for improvement to reduce waste
in the production of polypropylene bags by
applying the DMAIC model*

Autor:

Ovalle Orbe Orlys Demetrio

Director:

Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado MSc.

Guayaquil, mayo de 2021

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, Orlys Demetrio Ovalle Orbe, con cédula de ciudadanía No. 0951015841, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC”. Los conceptos aquí desarrollados, evaluación realizada y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



Orlys Demetrio Ovalle Orbe

C. C. No.: 0951015841

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



Orlys Demetrio Ovalle Orbe

C. C. No.: 0951015841

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC”, desarrollado por el estudiante Orlys Demetrio Ovalle Orbe, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los 26 días del mes mayo de 2021.



Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado
Docente director del Proyecto Técnico MSc.

DEDICATORIA

El presente proyecto técnico lo dedico principalmente a mis padres Demetrio y Evelyn, quienes han permitido con su inmenso apoyo llegar hasta aquí, por darme fuerza y salud para llevar a cabo mis objetivos y metas, por ser mi motor quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo, me han apoyado en cada paso y han permitido llegar a cumplir una meta, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, superación y valentía, de no temer las adversidades.

A mis hermanos Kevin y Joshue por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, este logro es para ellos.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres quienes me dieron la vida, su constante amor y apoyo, y que siempre estuvieron a mi lado durante los momentos más difíciles de mi carrera, gracias por enseñarme y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se las debo a ustedes. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron para alcanzar y cumplir mis objetivos.

A mi tutora la Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado MSc. por brindarme todo sus conocimientos, cooperación y confianza a lo largo de mi carrera universitaria y para la elaboración de este proyecto.

A mis hermanos, quienes fueron ese sustento en los momentos de necesidad impidiendo que decaiga de cara al cumplimiento de mis objetivos.

Por último, a mi gran amiga la Ing. Valeria Franco quien gracias a su tiempo y constante apoyo me motivo mucho más a seguir adelante y cumplir varias metas planteadas.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en una empresa de insumos y suministros para todo tipo de actividad agrícola, siendo la producción de sacos de polipropileno (PP) la actividad a estudiar. Se identificó que su principal problema recae sobre el alto porcentaje de scrap generado durante la producción de sacos de PP, mismo que superaba el límite permitido del 18% establecido por la empresa objeto de estudio. El modelo aplicado para la solución de este problema corresponde al DMAIC perteneciente a proyectos de Six Sigma. Se inició con la fase de definición, donde se detalló que el problema a solucionar es el scrap generado. En la fase de medición se realizó la recopilación de datos, de manera que se pudo disponer de un diagnóstico inicial, durante este periodo se obtuvo un 26.22% de scrap, además se identificó que los procesos responsables de generar scrap eran el de extrusión y telares con un 78% de responsabilidad según el Pareto aplicado. En la ejecución de la fase de análisis por medio del diagrama de Ishikawa y el AMEF aplicados, se pudo determinar que las causas potenciales provenían de la temperatura de fundición de resina PP, la variación en la velocidad del tornillo durante la mezcla de material, y el desconocimiento del personal durante las actividades en los telares. En la fase de mejora se realizó una propuesta que abarcaba todas las causas potenciales identificadas, entre las principales novedades, se obtuvo que el rango óptimo de temperatura de fundición y velocidad del tornillo era de 141°C - 150°C y 50 RPM - 80 RPM respectivamente. Como resultado luego de implementar la propuesta mencionada durante un periodo de prueba se obtuvo un porcentaje de scrap del 23.40% reduciendo en aproximadamente un 3% la cantidad de scrap.

Palabras claves: denier, gramaje, polipropileno, scrap y six sigma.

ABSTRACT

The present work was carried out in a company that supplies inputs and supplies for all types of agricultural activity, with the production of polypropylene (PP) bags being the activity to be studied, it was identified that its main problem lies in the high percentage of scrap generated during production. of PP bags, which exceeded the allowed limit of 18% established by the company under study. The model applied to solve this problem corresponds to the DMAIC (define, measure, analyze, improve and control) belonging to Six Sigma projects. Starting with the definition phase, where it is detailed that the problem to be solved is the scrap generated. In the measurement phase, data collection was carried out, so that an initial diagnosis was available, during this period 26.22% scrap was obtained, in addition it was identified that the processes responsible for generating scrap were extrusion and looms with a 78% responsibility according to the Pareto applied. In the execution of the analysis phase, the Ishikawa diagram and the failure modes and effects analysis (FMEA) applied, it was determined that the potential causes came from the PP resin melting temperature, the variation in screw speed during the mixing of material, and the ignorance of the personnel during the activities in the looms. In the improvement phase, a proposal was made that covered all the potential causes identified, among the main novelties, it was obtained that the optimal range of casting temperature and screw speed was 141 ° C - 150 ° C and 50 rpm - 80 rpm respectively. As a result, after implementing the aforementioned proposal during a trial period, a scrap percentage of 23.40% was obtained, reducing the amount of scrap by approximately 3%.

Keywords: denier, grammage, polypropylene, scrap and six sigma.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Justificación del problema.....	5
1.3. Grupo objetivo	5
1.4. Delimitación.....	6
1.4.1. Delimitación espacial	6
1.4.2. Delimitación temporal	6
1.4.3. Delimitación académica.....	6
1.5. Definición del problema.....	7
1.6. Objetivos	7
1.6.1. Objetivo General	7
1.6.2. Objetivo Específicos.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	8
2.1. Calidad en fabricación.....	8
2.1.1. Beneficios de la calidad en fabricación.....	8
2.1.2. Facetas del proceso de gestión de calidad	10
2.2. Metodología Six Sigma	14
2.2.1. Herramientas y técnicas de Six Sigma	14
2.2.2. Six Sigma en empresas manufactureras	15
2.2.3. Modelo DMAIC.....	16
2.3. Sacos de Polipropileno	17
2.3.1. Procesos de fabricación de sacos de polipropileno tejidos.....	18
2.4. Scrap.....	19
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	20
3.1. Etapa de definición	20
3.1.1. Alcance	20
3.1.2. Definición del problema.....	20
3.1.3. Variable de interés	21
3.1.4. Selección de equipo de trabajo.....	21
3.1.5. Resumen de la etapa de definición.....	21

3.1.6.	Voz del cliente (VOC)	22
3.2.	Etapa de medición	23
3.2.1.	Diagrama de flujo general del proceso de producción de saco PP	24
3.2.2.	Periodo de toma de datos.....	25
3.2.3.	Selección de los procesos de mejora	25
3.2.4.	Descripción de procesos a mejorar	25
3.2.5.	Datos recolectados.....	27
3.2.6.	Matriz de selección para medición de indicadores.....	28
3.2.7.	Validación del sistema de medición de indicadores	29
3.2.8.	Desempeño del proceso.....	38
3.3.	Etapa de análisis.....	45
3.3.1.	Diagrama de flujo de los procesos a mejorar	45
3.3.2.	Diagrama de Ishikawa	45
3.3.3.	Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF).....	51
3.3.4.	Plan de verificación de causas.....	60
3.3.5.	Verificación de causas del incremento de porcentaje de scrap durante la producción de sacos PP.....	60
3.3.6.	Análisis de las causas verificadas.....	64
3.4.	Etapa de mejora	65
3.5.	Etapa de control	65
3.5.1.	Carta de control	66
CAPÍTULO IV RESULTADOS		67
4.1.	Propuesta de mejora	67
4.2.	Análisis e implementación de la propuesta de mejora.....	68
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES.....		78
BIBLIOGRAFÍA.....		79
ANEXOS.....		82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aspectos de la implementación de la gestión de la calidad	13
Tabla 2 Herramienta 5W + H.....	20
Tabla 3 Equipo de trabajo para el proyecto	21
Tabla 4 Project charter	22
Tabla 5 Planteamientos previos para la solución del problema	22
Tabla 6 VOC para aumento de scrap	23
Tabla 7 Plan de recolección de datos	28
Tabla 8 Medición del denier (g/9000 m) para la muestra de 24 bobinas por los analistas designados.....	29
Tabla 9 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de denier	30
Tabla 10 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de denier	30
Tabla 11 Componentes de la varianza	30
Tabla 12 Evaluación del sistema de medición en estudio de denier	30
Tabla 13 Criterios de aceptación para categoría distinguible	31
Tabla 14 Medición de porcentaje de elongación para la muestra de 24 bobinas por los analistas designados	32
Tabla 15 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de elongación.....	32
Tabla 16 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de elongación	32
Tabla 17 Componentes de la varianza	33
Tabla 18 Evaluación del sistema de medición en estudio de elongación.....	33
Tabla 19 Resultados obtenidos del análisis del sistema de medición durante proceso de extrusión.....	34
Tabla 20 Medición del ancho de manga (cm) para la muestra de 10 telares por los analistas designados.....	34
Tabla 21 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de ancho de manga ..	35
Tabla 22 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de ancho de manga.....	35
Tabla 23 Componentes de la varianza	35
Tabla 24 Evaluación del sistema de medición en estudio de ancho de manga	35
Tabla 25 Medición del gramaje (gr/m ²) para la muestra de 10 telares por los analistas designados.....	36
Tabla 26 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio del gramaje	37
Tabla 27 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio del gramaje	37
Tabla 28 Componentes de la varianza	37
Tabla 29 Evaluación del sistema de medición en estudio del gramaje	37
Tabla 30 Resultados obtenidos del análisis del sistema de medición en el proceso de telares	38
Tabla 31 Indicadores base de capacidad para proceso de extrusión	43
Tabla 32 Indicadores base de capacidad para proceso de telares.....	45
Tabla 33 Criterio de severidad.....	51
Tabla 34 Criterio de detectabilidad.....	51
Tabla 35 Criterio de ocurrencia	52
Tabla 36 Semaforización de acuerdo con el tipo de riesgo.....	52
Tabla 37 AMEF para el proceso de extrusión.....	53
Tabla 38 AMEF para el proceso de telares	57
Tabla 39 Verificación del aumento de scrap en producción de sacos PP	60

Tabla 40	Análisis de varianza para determinar temperatura de fundición óptima	62
Tabla 41	Análisis de varianza para determinar velocidad del tornillo óptima	64
Tabla 42	Herramienta 5 ¿Por qué? para análisis de causas verificadas en generación de scrap	64
Tabla 43	Plan de seguimiento	65
Tabla 44	Propuesta de mejora en los proceso de extrusión en producción de sacos PP	67
Tabla 45	Propuesta de mejora para el proceso de telares en producción de sacos PP	68
Tabla 46	Parámetros según el nivel de revisión.....	69
Tabla 47	Programa de capacitación propuesto.....	69
Tabla 48	Resultados obtenidos del porcentaje de scrap generado en la producción de sacos PP	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Scrap promedio en las diferentes familias de productos	4
Figura 2 Ubicación geográfica de la empresa objeto de estudio.....	6
Figura 3 Elementos de la gestión de la calidad.....	10
Figura 4 Modelo para la implementación de modelos de gestión en calidad	11
Figura 5 Acabado en los sacos de polipropileno.....	17
Figura 6 Scrap generado durante la producción de sacos de polipropileno	19
Figura 7 Diagrama de flujo general del proceso de producción de sacos de PP.....	24
Figura 8 Diagrama de Pareto sobre el porcentaje de scrap en la producción de sacos de PP	25
Figura 9 Proceso de extrusión.....	26
Figura 10 Proceso de telares	26
Figura 11 Serie de tiempo del porcentaje de scrap en periodo de toma de datos.....	27
Figura 12 Resumen de datos estadísticos.....	28
Figura 13 Informe sobre la capacidad de medición de denier en la máquina extrusora StarEX	39
Figura 14 Informe sobre la capacidad para la medición de elongación en la máquina extrusora StarEX.....	40
Figura 15 Informe sobre la capacidad para la medición de denier en la máquina extrusora SUKA.....	41
Figura 16 Informe sobre la capacidad para la medición de elongación en la máquina extrusora SUKA.....	42
Figura 17 Informe de capacidad para la medición de ancho de manga en los telares	43
Figura 18 Informe de capacidad para la medición de gramaje en los telares.....	44
Figura 19 Diagrama de flujo: proceso de extrusión	47
Figura 20 Diagrama de flujo: proceso de telares	48
Figura 21 Análisis Ishikawa para el porcentaje de scrap en el proceso de extrusión	49
Figura 22 Análisis Ishikawa para el porcentaje de scrap en el proceso de telares.....	50
Figura 23 Gráfico de cajas para las pruebas de temperatura de fundición.....	61
Figura 24 Gráfico de intervalos de confianza para las pruebas de temperatura de fundición	61
Figura 25 Gráfico de cajas para las pruebas de velocidad del tornillo del extrusor.....	63
Figura 26 Gráfico de intervalos de confianza para las pruebas de velocidad del tornillo del extrusor	63
Figura 27 Grafica de control I-MR para el porcentaje de scrap generado en producción de sacos PP	66
Figura 28 Cartilla para el pasado de tiras de rafia hasta los ojales.....	70
Figura 29 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 131 °C-140°C	71
Figura 30 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 141 °C-150°C	71
Figura 31 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 151 °C-160°C	72
Figura 32 Porcentaje de scrap generado durante la mezcla de material en el tornillo a 50-80 RPM.....	72
Figura 33 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de extrusión.....	74
Figura 34 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de telares	75
Figura 35 Porcentaje de scrap generado luego de las mejoras implementadas.....	76

INTRODUCCIÓN

Dentro de un mercado altamente competitivo respecto a los objetivos estratégicos de cada empresa se encuentra al tope de la lista generar la mayor cantidad de utilidades, para esto es necesario fabricar productos de alta calidad, que dentro de sus procesos se generen bajos índices de desperdicios sea por productos defectuosos, mala gestión de materia prima o mal procesado de parte de la mano de obra a disposición, factores que afectan la aceptación del cliente y por ende los ingresos de la empresa. Para lograr dicho objetivo es necesario ejecutar medidas de control durante los procesos efectuados, a fin de mitigar errores.

Dentro del sector industrial, la generación de scrap es considerado un problema común para cualquier tipo de empresa dedicada a las actividades manufactureras, ya que al existir scrap en porcentajes representativos se está comprometiendo el desempeño de las maquinarias, además, los procesos a seguir para la fabricación de un producto específico, e incluso el desempeño de los operadores dentro de la línea de producción

Las tareas de control frente a los problemas de generación de scrap deben enfocarse en realizar el respectivo análisis junto a la incidencia que este problema provoca, por ejemplo, los costos de producción, puesto que, se puede generar scrap desde la materia prima ocasionando un desperdicio que potencialmente representaría pérdidas considerables para una empresa.

Disminuir el porcentaje de scrap es una medida correctiva un tanto complicada a nivel industrial. Afortunadamente, existen métodos para mitigar el exceso en la generación de scrap, tal es el caso de la metodología Six Sigma, la cual permite incrementar el rendimiento de la empresa (Shields, 2019).

Para Oscanoa (2019), Six Sigma tiene como objetivo reducir las variaciones en los procesos, entre ellos el desperdicio de producción o scrap. Six Sigma es una herramienta exitosa utilizada por las empresas para reducir costos, aumentar la rentabilidad, reducir defectos y mejorar la satisfacción del cliente.

Existe un modelo aplicado por Six Sigma cuyo objetivo es combinar herramientas estadísticas y de calidad en una metodología estándar, la cual se conoce por el acrónimo DMAIC, que se describe cómo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Bedoya, 2018). El modelo DMAIC ayuda a toda empresa a identificar las causas principales de cualquier problema relacionado con la fabricación de productos.

Bajo esta premisa, el presente trabajo empleará el modelo DMAIC de Six Sigma a la empresa objeto de estudio que se dedica a la producción de sacos de polipropileno (PP). El problema se origina partiendo del año 2017, año en donde los niveles de scrap marcaban una tendencia de crecimiento respecto a este índice, siendo en el año 2019 donde dicho nivel de scrap superaba el límite permitido correspondiente al 18%. Por lo que es necesario identificar las causas raíz de dicho incremento, analizar cada

subproceso que requiere la producción de sacos PP y generar planes de mejora con el objetivo de reducir el índice de scrap a los límites permitidos.

El objetivo principal del trabajo es establecer los procedimientos de la estructura DMAIC para reducir la cantidad de scrap en un 5% anual en la producción de sacos PP en comparación a los registros correspondiente al año 2020. Mediante la aplicación del modelo DMAIC se establecerán los procedimientos correctivos y preventivos definidos en el plan de mejora para la producción de sacos PP, con la finalidad de reducir los índices de scrap.

Bajo este contexto el presente proyecto técnico se dividirá en 4 capítulos. El capítulo I consiste en explicar de manera detallada la problemática a tratar que para este caso consiste en el alto porcentaje de scrap o desperdicios generados durante la producción de sacos de polipropileno, al tener claro la problemática del trabajo se plantean los objetivos a cumplir.

El capítulo II abarca el marco teórico del trabajo, a lo largo de este capítulo se expondrán las principales teorías acerca del aseguramiento de la calidad en los procesos, la mejora de procesos, entre otras y como esto influye en los procesos de producción de cualquier objeto. El capítulo contendrá la descripción del modelo por aplicar en el presente trabajo, mientras que aquellos conceptos sobre el proceso de producción de saco de PP y términos relacionados con el scrap serán detallados al final de este capítulo.

La metodología que se siguió se presenta en el capítulo III, al seguirse el modelo DMAIC, la metodología empleada está conformada por cada una de las cinco fases. Iniciando con la fase de definir donde se establecerá cual es el problema por tratar, cual es el alcance que tendrá este tipo de proyecto para la empresa, se definirá la variable de interés la cual trata sobre el alto índice de merma de scrap o desperdicio que se genera durante la producción de sacos de PP. En la fase de medición se presentan los datos recopilados para iniciar el estudio a manera de un diagnóstico inicial, donde se medirá la capacidad de los procesos esenciales.

Para la fase de análisis se aplicarán herramientas como el análisis de Ishikawa o el análisis de efectos y modos de fallas, a fin de establecer los procesos críticos que se relacionan con la generación de scrap con el objetivo de plantear posibles soluciones. Estas posibles soluciones se expondrán en la fase de mejora. Por último, en la fase de control se detallar el plan de seguimiento a fin de garantizar que las mejoras propuestas cumplan con su objetivo.

El capítulo IV, consiste en la presentación de resultados luego de realizar cada una de las fases del modelo DMAIC, siendo este capítulo el que determinará si se cumplió con el objetivo general planteado para el presente trabajo.

Para finalizar la documentación del proyecto técnico, se presentarán las conclusiones generadas a partir del desarrollo del trabajo, dichas conclusiones deberán detallar los descubrimientos más relevantes con la finalidad de darle un cierre al trabajo. Seguido de las conclusiones se detallan las recomendaciones para futuros trabajos de

investigación relacionados con la temática en cuestión, además de sugerir mejoras para el método de estudio.

Por último, se concluye el proyecto técnico con la lista de los trabajos utilizados de manera académica para la realización del presente documento dándole un soporte científico al trabajo realizado.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La empresa objeto de estudio pertenece a un grupo agroexportador e industrial, dedicados a la producción de banano y palma africana, además de la distribución de insumos y suministros para todo tipo de actividad agrícola, siendo la producción de sacos de polipropileno (PP) la actividad a estudiar.

En cuanto a la producción de insumos y suministros agrícolas, la empresa cuenta con una amplia cartera de productos como, protectores rectangulares y circulares para la exportación de banano, fundas de racimos, corbatines, sacos PP entre otros. Los sacos PP durante el año 2020 generaron un 27% de scrap, convirtiéndose en un problema, ya que, según los responsables del área de producción, si se toman los reportes solo hasta el año 2017 el porcentaje de scrap se mantenía por debajo del 18%, siendo este valor el límite permitido. Entonces a partir del año 2020 los reportes indican un aumento respecto a la cantidad de scrap generado en la producción de sacos PP.

La figura 1 presenta la serie de tiempo de 3 familias de productos, se puede constatar que, para los protectores rectangulares y circulares en ningún momento sobrepasa el límite permitido, por otro lado, durante el periodo 2017-2020 se evidencia el aumento de scrap, lo cual generó que se supere el límite permitido de 18% en la producción de sacos PP.

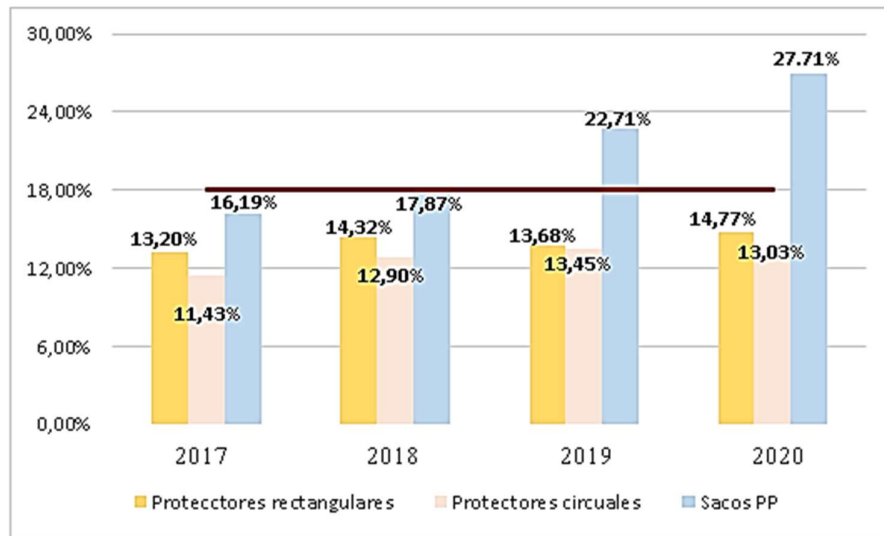


Figura 1 Scrap promedio en las diferentes familias de productos
Fuente: Departamento de producción de la empresa objeto de estudio

Durante el año 2020, mensualmente se generaba en promedio 11.3 toneladas de sacos PP defectuosos los cuales son considerados como scrap, esto equivale a una pérdida de \$17,289 considerando sólo el costo de materia prima, donde, según la Distribuidora Don Ramis (2020), una de las principales empresas productoras de materia prima en

la industria del plástico a nivel Latinoamericano, el costo es de aproximadamente 1,530 \$/Tonelada.

Bajo esta premisa, mediante la aplicación del modelo DMAIC de Six Sigma, será necesario definir, medir y analizar los principales factores que influyen en la generación de scrap durante la producción de sacos PP, sea por mala aplicación de materia prima, máquinas cuyo rendimiento no está siendo el más óptimo, falta de estandarización de procesos, entre otros, además, continuando con las fases del modelo en mención, se plantearán mejoras y posteriormente se establecerán controles para que el proceso se mantenga dentro de los límites establecidos y mitigar de esta manera la generación de scrap durante los próximos años.

1.2. Justificación del problema

Six Sigma se enfoca en las características críticas que son relevantes para la producción de sacos del PP y sus clientes. Con base en estas características, Six Sigma a partir del modelo DMAIC identifica y elimina defectos, errores o fallas que pueden afectar procesos o sistemas. De acuerdo con la investigación de Geldres y Vallejo (2019) consideran que, entre los enfoques de mejora más utilizados como Six Sigma, Gestión de la Calidad Total, Reingeniería de Procesos, entre otros, Six Sigma tiene el récord de eficacia más alto.

Por ende, para el presente trabajo se presenta una propuesta de mejora aplicada de Six Sigma y su modelo DMAIC en la producción de sacos PP. De esta manera, este trabajo se subdivide en función de las etapas secuenciales según el modelo DMAIC, para la mejora de procesos y resolución de problemas referente los altos índices de scrap generado. En términos de la metodología de investigación, puede considerarse un enfoque de investigación válido para demostrar la aplicación del modelo DMAIC y algunos de sus métodos, conceptos y herramientas para ser replicados o utilizados como guía por los encargados en la producción de sacos PP en la empresa objeto de estudio.

Al identificar los principales factores que inciden en la generación de scrap durante el la producción de sacos PP, la empresa podrá plantear y aplicar mejoras con efectos positivos tanto a corto como a largo plazo, se consideran a corto ya que, un vez aplicada las mejoras los resultados se reflejaran casi al instante, en cuanto a los efectos a largo plazo, se necesitan de tareas de control, mismas que impedirán que los niveles de scrap sobrepasen el 18% establecido como límite permitido referente al scrap que se vaya a generar durante el proceso en mención.

1.3. Grupo objetivo

Los principales beneficiarios acerca de la propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos PP bajo el modelo DMAIC serán los estudiantes, ya que, pondrán en práctica ante un problema real todo el conocimiento adquirido, permitiendo de esta manera autoevaluar su capacidad de respuesta frente a los eventos que se suscitan a diario dentro del área de producción de una empresa.

Además, la empresa interesada donde se realizará este proyecto contará con la identificación de aquellos factores que perjudican la producción de sacos PP y generan un porcentaje de scrap no deseado, garantizándoles las mejoras que deberán ser implementadas, logrando de esta manera mitigar la presencia de scrap durante este proceso.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial

La delimitación espacial hace referencia a determinar el lugar donde se desarrollará la investigación, por ende, la empresa objeto de estudio se encuentra ubicada en el Km. 1 vía a Valencia en la ciudad de Quevedo.

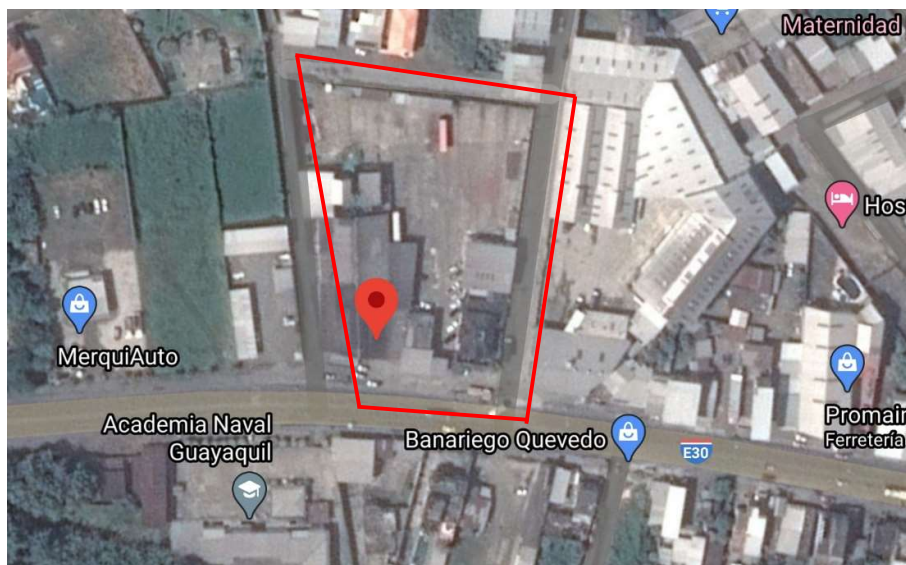


Figura 2 Ubicación geográfica de la empresa objeto de estudio
Fuente: Google Maps (2021)

1.4.2. Delimitación temporal

El desarrollo del estudio comprende un tiempo estimado de 4 meses desde la selección y aprobación del tema, hasta la presentación del documento final. El periodo mencionado estará conformado desde el mes de diciembre de 2020 hasta abril de 2021.

1.4.3. Delimitación académica

Para el desarrollo del presente proyecto técnico se requirió de los conocimientos adquiridos de parte de las materias esenciales para el tipo de trabajo a realizar, correspondientes a la malla de la carrera de ingeniería industrial, estas son:

- Técnicas de investigación
- Producción I
- Producción II
- Calidad
- Ingeniería métodos

- Procesos de manufactura
- Mantenimiento
- Gestión de proyectos

1.5. Definición del problema

El alto porcentaje de scrap generado durante la producción de sacos PP y la tendencia de crecimiento de este, es el principal problema de la empresa objeto de estudio, puesto que supera el límite permitido de scrap generado en ella, el cual sigue creciendo cada año. Además, se desconoce la causa raíz la cual está ligada a los principales elementos para la fabricación de productos, estos son la materia prima, mano de obra y maquinaria, elementos claves que deben entrar en una fase de análisis a fin de identificar los problemas internos y determinar planes de acción, permitiendo de esta manera mitigar los efectos adversos del scrap generando como las pérdidas económicas o la mala gestión de recursos entre otros.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Reducir al menos un 5% el scrap anual, mediante la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de sacos de polipropileno.

1.6.2. Objetivo Específicos

1. Definir la situación actual de la producción de sacos PP con relación al scrap generado mediante la recolección de datos y entrevistas a los actores del proceso.
2. Medir el desempeño de las principales áreas involucradas en la producción de sacos PP mediante la aplicación de herramientas de calidad.
3. Analizar los procesos de producción que forman parte de las principales causas de generación de scrap en la producción de sacos PP.
4. Establecer controles operacionales en el proceso de producción de sacos PP para la disminución a largo plazo de los niveles de scrap generado.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Calidad en fabricación

En su nivel más básico, la calidad de fabricación es la conformidad con las especificaciones. La calidad del diseño y la conformidad con las especificaciones proporcionan la base fundamental para administrar las operaciones para producir productos de calidad (Hualla & Cárdenas, 2017). Dado que las expectativas de los clientes han aumentado con el tiempo, la calidad de fabricación se ha convertido en un requisito absoluto, independientemente de dónde se fabriquen, distribuyan y vendan los productos. Asegurar la calidad de fabricación implica tres funciones principales: diseño e ingeniería de calidad, control de calidad y gestión de la calidad.

El objetivo de la ingeniería de calidad es incorporar la calidad en el diseño de productos y procesos, así como predecir posibles problemas de calidad antes de la fabricación y entrega del producto (Medina, Díaz, & Cardenas, 2017). La tarea principal del control de calidad implica hacer cumplir el uso de procesos y materiales especificados, asegurar la calificación de los operadores y equipos y realizar una serie de mediciones planificadas para determinar si se están cumpliendo los estándares de calidad. Si alguno de estos no se logra, entonces se deben tomar acciones correctivas y acciones preventivas futuras para lograr y mantener la conformidad. La gestión de la calidad implica la planificación, organización, dirección y control de todas las actividades de garantía de calidad. Si bien los departamentos de control de calidad históricamente han brindado soporte técnico para la calidad de fabricación, los fabricantes han llegado a comprender que la calidad debe integrarse en toda la empresa.

El costo de una mala calidad de fabricación es alto. Los reprocesos, el desecho, las fallas de productos y las retiradas del mercado pueden dañar gravemente a un fabricante debido a ineficiencias, demoras, costos directos, insatisfacción del cliente y baja confianza de los accionistas (Zambrano, Véliz, Armada, & López, 2018). Hoy en día, los fabricantes deben fabricar productos a tiempo, la primera vez y siempre para lograr y mantener una posición competitiva en los mercados globales.

2.1.1. Beneficios de la calidad en fabricación

2.1.1.1. Mejor gestión de la calidad de fabricación

Los flujos de trabajo y los procesos comerciales basados en las mejores prácticas de la industria deben proporcionar la base para la calidad de fabricación en cada paso del proceso (Ortiz, Troncoso, Acosta, & Begambre, 2019). Estas mejores prácticas de procesos de fabricación son a prueba de errores para garantizar que cada paso se ejecute correctamente, con datos completos y totalmente rastreables.

2.1.1.2. Asegurar la conformidad

El mejor camino hacia la calidad es evitar que ocurran problemas y errores. Para cumplir con los requisitos de conformidad, los sistemas de calidad de fabricación deben exigir automáticamente el uso de solo procesos, materiales, equipos, herramientas y operadores aprobados, antes de que se pueda realizar cualquier paso. Estos sistemas también garantizan que se ejecuten todas las pruebas de procesos y productos y que los resultados cumplan con las especificaciones (Suárez, 2019). Los sistemas de calidad de fabricación crean automáticamente los registros de fabricación que detallan los procesos, materiales, equipos, herramientas, operadores y resultados de pruebas con sellos de tiempo y firmas electrónicas.

En caso de alguna desviación en los resultados, el sistema de calidad de fabricación debe reaccionar a los eventos de calidad. Además, estos sistemas deben hacer cumplir el análisis estructurado de fallas, la identificación de la causa raíz, la cuarentena y la disposición final (liberación, reelaboración, desperdicio, etc.) para garantizar calidad de fabricación en toda la empresa. Desde el momento en que ocurre una desviación hasta la disposición, se deben generar informes de no conformidad de fabricación para proporcionar una trazabilidad electrónica completa y enlaces a las causas fundamentales de los problemas de calidad de fabricación (Bacoup, Michel, Habchi, & Pralus, 2018). Estos informes deben crearse de inmediato, cuando la información sobre la calidad del producto esté más disponible, proporcionando visibilidad y control del material afectado y evitando que los productos con problemas abiertos sean procesados más allá de un paso designado, emitidos o combinados con otros productos, o enviados a stock terminado o el cliente.

2.1.1.3. Acción correctiva / acción preventiva (ACAP)

La gestión de ACAP es fundamental para la calidad de fabricación. En consecuencia, los fabricantes se están moviendo para incorporar sistemas de seguimiento de acciones preventivas y correctivas de circuito cerrado que permitan la identificación, el direccionamiento y la resolución rápida de problemas de calidad de fabricación mediante la integración con los datos invaluable en los sistemas de calidad de fabricación (Palma, Parejo, & Sierra, 2018). Los sistemas juntos facilitan la investigación de problemas de calidad de fabricación, como no conformidades, quejas de clientes, incidentes o discrepancias. Los flujos de trabajo de notificación en tiempo real y acciones preventivas y correctivas permiten a los fabricantes comunicarse de manera eficiente con todas las partes afectadas para agilizar las actividades de colaboración y resolver problemas de manera rápida y efectiva. Las capacidades de generación de informes brindan visibilidad en tiempo real de las tendencias de fabricación y los problemas de gestión de calidad, lo que permite a los fabricantes tomar medidas rápidas para resolver problemas y garantizar un control de calidad total en todos los procesos de fabricación (Mera, 2020).

Cada vez más, la calidad de fabricación se considera un imperativo estratégico para la empresa de fabricación. El cliente, cuyas expectativas de calidad han alcanzado niveles sin precedentes, es el árbitro supremo de la calidad. El valor, la satisfacción y

la preferencia están influenciados por muchos factores a lo largo de las experiencias de compra, propiedad y servicio de un cliente con un producto. Como tal, la calidad de fabricación debe ser sensible a los requisitos del mercado y del cliente existentes y en evolución, y debe tener en cuenta los factores que impulsan la satisfacción del cliente. También debe tener en cuenta el desarrollo tecnológico y cómo puede impactar y servir a los usuarios finales de los productos manufacturados, así como al propio fabricante.

2.1.2. Facetas del proceso de gestión de calidad

La mayoría de los expertos en calidad dividen la gestión de calidad en varios elementos. Según Bouranta (2017) identifica en la gestión de calidad los siguientes elementos: mejora de proveedores, control y mejora de procesos, enfoque al cliente interno, medición e informes, liderazgo, sistema de calidad, participación, reconocimiento, educación, capacitación y enfoque al cliente externo.

Siguiendo con la misma línea de estudio Nasim (2018) propone factores de gestión de la calidad, que abarcan desde el papel del liderazgo de gestión y la política de calidad, el papel del departamento de calidad, la formación, el diseño de productos / servicios, la gestión de la calidad del proveedor, la gestión de procesos, los datos e informes de calidad, las relaciones con los empleados.

Luego de una revisión exhaustiva de las investigaciones en torno al tema en cuestión, los modelos reconocidos de calidad y demás literatura existente se identifican como los elementos de la gestión de calidad más primarios, estos elementos se pueden distinguir en la Figura 3.

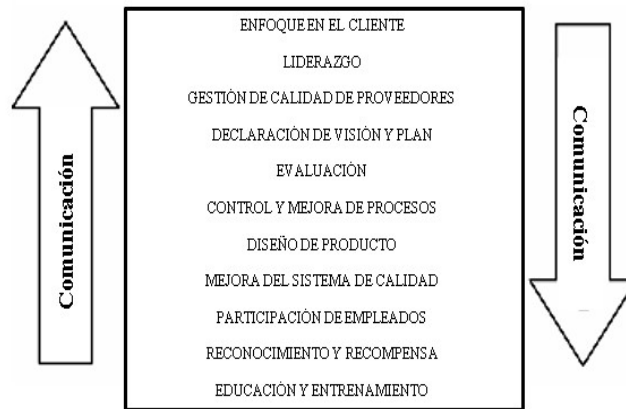


Figura 3 Elementos de la gestión de la calidad
Fuente: Romero y otros (2019)

Cabe mencionar que, aunque el número de elementos a menudo varía, al igual que los términos utilizados para describirlos, los constituyentes reales de estos elementos siguen siendo más o menos similares.

2.1.2.1. Aspectos de la implementación de la gestión de calidad

Se han identificado aspectos en la gestión de calidad, estos elementos pueden usarse de manera practica en cualquier organización para una correcta implementación. La Figura 4 muestra un modelo simple para la implementación de estos modelos implementación.

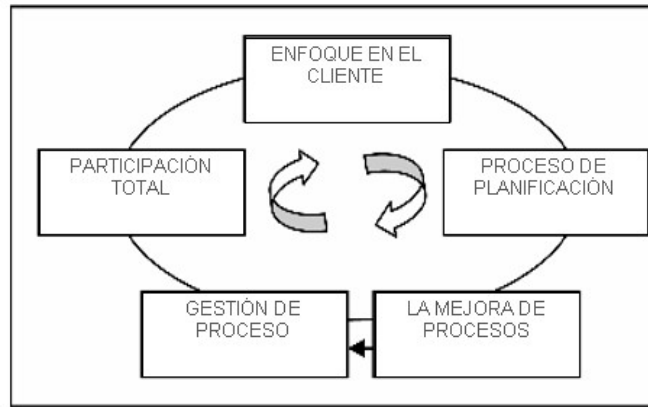


Figura 4 Modelo para la implementación de modelos de gestión en calidad
Fuente: Medina, Díaz & Cárdenas (2017)

La autoevaluación sirve de base para la discusión estratégica para el avance. Por lo general, el personal directivo y de alto nivel participa en la autoevaluación y evalúa los logros de la propia empresa sobre la base de los criterios de desempeño (Talapatra, 2018). Todos los elementos del modelo de gestión en calidad trabajan juntos para lograr resultados. El modelo comienza con la comprensión de las necesidades del cliente, los procesos que recopilan analizan y actúan continuamente sobre la información del cliente. Las actividades a menudo se amplían para comprender a los clientes de la competencia, a fin de desarrollar una comprensión íntima de las necesidades del cliente permite a las organizaciones de la gestión de calidad predecir el comportamiento futuro del cliente.

Las organizaciones de estos modelos integran el conocimiento del cliente con otra información y utilizan el proceso de planificación para orquestar la acción en toda la organización para administrar las actividades diarias y lograr metas futuras. Las organizaciones entienden que todo el trabajo se realiza a través de personas. Esto tiene que ver con el liderazgo (Intriago, 2019). La alta dirección asume la responsabilidad personal de implementar, nutrir y perfeccionar todas las actividades en la gestión de calidad. El proceso de planificación es el factor que mantiene unida toda la actividad de en esta gestión. Los siguientes elementos de la implementación en la gestión de calidad son, la gestión y mejora de procesos, la participación total de los empleados y la comunicación. Una organización es un sistema dinámico que consta de muchas actividades. Algunos métodos y herramientas de gestión de la calidad pueden utilizarse en diferentes áreas de una organización, que se refieren a aspectos prácticos en la gestión de calidad (Benzaquen-De las Casas, 2016) .

Estos métodos y herramientas de gestión de la calidad van desde una herramienta básica, como gráficos de control, control de calidad estadístico, hasta ISO 9000 y la gestión de la calidad total. La Tabla 1 muestra la sistematización de los métodos de calidad basados en elementos de la gestión de calidad. Esto se puede utilizar para evaluar las fortalezas y debilidades actuales de una organización con respecto al uso de métodos de gestión de la calidad. Este modelo también se puede utilizar como herramienta para evaluar la madurez de la gestión de la calidad en una organización.

Tabla 1
Aspectos de la implementación de la gestión de la calidad

Fases de la gestión de calidad	Elementos de la gestión de calidad	Métodos y herramientas de gestión
Enfoque en el cliente	Enfoque en el cliente	Reclamación del cliente, investigación de mercado, encuesta de satisfacción del cliente, servicio posventa, sistema de retroalimentación formal, día del cliente
Proceso de planificación	Liderazgo	Compromiso de la alta dirección, política, consejo de calidad corporativo, consejo de calidad de la división y del sitio, consejo de calidad interfuncional
	Declaración de visión y plan	Declaración de visión / misión, Política de calidad, Objetivos de calidad, Planificación de la calidad
Gestión de proceso	Gestión de calidad de proveedores	Auditoría de proveedores, capacitación, evaluación de proveedores potenciales, certificación de proveedores
	Diseño del producto	Ingeniería concurrente, ingeniería de confiabilidad, diseño para la fabricación, diseño de experimentos, implementación de funciones de calidad, ingeniería de valor, diseño asistido por computadora.
La mejora de procesos	Evaluación	Evaluación estratégica, Evaluación comercial, Costos de calidad, Evaluación del departamento Benchmarking, Evaluación del desempeño de los empleados, Auditoría de calidad.
	Proceso de control y mejora	Ciclo PDCA, 7 herramientas de control de calidad, SPC, FTA, FMEA, capacidad de proceso, mantenimiento / mejora de equipos, inspección de muestreo, auto inspección
Participación de empleados	Reconocimiento y premiación	Mejora de la condición, Promoción salarial, Sistema de bonificación, Premio moral.
	Educación y entrenamiento	Programa de educación para la conciencia de la calidad, educación sobre el método de gestión de la calidad, capacitación para los requisitos laborales, plan de capacitación individual, promoción de la educación
	Participación	Dentro del equipo delegado funcional, Equipo delegado interfuncional, Comunicación de información, Círculo de control de calidad, Equipo voluntario, Rotación de puestos, Mejora Empleado, Establecimiento, Cultura de calidad, Actividades de sugerencia
	Comunicación	Comunicación informativa, Boletín informativo, Póster, Eslogan, Día de la calidad

Fuente: Palma, Parejo, & Sierra (2018)

2.2. Metodología Six Sigma

Six Sigma es un método de mejora de procesos que tiene como objetivo reducir su variabilidad o eliminar errores o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. El objetivo de Six Sigma es lograr un máximo de 3.4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO). Cada evento se considera un error en el que un producto o servicio no cumple con los requisitos del cliente. Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para caracterizar y estudiar procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que Sigma es la desviación estándar que da una idea de la variabilidad en un proceso y el propósito de la metodología Six Sigma es reducirla, por lo que el proceso esté siempre dentro de los límites impuestos por las necesidades del cliente (Albert, 2017).

Los proyectos de tipo Six Sigma siguen dos metodologías de proyecto inspiradas en el ciclo Planificar-Hacer-Estudiar-Actuar. Estas metodologías, compuestas de cinco fases cada una, llevan las siglas DMAIC se utiliza para proyectos destinados a mejorar un proceso empresarial existente. Por otro lado, DMADV se utiliza para proyectos destinados a crear nuevos diseños de productos o procesos.

2.2.1. Herramientas y técnicas de Six Sigma

Las herramientas Six Sigma se definen como los medios de resolución de problemas que se utilizan para respaldar Six Sigma y otros esfuerzos de mejora de procesos. Los expertos en Six Sigma utilizan técnicas cualitativas y cuantitativas para impulsar la mejora del proceso. Aunque las herramientas en sí mismas no son únicas, la forma en que se aplican e integran como parte de un sistema sí lo es (Koripadu, 2015). Algunas de las herramientas estadísticas y gráficas comúnmente utilizadas en proyectos de mejora son:

2.2.1.1. 5S

Las 5S de lean es una metodología que da como resultado un lugar de trabajo limpio, ordenado, seguro y bien organizado para ayudar a reducir el desperdicio y optimizar la productividad. Está diseñado para ayudar a construir un ambiente de trabajo de calidad, tanto física como mentalmente. La filosofía 5S se aplica en cualquier área de trabajo adecuada para el control visual y la producción ajustada.

2.2.1.2. Siete desperdicios de Lean

Uno de los principios básicos de Lean consiste en reducir y eliminar desperdicios, los siete desperdicios son: sobreproducción antes que la demanda; esperas para el siguiente proceso, trabajador, material o equipo; transporte innecesario de materiales; sobre procesamiento de piezas debido a un diseño deficiente de herramientas y productos; inventarios superiores al mínimo absoluto; movimiento innecesario de los empleados durante el curso de su trabajo; y producción de piezas defectuosas (Chugani, 2017).

2.2.1.3. Mapeo de flujo de valor

El mapeo de flujo de valor (VSM) es una herramienta de lápiz y papel que se utiliza en dos etapas. Primero, siga la ruta de producción de un producto de principio a fin y dibuje una representación visual de cada proceso en los flujos de material e información. En segundo lugar, dibuje un mapa de estado futuro de cómo debería fluir el valor. El mapa más importante es el mapa del estado futuro.

2.2.1.4. Flujo

El flujo es el logro progresivo de tareas a lo largo de la cadena de valor, por lo que un producto avanza desde el diseño hasta el lanzamiento, desde el pedido hasta la entrega, y desde la materia prima hasta la terminación en manos del cliente sin interrupciones, desperdicios ni retrocesos (Barrios, 2016).

2.2.1.5. Lugar de trabajo visual

Un lugar de trabajo visual se define por dispositivos diseñados para compartir visualmente información sobre las operaciones de la organización con el fin de hacer que el desempeño humano y de la máquina sea más seguro, más exacto, más repetible y confiable.

2.2.1.6. La voz del cliente

La implementación de la función de calidad comienza con una exploración y descubrimiento de las necesidades del cliente. El primer paso es capturar la voz del cliente (VOC) y luego crear una voz de la mesa del cliente (VOCT). Las fuentes comunes pueden incluir informes de viajes técnicos y de ventas, reclamos de garantía, foros de soporte al usuario o líneas de ayuda y redes sociales.

2.2.2. Six Sigma en empresas manufactureras

Los conceptos básicos de Six Sigma se diseñaron en realidad para mejorar el rendimiento en la industria de fabricación, originalmente desarrollado como una especie de control de calidad, especialmente para empresas de fabricación a gran escala. El objetivo principal de este sistema de control de calidad era mejorar los procesos de fabricación además de eliminar la cantidad de defectos encontrados en ellos. Posteriormente, la metodología Six Sigma se extendió a otros tipos de industrias en todo el mundo (Solís-Granda, 2019).

Las principales características de Six Sigma para la mejora en la industria manufacturera incluyen un enfoque claro en cuantificar y medir los retornos financieros de cualquier proyecto. Todas estas características permiten que una organización defina claramente las responsabilidades y el papel de cada individuo dentro del equipo para mejorar el proceso de fabricación de la organización.

El objetivo principal de la producción Six Sigma es garantizar que el proceso de fabricación tenga defectos mínimos. La ocurrencia de defectos por millón de posibilidades es el objetivo final de este sistema. Esto puede parecer una tarea inalcanzable, pero la mayoría de las empresas de fabricación logran este objetivo final al adoptar esta técnica para producir productos de calidad.

2.2.3. Modelo DMAIC

El proceso de definir, medir, analizar, mejorar y controlar es una estrategia de calidad basada en datos que se utiliza para mejorar los procesos. Es una parte integral de una iniciativa Six Sigma, pero también se puede implementar como un procedimiento de mejora de la calidad independiente o como parte de otras iniciativas de mejora de procesos como lean (Srinivasan, 2016).

2.2.3.1. Definir

Es la primera fase del proceso de mejora de Six Sigma. Durante esta fase, el equipo del proyecto redacta una Carta del Proyecto, traza un mapa de alto nivel del proceso y aclara las necesidades de los clientes del proceso. Al realizar la definición de proceso y hablar con los participantes de este, ellos comienzan su inspección para construir su conocimiento del proceso. Antes de pasar a la fase de medición, el equipo refina el enfoque de su proyecto y se asegura de que esté alineado con los objetivos del liderazgo organizacional.

2.2.3.2. Medir

¿Cómo funciona este proceso actualmente? ¿Cuál es la magnitud del problema? La medición es fundamental a lo largo de la vida del proyecto, ya que proporciona indicadores clave de bienestar del proceso y pistas sobre dónde están ocurriendo los problemas del proceso. A medida que el equipo recopila datos, se concentra en el tiempo de espera del proceso o en la calidad de lo que los clientes reciben del proceso. Antes de pasar a la fase de análisis, el equipo define sus medidas y determina el desempeño actual o la línea de base del proceso.

2.2.3.3. Analizar

Uno de los mayores desafíos para los equipos es resistir la tentación de saltar a una solución antes de comprender las verdaderas causas fundamentales de los problemas del proceso. Sin un análisis adecuado, los equipos pueden implementar soluciones que no resuelven el problema; esto es una pérdida de tiempo, consume recursos, aumenta la variación y corre el riesgo de causar nuevos problemas.

2.2.3.4. Mejorar

Una vez que los equipos del proyecto estén satisfechos con sus datos y hayan determinado que un análisis adicional no contribuirá a su comprensión del problema, es hora de pasar al desarrollo de la solución. Lo más probable es que el equipo recopile ideas de mejora a lo largo del proyecto, pero un esfuerzo de mejora estructurado puede conducir a soluciones innovadoras y elegantes.

2.2.3.5. Control

Con las mejoras implementadas y el problema del proceso resuelto, el equipo debe trabajar para mantener las ganancias y facilitar la actualización de las mejores prácticas. En la Fase de Control, el equipo desarrolla un Plan de Monitoreo para rastrear el éxito del proceso actualizado y elabora un Plan de Respuesta en caso de que haya una caída en el desempeño. Una vez en su lugar, el propietario del proceso

supervisa y actualiza continuamente el mejor método actual (Garza, González, & Rodríguez, 2016).

2.3. Sacos de Polipropileno

Iniciando con el material el cual están fabricados, el polipropileno (PP) es un termoplástico creado en 1954. Desde bienes de consumo, hasta automóviles e incluso muebles, el polipropileno es uno de los 3 principales polímeros que se utilizan en la actualidad (De la Hoz, Vélez, & López, 2017). Esto se debe a que se trata de uno de los plásticos más baratos, motivo por el cual se fabrica tanto con él, y es en este ámbito donde se incluye a los sacos de polipropileno

Un saco de polipropileno es una bolsa cristalina de alta claridad que realza la imagen del producto. Proporciona una barrera altamente protectora contra la humedad y los vapores. Estas bolsas retrasan la evaporación y la deshidratación para preservar la frescura y el sabor de los alimentos envasados. Las bolsas de polipropileno son ideales para las siguientes industrias; alimentos, fabricación de productos electrónicos, hospitales y agricultura (Rueda, 2020). Entre sus principales características se detalla lo siguiente:

- Transparente para una excelente presentación del producto
- Plástico rígido y duro
- La superficie rugosa tiene el potencial de producir rayones
- Excelente barrera contra el vapor y la humedad.

Es importante destacar los tipos de material o acabado en los sacos del PP: tejido y no tejido (o laminado). El polipropileno tejido está compuesto por fibras de polímero tejidas juntas perpendicularmente para formar láminas. Por otro lado, el polipropileno no tejido toma esas fibras y las presiona con calor para crear una hoja sellada. Ambos materiales son fuertes, pero el polipropileno tejido tiene un borde, por eso lo verás usado para hacer empaques que encierran artículos muy pesados a bajo costo.



Figura 5 Acabado en los sacos de polipropileno
Fuente: Ibero Plast (2021)

2.3.1. Procesos de fabricación de sacos de polipropileno tejidos

Se debe aclarar que, solo se abordará estos tipos de sacos puesto que, es el producto por estudiar a lo largo del presente trabajo. Para fabricar estas bolsas son necesarios varios pasos y máquinas. El proceso es tan simple como riguroso que requieren de controles de calidad frecuentes.

2.3.1.1. Extrusión

Aquí, la mezcla de gránulos de polipropileno virgen, inhibidor de ultravioleta, carbonato de calcio y, a veces, pigmento de color se funde y se convierte en cintas en una planta de extrusión. Al final de la línea de extrusión, estas cintas se enrollan en bobinas del tamaño requerido. Esta es la primera etapa del proceso que determina la resistencia a la tracción de la cinta.

2.3.1.2. Costura

Las bobinas de cinta extruida se cargan en el telar circular / tubular o en la configuración del telar plano. Aquí, las cintas se tejerán en tela de una especificación y tamaño requeridos y se enrollarán en forma de rollo. Estos tejidos se utilizan no solo para el cuerpo del saco, sino también para el componente de llenado y descarga.

2.3.1.3. Laminación / Recubrimiento

La tela de polipropileno está laminada con una película del PP semitransparente que se adhiere al material tejido para crear una barrera contra la humedad. Este es un proceso opcional según el requisito del cliente.

2.3.1.4. Corte

La tela en rollos se pasa por una cortadora automática y se corta a un tamaño específico. Este proceso automático se adopta para obtener una mayor precisión en el tamaño de corte. A continuación, los paneles de tejido del cuerpo se introducen en una máquina de impresión para realizar una impresión en el tejido.

2.3.1.5. Fusión

Las cintas de polipropileno más pesadas junto con el hilo multifilamento se tejen en las correas que forman los bucles de elevación del saco. Se juntan todos los componentes utilizados para fabricar el saco por trabajadores altamente calificados y capacitados bajo la supervisión de supervisores técnicamente calificados.

2.3.1.6. Inspección y prueba

Todas y cada una de las bolsas serán inspeccionadas por una persona técnicamente calificada del departamento de control de calidad para garantizar que todas y cada una de las bolsas producidas sean seguras de usar. Se seleccionarán bolsas al azar de un lote en particular y se probarán para garantizar que se logre la carga de trabajo segura. Generalmente, estas pruebas se realizan con las bolsas de muestra antes de comenzar la producción, pero también después de completar la producción se toman muestras

aleatorias para la prueba de elevación superior para garantizar que se cumpla o exceda la clasificación de peso.

2.4. Scrap

En su traducción conocido como chatarra, consiste en materiales reciclables que quedan de la fabricación y el consumo de productos, como partes de vehículos, suministros de construcción y materiales excedentes. A diferencia de los desechos, el scrap tiene valor monetario, especialmente los metales recuperados, y los materiales no metálicos también se recuperan para su reciclaje.

El scrap a menudo se lleva a un depósito de demolición (también conocido como depósito de chatarra), donde se procesa para su posterior fusión en nuevos productos. Un depósito de demolición, dependiendo de su ubicación, puede permitir que los clientes naveguen por su lote y compren artículos antes de enviarlos a las fundiciones, aunque muchos depósitos de chatarra que comercian con grandes cantidades de chatarra generalmente no lo hacen, a menudo venden unidades enteras como motores maquinaria por peso sin tener en cuenta su estado funcional (Carmignani, 2017).

Por lo general, los clientes deben proporcionar todas sus propias herramientas y mano de obra para extraer las piezas, y algunos depósitos de chatarra pueden requerir primero la exención de responsabilidad por lesiones personales antes de ingresar. Muchos depósitos de chatarra también venden metales a granel (acero inoxidable, etc.) por peso, a menudo a precios sustancialmente inferiores a los costos de compra al por menor de piezas similares. La Figura 6 presenta ejemplos de scrap obtenido durante la producción de sacos de polipropileno en diferentes empresas.



Figura 6 Scrap generado durante la producción de sacos de polipropileno
Fuente: Vidal Plastic (2021)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

El presente trabajo seleccionó como herramienta para la propuesta de mejora a la metodología Six Sigma aplicando el modelo DMAIC para la solución del problema, durante el desarrollo de este capítulo se presentó la ejecución de cada fase que detalla el modelo en mención.

3.1. Etapa de definición

Tal como lo indica su nombre en esta etapa se define el problema, se considera la fase más importante del presente trabajo, puesto que se dio el enfoque que tuvo la propuesta de mejora para el desarrollo de todo el trabajo, además, fueron detallados los principales objetivos a lograr en conjunto con los beneficios que este proyecto puede generar; en este contexto se exponen los clientes, los principales productos que se generan, el mapa de flujo de procesos, los indicadores de calidad del proceso, la carta del proyecto, el alcance y la definición del problema.

3.1.1. Alcance

Para el presente trabajo la empresa objeto de estudio se encuentra en la industria manufacturera, misma que se encarga de la fabricación de productos de plástico para actividades agrícolas. El trabajo está enfocado en disminuir el porcentaje de desperdicio o scrap que se genera durante la producción de sacos de polipropileno (PP), puesto que, durante los últimos años ha sobre pasado los límites permitidos de scrap la cual es del 18%, para el año 2020 el registro de scrap alcanzó su punto más alto siendo este del 28%.

3.1.2. Definición del problema

La herramienta para la mejora de proceso como las 5W+H fue aplicada por el autor del presente proyecto técnico bajo la asesoría del equipo de trabajo formado para la identificación del problema, misma que se detalla en la tabla 2.

Tabla 2
Herramienta 5W + H

Método 5W + H	
¿Qué se quiere mejorar?	Niveles de scrap generado en la línea de sacos PP sobrepasan el 18% permitido de scrap.
¿Por qué se quiere mejorar?	Disminuir las pérdidas económicas que representa el scrap durante la producción de sacos PP
¿Cuándo?	Desde el 2021
¿Dónde?	Línea de sacos de polipropileno
¿Quiénes están a cargo?	Personal de producción, calidad y mantenimiento
¿Qué tanto?	Sobrepasando en un 10% el máximo permitido correspondiente al 18%

Elaboración propia

Como resultado de la aplicación de esta herramienta se obtuvo que el problema recae sobre el porcentaje de scrap que se genera en el producto terminado que, para este caso son los sacos de PP. El promedio actual del porcentaje en mención alcanzó aproximadamente el 28%, cuando su límite permitido es de apenas el 18%.

3.1.3. Variable de interés

Para el trabajo desarrollado se estableció como variable de interés el alto índice de merma de scrap o desperdicio que se genera durante la producción de sacos de PP.

3.1.4. Selección de equipo de trabajo

Es necesario conocer tanto el proceso de producción de sacos de PP como su personal encargado, la tabla 3 detalla los miembros del equipo con sus respectivas funciones.

Tabla 3
Equipo de trabajo para el proyecto

Cargo	Rol	Función
Gerente de Producción	Patrocinador	<ul style="list-style-type: none">• Garantizar apoyo durante la ejecución del proyecto• Clave para la toma de decisiones• Encargado de presentar los avances a la directiva• Validar los resultados obtenidos
Jefe de Planta	Encargado de proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Delegar las responsabilidades y competencias• Cumplir los objetivos para alcanzar resultados• Capacitar al personal bajo su responsabilidad• Informar al gerente de producción
Operadores	Miembro de equipo	<ul style="list-style-type: none">• Brindar soporte en cada actividad asignada de manera responsable• Reportar cada imprevisto que ocurra durante todo el proyecto

Elaboración propia

3.1.5. Resumen de la etapa de definición

Se genera un Project Charter el cual tiene una doble función, la primera consta en resumir de manera breve y sencilla todo el trabajo a realizarse, mientras que su otra función, consiste en servir como documentación formal de todos los requerimientos necesarios para cumplir las expectativas de las partes interesadas.

La tabla 4 presenta el documento en mención.

Tabla 4
Project charter

Project Charter		
Título del proyecto: Reducción de scrap en la producción de sacos PP		
Miembros del equipo:		
Departamento de calidad, producción, mantenimiento y el personal operador		
Agentes implicados:		
Calidad, Producción y Mantenimiento		
Descripción del problema		
Los altos niveles de scrap generados en la producción de sacos de PP durante los últimos 3 años han sobrepasado el 18% permitido por la empresa, marcando una tendencia creciente misma que debe ser resuelta de manera inmediata o progresiva.		
Objetivo	Valor de partida	Valor objetivo
Disminuir la cantidad de scrap generado en la producción de sacos PP	28%	Reducir como máximo un 5% anual
Beneficios esperados para los principales clientes		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos terminados de mayor calidad 2. Reducir reprocesos y mejorar tiempo de producción 3. Mejora la eficiencia en la producción sacos PP 		

Elaboración propia

3.1.6. Voz del cliente (VOC)

Como investigación primaria se estableció al personal capacitado para la solución del problema que se tiene con el alto porcentaje de scrap generado durante la producción de sacos PP. Para aquello la tabla 5 define si existen expertos y lugares específicos para dicho problema.

Tabla 5
Planteamientos previos para la solución del problema

Planteamientos Previos	Disminución de la cantidad de scrap generado en la producción de sacos PP.
¿Existe personal especializado en el tema?	Jefe de máquina, supervisor de calidad
¿Quiénes son los principales involucrados?	Jefe de Planta, supervisor de calidad personal operativo
¿Cuáles son los lugares implicados?	Línea de sacos de polipropileno

Elaboración propia

El método VOC aplicado a los expertos en la producción de sacos de PP, tiene como finalidad identificar aquellos posibles factores que se relacionan directamente con el incremento de scrap durante todo el proceso de producción, ante esto la tabla 6 detalla los resultados obtenidos del VOC.

Tabla 6
VOC para aumento de scrap

Porcentaje de scrap alto	
Segmento	Hallazgos
Estandarización de Procesos	Falta de estandarización de proceso en la extrusora puede ocasionar un indebido manejo de materiales y producto en proceso.
Falta de control en indicadores de calidad en sacos de PP	No existen tareas de control en los indicadores de denier, elongación, ancho y gramaje.
Parámetros fuera de especificaciones	La velocidad de mezcla y la temperatura de fundición es variado no existe un parámetro fijo para la producción.
Calibración de Equipos	Cantidades equivocadas en la dosificación puede generar una mezcla poco uniforme.

Elaboración propia

3.2. Etapa de medición

Durante esta etapa se determinaron los indicadores de medición necesarios para los posibles causantes de scrap definidos en el VOC. Posteriormente se desarrolló un plan de recolección de datos para la obtención de datos necesarios para determinar principales causas. La finalidad de esta fase fue plantearse la línea base, donde se identificaron aquellas variables de entrada críticas, se validó el sistema de medición de los indicadores de calidad del proceso, y capacidad de este.

3.2.1. Diagrama de flujo general del proceso de producción de saco PP

La figura 7 presenta el diagrama general del proceso de producción de sacos de PP, donde se detalla además los subprocesos necesarios para obtener el producto final

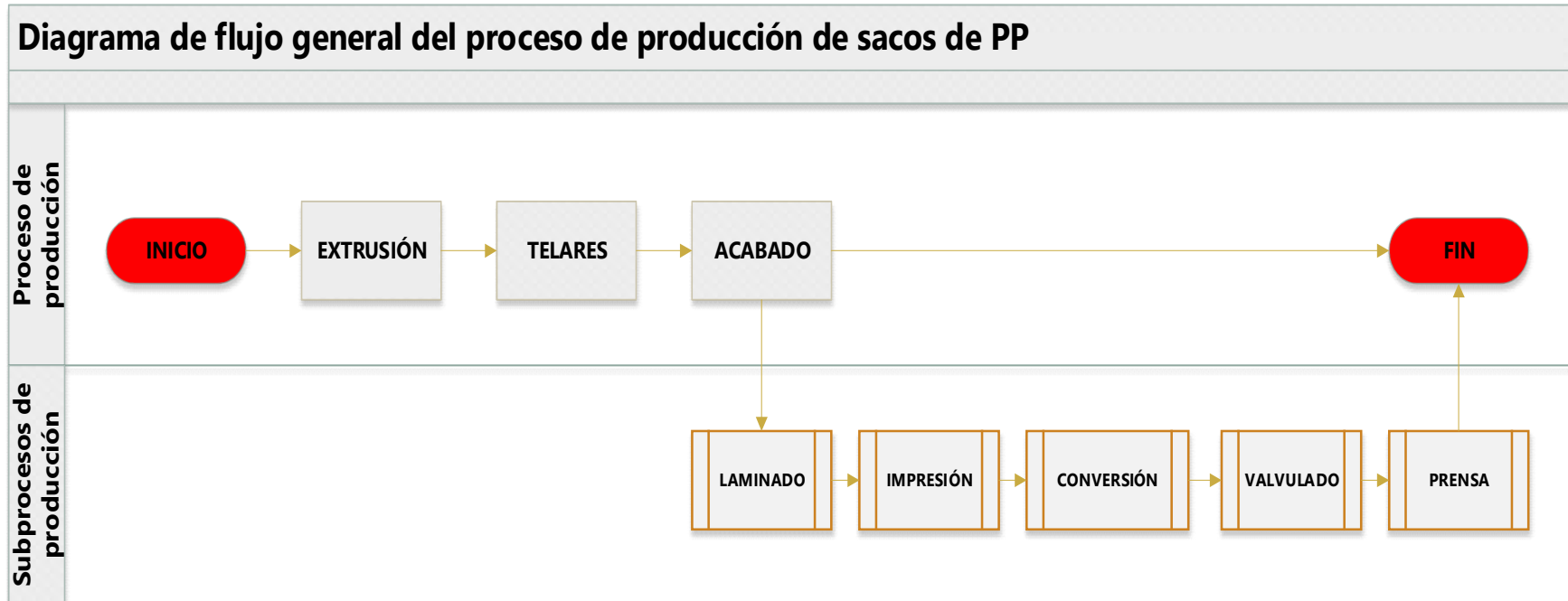


Figura 7 Diagrama de flujo general del proceso de producción de sacos de PP
Elaboración propia

3.2.2. Periodo de toma de datos

El periodo de toma de datos establecido comienza desde el 4 de enero hasta el 5 de febrero, siendo este periodo para la medición de datos, mientras que para la evaluación de las mejoras propuesta comprende desde el 13 febrero al 15 de marzo del 2021.

3.2.3. Selección de los procesos de mejora

Para la identificación de procesos a mejorar se recopiló los datos de scrap generado de todos los procesos que implica la producción de sacos de PP en toneladas, los cuales se generaron durante el mes de enero a febrero.

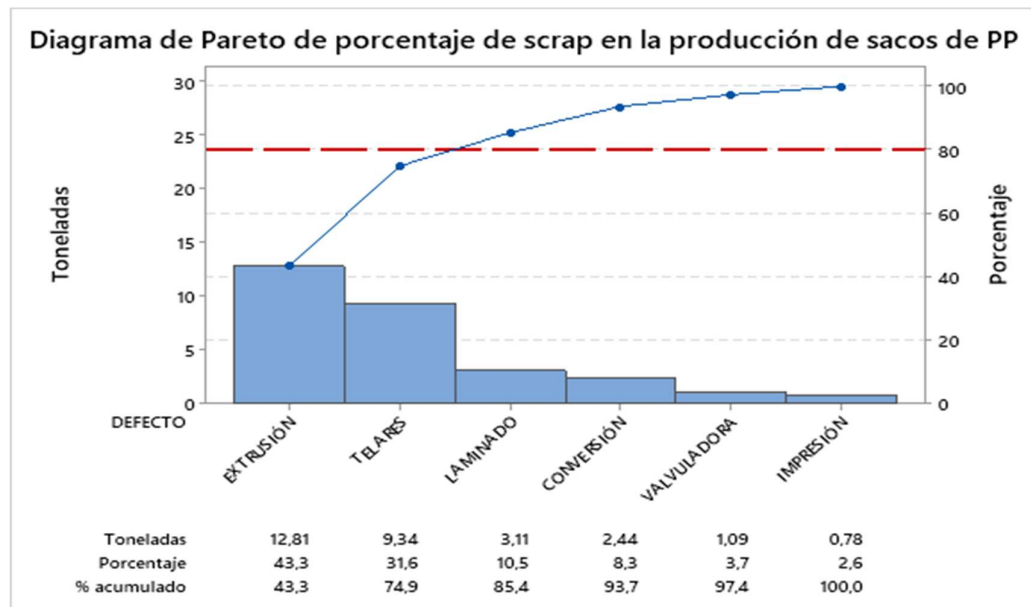


Figura 8 Diagrama de Pareto sobre el porcentaje de scrap en la producción de sacos de PP
Elaboración propia

La figura 8 indica que el 78% de scrap se originó en el proceso de extrusión seguido del proceso de telares, siendo estos los que se deben analizar para su posterior mejora a fin de disminuir el índice de scrap.

3.2.4. Descripción de procesos a mejorar

3.2.4.1. Proceso de extrusión

Este es el proceso de fundir materias primas y materiales en un punto de fusión específico para formar una masa de plástico en forma de película cuyo espesor es uniforme. Esto se hace en un cilindro equipado con una resistencia eléctrica, y el tornillo hace que el compuesto plástico finalmente salga por el cabezal como lamina uniforme. Esta lámina fundida se solidifica en un tanque de agua de enfriamiento y es impulsada por un rodillo calandrado que intenta eliminar el agua restante. Luego, la hoja pasa a través del dispositivo de corte. Las propiedades del dispositivo de corte

dependen del ancho final de la banda y de la velocidad constante de estiramiento. El grado de alargamiento se determina según las propiedades mecánicas de la tenacidad deseada (elongación). Para mejorar la composición mecánica de la rafia, las tiras de esta se calientan (en el horno para evitar que se rompa la cinta) y se estiran con rodillos. La velocidad del rodillo está determinada por el factor de estiramiento. Las tiras de rafia se suministran mediante rodillos a altas temperaturas y luego estos rodillos pasan por un proceso de frío para determinar que las dimensiones de la rafia; en este caso el ancho, y evitar contracciones en sus dimensiones. Por último, las tiras de rafia son dirigidas al sistema de bobinas.

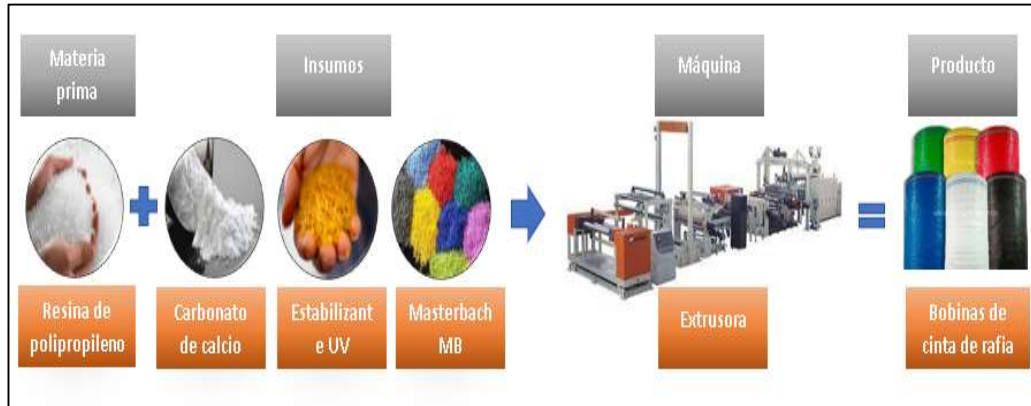


Figura 9 Proceso de extrusión
Elaboración propia

3.2.4.2. Proceso de telares

Consiste en obtener mangas trenzadas a partir de las tiras de rafia embobinadas, las cuales son colocadas en las filetas (para urdimbre) y las lanzaderas (para la trama tejida). La tira rafia que se encuentran ubicadas en las filetas se insertan a través de los ojales, centro del telar y peines y generar un ingreso de forma vertical. En cambio, la tira de rafia que se encuentran en las lanzaderas ingresa de manera horizontal, con la finalidad de que se entrelacen para formar el tejido, la configuración del aceite debe monitorearse constantemente para garantizar un funcionamiento estable de los telares.

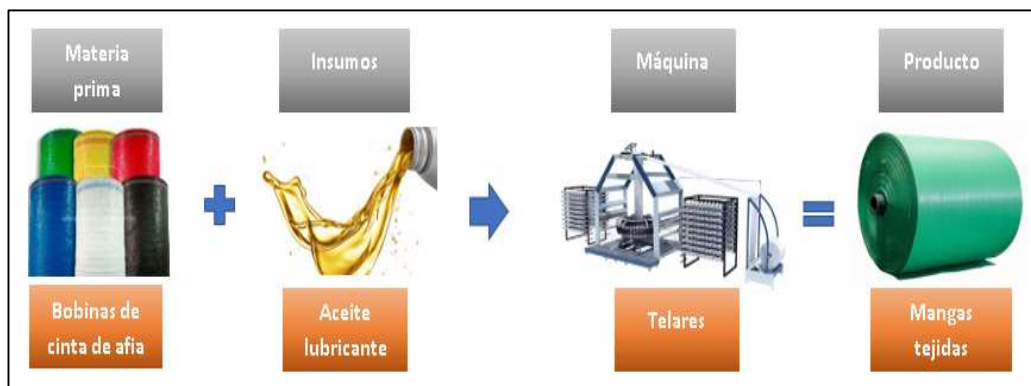


Figura 10 Proceso de telares
Elaboración propia

3.2.5. Datos recolectados

Los datos obtenidos durante la recolección de datos (enero a febrero) permiten examinar el porcentaje de scrap producido durante la fabricación de saco PP, La figura 11 presenta el comportamiento diario del scrap producido durante el periodo establecido, se evidencia que, de un total de 28 muestras apenas 5 de estas se encuentra dentro de los límites establecidos

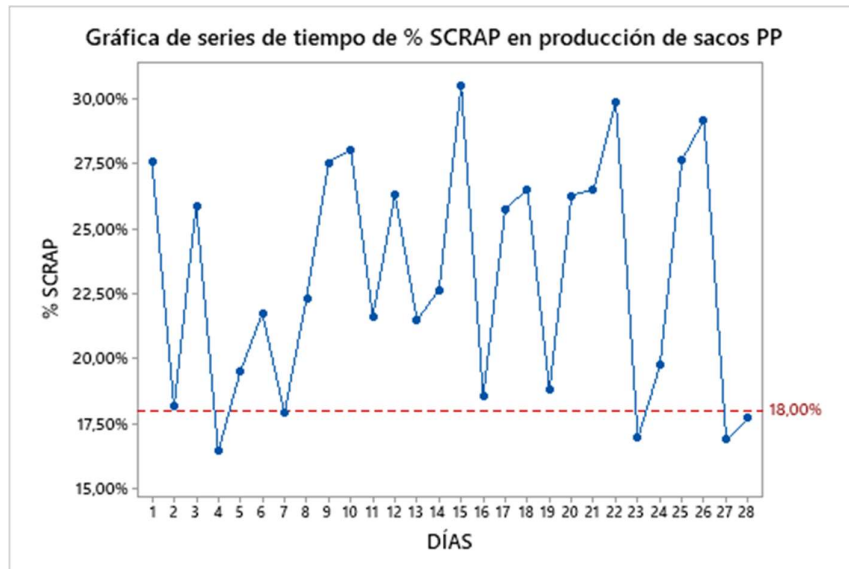


Figura 11 Serie de tiempo del porcentaje de scrap en periodo de toma de datos
Elaboración propia

El resumen de los datos analizados presenta que la media es de la producción del periodo de estudio es del 26,22%, ya que el valor $p < 0.05$ se confirma que los datos recopilados tienen un comportamiento no normal, comportamiento que se aprecia en la figura 12.

Informe de resumen de % SCRAP en la producción de sacos de PP

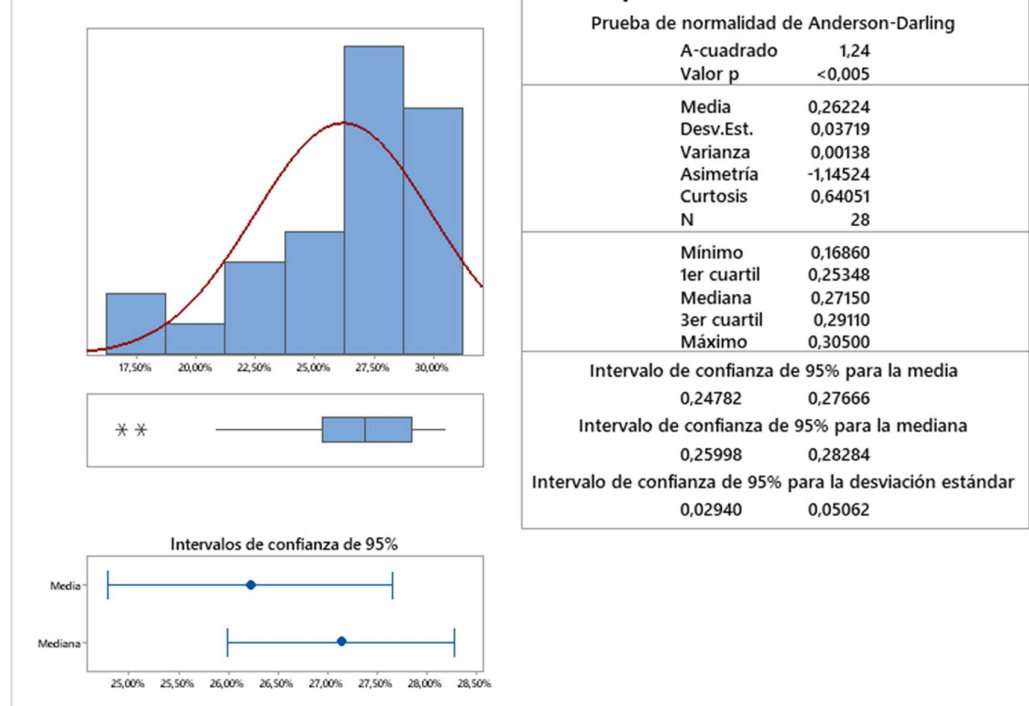


Figura 12 Resumen de datos estadísticos
Elaboración propia

3.2.6. Matriz de selección para medición de indicadores

Los indicadores por medir están ligados con la calidad del producto específico que para el presente estudio son los sacos de PP. En todos los procesos de mejora se deberán realizar estas pruebas, la tabla 7 presenta, el proceso, la métrica o indicador a evaluar, el tipo de variable, tamaño de muestra con su respectivo rango de aceptación realizados durante la extrusión de material y su proceso dentro de los telares.

Tabla 7
Plan de recolección de datos

Indicadores por Porcentaje de scrap generado				
Proceso	Prueba	Unidad de medida	Tamaño de muestra	Rango de aceptación
EXTRUSIÓN	Verificación del denier	g/9000 m	24 bobinas en cada máquina extrusora	Tolerancia (+/- 5%)
	Porcentaje de elongación	%		Tolerancia para sacos (Mín. 20% / Máx. 30%)
TELARES	Ancho de manga	cm	10 telares	Tolerancia (+/- 1.5 cm)
	Gramaje	gr/m ²		Tolerancia (+/- 5%)

Elaboración propia

3.2.7. Validación del sistema de medición de indicadores

Continuando con la ejecución del método Six Sigma, se requiere que el sistema de medición pueda garantizar que el sistema sea bueno, que todos aquellos datos recuperados del proceso sean consistentes, que no tengan inexactitudes, principalmente por el factor humano, sistemas o procesos manuales o automáticos, esto se puede determinar utilizando herramientas de estudio R&R con la finalidad de evaluar la receptibilidad y la reproducibilidad de manera individual.

3.2.7.1. Estudio de R&R del proceso de extrusión

a) Denier

El denier mediante su sistema de medición (g/9000 m), se validó a partir de un muestreo a 24 bobinas de dos distintas máquinas, luego tres analistas midieron de forma aleatoria el denier de esas muestras en dos ocasiones, los resultados se muestran en la tabla 8. edición del denier para la muestra de 24 bobinas por los analistas designados

Tabla 8
Medición del denier (g/9000 m) para la muestra de 24 bobinas por los analistas designados

BOBINA	EXTRUSORA	ANALISTA #1		ANALISTA #2		ANALISTA #3	
		MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2
1	StarEX-1600	680	686	682	672	686	673
2	SUKE	773	789	751	755	777	774
3	StarEX-1600	810	839	819	855	832	840
4	SUKE	797	808	814	805	810	853
5	StarEX-1600	1125	1117	1126	1138	1105	1111
6	StarEX-1600	975	1032	1011	1016	1029	1024
7	SUKE	916	904	902	874	899	892
8	SUKE	602	612	605	614	602	610
9	StarEX-1600	960	935	938	942	912	936
10	SUKE	870	888	862	871	866	851
11	StarEX-1600	800	814	807	793	803	801
12	SUKE	965	952	953	948	942	966
13	SUKE	911	900	921	903	908	910
14	StarEX-1600	974	957	955	970	973	970
15	SUKE	849	855	855	845	834	848
16	StarEX-1600	1007	1010	1005	1003	1006	991
17	SUKE	763	779	750	745	774	764
18	StarEX-1600	1152	1098	1113	1127	1093	1095
19	SUKE	789	800	780	778	773	776
20	StarEX-1600	722	724	730	720	728	711
21	SUKE	843	891	886	889	860	863
22	StarEX-1600	839	854	866	869	848	858
23	StarEX-1600	909	890	908	888	899	919
24	SUKE	922	915	939	944	930	927

Elaboración propia

El estudio R&R de Minitab fue aplicado a los datos recopilados de la tabla 8, arrojando un reporte estadístico de la tabla 9 a la 12.

Tabla 9
 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de denier

Fuente	GL	SC	MC	F	P
BOBINA	23	2100149	91310,8	506,183	0,000
ANALISTA	2	296	148,0	0,820	0,447
BOBINA * ANALISTA	46	8298	180,4	1,154	0,298
Repetibilidad	72	11255	156,3		
Total	143	2119998			

* α para eliminar el término de interacción = 0,05

Elaboración propia

Tabla 10
 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de denier

Fuente	GL	SC	MC	F	P
BOBINA	23	2100149	91310,8	551,050	0,000
ANALISTA	2	296	148,0	0,893	0,412
Repetibilidad	118	19553	165,7		
Total	143	2119998			

Elaboración propia

Tabla 11
 Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	165,7	1,19
Repetibilidad	165,7	1,19
Reproducibilidad	0,0	0,00
ANALISTA	0,0	0,00
Parte a parte	15190,9	98,81
Variación total	15356,6	100,00

Elaboración propia

Tabla 12
 Evaluación del sistema de medición en estudio de denier

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var.estudio (%VE)
Gage R&R total	12,873	77,235	11,29
Repetibilidad	12,873	77,235	11,29
Reproducibilidad	0,000	0,000	0,00
ANALISTA	0,000	0,000	0,00
Parte a parte	123,251	739,507	99,46
Variación total	123,922	743,529	100,00

*Número de categorías distintas = 13

Elaboración propia

Del informe estadístico presentado en el estudio R&R para el denier, se concluye lo siguiente:

- La tabla 9 presenta el ANOVA de reporte estadístico, donde se reconocen las principales fuentes de variabilidad más representativas; para este reporte, de las tres fuentes identificadas, entre la BOBINA, el ANALISTA y la

INTERACCIÓN entre estas dos variables, se obtuvo un valor p entre la interacción de la BOBINA y el ANALISTA de 0.298, valor que, al ser superior a 0.05 se considera un variación poco significativa o nula.

- De acuerdo a la tabla 11 respecto a los componentes de la varianza, se analizó la variación que presenta cada fuente de error en comparación con la variación total, el cual arrojó una variación entre las partes de un 98.81%, dicho valor al ser mayor que el error del Gage R&R Total con un valor de 1,19%, de acuerdo con estos valores gran parte de la variación es a causa de la diferencia existente en las partes.
- La tabla 12 detalla la evaluación que tuvo el sistema de medición, la variación de este sistema es comparada con la variación total, arrojando como resultado, que el porcentaje de la variación de estudio del Gage R&R total es 11.29%. Según el Automovite Industry Action Group (AIAG), al ser menor que el 30% el sistema se considera excelente, los criterios se detallan en la tabla 13.

Tabla 13
Criterios de aceptación para categoría distinguible

% Variación del proceso	Aceptabilidad
Menor a 10%	El sistema de medición es excelente
Entre 10% y 30%	El sistema de medición es aceptable dependiendo la aplicación, el costo del sistema de medición u otros factores
Mayor a 30%	El sistema de medición no es aceptable

Fuente: Soporte Minitab 19 (2021)

b) Elongación

Respecto a la validación del sistema de medición del porcentaje de elongación, se realizó un muestreo las 24 bobinas del muestreo anterior, de igual manera tres analistas midieron de forma aleatoria el porcentaje de elongación de esas muestras en dos ocasiones, los resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14
Medición de porcentaje de elongación para la muestra de 24 bobinas por los analistas designados

BOBINA	EXTRUSORA	ANALISTA #1		ANALISTA #2		ANALISTA #3	
		MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2
1	StarEX-1600	21,12%	21,01%	21,22%	20,39%	21,53%	21,68%
2	SUKE	21,10%	21,22%	20,31%	21,41%	21,45%	21,50%
3	StarEX-1600	21,28%	22,42%	22,12%	21,01%	22,61%	22,75%
4	SUKE	22,12%	21,27%	21,23%	21,37%	21,18%	21,27%
5	StarEX-1600	26,47%	26,67%	25,53%	25,74%	22,22%	25,1%
6	StarEX-1600	24,52%	24,47%	22,62%	22,46%	23,12%	21,07%
7	SUKE	25,12%	23,32%	23,49%	23,54%	26,62%	26,57%
8	SUKE	20,57%	20,31%	21,58%	22,34%	20,52%	20,54%
9	StarEX-1600	22,34%	22,53%	23,72%	25,21%	23,01%	21,32%
10	SUKE	21,54%	21,35%	22,57%	21,61%	22,36%	22,53%
11	StarEX-1600	20,65%	20,49%	22,21%	21,32%	20,71%	21,34%
12	SUKE	21,52%	22,21%	25,36%	25,67%	22,64%	22,24%
13	SUKE	22,45%	21,68%	22,73%	23,54%	20,72%	22,51%
14	StarEX-1600	21,52%	22,62%	21,19%	22,18%	21,52%	20,71%
15	SUKE	20,62%	20,12%	21,42%	21,19%	21,22%	21,32%
16	StarEX-1600	21,45%	22,52%	21,32%	21,19%	22,59%	22,37%
17	SUKE	22,12%	21,27%	22,05%	22,42%	20,18%	20,29%
18	StarEX-1600	23,52%	22,30%	22,42%	23,23%	22,25%	21,12%
19	SUKE	22,52%	21,47%	22,42%	22,24%	23,13%	23,14%
20	StarEX-1600	22,62%	23,31%	23,27%	23,28%	22,48%	22,65%
21	SUKE	21,86%	21,46%	21,52%	22,34%	21,22%	22,37%
22	StarEX-1600	22,9%	22,04%	20,26%	21,27%	22,75%	22,46%
23	StarEX-1600	21,08%	22,8%	22,46%	22,64%	22,46%	21,55%
24	SUKE	20,52%	21,47%	23,35%	23,25%	22,26%	22,36%

Elaboración propia

El estudio R&R de Minitab fue aplicado a los datos recopilados de la tabla 14, arrojando un reporte estadístico de la tabla 15 a la 18.

Tabla 15
Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de elongación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
BOBINA	23	0,0505208	0,0021966	70,2674	0,000
ANALISTA	2	0,0000273	0,0000137	0,4373	0,648
BOBINA * ANALISTA	46	0,0014380	0,0000313	1,5234	0,057
Repetibilidad	72	0,0014774	0,0000205		
Total	143	0,0534635			

* α para eliminar el término de interacción = 0,05

Elaboración propia

Tabla 16
Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de elongación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
BOBINA	23	0,0505208	0,0021966	88,9064	0,000
ANALISTA	2	0,0000273	0,0000137	0,5533	0,577
Repetibilidad	118	0,0029154	0,0000247		
Total	143	0,0534635			

Elaboración propia

Tabla 17
Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,0000247	6,39
Repetibilidad	0,0000247	6,39
Reproducibilidad	0,0000000	0,00
ANALISTA	0,0000000	0,00
Parte a parte	0,0003620	93,61
Variación total	0,0003867	100,00

Elaboración propia

Tabla 18
Evaluación del sistema de medición en estudio de elongación

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var.estudio (%VE)
Gage R&R total	0,0049706	0,029823	25,28
Repetibilidad	0,0049706	0,029823	25,28
Reproducibilidad	0,0000000	0,000000	0,00
ANALISTA	0,0000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,0190256	0,114154	96,75
Variación total	0,0196642	0,117985	100,00

*Número de categorías distintas = 13

Elaboración propia

Del informe estadístico (tabla 15 a 18), se concluye lo siguiente:

- La tabla 15 presenta el ANOVA del reporte estadístico, donde se reconocen las principales fuentes de variabilidad más representativas; para este reporte, de las tres fuentes identificadas, entre la BOBINA, el ANALISTA y la INTERACCIÓN entre estas dos variables, se obtuvo un valor p entre la interacción de la BOBINA y el ANALISTA de 0.57, valor que, al ser superior a 0.05 se considera un variación poco significativa o nula.
- De acuerdo a la tabla 17 respecto a los componentes de la varianza, se analizó la variación que presenta cada fuente de error en comparación con la variación total (porcentaje de contribución), el cual arrojó una variación entre las partes de un 93.61%, dicho valor al ser mayor que el error del Gage R&R Total con un valor de 6,39%, de acuerdo con estos valores gran parte de la variación es a causa de la diferencia existente en las partes.
- La tabla 18 detalla la evaluación que tuvo el sistema de medición, la variación de este sistema es comparada con la variación total, arrojando como resultado, que el porcentaje de la variación de estudio del Gage R&R total es 25.28%. Considerando lo indicado por el AIAG en la tabla 13, al ser menor que el 30% el sistema se considera aceptable

En la tabla 19, se detallan los resultados arrojados del estudio de repetibilidad y reproductibilidad cruzado aplicado al sistema de medición del denier y elongación.

Tabla 19
Resultados obtenidos del análisis del sistema de medición durante proceso de extrusión

Medición	% Contribución entre parte- parte > % Contribución entre Gage R&R total	% Var.estudio del Gage R&R Total < 30%	Sistema de medición
Denier	Sí, 98.81% > 1.19%	Sí, 11.29%.	Aceptable
Elongación	Sí, 93.61% > 6.39%	Sí, 25.28%.	Aceptable

Elaboración propia

La tabla 19 indica que se puede continuar con el estudio ya que existe confiabilidad en el sistema de medición.

3.2.7.2. Estudio de R&R en el proceso de telares

a) Ancho

En cuanto a la validación desarrollada en el sistema de medición del ancho de manga (cm), se realizó un muestreo a 10 telares, luego tres analistas midieron de forma aleatoria el ancho de manga de esas muestras en dos ocasiones, los resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20
Medición del ancho de manga (cm) para la muestra de 10 telares por los analistas designados

TELAR	ANALISTA #1		ANALISTA #2		ANALISTA #3	
	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2
1	61,7	62,2	62,3	62	62	61,7
2	52	52,2	52,3	52	51,5	51,9
3	55,7	54,6	54,8	54,8	54,6	54,6
4	62,7	62,8	62,4	62,4	62	62,9
5	62	63	63,6	62,8	63,6	62,6
6	58	60,3	59,6	60,2	60,2	60,6
7	55,7	55,9	56,5	56,7	55,7	56,6
8	66,7	68	67,8	67	68,2	66,6
9	64	65	64,6	64,3	65	65
10	58,3	60	60	60	60,2	60

Elaboración propia

El estudio R&R de Minitab fue aplicado a los datos recopilados de la tabla 20, arrojando un reporte estadístico de la tabla 21 a la 24.

Tabla 21
 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio de ancho de manga

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TELAR	9	1173,49	130,388	984,888	0,000
ANALISTA	2	0,04	0,019	0,140	0,871
TELAR * ANALISTA	18	2,38	0,132	0,780	0,696
Repetibilidad	30	5,10	0,170		
Total	59	1181,01			

* α para eliminar el término de interacción = 0,05

Elaboración propia

Tabla 22
 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio de ancho de manga

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TELAR	9	1173,49	130,388	836,939	0,000
ANALISTA	2	0,04	0,019	0,119	0,888
Repetibilidad	48	7,48	0,156		
Total	59	1181,01			

Elaboración propia

Tabla 23
 Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,1558	0,71
Repetibilidad	0,1558	0,71
Reproducibilidad	0,0000	0,00
ANALISTA	0,0000	0,00
Parte a parte	21,7054	99,29
Variación total	21,8612	100,00

Elaboración propia

Tabla 24
 Evaluación del sistema de medición en estudio de ancho de manga

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var.estudio (%VE)
Gage R&R total	0,39470	2,3682	8,44
Repetibilidad	0,39470	2,3682	8,44
Reproducibilidad	0,00000	0,0000	0,00
ANALISTA	0,00000	0,0000	0,00
Parte a parte	4,65891	27,9534	99,64
Variación total	4,67559	28,0536	100,00

*Número de categorías distintas = 13

Elaboración propia

Del informe estadístico (tabla 21 a 24), se tiene las siguientes conclusiones:

- La tabla 21 presenta el ANOVA del reporte estadístico, donde se reconocen las principales fuentes de variabilidad más representativas; para este reporte, de las tres fuentes identificadas, entre la TELAR, el ANALISTA y la INTERACCIÓN entre estas dos variables, se obtuvo un valor p entre la

interacción de la TELAR y el ANALISTA de 0.696, valor que, al ser superior a 0.05 se considera un variación poco significativa o nula.

- De acuerdo a la tabla 23 respecto a los componentes de la varianza, se analizó la variación que presenta cada fuente de error en comparación con la variación total (porcentaje de contribución), el cual arrojó una variación entre las partes de un 99.29%, dicho valor al ser mayor que el error del Gage R&R Total con un valor de 0,71%, de acuerdo con estos valores gran parte de la variación es a causa de la diferencia existente en las partes.
- La tabla 24 detalla la evaluación que tuvo el sistema de medición, la variación de este sistema es comparada con la variación total, arrojando como resultado, que el porcentaje de la variación de estudio del Gage R&R total es 8.44%. Considerando lo indicado por el AIAG en la tabla 13, al ser menor que el 10% el sistema se considera aceptable.

b) Gramaje

En cuanto a la validación desarrollada en el sistema de medición del gramaje (gr/m^2), se realizó un muestreo en los mismos telares, de igual manera tres analistas midieron de forma aleatoria el gramaje de esas muestras en dos ocasiones, los resultados se muestran en la tabla 25.

Tabla 25
Medición del gramaje (gr/m^2) para la muestra de 10 telares por los analistas designados

TELAR	ANALISTA #1		ANALISTA #2		ANALISTA #3	
	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2	MEDICIÓN #1	MEDICIÓN #2
1	59.6	62.9	61	61.4	62.9	62.5
2	52.8	52.5	52.7	53.7	53.2	52.6
3	105.2	106.1	103.5	105.2	105.4	105.4
4	59.8	60.2	59.7	60.8	58.5	58.8
5	60.9	58.5	58.6	57.8	56.3	57.5
6	71	70.8	70.2	70.2	69.5	69.3
7	61.3	61.5	63.8	59.1	63	61.8
8	60.2	60.7	60.4	59.7	60.4	60.4
9	61.2	60.4	60.1	60.9	58	58.7
10	62.6	63.5	62.7	63.5	63.3	63.7

El estudio R&R de Minitab fue aplicado a los datos recopilados de la tabla 20, arrojando un reporte estadístico de la tabla 26 a la 29.

Tabla 26
 Tabla ANOVA de dos factores con intersección en estudio del gramaje

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TELAR	9	11576,6	1286,29	956,728	0,000
ANALISTA	2	2,8	1,41	1,051	0,370
TELAR * ANALISTA	18	24,2	1,34	1,510	0,155
Repetibilidad	30	26,7	0,89		
Total	59	11630,3			

* α para eliminar el término de interacción = 0,05

Elaboración propia

Tabla 27
 Tabla ANOVA dos factores sin interacción en estudio del gramaje

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TELAR	9	11576,6	1286,29	1212,63	0,000
ANALISTA	2	2,8	1,41	1,33	0,273
Repetibilidad	48	50,9	1,06		
Total	59	11630,3			

Elaboración propia

Tabla 28
 Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	1,078	0,80
Repetibilidad	1,061	0,49
Reproducibilidad	0,018	0,01
ANALISTA	0,018	0,01
Parte a parte	214,204	99,20
Variación total	215,282	100,00

Elaboración propia

Tabla 29
 Evaluación del sistema de medición en estudio del gramaje

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var.estudio (%VE)
Gage R&R total	1,0384	6,2306	5,85
Repetibilidad	1,0299	6,1795	5,85
Reproducibilidad	0,1327	0,7965	0,90
ANALISTA	0,1327	0,7965	0,90
Parte a parte	14,6357	87,8143	99,75
Variación total	14,6725	88,0350	100,00

*Número de categorías distintas = 13

Elaboración propia

Del informe estadístico (tabla 26 a 29), se tiene las siguientes conclusiones:

- La tabla 26 presenta el ANOVA del reporte estadístico, donde se reconocen las principales fuentes de variabilidad más representativas; para este reporte, de las tres fuentes identificadas, entre la TELAR, el ANALISTA y la INTERACCIÓN entre estas dos variables, se obtuvo un valor p entre la interacción de la TELAR y el ANALISTA de 0.155, valor que, al ser superior a 0.05 se considera un variación poco significativa o nula.

- De acuerdo a la tabla 28 respecto a los componentes de la varianza, se analizó la variación que presenta cada fuente de error en comparación con la variación total (porcentaje de contribución), el cual arrojó una variación entre las partes de un 99.20%, dicho valor al ser mayor que el error del Gage R&R Total con un valor de 0,8%, de acuerdo con estos valores gran parte de la variación es a causa de la diferencia existente en las partes.
- La tabla 24 detalla la evaluación que tuvo el sistema de medición, la variación de este sistema es comparada con la variación total, arrojando como resultado, que el porcentaje de la variación de estudio del Gage R&R total es 5.85%. Considerando lo indicado por el AIAG en la tabla 13, al ser menor que el 10% el sistema se considera aceptable.

En la tabla 30, detalla los resultados arrojados del estudio R&R cruzado aplicado al sistema de medición del ancho y gramaje.

Tabla 30
Resultados obtenidos del análisis del sistema de medición en el proceso de telares

Medición	% Contribución entre parte- parte > % Contribución entre Gage R&R total	% Var.estudio del Gage R&R Total < 30%	Sistema de medición
Ancho	Sí, 99.29% > 0.71%	Sí, 8.44%.	Excelente
Gramaje	Sí, 99.20% > 0.80%	Sí, 5.85%.	Excelente

Elaboración propia

La tabla 30 indica que se puede continuar con el estudio ya que existe confiabilidad en el sistema de medición.

3.2.8. Desempeño del proceso

La medición del desempeño del proceso permite conocer como los indicadores calidad de medición de scrap (denier, elongación, ancho y gramaje) trabajan actualmente. Esto permite confirmar la línea base del proceso. Los indicadores de desempeño a usar para medir vendrán de parte del análisis de capacidad del proceso (Cp, Cpk, Pp y Ppk).

3.2.8.1. Capacidad del proceso de extrusión

Los índices de capacidad del proceso fueron calculados por medio del software Minitab, en esta ocasión se analizaron las 2 extrusoras con las que cuenta la línea de sacos PP, la extrusora StarEX y la SUKA, a fin de determinar si cumplen con los requisitos de los indicadores de calidad de medición de scrap.

a) Extrusora StarEX

En las figuras 13 y 14 presentan los informes de capacidad obtenidos para los indicadores de denier y elongación pertenecientes al proceso de extrusión de la máquina StarEX.

Informe de capacidad de entre/dentro para DENIER en extrusora StarEx

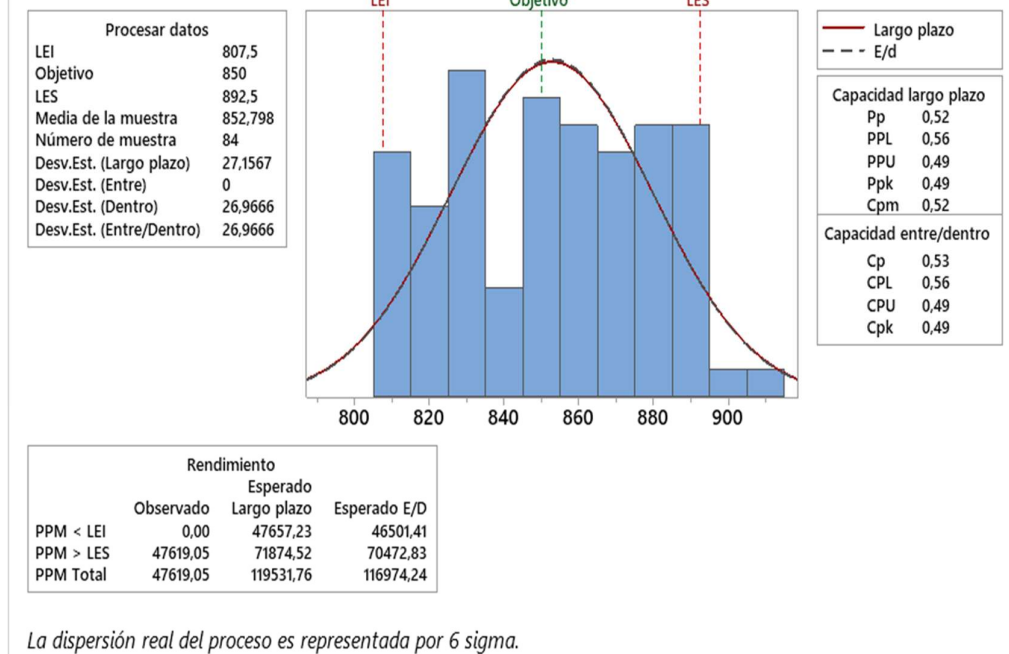


Figura 13 Informe sobre la capacidad de medición de denier en la máquina extrusora StarEX
Elaboración propia

El informe de capacidad del denier de parte de la extrusora StarEx en la figura 13, presenta que alguno de los histogramas sobrepasa el límite superior (LES), además la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representan la curva general y la curva de los sub grupos a corto plazo respectivamente, estas curvas se encuentran alineadas entre si, lo que representa que el proceso es considerado estable.

La capacidad a corto plazo del proceso (C_p) es de 0.53 y el indicador de habilidad (C_{pk}) es de 0.49, se evidencia que ambos valores están próximos entre si, esto representa que el proceso se encuentra estable y centrado.

Los índices de desempeño tales como P_p , P_{pk} y C_{pm} respecto a la capacidad general del proceso, arrojaron valores como 0.52, 0.49 y 0.52 respectivamente, se puede constatar que todos están próximos entre si lo que representa que el proceso es centrado, más sin embargo, de acuerdo a los proyectos Six Sigma el valor mínimo para considerarse un proceso estable es de 1.33, por lo tanto y de acuerdo a estos datos el proceso no es capaz de lograr el denier requerido, para aquello es recomendable una mejora en dicha capacidad mitigando la generación de variación en el proceso.

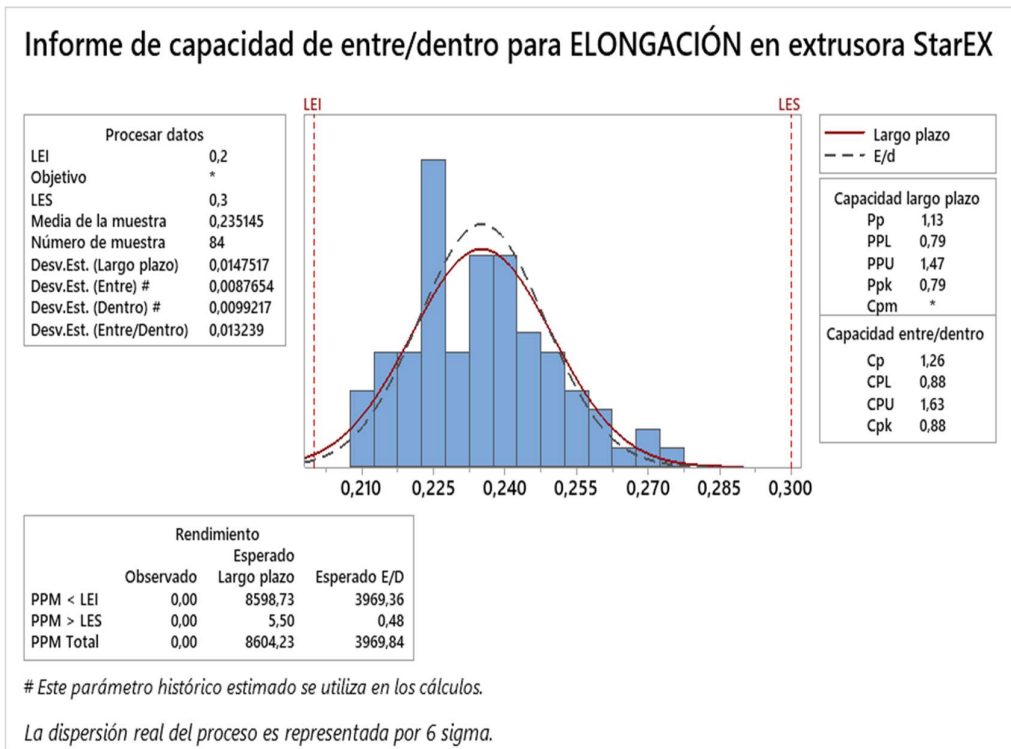


Figura 14 Informe sobre la capacidad para la medición de elongación en la máquina extrusora StarEX
Elaboración propia

El informe de capacidad del denier de parte de la extrusora StarEx en la figura 14, presenta que alguno de los histogramas sobrepasa el límite superior (LES), además la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representan la curva general y la curva de los sub grupos a corto plazo respectivamente, estas curvas se encuentran alineadas entre sí, lo que representa que el proceso es considerado estable.

La capacidad a corto plazo del proceso (C_p) es de 1.26 y el indicador de habilidad (C_{pk}) es de 0.88, se evidencia que ambos valores no están próximos entre sí, esto representa que el proceso no se encuentra estable ni centrado.

Los índices de desempeño tales como P_p y P_{pk} respecto a la capacidad general del proceso, arrojaron valores como 1.13 y 0.79 respectivamente, se puede constatar que todos están próximos entre si lo que representa que el proceso es centrado, más sin embargo, de acuerdo a los proyectos Six Sigma el valor mínimo para considerarse un proceso estable es de 1.33, por lo tanto y de acuerdo a estos datos el proceso no es capaz de generar la elongación bajo especificaciones, para aquello es recomendable una mejora en dicha capacidad mitigando la generación de variación en el proceso.

b) Extrusora SUKA

En las figuras 15 y 16 presentan los informes de capacidad obtenidos para los indicadores de denier y elongación pertenecientes al proceso de extrusión de la máquina SUKA.

Informe de capacidad de entre/dentro para DENIER en extrusora SUKA

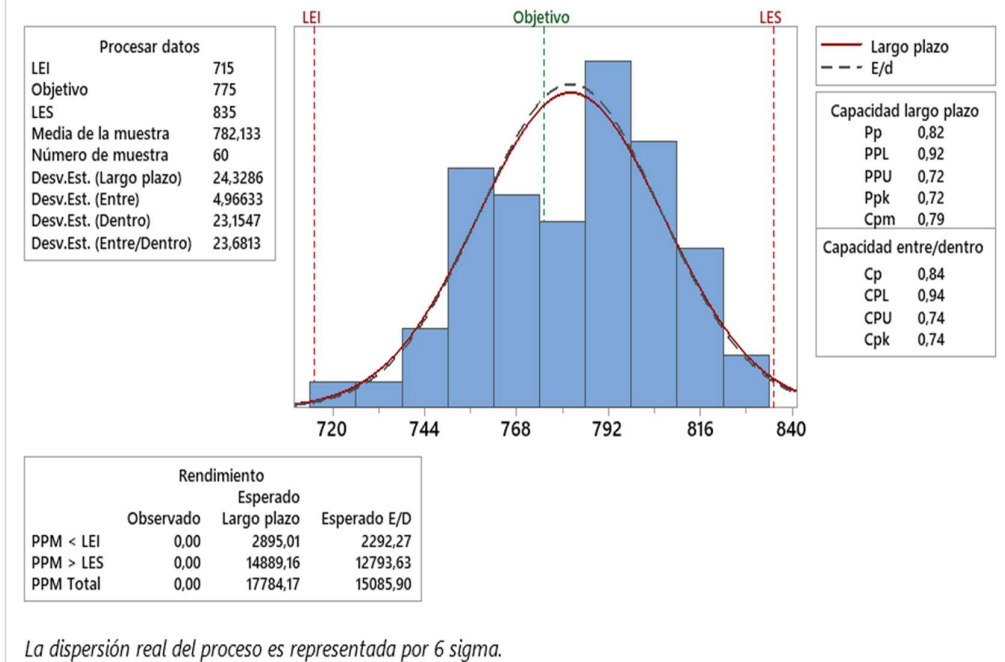


Figura 15 Informe sobre la capacidad para la medición de denier en la máquina extrusora SUKA
Elaboración propia

El informe de capacidad del denier de parte de la extrusora SUKA en la figura 15, presenta que alguno de los histogramas sobrepasa el límite superior (LES), además la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representan la curva general y la curva de los sub grupos a corto plazo respectivamente, estas curvas se encuentran alineadas entre sí, lo que representa que el proceso es considerado estable.

La capacidad a corto plazo del proceso (C_p) es de 0.84 y el indicador de habilidad (C_{pk}) es de 0.74, se evidencia que ambos valores están próximos entre sí, esto representa que el proceso se encuentra estable y centrado.

Los índices de desempeño tales como P_p y P_{pk} respecto a la capacidad general del proceso, arrojaron valores como 0.82 y 0.72 respectivamente, se puede constatar que todos están próximos entre si lo que representa que el proceso es centrado, más sin embargo, de acuerdo a los proyectos Six Sigma el valor mínimo para considerarse un proceso estable es de 1.33, por lo tanto y de acuerdo a estos datos el proceso no es capaz de generar el denier bajo especificaciones, para aquello es recomendable una mejora en dicha capacidad mitigando la generación de variación en el proceso.

Informe de capacidad de entre/dentro para ELONGACIÓN en extrusora SUKA

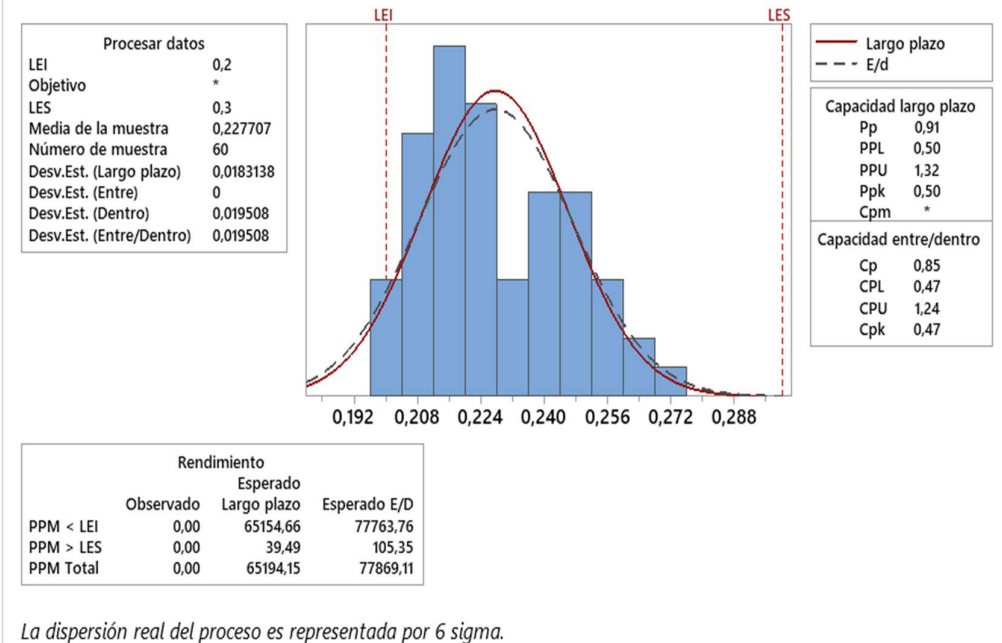


Figura 16 Informe sobre la capacidad para la medición de elongación en la máquina extrusora SUKA
Elaboración propia

El informe de capacidad del denier de parte de la extrusora SUKA en la figura 16, presenta que alguno de los histogramas sobrepasa el límite superior (LES), además la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representan la curva general y la curva de los sub grupos a corto plazo respectivamente, estas curvas se encuentran alineadas entre sí, lo que representa que el proceso es considerado estable.

La capacidad a corto plazo del proceso (C_p) es de 1.08 y el indicador de habilidad (C_{pk}) es de 0.98, se evidencia que ambos valores no están próximos entre sí, esto representa que el proceso no se encuentra estable ni centrado.

Los índices de desempeño tales como P_p y P_{pk} respecto a la capacidad general del proceso, arrojaron valores como 1.70 y 0.97 respectivamente, se puede constatar que todos están próximos entre si lo que representa que el proceso es centrado, más sin embargo, de acuerdo a los proyectos Six Sigma el valor mínimo para considerarse un proceso estable es de 1.33, por lo tanto y de acuerdo a estos datos el proceso no es capaz de generar la elongación bajo especificaciones, para aquello es recomendable una mejora en dicha capacidad mitigando la generación de variación en el proceso.

Tabla 31
Indicadores base de capacidad para proceso de extrusión

Meta					
>1.33					
Máquina	Propiedad	Índice Cp	Índice Cpk	Índice Pp	Índice Ppk
StarEX	Denier	0.54	0.51	0.53	0.51
	Elongación	1.26	0.88	1.12	0.78
SUKA	Denier	0.64	0.54	0.70	0.58
	Elongación	1.08	0.98	1.07	0.97

Elaboración propia

3.2.8.2. Capacidad de proceso de telares

Los índices de capacidad del proceso fueron calculados por medio del software Minitab, en esta ocasión se analizaron de forma aleatoria 10 telares con las que cuenta la línea de sacos PP, a fin de determinar si cumplen con los requisitos de los indicadores de calidad de medición de scrap.

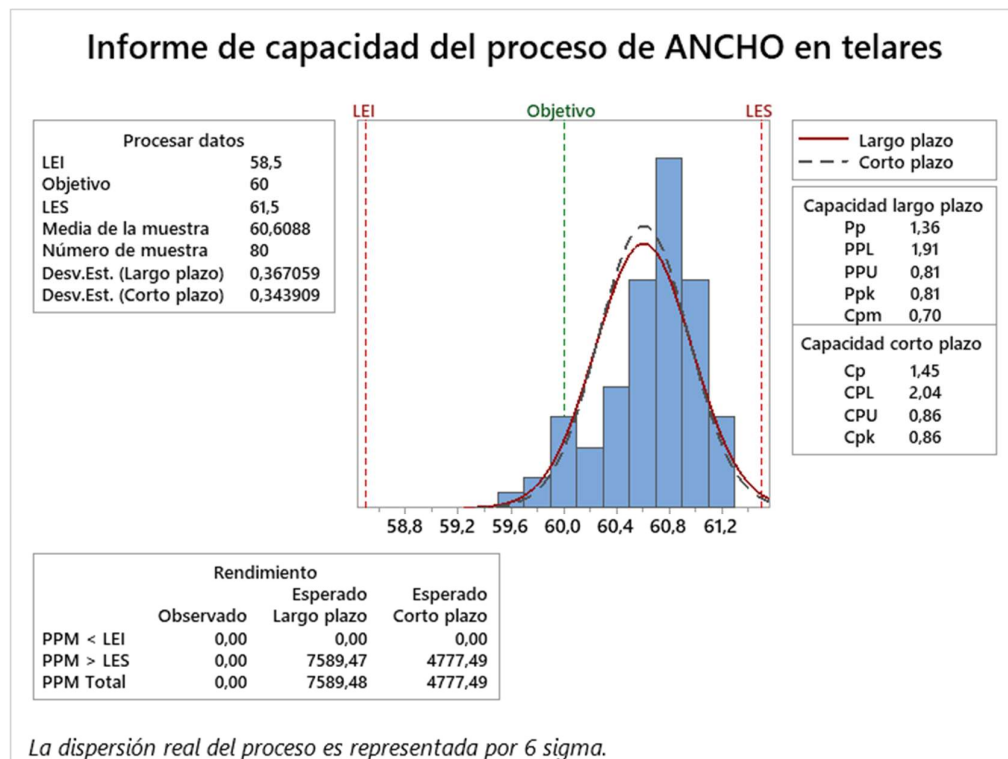


Figura 17 Informe de capacidad para la medición de ancho de manga en los telares
Elaboración propia

La Figura 17 presenta el factor de capacidad de las telas las cuales bajo especificación presentan un ancho nominal (teórico) de 60 cm. De acuerdo con la tabla 7, la tolerancia

establecida por la empresa es de $\pm 1,5$ centímetros. A partir de esta tolerancia, los límites inferior y superior son 58,5 cm y 61,5 cm, respectivamente.

Los datos del histograma pese a que se encuentran dentro de las especificaciones no es centrado tal como se evidencia en el lado izquierdo. Además, la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representados por la curva general y curva a corto plazo respectivamente están próximas entre si generando un proceso estable. El tope respecto a la distribución de datos no se encuentra situada en el centro del objetivo, ya que, varia de los datos que están por encima de dicho objetivo. Este proceso no es capaz porque los índices de capacidad Cpk (0,97), Ppk (0,88) y Cpm (0,68) son inferiores a 1.33. En otras palabras, este proceso no es adecuado e incumple los requerimientos del cliente.

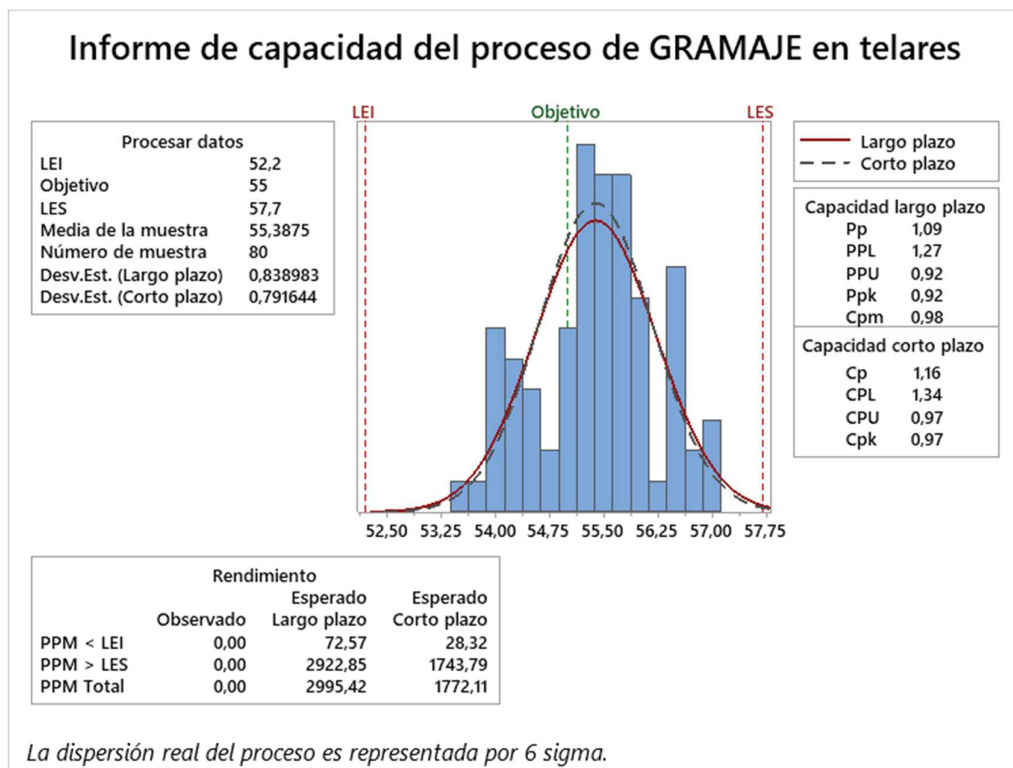


Figura 18 Informe de capacidad para la medición de gramaje en los telares
Elaboración propia

La Figura 18 detalla el factor de capacidad de las telas con un gramaje teórico de 55 g/m². De acuerdo con la tabla 7, la tolerancia establecida por la empresa es de $\pm 5\%$. De acuerdo con esto, los límites inferior y superior son 52.2 g/m² y 57.7 g/m², respectivamente.

Este histograma indica que los datos se encuentran dentro de las especificaciones. Incluso, la curva con trazos continuos y la curva con trazos discontinuos, representados por la curva general y curva a corto plazo respectivamente están próximas entre si generando un proceso estable. El tope respecto a la distribución de datos no se encuentra situada en el centro del objetivo, ya que, varia de los datos que

están por encima de dicho objetivo. Este proceso no es capaz porque cada uno de los índices de capacidad Cpk (1.13), Ppk (0.99) y Cpm (0.99) son inferiores a 1,33.

En la tabla 32 se presentan estos indicadores del proceso de telares, a fin de medir o determinar su desempeño.

Tabla 32
Indicadores base de capacidad para proceso de telares

Meta			
>1.33			
Propiedad	Índice Cpk	Índice Ppk	Índice Cpm
Ancho	0.97	0.88	0.68
Gramaje	1.13	0.99	0.99

Elaboración propia

3.3. Etapa de análisis

En esta fase la principal finalidad consiste en determinar y aseverar el origen causa raíz de las principales falencias del proceso. En primer lugar, se aplicó el diagrama de flujo, posteriormente, se desarrolló el diagrama de Ishikawa, a fin de identificar las entradas de los procesos de mejora o “X’s vitales”, luego se utilizó la herramienta AMEF para identificar los principales efectos, posterior a este se ejecutó la verificación de las causas por medio de un análisis ANOVA con la finalidad de identificar las causas más influyentes y proponer los planes de mejora para estos problemas.

3.3.1. Diagrama de flujo de los procesos a mejorar

Los diagramas de flujos desarrollados para que presenten mayor cantidad de falencias (extrusión y telares) son presentados en las figuras 19 y 20 respectivamente. Donde se especifican las entradas de todas las actividades que comprende estos procesos y se detallan las salidas que estos procesos generan y estén sujetos a condiciones anormales convirtiéndolas en variables críticas, las cuales requerirían de mejoras.

Ambos procesos de mejoras están conformados por siete actividades, mismas que se identificaron a lo largo del periodo de toma de datos, de dichas actividades dependerán todas las medidas a considerar para la propuesta de mejora. La finalidad del análisis de los procesos a mejorar es determinar aquellas salidas que representen un mayor riesgo de generación de scrap, a partir de esto, es posible analizar aquellas posibles entradas que representan la causa y el origen de scrap, por medio de las herramientas de mejora continua que se ejecutaron durante este trabajo.

3.3.2. Diagrama de Ishikawa

Este estudio identificó y evaluó las posibles causas del proceso de fabricación de bolsas de PP, que se relaciona principalmente con la creación de scrap en la extrusora

y telar, según los criterios del grupo de apoyo, siendo estas las que deberán ser analizadas para la propuesta de mejora.

La figura 21 y 22 muestra el análisis de Ishikawa del porcentaje de scrap generados en la producción de sacos PP a cargo del proceso de extrusión y telares respectivamente.

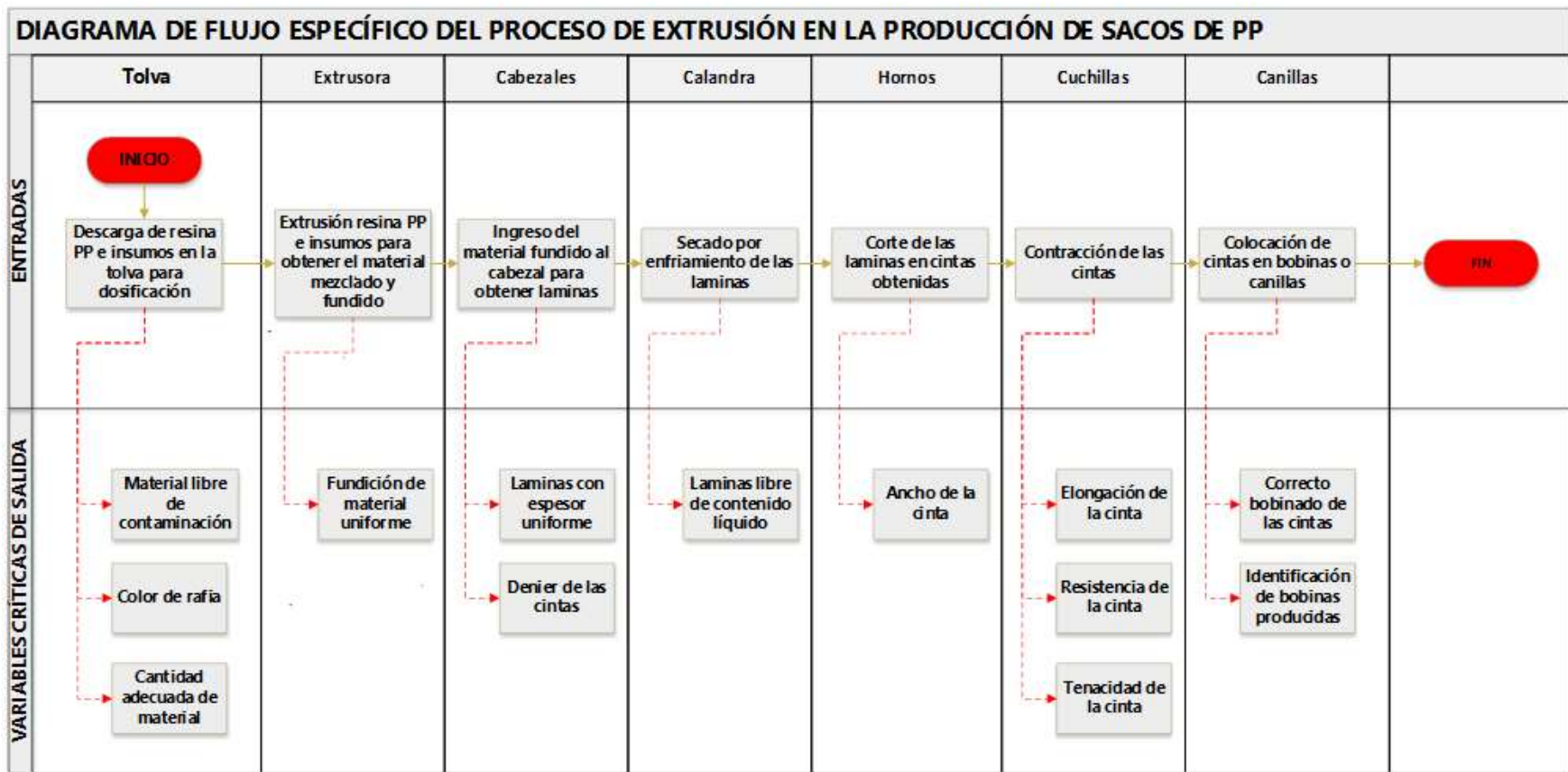


Figura 19 Diagrama de flujo: proceso de extrusión

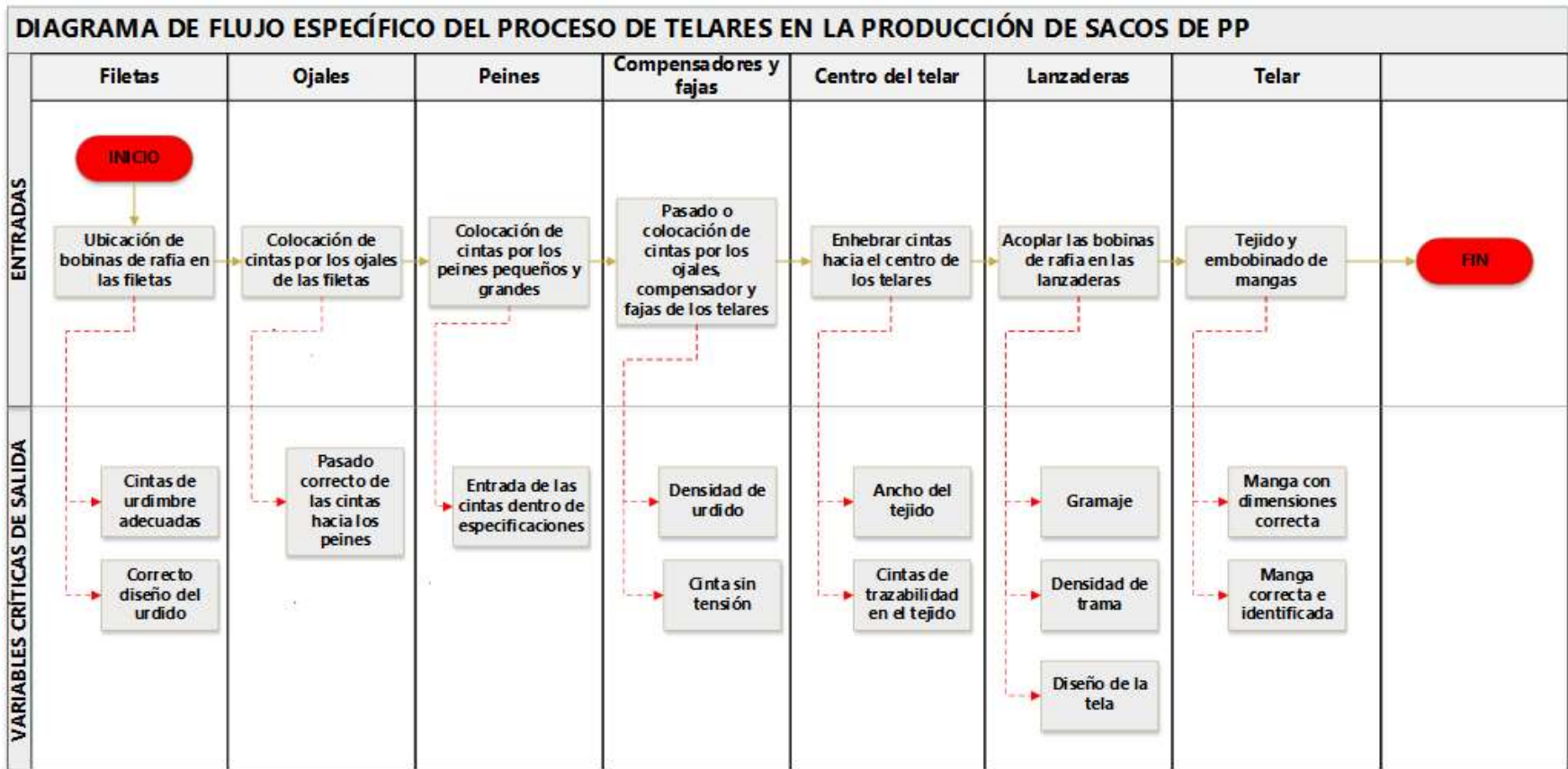


Figura 20 Diagrama de flujo: proceso de telares

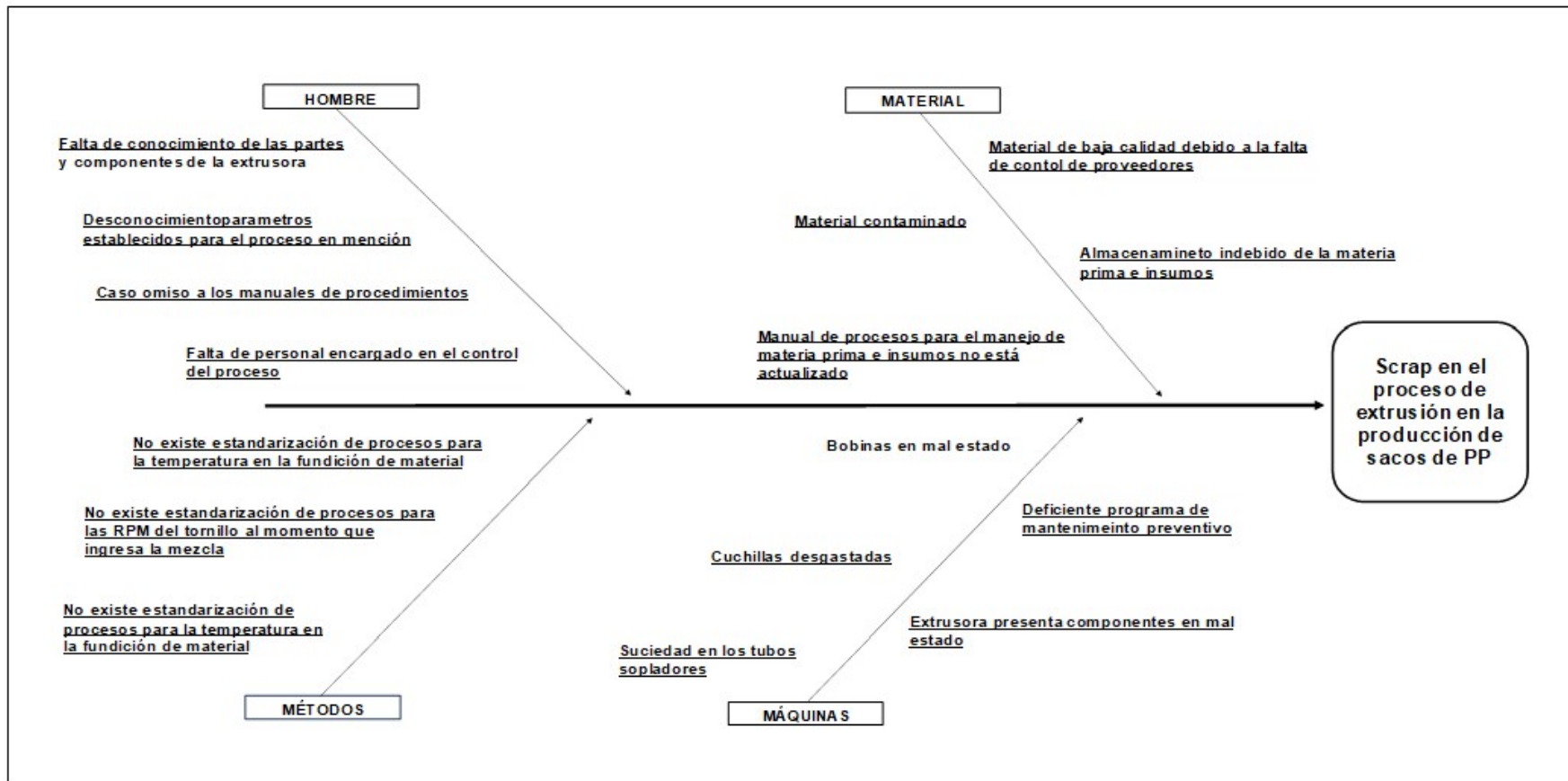


Figura 21 Análisis Ishikawa para el porcentaje de scrap en el proceso de extrusión

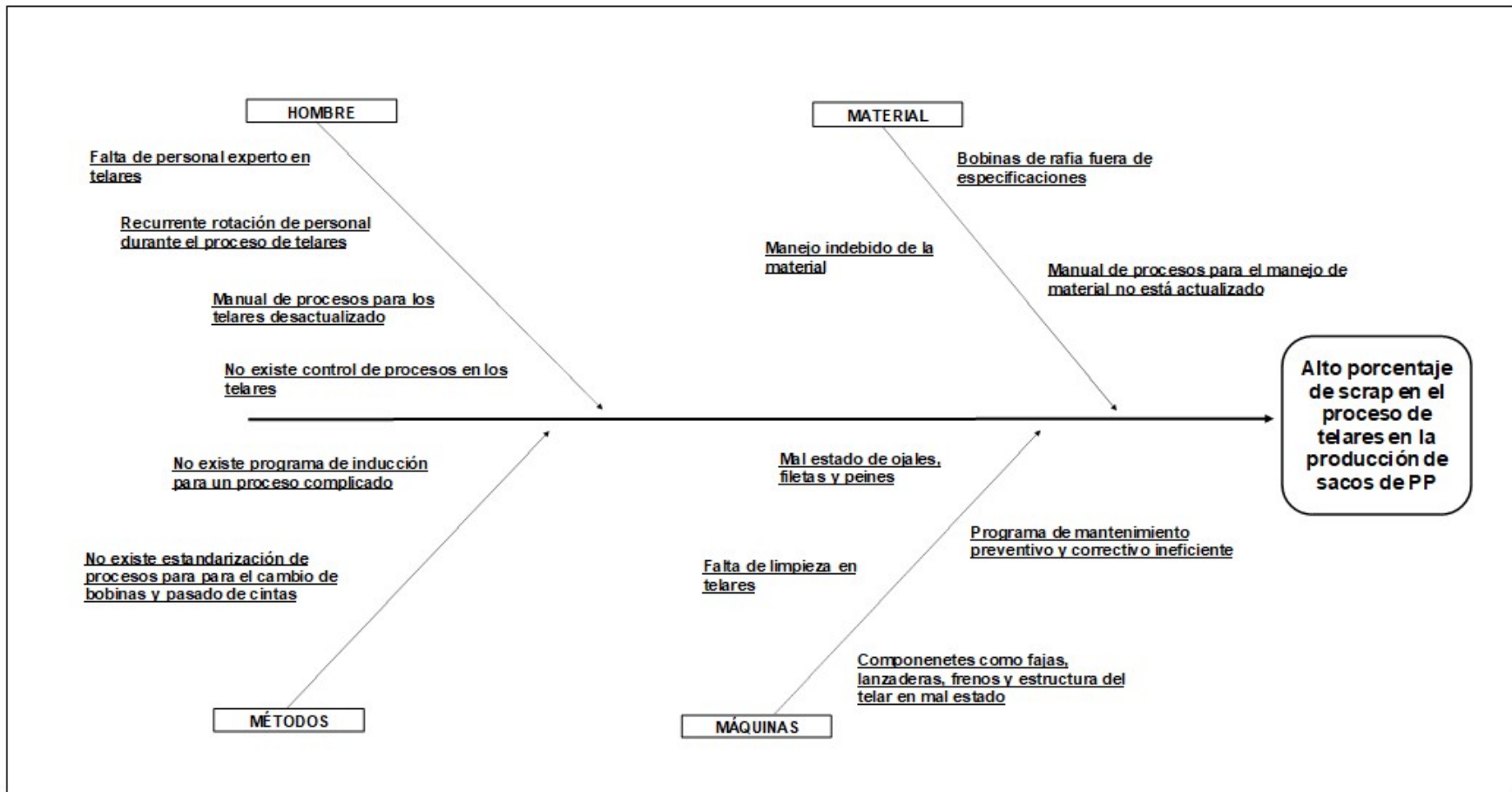


Figura 22 Análisis Ishikawa para el porcentaje de scrap en el proceso de telares

3.3.3. AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas

En esta sección se explicó, cuáles fueron los criterios de evaluación para la ejecución del AMEF, el desarrollo de este análisis a los procesos de extrusión y telares permitió evaluar las fallas identificadas y determinar sus efectos potenciales en las salidas o variables críticas (producto final).

Como complemento del AMEF, se requiere del análisis de criticidad, el cual se define como el proceso de asignar a los procesos una calificación de criticidad en función de su riesgo potencial de falla, dicha calificación será determinado por los criterios del número prioritario de riesgo (NPR), los cuales se clasifican en tres:

a) Severidad

Tabla 33
Criterio de severidad

Nivel	Criterio
4	Efectos críticos en la seguridad o en el medio ambiente, pueden existir lesiones, muertes o efectos irreversibles en el medio ambiente.
3	Efectos importantes en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas importantes por tiempo de paro y/o reparación
2	Efecto leve en la capacidad productiva, hay pérdidas económicas leves por tiempo de paralización o reparación
1	No hay efectos operativos ni pérdidas importantes

Elaboración propia

b) Detectabilidad

Tabla 34
Criterio de detectabilidad

Nivel	Criterio
4	No hay probabilidad de detectar causas de falla potenciales a tiempo, se puede llegar a falla funcional.
3	Baja probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo.
2	Mediana probabilidad de detectar causas de falla potenciales y corregirlas a tiempo
1	Causas de falla potencial fácilmente detectable y corregida durante la operación.

Elaboración propia

c) Ocurrencia

Tabla 35
Criterio de ocurrencia

Nivel	Criterio
4	Pueden ocurrir varias fallas al año (tasa de fallas ≥ 1 fallas/año)
3	$0.3 < \text{Tasa de fallas} < 1$ (fallas/año)
2	$0.1 < \text{Tasa de fallas} \leq 0.3$ (fallas/año)
1	Tasa de fallas ≤ 0.1 (fallas/año)

Elaboración propia

El NPR es el resultado del producto ente la calificación que obtuvieron los tres criterios:

$$\text{NPR} = \text{Severidad} \times \text{Detectabilidad} \times \text{Ocurrencia}$$

Para una mejor comprensión, los efectos de falla de acuerdo con el NPR, se ajustaron a un diseño de semaforización, siendo el color verde un riesgo no crítico, el color amarillo un riesgo semi crítico y el color rojo como un riesgo intolerable, dentro de la producción de sacos PP a cargo del proceso de extrusión y telares, tal como se presenta en la tabla 36.

Tabla 36
Semaforización de acuerdo con el tipo de riesgo

Tipo de riesgo	Valor del NPR
Crítico	$\text{NPR} \geq 36$
Semi Crítico	$7 < \text{NPR} < 36$
No crítico	$\text{NPR} \leq 7$

Elaboración propia

Aquellas causas potenciales cuyo NPR sea mayor o igual a 36 son consideradas para continuar con el análisis en este trabajo.

La tabla 37 y 38 detallan el AMEF realizado en los procesos de extrusión y telares, a fin de identificar aquellos procesos críticos, mismos que representan las causas potenciales para la generación de scrap en la producción de sacos de PP.

Tabla 37
 AMEF para el proceso de extrusión

PROCESO DE EXTRUSIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS PP								
Tipo de AMEF				<input type="checkbox"/> Concepto <input type="checkbox"/> Diseño <input type="checkbox"/> Procesos				
Proyecto / Cliente								
Fecha de inicio / Última actualización								
#	Parte del proceso	Modo de falla	Efecto potencial de la gravedad del modo de falla	Causas potenciales	Severidad	Detectabilidad	Ocurrencia	NPR
1	Descarga de resina PP e insumos en la tolva para dosificación	Administración inadecuada de insumos y materia prima	Se obtiene cinta con colores fuera de especificaciones	Existe desconocimiento de los operadores en este proceso acerca de las especificaciones establecidas	2	3	3	18
		Materia prima húmeda y contaminada	Laminas presentan orificios no deseados	Ausencia de inspecciones de parte del operador	2	2	3	12
				Equipos de medición descalibrados	3	2	3	18

2	Extrusión resina PP e insumos para obtener el material mezclado y fundido	Parámetros de máquina inadecuado (temperatura, velocidad, amperaje, etc.)	Fundición de materia prima inconclusa o en exceso	Falta de estandarización de temperatura adecuada para el tronillo y filtro	4	3	4	48
				Falta de estandarización para el proceso de extrusión	3	3	4	36
		Falla del sistema extrusor	Paralización de la línea de producción	Falta de mantenimiento preventivo al tornillo de la extrusora, motores y motorreductores	3	2	4	24
3	Ingreso del material fundido al cabezal para obtener laminas	Temperatura de los cabezales fuera de especificaciones	Denier no requerido	Falta de estandarización de temperatura adecuada para cabezales	4	4	3	48
				Falta de manual para calibración de cabezales	3	2	4	24
		Cabezales descalibrados	Elongación comprometida	Uso de herramientas inadecuadas para la calibración	2	2	1	4
4	Secado por enfriamiento de las laminas	parámetros de máquina inadecuados (temperatura del agua, posición de cabezales y nivel de agua)	Laminas con altos niveles de liquido	Falta de conocimiento acerca de los parámetros de la calandria	3	3	3	27
		Tuberías de soplado y rodillos con falta de mantenimiento correctivo y preventivo	Cintas pegajosas	Ausencia de tareas de mantenimiento correctivo y preventivo	3	3	4	36

5	Corte de las láminas en cintas obtenidas	Inadecuado equipo de corte	Ancho de cinta fuera de especificaciones	Falta de conocimiento del operador respecto al proceso de corte	4	2	4	32
				Desconocimiento sobre la revisión del estado del equipo	3	2	3	18
		Cuchillas en mal estado	Cintas con no conformidades	Falta de material para reemplazo	2	2	3	12
		Cambio de equipo de corte indebido	Mal manejo de cintas	No existe instructivo para el cambio de cuchilla	3	3	3	27
6	Contracción de las cintas	Parámetro de máquina fuera de especificación (temperatura del horno, enfriamiento y templado)	Elongación fuera de especificaciones	Falta de estandarización de temperatura adecuada para hornos	3	3	3	27
				No se controla el flujo de aire en los hornos	3	4	2	24
		Paralización de la línea de producción	Falta de conocimiento acerca del sistema de contracción y estiramiento de cintas y los componentes necesarios	3	3	3	27	
7	Colocación de cintas en bobinas o canillas	Canillas en mal estado	Embobinado incorrecto	No existe control en las canillas	2	2	4	16
		Mantenimiento correctivo inadecuado en las bobinadoras		Personal no apto para la colocación de bobinas de rafia	2	2	4	16
				Falta de manuales para el proceso de embobinado	3	3	4	36

	Embobinado mal ejecutado	Perdida de bobinas	Ausencia de bobinadoras	3	3	3	27
			Operador no apto para el oficio	3	3	3	27

Tabla 38
AMEF para el proceso de telares

PROCESO DE TELARES EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS PP								
Tipo de AMEF			<input type="checkbox"/> Concepto <input type="checkbox"/> Diseño <input type="checkbox"/> Procesos					
Proyecto / Cliente								
Fecha de inicio / Última actualización								
#	Parte del proceso	Modo de falla	Efecto potencial de la gravedad del modo de falla	Causas potenciales	Severidad	Detectabilidad	Ocurrencia	NPR
1	Ubicación de bobinas de rafia en las filetas	Bobinas de urdido fuera de especificación	Diseño final de urdido incorrecto, no apto para producción	Existe desconocimiento de los operadores respecto al manejo y mantenimiento de bobinas	2	3	3	18
		Filetas en mal estado	Cintas de urdimbre débiles o con roturas	Falta de limpieza en filetas	3	3	3	27
		Bobinas mal colocadas	Cintas de urdimbre con presencia de no conformidades	Falta de capacitación acerca de la distribución de bobinas	3	2	3	18

2	Colocación de cintas por los ojales de las filetas	Pasado de las cintas totalmente errado	Cintas de urdimbre débiles o con roturas	No existe cartillas para indicar el pasado de tiras de rafia por ojales	3	3	4	36
				No existe programa de limpieza para las filetas	3	2	4	24
		Filetas en mal estado	Cintas de urdimbre con presencia de no conformidades	Deficiente pasado de cintas tanto interno como externo	3	2	4	24
3	Colocación de cintas por los peines pequeños y grandes	Peines y rodillos en mal estado	Cintas de urdimbre débiles o con roturas	Falta de inspección y mantenimiento en los peines	4	4	3	48
				Falta de capacitación y de manual de procesos acerca del pasado de cintas hacia los ojales	3	2	4	24
		Pasado de las cintas totalmente errado	Cruce de cintas		3	3	4	36
4	Pasado o colocación de cintas por los ojales, compensador y fajas de los telares	Distribución de las cintas totalmente errado	Densidad y gramaje de urdido fuera de especificaciones	No existe procedimiento alguno sobre la distribución de cintas	4	3	3	36
		Componentes de los telares en mal estado	Cintas de urdimbre frágiles	Falta de inspección y limpieza a los ojales, fajas y compensadores	3	2	4	24

5	Enhebrar cintas hacia el centro de los telares	Inadecuado equipo de corte	Ancho de cinta fuera de especificaciones	Componentes como el plato y aro inadecuados	4	2	4	32
6	Acoplar las bobinas de rafia en las lanzaderas	Lanzaderas en mal estado	Gramaje no requerido	Falta de inspección y mantenimiento en las lanzaderas	4	3	3	36
		Colocación de bobinas de trama inadecuada	Diseño del trama indebido	Mala programación de la densidad en los paneles de control	3	3	3	27
		Bobinas de trama equivocadas	Cintas de trama débiles o con roturas	Bobinas de tramas usadas no eran las correctas	3	3	3	27
			Densidad de trama no requerida	No existe manual para la identificación de bobinas respecto al denier, color y ancho de la cinta	2	3	4	24
7	Tejido y embobinado de mangas	Falta de limpieza en telares	Embobinado de manga no cumple especificaciones y mal ejecutado	Falta de mantenimiento preventivo y correctivo	3	3	3	27
		Falta de potenciómetro		Formato de verificación no actualizado	2	3	3	18

3.3.4. Plan de verificación de causas

El esquema de verificación de causas que se muestra en la Tabla 39 se desarrolló sobre la base de aquellas causas potenciales cuyo NPR es de 36 o más de acuerdo con el porcentaje de scrap.

Tabla 39
Verificación del aumento de scrap en producción de sacos PP

Aumento de scrap en la producción sacos PP		
Causa Potencial X	Explicación	¿Cómo verificarla?
Variación en la temperatura al momento de fundir la resina PP en la extrusora.	Se requiere establecer el rango de temperatura para la obtener una mezcla con propiedades dentro de especificaciones	Medición de °C generado por las retenciones durante el proceso de extrusión ANOVA de 1 factor con 3 niveles de temperatura
Variación de la velocidad del tornillo para el paso de mezcla	La variación de velocidad del tornillo no permite que se mezcle debidamente la materia prima con los insumos perdiendo propiedades y afectando el producto final	Medición del RPM del tornillo durante el paso de mezcla. ANOVA de 1 factor con 3 niveles RPM.

Elaboración propia

3.3.5. Verificación de causas del incremento de porcentaje de scrap durante la producción de sacos PP

3.3.5.1. Variación en la temperatura al momento de fundir la resina PP en la extrusora

Se desarrolló un ANOVA de un solo factor y de tres niveles para estudiar el efecto de las fluctuaciones de temperatura en la generación de scrap durante la fundición de resina PP. Para el análisis se utilizaron los rangos de temperatura 90-130 ° C, 131-160 ° C y 161-200 ° C.

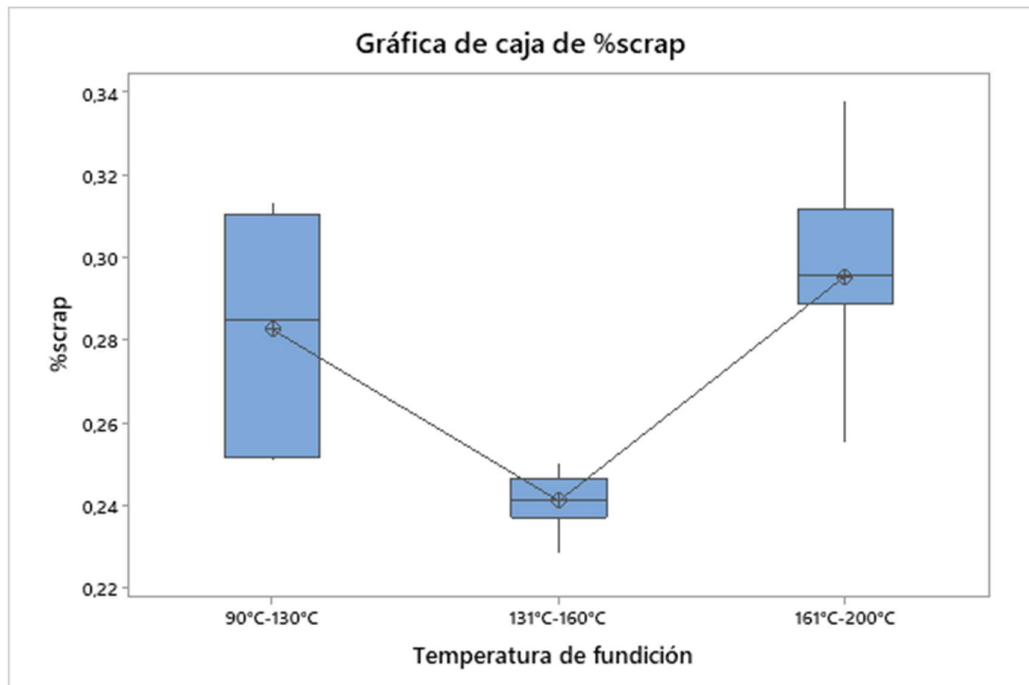


Figura 23 Gráfico de cajas para las pruebas de temperatura de fundición
Elaboración propia

La Figura 23, presenta el grafico de cajas de cajas, el cual muestra el comportamiento de las pruebas que se realizaron, se puede constatar que la prueba cuyo rango de temperatura de 131°C-106°C es la que menor porcentaje de scrap generó.

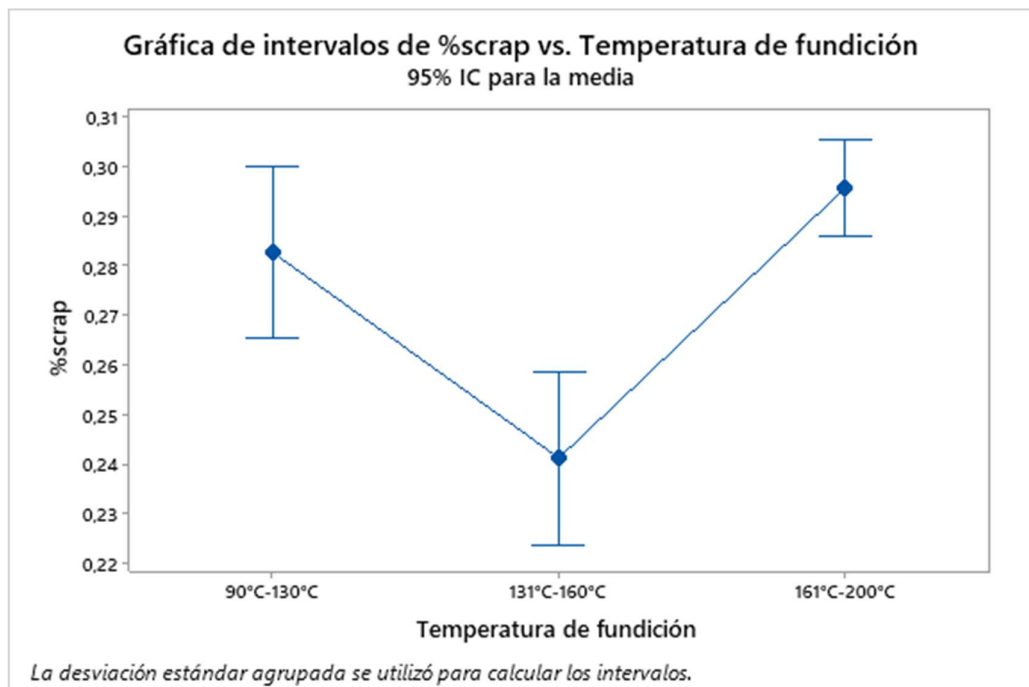


Figura 24 Gráfico de intervalos de confianza para las pruebas de temperatura de fundición
Elaboración propia

En la Figura 24 presenta la gráfica de intervalos refleja que la prueba 90°C-130°C se sobrepone 161°C-200°C, pero ninguna lo hace con la prueba de 131°C-160°C, lo que supone que la media de cada prueba que se superponen es igual.

Para rechazar la hipótesis nula el valor p que se obtuvo del análisis de varianza debe ser menor a 0.05 y se concluye que no todas las medias son iguales, para el análisis realizado se cumple con esta premisa, por lo que se concluye que no todas las medias son iguales.

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
 Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Tabla 40
Análisis de varianza para determinar temperatura de fundición óptima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura de fundición	2	0,01349	0,006743	15,51	0,002
Error	28	0,01217	0,000435		
Total	30	0,02566			

Elaboración propia

Como conclusión, en cuanto al análisis realizado se determina que la temperatura de fundición de resina PP influye directamente en la cantidad de scrap generado durante el proceso, además dicha temperatura no debe ser menor a 131°C ni mayor a los 160 °C. Se deben realizar pruebas dentro del rango de 131°C-160°C para determinar la temperatura óptima.

3.3.5.2. Variación en la velocidad del tornillo al momento de mezclar material en la extrusora

Nuevamente se desarrolló un ANOVA de un solo factor y de tres niveles para estudiar el efecto de las fluctuaciones velocidad en RPM en la generación de scrap durante la mezcla de material por parte del tornillo de la extrusora. Para el análisis se utilizaron los rangos de velocidades de 50 - 80 RPM, 81 - 110 RPM y 111 - 150 RPM.

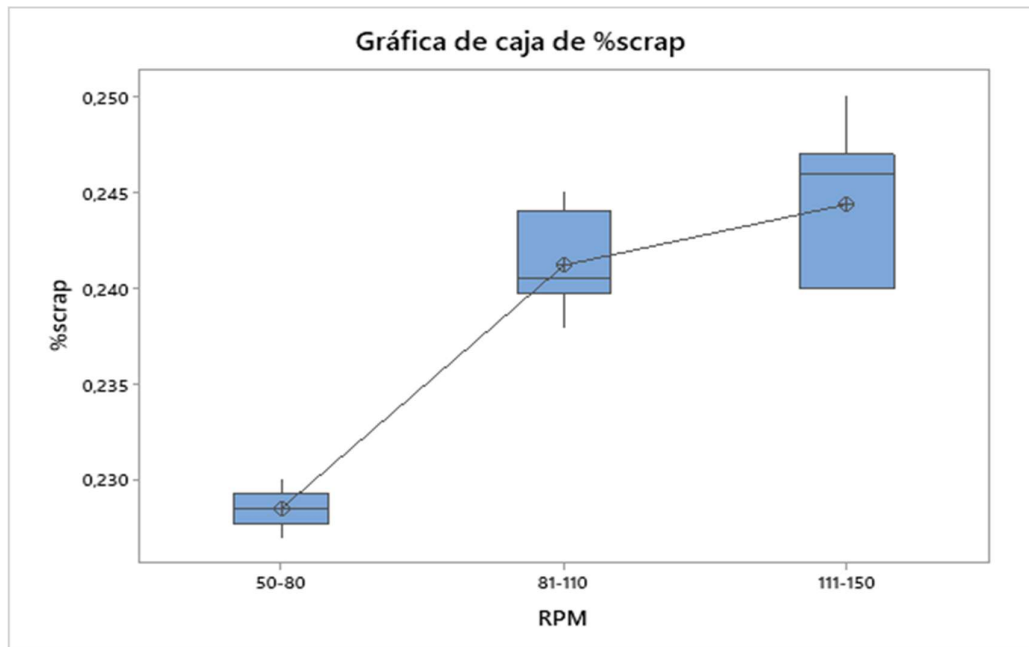


Figura 25 Gráfico de cajas para las pruebas de velocidad del tornillo del extrusor
Elaboración propia

La figura 25, presenta la gráfica de cajas la cual muestra el comportamiento de las pruebas que se realizaron, se puede constatar que la prueba cuyo rango de velocidad de 50-80 RPM es la que menor porcentaje de scrap generó.

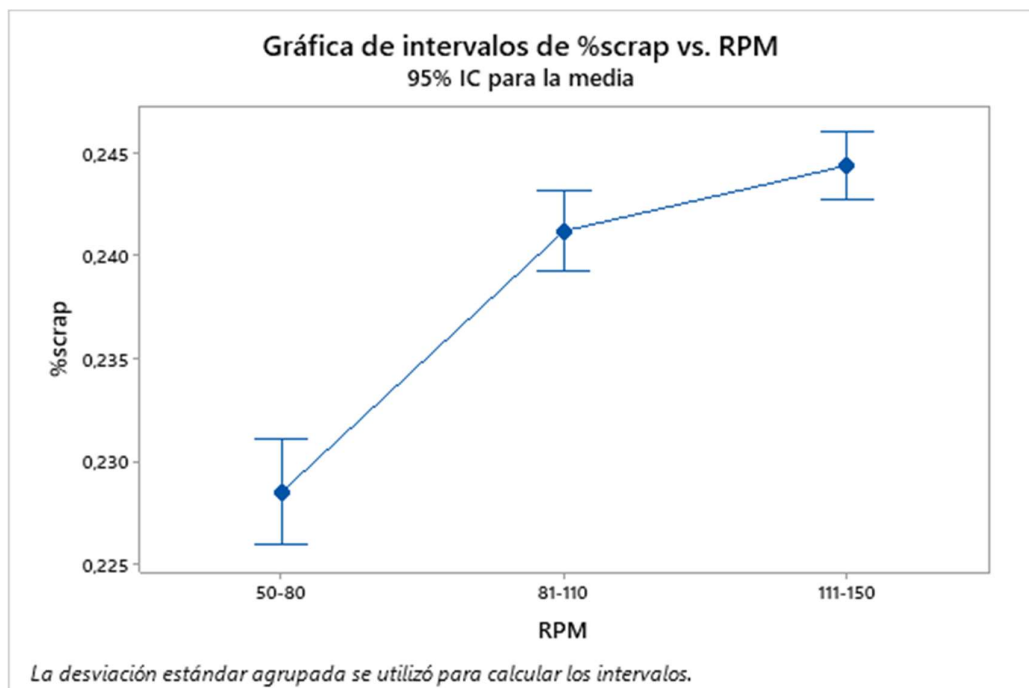


Figura 26 Gráfico de intervalos de confianza para las pruebas de velocidad del tornillo del extrusor
Elaboración propia

En la figura 26 la gráfica de intervalos refleja que la prueba 81-110 RPM se sobrepone en 111-150 RPM, pero ninguna lo hace con la prueba de 50-80 RPM, lo que supone que la media de cada prueba que se sobreponen es igual.

Para rechazar la hipótesis nula el valor p que se obtuvo del análisis de varianza debe ser menor a 0.05 y se concluye que no todas las medias son iguales, para el análisis realizado se cumple con esta premisa, por lo que se concluye que no todas las medias son iguales.

Tabla 41
Análisis de varianza para determinar velocidad del tornillo óptima

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RPM	2	0,001096	0,000548	58,21	0,000
Error	28	0,000264	0,000009		
Total	30	0,001360			

Elaboración propia

Como conclusión, en cuanto al análisis realizado se determina que la velocidad del tornillo para la mezcla de material influye directamente en la cantidad de scrap generado durante el proceso, además esta velocidad debe estar dentro del rango de 50-80 RPM. Se deben realizar pruebas dentro del rango establecido para controlar dicho proceso y reducir el porcentaje de scrap.

3.3.6. Análisis de las causas verificadas

Se empleó la herramienta de 5 ¿Por qué? para el análisis de las causas verificadas, misma que se presenta en la tabla 42.

Tabla 42
Herramienta 5 ¿Por qué? para análisis de causas verificadas en generación de scrap

Aumento % de scrap en producción de sacos de PP					
Causas potenciales	¿Por qué?				
	1	2	3	4	5
Variación en la temperatura al momento de fundir la resina PP en la extrusora.	Operadores no controlan la temperatura de fundición.	No existe estandarización de este proceso	No se ha determinado la temperatura de fundición óptima.	Los componentes encargados de la temperatura con falta de desgastados	Falta de tareas de inspección
Variación de la velocidad del tornillo para el paso de mezcla	Los operadores no controlan la velocidad del tornillo durante la mezcla de material	No existe estandarización de este proceso	No se ha determinado la velocidad óptima del tornillo	Presencia de material indeseado dentro del tornillo	Falta de tareas de inspección

Elaboración propia

3.4. Etapa de mejora

De acuerdo con los datos obtenidos en la fase de analizar, la verificación de causas permitió comprobar que luego de realizar las acciones planteadas en el AMEF, las pruebas de control enfocadas en los procesos tanto de extrusión como en los telares presentaron resultados favorables, siguiendo estos procedimientos se puede obtener un menor porcentaje de desecho.

Cabe mencionar que la propuesta de mejora realizada se presenta en el capítulo de resultados en la sección 4.1 y 4.2 respectivamente.

3.5. Etapa de control

En línea con las mejoras propuestas en la propuesta de mejora para reducir los niveles de scrap en al menos un 5% anual, se implementan los controles adecuados para asegurar que este proceso de mejora tenga los resultados esperados a largo plazo y reduzca la producción de scrap hasta el 18% permitido de la empresa. La tabla 43 muestra cómo se implementan los controles para mantener esta reducción anual de aproximadamente $\pm 5\%$ de los residuos en la producción de sacos PP.

Tabla 43
Plan de seguimiento

¿Qué voy a controlar?	Actividades	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Quién?
Calibración de los equipos de planta.	Verificación con pesos patrón y calibración.	Revisión de registro de reacción y formatos de calibración, auditoría al proceso en el arranque de la producción.	Quincenalmente.	Jefe de planta.
Verificación de la temperatura de fundición	Revisión de la temperatura de fundición	Revisar los registros de producción y comparar la cantidad de horas producidas contra la cantidad de scrap generado	Quincenalmente.	Jefe de planta / Analista de calidad
Verificación de la velocidad del tornillo	Revisión de los RPM del tornillo	Revisar los registros de producción y comparar la cantidad de horas producidas contra la cantidad de scrap generado	Quincenalmente.	Jefe de planta / Analista de calidad

Estado de los telares y sus componentes	Revisión por lista de verificación de las condiciones de los telares	Especificaciones del plan de mantenimiento diseñado	Quincenalmente.	Mantenimiento
---	--	---	-----------------	---------------

Elaboración propia

3.5.1. Carta de control

Con la información obtenida en la mejora se realizó la carta de control para el proceso de producción de sacos PP, la figura 34 detalla la gráfica de control donde los rangos móviles presentan la variación de todo el proceso, dado que todos los puntos de la gráfica están dentro de los límites de control, por ende, se determina que la variación está controlada.

La implementación la carta de control permite observar gráficamente el progreso del proceso. El promedio obtenido fue del 23,4%, con un límite superior del 26,23% y un límite inferior del 20,57%. Si el proceso está controlado, todos los puntos deben situarse dentro de los límites.

Para el personal responsable de registrar esta información es recomendable una capacitación sobre cómo procesar y verificar estas cartas. La observación de valores fuera de límite significa que el proceso es inestable y se debe realizar un análisis adecuado para determinar la causa de la desviación.

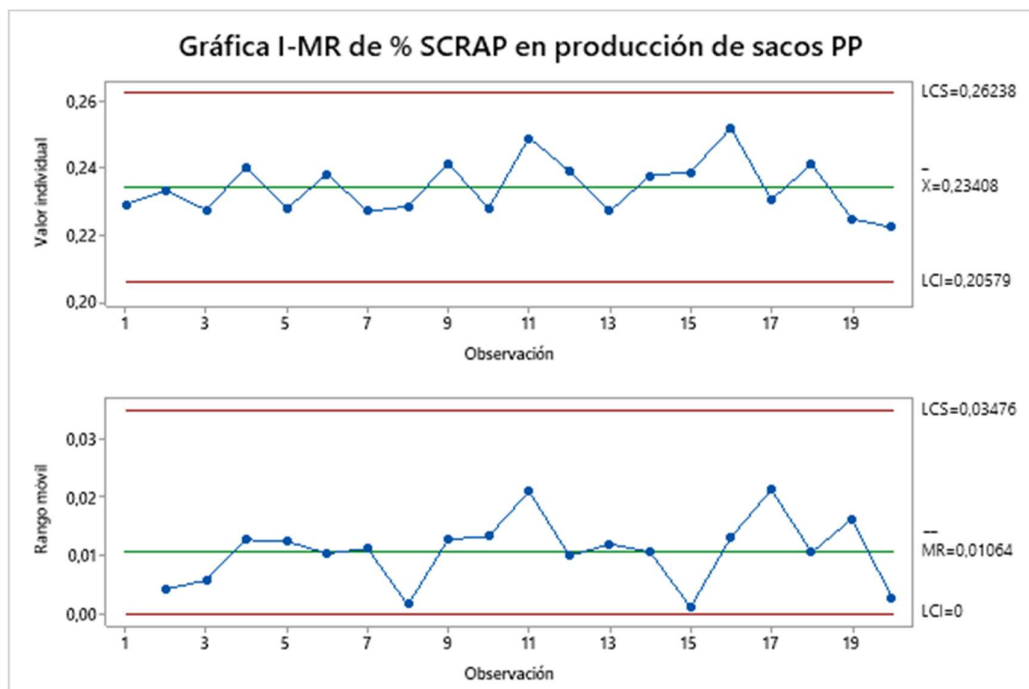


Figura 27 Grafica de control I-MR para el porcentaje de scrap generado en producción de sacos PP
Elaboración propia

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Propuesta de mejora

Para la reducción del porcentaje de scrap en la producción de sacos PP se detalla en la tabla 44 y la tabla 45 correspondiente a los procesos de extrusión y telares respectivamente:

Tabla 44
Propuesta de mejora en los procesos de extrusión en producción de sacos PP

PROPUESTA DE MEJORA EN EXTRUSORA			
Causa	Mejora	Situación actual	Propuesta
Temperatura de fundición de resina PP variado	M1. Establecer el rango de temperatura idónea para fundir resina PP	Al no fundirse debidamente la resina PP, existirá materia prima fuera de especificación, comprometiendo la composición de la mezcla y por ende los hilos de rafia	Determinar rango de temperatura durante la fundición de resina PP relacionando los °C y el porcentaje de scrap.
	M2. Estandarización de procesos en la extrusora	Los operarios tienen desconocimiento sobre los procesos y actividades a ejecutar durante el proceso en mención	Rediseñar e implementar proceso el cual sea socializado mediante capacitaciones
	M3. Plan de mantenimiento a la extrusora	Solo se aplican tareas de mantenimiento correctivo	Diseñar y aplicar plan de mantenimiento preventivo a la extrusora
	M4. Capacitación del personal encargado del proceso de extrusión	Falta de conocimiento respecto al manejo de máquinas en la línea de sacos PP	Plan de capacitación acerca del manejo y control de la extrusora
Velocidad del tornillo en la extrusora	M5. Determinar velocidad óptima del tornillo para mezcla de material	La velocidad del tornillo durante la mezcla de materia prima e insumos no es eficiente	Determinar la velocidad óptima para obtener el mejor rendimiento en la mezcla relacionando los RPM del tornillo con el porcentaje de scrap
	M6. Aplicar cartas de control	No existe tareas de control durante el proceso de extrusión	Generar cartas de control durante el proceso de extrusión.

Elaboración propia

Tabla 45
Propuesta de mejora para el proceso de telares en producción de sacos PP

PROPUESTA DE MEJORA EN TELARES			
Causa	Mejora	Situación actual	Propuesta
Pasado de cintas en estructura de telares (ojales, peines y lanzaderas)	M7. Estandarización de procesos para los telares	Los operarios tienen desconocimiento sobre los procesos y actividades a ejecutar durante el proceso en mención	Rediseñar e implementar proceso el cual sea socializado mediante capacitaciones
	M8. Diseño de cartilla para pasado de cintas	El operario en el proceso de telares tiene errores al momento de pasar cinta de rafia	Diseñar e implementar una cartilla para el pasado de las cintas de rafia
Estado de los ojales, peines y lanzaderas	M9. Plan de mantenimiento en telares	Tareas de mantenimiento ineficientes	Diseñar y aplicar plan de mantenimiento preventivo y correctivo a los telares
	M10. Aplicar formatos de control en estado telares	No existe tareas de control durante el proceso de telares	Generar cartas de control durante el proceso de telares

Elaboración propia

4.2. Análisis e implementación de la propuesta de mejora

A parte de las tareas de mantenimiento, las mejoras propuestas no requieren de algún tipo de inversión económica, puesto que solo se requirió del cambio de parámetros óptimos para los procesos más críticos de parte de la extrusora y los telares, además de programas de capacitación para que el personal encargado sepa cómo debe actuar y reaccionar en caso de presentarse alguna anomalía en los procesos en mención. Durante todo este apartado se presentan las mejoras propuestas.

4.2.1.1. *M6 y M10 Aplicar reportes de control durante los procesos de extrusión y telares*

Debido a que presentan la misma finalidad se procedió a combinarse estas mejoras. Es necesario aplicar tareas de control durante y después de la producción en los procesos de extrusión y telares a fin de tener en orden cada elemento necesario para el correcto rendimiento de estos procesos, además, permitirá tener un registro a tiempo real sobre la generación de scrap.

4.2.1.2. *M3 y M9 Plan de mantenimiento a la extrusora y telares*

Como en la sección anterior, se ha combinado los dos objetivos de mejora para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permite mejorar el rendimiento de las máquinas involucradas, que para este caso fueron las extrusoras StarEX y SUKA, además de los telares con los que cuenta la empresa, con el objetivo de evitar las variaciones en los parámetros de producción de sacos PP.

El Anexo 1 detalla el plan de mantenimiento propuesto para la extrusora y los telares, mientras que la tabla 46 detalla los parámetros a considerar para determinar el tipo de actividad a realizar.

Tabla 46
Parámetros según el nivel de revisión

	Nivel de revisión	Limite	Actividad realizada	Equipo especial		Acción tomada
				Si	No	
Revisión de rutina	Estándar	Proceso no invasivo	Limpieza de rutina	X		Se realiza el cambio si dentro de las 5 especificaciones presentadas, existen más de 4 averías o fallas.
			Inspecciones diarias de aprox. 10 min.	X		
			Revisión de aceites y líquidos consumibles aprox. 15 min	X	X	
			Engrase de rutinas aprox. 10 min	X	X	
			Detección de anomalías	X		
Revisión intermedia	Medio	Proceso semi invasivo	Cambio de aceite y filtros	X		Se realiza el reemplazo en caso de que las 4 especificaciones se encuentra un mal desempeño
			Calibraciones rutinarias	X		
			Verificar parámetros de servicio		X	
			Reemplazo de partes	X		
Revisión experta	Específico	Invasivo	Despiece parcial	X		Se realiza el cambio solo en caso de existir 3 inconformidades
			Calibración específica	X		
			Revisar las tolerancias de las piezas	X		
			Soldadura e inspección	X		
			Ajustes específicos	X		
Revisión avanzada	Avanzada	Invasivo	Despiece total	X		Se procede con el reemplazo si al menos se encuentra una inconformidad.
			Pruebas avanzadas	X		
			Calibraciones avanzadas	X		

Elaboración propia

4.2.1.3. M4 Capacitación del personal encargado del proceso de extrusión

La tabla 47 presenta el programa de capacitación propuesto, mismo que dispone de contenido para mitigar los efectos adversos que se identificaron en la etapa de mejora.

Tabla 47
Programa de capacitación propuesto

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN
Módulo I
Sistema y partes de las máquinas extrusora y telares
Reconocimiento de materia prima, insumos y consumibles
Condiciones de operación de máquina
Métodos de trabajo: procedimientos, instructivos, formatos, etc
Módulo II
Como reaccionar ante posible fallas
Manejo de indicadores de capacidad del proceso
Puntos de origen de scrap en la línea de sacos de PP

Elaboración propia

4.2.1.4. M8. Diseño de cartilla para pasado de cintas

Durante el funcionamiento de los telares, se consideró diseñar una cartilla de pasado de tiras o cintas de rafia hasta los ojales, esto es para que el operador tenga un instructivo de respaldo en caso de que se generen dudas para esta actividad, además se garantiza un correcto pasado, evitando tensión entre ambos y posibles roturas, dicha cartilla se presenta en la Figura 28.

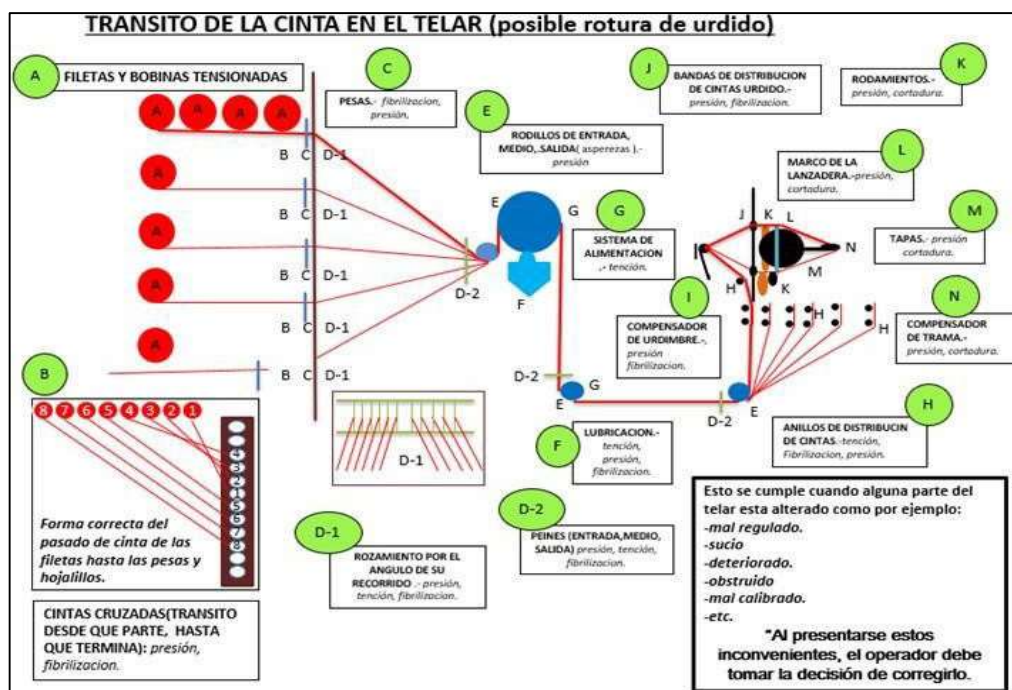


Figura 28 Cartilla para el pasado de tiras de rafia hasta los ojales
Elaboración propia

4.2.1.5. M1. Establecer el rango de temperatura idónea para fundir resina PP

Para determinar la temperatura óptima se realizó un estudio a diferentes grados centígrados (°C) en la extrusora, partiendo del rango de seleccionado en el apartado 3.3.5.1. variación de temperatura de fundición durante la producción de sacos PP. Esto se realizó en conjunto con el equipo de calidad y gerente de producción a fin de garantizar una buena producción. La temperatura que se emplea es de 131 a 160 °C por lo que se determinó realizar las pruebas por rangos de temperatura, seccionándose de la siguiente manera:

1. 131-140 °C
2. 141-150 °C
3. 151-160 °C

A partir figuras 29 hasta la 31 presenta los resultados obtenidos del muestreo a 10 lotes de producción, con los distintos rangos de temperatura planteados, siendo la figura 29

el rango idóneo (141°C - 160°C) de temperatura para la fundición de resina PP, dado que el 60% de las muestras se encuentran dentro de las especificaciones.

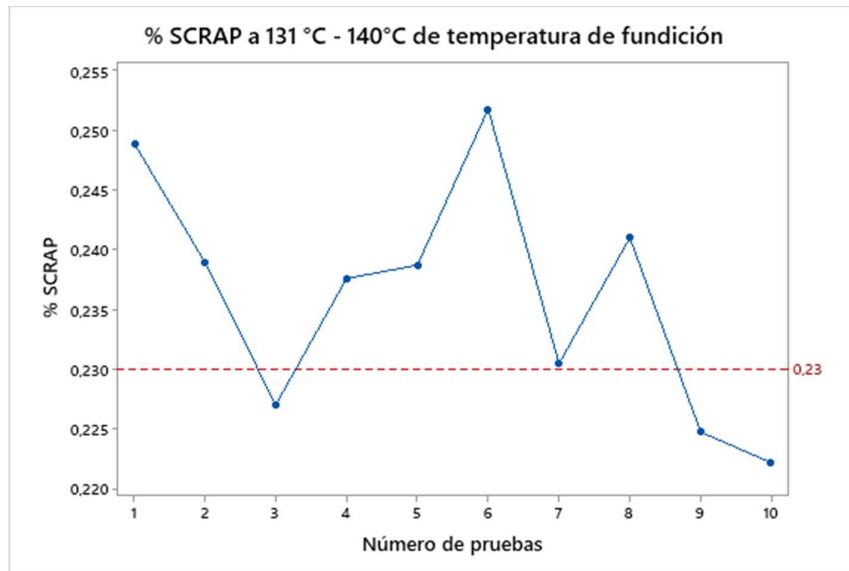


Figura 29 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 131°C - 140°C
Elaboración propia

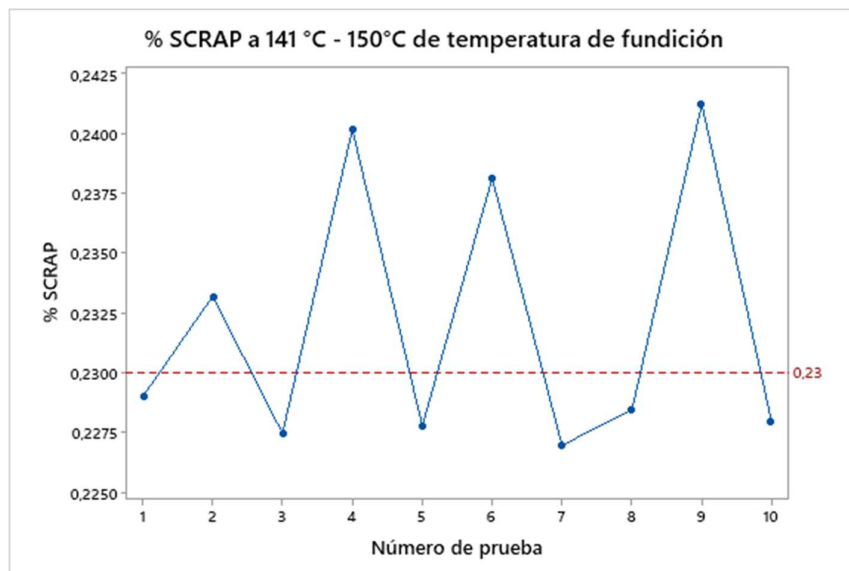


Figura 30 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 141°C - 150°C
Elaboración propia

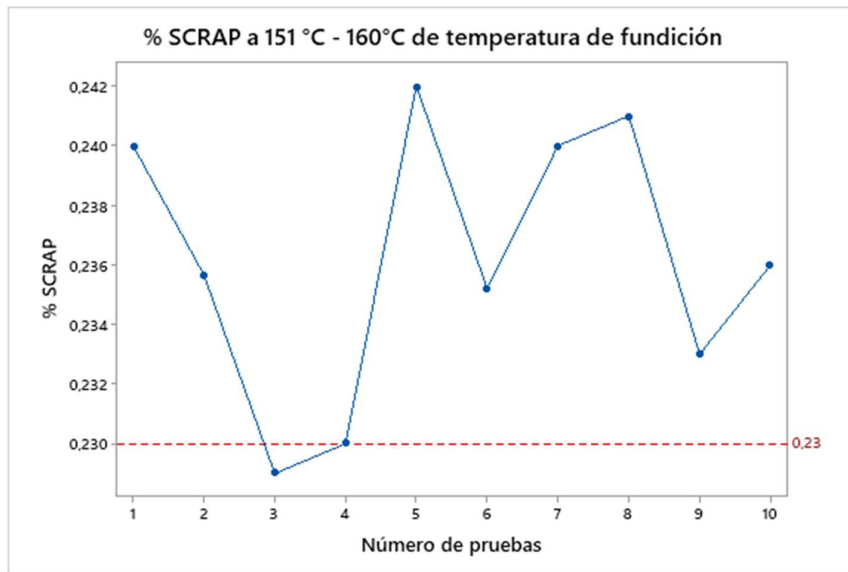


Figura 31 Porcentaje de scrap generado durante la fundición de resina PP a 151 °C-160°C
Elaboración propia

4.2.1.6. M5. Determinar velocidad óptima del tornillo para mezcla de material

Para determinar la velocidad óptima se realizó un estudio a diferentes RPM del del tornillo de la extrusora. Esto se realizó en conjunto con el equipo de calidad y mantenimiento para garantizar la operatividad de los equipos. La velocidad que se emplea se encuentra dentro del rango de 50 a 80 RPM, misma que se determinó en el apartado 3.3.5.2 Variación de velocidad del tornillo al momento de mezclar material, la figura 32 presenta los resultados obtenidos del muestreo a 10 lotes de producción.

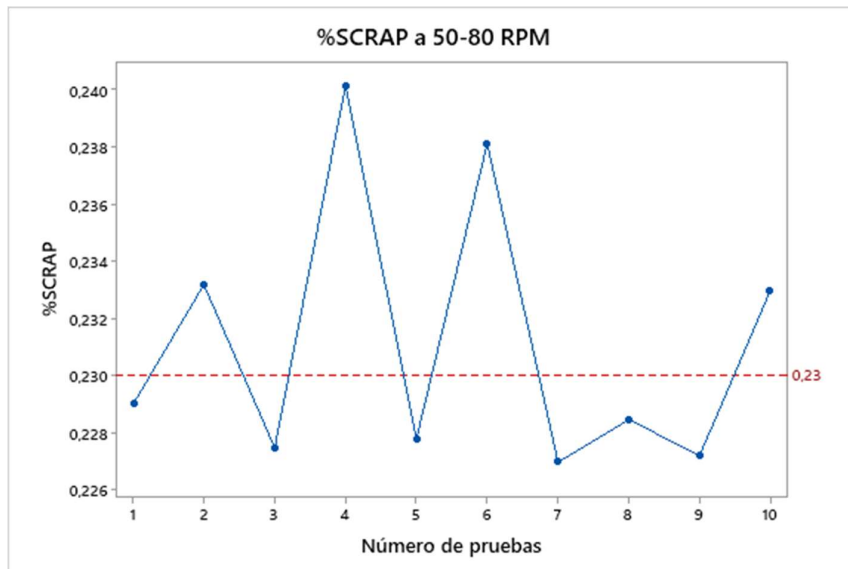


Figura 32 Porcentaje de scrap generado durante la mezcla de material en el tornillo a 50-80 RPM
Elaboración propia

4.2.1.7. M2. y M7. Estandarización de procesos en la extrusora y telares

La reestructuración de los procesos de extrusión y telares fue aplicada, considerando los nuevos parámetros de operación que se obtuvieron al determinar la temperatura fundición y velocidad del tornillo para la mezcla de material, además se puede evidenciar en las figuras 33 y 34, la incorporación de subprocesos de control y documentación

Los nuevos procesos establecidos deben ser socializados con los operadores para una mejor comprensión y evitar futuros errores.

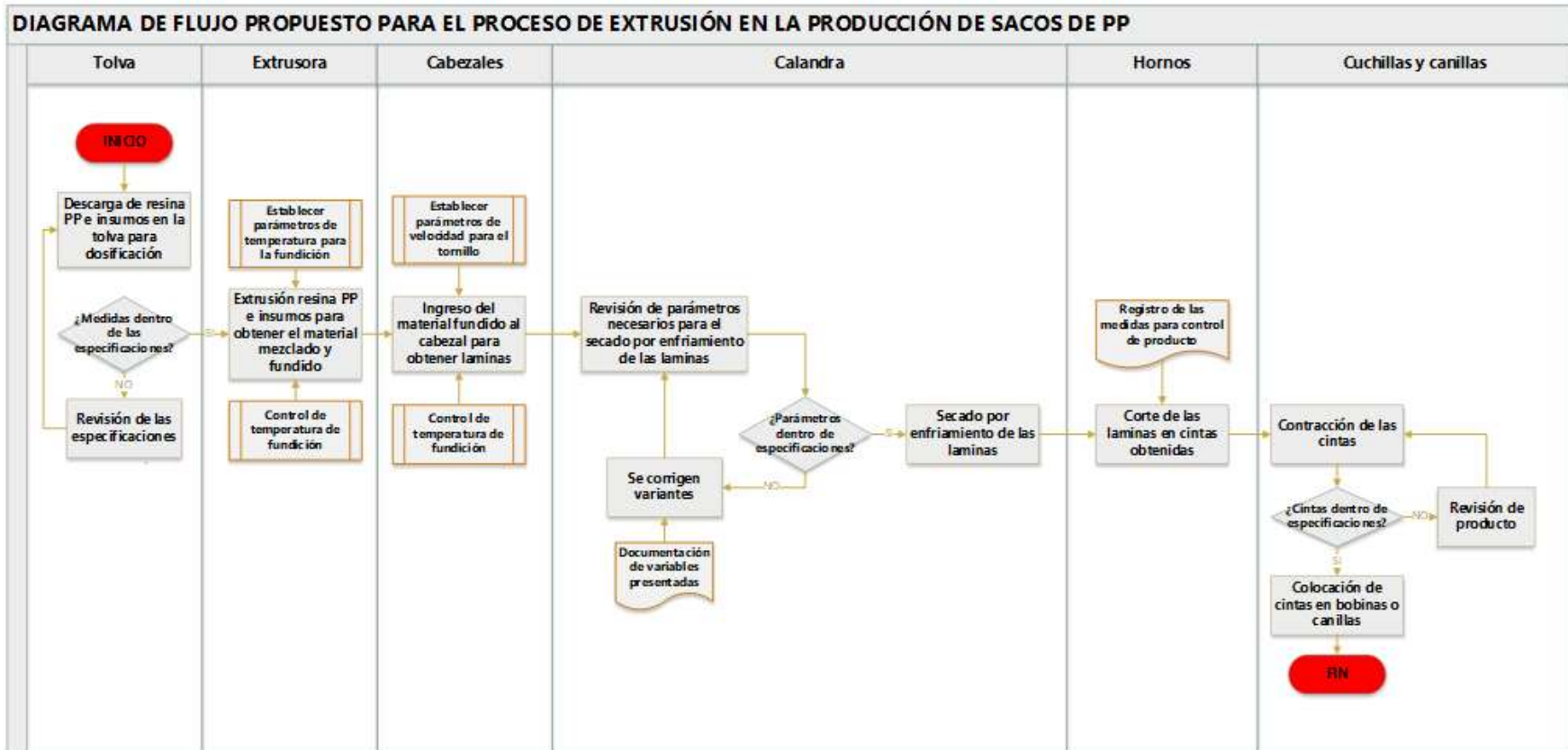


Figura 33 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de extrusión
Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTO PARA EL PROCESO DE TELARES EN LA PRODUCCIÓN DE SACOS DE PP

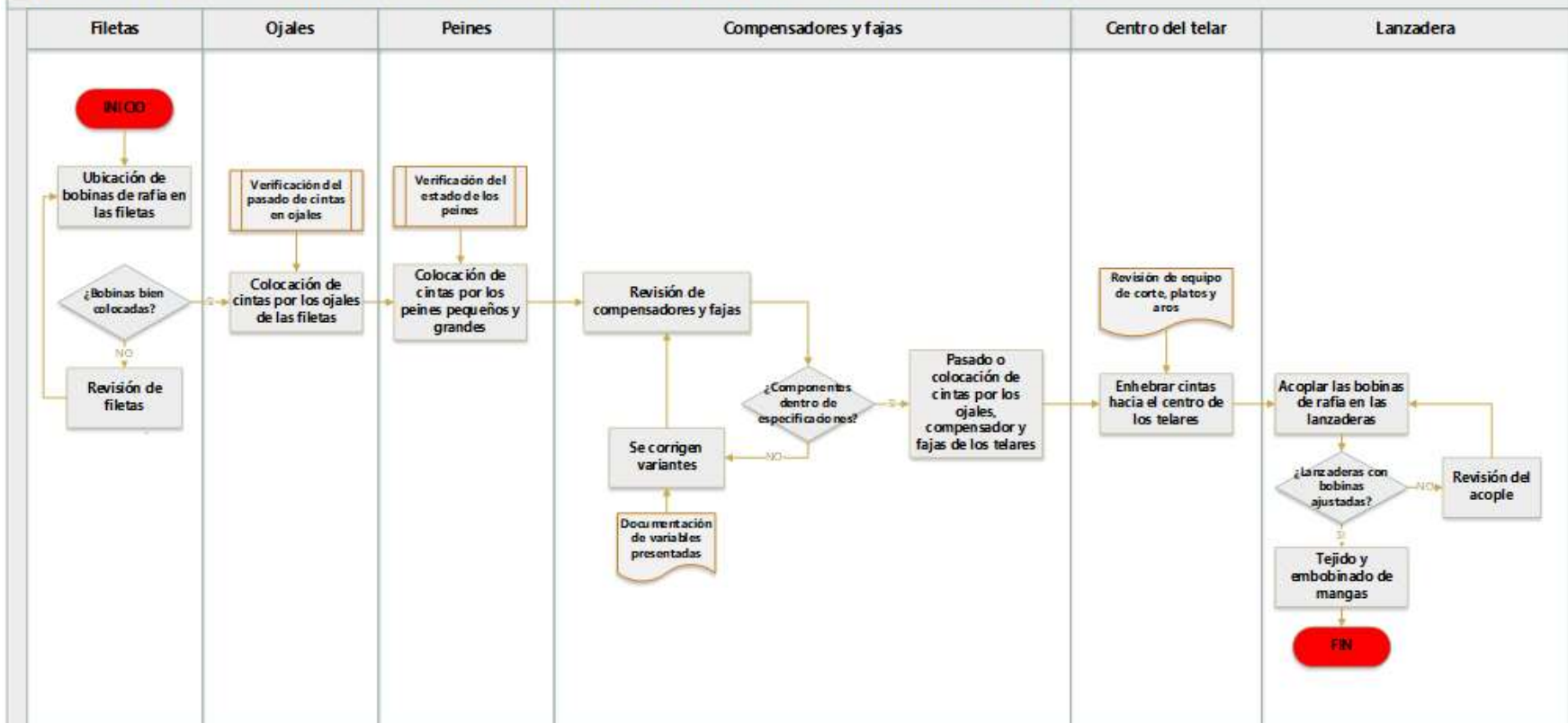


Figura 34 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de telares
Elaboración propia

Luego de realizar las pruebas presentadas en la propuesta de mejora se registró la información desde el 13 de febrero hasta el 15 de marzo del 2021, en total se tomaron datos a 20 lotes de sacos PP.

El resumen de la información se muestra en la tabla 48 donde se puede ver la mejora realizada.

Tabla 48
Resultados obtenidos del porcentaje de scrap generado en la producción de sacos PP

Número de reacciones	Temperatura de fundición de resina PP	Velocidad de agitación	Porcentaje promedio de scrap en producción de sacos PP
20	141-150 °C	50-80 RPM	23.40%

Elaboración propia

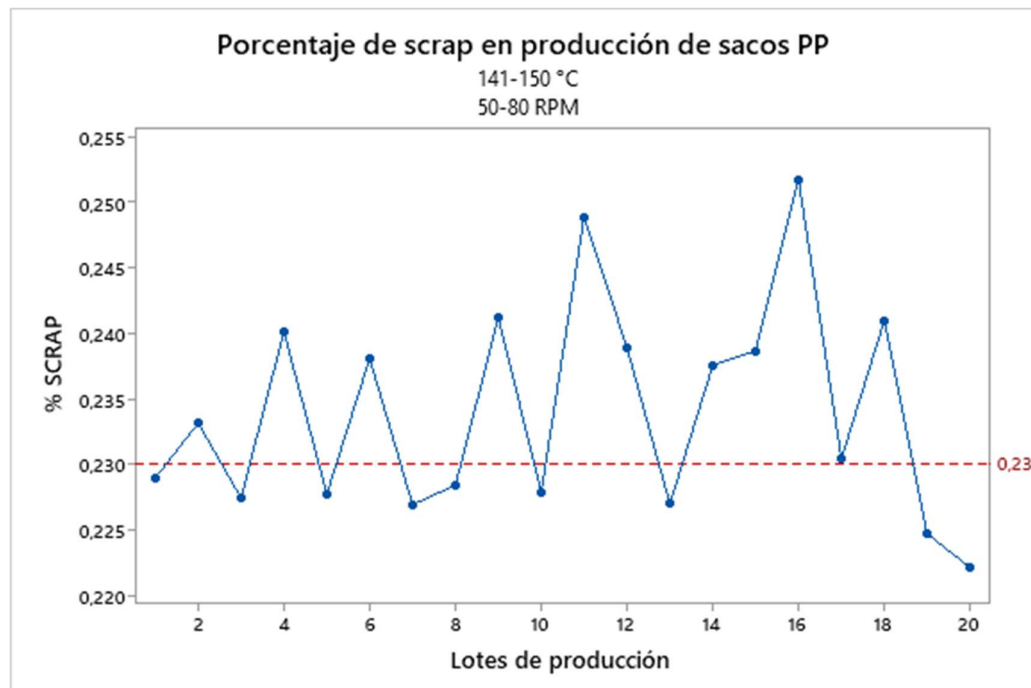


Figura 35 Porcentaje de scrap generado luego de las mejoras implementadas
Elaboración propia

La figura 35 presenta los resultados obtenidos en cuanto a la generación de scrap durante la producción de sacos PP, se conoce que el objetivo del trabajo es reducir al menos en un 5% anual el porcentaje de scrap, para lo cual se estableció un límite de scrap permitido objetivo, siendo este del 23%, en cuanto al porcentaje obtenido luego de las mejoras se obtuvo un 23.4% valor muy cercano al objetivo planteado.

De acuerdo con el último registro del porcentaje de scrap generado en la empresa en el 2020 (27,71%), de acuerdo con los resultados obtenidos por el presente trabajo durante el periodo de estudio se redujo a un total de 4.31% la cantidad de scrap generado en la producción de sacos PP.

CONCLUSIONES

El diagnóstico inicial realizado en la empresa en cuanto al porcentaje de merma de scrap generado durante el periodo 2017-2020 dio como resultado que durante el año 2020 dicho índice llegó a casi un 28% de scrap un 10% más del límite permitido, partiendo de esa premisa se decidió en proponer mejoras al proceso de producción de sacos de PP.

Dentro de los principales procesos de producción de sacos de PP de acuerdo con los registros de scrap que genera cada uno de estos sumado a la aplicación del diagrama de Pareto, se determinó que el 78% del scrap generado es a causa del proceso de extrusión y telares.

La validación del sistema de medición datos de los indicadores de calidad del proceso de extrusión (denier y elongación) y de telares (ancho de manga y gramaje) de la mano del estudio R&R aplicado en la etapa de medición, determino que dichos sistemas son confiables descartando que sean los principales responsables en la generación de scrap. Sin embargo, el desempeño de estos procesos según los informes de capacidad indicó que no son capaces de cumplir con los requisitos que exige el proceso general sumado a los requerimientos de los clientes, ya que los indicadores de capacidad a corto y largo plazo eran inferiores al 1.33 para considerarse un proceso Six Sigma capaz.

El diagrama de Ishikawa y el análisis AMEF realizados en la etapa de análisis, determinaron que las causas potenciales para la generación de scrap en el proceso de extrusión se relacionaban con la temperatura de fundición de resina PP y la velocidad del tornillo de la extrusora durante la mezcla de material, mientras que en el proceso de telares la causas potenciales identificadas se concentraban en el desconocimiento del operador durante el pasado de las tiras de rafia por los ojales, peines y lanzaderas de los telares.

La temperatura de fundición de resina PP y la velocidad del tornillo durante la mezcla presentaban constantes variaciones en sus parámetros lo que influía en la generación de scrap por lo que fue necesario establecer un rango óptimo para cada situación. La temperatura óptima para reducir el porcentaje de scrap generado comprende un rango de 141-150 °C para una correcta fundición de la resina PP, mientras que para la velocidad del tornillo se requiere de una intervalo de velocidad de 50-80 RPM para una correcta mezcla de material.

Luego de aplicar las mejoras en estos procesos, además de proponer capacitaciones al personal, diseñar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a las maquinarias presentes en los procesos a mejorar y estandarizar dichos procesos se obtuvo una reducción del 4.31% respecto a la generación de scrap.

RECOMENDACIONES

Realizar pruebas ANOVA variando la presión, velocidad de giro y temperatura de los rodillos de la calandra, el cual se considera un proceso importante dentro de la producción de sacos de PP.

Evaluar las causas potenciales que obtuvieron un NPR que las considere un riesgo semi crítico para proponer posibles mejoras.

Fomentar los proyectos de mejora de posesos en las demás líneas de la empresa a fin de mejorar la capacidad operativa de esta.

Evaluar cada máquina presente en los demás procesos para la producción de sacos PP, con el objetivo de proponer un proyecto de mejora en cada máquina, sumado a que el departamento de mantenimiento diseñe un plan de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, E. N. (2017). *Metodología e implementación de Six Sigma*. Valencia : 3c empresa.
- Bacoup, P., Michel, C., Habchi, G., & Pralus, M. (2018). From a quality management system (QMS) to a lean quality management system (LQMS). *The TQM Journal*.
- Barrios, M. A. (2016). Use of six sigma methodology to reduce appointment lead-time in obstetrics outpatient department. . *Journal of medical systems*, 40(10), 1-15.
- Bedoya, P. (2018). *Optimización del proceso de impresión offset para reducir los costos de producción de envases industriales en la empresa industrias del envase 2016-2017* .
- Benzaquen-De las Casas, J. &-C. (2016). El ISO 9001 y TQM en las empresas de Ecuador. . *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad* , 10(3).
- Bouranta, N. P. (2017). Identifying the critical determinants of TQM and their impact on company performance. *The TQM Journal*., 147-266.
- Carmignani, G. (2017). Scrap value stream mapping (S-VSM): a new approach to improve the supply scrap management process. *International Journal of Production Research*, 3559–3576.
- Chugani, N. K.-R.-L. (2017). Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*., 105-114.
- De la Hoz, E., Vélez, J., & López, L. (2017). Modelo de programación lineal multiobjetivo para la logística inversa en el sector plástico de polipropileno. *Información tecnológica*, 28(5), 31-36.
- Distribuidora Don Ramis. (7 de Octubre de 2020). *DDR*. Obtenido de <https://www.donramis.com.mx/precios.php>
- Garza, R., González, C., & Rodriguez, E. (2016). Aplicacion de la metodologia DMAIC de Seis Sigma con simulacion discreta y tecnicas multicriterio. *REVISTA DE METODOS CUANTITATIVOS PARA LA EMPRESA*, 19-35.
- Geldres, J., & Vallejos, A. (2019). *"Análisis de metodologías para mejorar la calidad en las empresas industriales en América"*. Una revisión de la literatura científica de los últimos 6 años . Lima: Universidad Privada del Norte.
- Google Maps . (1 de Enero de 2021). *Google Maps* . Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Grupo+Manobanda/@-1.0203222,-79.4541874,184m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902b4dc22eae2669:0xebac1b6bf2908af7!8m2!3d-1.0198858!4d-79.4538934>
- Hualla, R., & Cárdenas, C. (2017). *Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas pvc y pead aplicando herramientas de calidad y lean manufacturing*.
- Ibero Plast. (2 de Febrero de 2021). *www.iberoplast.pe*. Obtenido de <https://www.iberoplast.pe/blog/sacos-polipropileno-tejido-laminado/>

- Intriago, F. R. (2019). Impacto de la TQM en la administración del sector financiero. . *Dominio de las Ciencias*, 196-206.
- Koripadu, M. &. (2015). Problem solving management using Six Sigma tools & techniques . *International Journal of Scientific and Technology Research*, 91-93.
- Medina, F., Díaz, A., & Cardenas, C. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 17(1), 59-69.
- Medina, F., Díaz, A., & Cardenas, C. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 17(1), 59-69.
- Mera, A. (2020). *Propuesta de Mejora de la trazabilidad de producto en proceso, para control de calidad en la producción de bolígrafos* . Guayaquil.
- Minitab 19. (19 de Marzo de 2021). *Soporte Minitab 19*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/gage-r-r-analyses/is-my-measurement-system-acceptable/>
- Nasim, K. (2018). Role of internal and external organizational factors in TQM implementation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1014–1033.
- Ortiz, C., Troncoso, A., Acosta, D., & Begambre, R. T. (2019). Utilización de Herramientas de Calidad para la Mejora en los Procesos de Extrusión de Plásticos . *Boletín de Innovación, Logística Y Operaciones*, 1(1), 1-7.
- Oscanoa, G. (2019). *Factores de la merma de producción en la línea de soplado policarbonato, empresa plásticos básicos de exportación SAC*.
- Palma, H., Parejo, I., & Sierra, D. (2018). Gestión de la calidad: elemento clave para el desarrollo de las organizaciones. *Criterio libre*, 16(28), 169-185.
- R. Gopura, T. J. (2020). Analysis, Modeling and Simulation of a Poly-Bag Manufacturing System . *Department Mechanical Engineerin*, 256-265.
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thüerer, M. (2019). Total quality management and quality circles in the digital lean manufacturing world. *International Conference on Advances in Production Management Systems* (págs. 1518-1521). Springer.
- Rueda, F. (2020). *Plan de mejora del proceso de producción de sacos de polipropileno, aplicando herramientas de Lean Manufacturing, para incrementar la productividad en la empresa PROCOMSAC Chiclayo, 2018*. Chiclayo.
- Shields, M. (2019). *Research Methodology and Statistical Methods*. Scientific e-Resources.
- Solís-Granda, L. E.-M.-R. (2019). *Diagnóstico de la necesidad de implementación de la metodología "Six Sigma" en mipymes de manufacturas de la ciudad de milagro*. Milagro.

- Srinivasan, K. M. (2016). Six Sigma through DMAIC phases: a literature review. .
International Journal of Productivity and Quality Management, , 236-257.
- Suárez, , G. (2019). *Mejoramiento del proceso de producción de sacos laminados y convencional del área de telares de una empresa en la ciudad de Guayaquil* .
Guayaquil.
- Talapatra, S. U. (2018). Development of an implementation framework for integrated management system based on the philosophy of total quality management. .
American Journal of Industrial and Business Management, 1507-1510.
- Vidal Plastic. (2 de Febrero de 2021). *www.reciclajechile.wixsite.com*. Obtenido de <https://reciclajechile.wixsite.com/vidalplastic/about>
- Zambrano, M., Véliz, V., Armada, E., & López, M. (2018). Los costos de calidad: su relación con el sistema de costeo ABC. *Cofin Habana*, 12(2), 179-189.

ANEXOS

Anexo 1 Plan de mantenimiento a la extrusora

PLAN DE MANTENIMIENTO			
Área:	Sacos de polipropileno	Línea: sacos PP	
Máquina	Componente	Clase	Tipo
Extrusora de resina PP	Mantenimiento a las resistencias	Revisión intermedia	Mecánico
	Medir la eficiencia de las resistencias	Revisión experta	Mecánico
	Inspeccionar que la termo cúpula no esté en malas condiciones o abierta	Revisión básica	Mecánico
	Verificar si las líneas de potencia se encuentran ajustadas	Revisión básica	Electrónico
	Limpieza de tablero de mando	Revisión de rutina	Electrónico
	Revisión de componentes eléctricos	Revisión experta	Electrónico
	Verificar variación en temperatura en el cilindro	Revisión experta	Mecánico
	Revisión de los moldes de las preformas	Revisión intermedia	Mecánico
	Verificar estado de tapa a presión e identificar fugas	Revisión intermedia	Mecánico
	Revisar sistema hidráulico que permite el sellado al momento de ingresar el molde	Revisión experta	Mecánico
	Volumen de aceite hidráulico	Revisión básica	Mecánico
	Revisión de tornillos flojos	Revisión de rutina	Mecánico
	Retirar resina pegada	Revisión de rutina	Mecánico

Anexo 2 Plan de mantenimiento a los telares

PLAN DE MANTENIMIENTO			
Área:	Frascos PET	Línea: Sacos PP	
Máquina	Componente	Clase	Tipo
Telares	Cambio de lanzaderas	Revisión intermedia	Mecánico
	Engrasar rodamientos	Revisión experta	Mecánico
	Cambio del driving roll	Revisión básica	Mecánico
	Cambio de cadenas del motor del bobinador	Revisión básica	Mecánico
	Cambio de rodamientos de despegue	Revisión de rutina	Mecánico
	Revisión de componentes eléctricos	Revisión experta	Electrónico
	Revisión de bandas de accionamiento	Revisión experta	Mecánico
	Cambio de rodamiento trifásico	Revisión intermedia	Mecánico
	Inspección de rodillos para transferencia de agua	Revisión intermedia	Mecánico
	Revisión de ojales peines y lanzaderas	Revisión experta	Mecánico
	Volumen de aceite hidráulico	Revisión básica	Mecánico
	Cambio de rodamiento de rodillo guía	Revisión de rutina	Mecánico
	Inspección en los motores	Revisión de rutina	Mecánico

