

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Aumento del rendimiento de una línea de conversión de rollos de papel higiénico

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Aguirre Vergara Ibeth Yamileth

Martínez Montalván Andrea Nicole

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Le dedico este proyecto principalmente a mi familia, mis padres, que me han brindado siempre su amor y apoyo incondicional, a mis hermanos, por ser mi motivación a ser mejor cada día. Soy lo que soy gracias a ustedes.

A mi mejor amigo y a mi pareja, por estar en los momentos más difíciles y por siempre darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba. A mi perrito Honey, tu cariño y compañía, sin duda alguna, han sido mi consuelo en aquellos momentos que sentía ya no poder.

A mis docentes, por sus conocimientos, dedicación y amor a su profesión. A la empresa que me abrió sus puertas para poder realizar este proyecto y a todas las personas que forman parte de ella, que me guiaron y brindaron su conocimiento con mucha paciencia y cariño.

Andrea Martínez

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto a todos aquellos que me han acompañado durante mi vida universitaria, a todos los que me dieron una palabra de aliento para no decaer y aquellos que estuvieron conmigo en cada amanecida.

A mi familia paterna que estuvo junto a mí en cada etapa de mi vida estudiantil y que me motivaron a estudiar en Espol.

A mi abuelito, a pesar de estar en el cielo fue mi fuente de motivación, mi consuelo y mis fuerzas para seguir.

A mi mejor amigo Samuel quien me ayudó a sacar adelante la carrera, sin su apoyo constante no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A las personas de la empresa que nos abrieron las puertas, nos dieron su tiempo y conocimiento para culminar con el proyecto.

Yamileth Aguirre

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser mi guía, a mis padres, por los sacrificios que han realizado para proporcionarme una buena educación, por ser luz en mis momentos más oscuros y por ser los mejores padres que Dios pudo haberme dado. A mis hermanos, por ser mis confidentes, mis cómplices de travesuras, mi felicidad, mi amor eterno y razón de ser. A mi mejor amigo, por estar a mi lado desde que tengo memoria, en todos mis buenos y malos ratos y por enseñarme el significado de una amistad incondicional. A mi pareja, por ser mi compañero inseparable, por creer en mí de principio a fin, por ser mi lugar seguro y por todo su apoyo y amor incondicional. Unos párrafos no son suficientes para agradecerles por todo lo que han hecho por mí, pero les dedico este proyecto, en donde quedan plasmadas lágrimas, esfuerzo, amor y todas las altas y bajas que he tenido a lo largo de mi trayectoria estudiantil.

Andrea Martínez

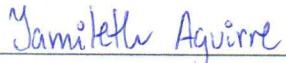
Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, a mi familia en especial a mi papá: Edin Aguirre por no dejarme sola y poner todo su esfuerzo y dedicación para que pueda salir adelante y cumplir mis sueños; gracias a mis tíos Katty, Rolando, Enrique y Karen quienes me han brindado todo el apoyo, me han dado sabiduría y han dedicado tiempo para todos mis estudios. Gracias a mi abuela Enriqueta por ser tan fuerte y enseñarme a que no hay que rendirse. A mi abuelo Manuel quien desde el cielo ha sido mi motor para continuar con mis estudios. A mis amigos: Samuel, Root, John, Jean y Kevin por nunca dejarme sola a lo largo de la vida universitaria, por enseñarme y tenerme paciencia para explicarme cada materia. Gracias Espol por cada risa compartida con mis amigos, por las noches de desvelo y por todo lo aprendido.

Yamileth Aguirre

Declaración Expresa

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Aguirre Vergara Ibeth Yamileth y Martínez Montalván Andrea Nicole damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Ibeth Yamileth Aguirre
Vergara



Andrea Nicole Martínez
Montalván

Evaluadores

María Denise Rodríguez Zurita,
PhD.

Tutora de la materia

María Fernanda López Sarzosa,
M.Sc.

Profesora de la materia

Resumen

El rendimiento es un indicador de producción que compara la producción real de una línea en un determinado periodo de tiempo y la producción máxima teórica esperada, nos indica hasta qué punto la empresa está utilizando los niveles potenciales de producción e identificar oportunidades de mejora para la respectiva elaboración de planes de acción correctivos, dicho indicador puede verse afectado por pérdidas de producción por falta de condiciones básicas de los equipos, cuellos de botella, configuraciones y ajustes, paradas menores, defectos del proceso, entre otros.

El presente proyecto tiene como objetivo el aumento del rendimiento de una línea de conversión de rollos de papel higiénico mediante la aplicación de herramientas de metodología de mejora continua y optimización de procesos, tales como SMED en el cambio de jumbo, diseño de experimentos para el hallazgo de la mejor combinación de factores que permitan el aumento de la velocidad de la rebobinadora, elaboración de matriz de cambio de sku's con secuencia lógica, estandarización de procesos, inspección de jumbos, entre otras actividades, con el fin de reducir las pérdidas de producción que ocurren con mayor frecuencia en la línea.

Con los resultados obtenidos con la implementación de las soluciones mencionadas se logró impactar al ámbito social, económico y ecológico, mediante la reducción del 3,8% de la pérdida de velocidad nominal, reducción de 5,63 toneladas de la merma de producción, reducción del 1.6% de la pérdida de producción por cambio de jumbo y nivelación de habilidades de los operarios.

Palabras Clave: Eficiencia, SMED, diseño de experimentos.

Abstract

Performance is a production indicator that compares the actual production of a line and the expected theoretical maximum production; telling us to what extent the company is using potential production levels and identifies improvement opportunities for the respective line preparation of corrective action plans. This indicator can be affected by production losses due to lack of basic conditions of the equipment, bottlenecks, configurations and adjustments, minor stops, process defects, among others.

The objective of this project is to increase the performance of a toilet paper roll conversion line through the application of continuous improvement methodology tools and process optimization, such as SMED in jumbo change, design of experiments for discovering the best combination of factors that allows to increase the speed of the rewinder, preparation of the sku's change matrix with a logical sequence, process standardization, jumbo inspection, among other activities, in order to reduce production losses that they occur more frequently on the line.

With the results obtained with the implementation of the mentioned solutions, it was possible to impact the social, economic and ecological sphere, through the reduction of 3.8% of the loss of nominal speed, reduction of 5.63 tons of the loss of production, reduction of 1.6% of the loss of production due to the change of jumbo and leveling of skills of the operators.

Keywords: *Efficiency, SMED, experimental design.*

Índice general

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema	2
1.2.1 Requerimientos del cliente.....	3
1.3 Métricas Triple Bottom Line	6
1.4 Justificación del problema	7
1.5 Alcance del Proyecto	8
1.6 Restricciones	8
1.7 Objetivos.....	9
1.7.1 Objetivo General.....	9
1.7.2 Objetivos Específicos.....	9
1.8 Marco teórico	10

1.8.1 Voz del cliente - VOC.....	10
1.8.2 Despliegue de función de calidad - QFD.....	11
CAPÍTULO 2.....	13
2.1 Metodología.....	14
2.2 Medición.....	14
2.2.1 Plan de recolección de datos.....	14
2.2.2 Validación de los datos.....	16
2.2.3 Herramienta A3 para la mejora del sistema de medición.....	17
2.3 Análisis de normalidad.....	22
2.4 Gráficas de control.....	23
2.5 Análisis de capacidad.....	24
2.6 Estratificación del problema.....	24
2.7 Problema enfocado.....	26
2.8 Análisis.....	27
2.9 Entrevistas.....	27
2.10 Matriz causa y efecto.....	29
2.11 Plan de verificación de causas.....	29
2.11.1 Verificación de causa: Gramaje de canuto.....	30
2.11.2 Verificación de causa: Empalmes en base de papel.....	31

2.11.3 Verificación de causa: Ineficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo	31
2.11.4 Verificación de causa: Variación de centerline por calidad de insumo y condiciones básicas de la maquinaria	32
2.11.5 Verificación de causa: Gran cantidad de cambios de formato.....	33
2.12 Análisis de los cinco porqués.....	34
2.13 Mejora.....	35
2.14 Análisis de costos para mejoras	36
2.14.1 Costos de diseño de experimento.....	36
2.14.2 Costos de Quality Windows.....	42
2.15 Diagrama de impacto – esfuerzo.....	42
2.16 Factibilidad de las soluciones	44
2.17 Implementación de soluciones.....	45
2.17.1 Diseño de experimento	45
2.17.2 Resultados Diseño de experimento.....	48
2.17.3 Análisis resultados diseño de experimento	49
2.18 Inspección de jumbo	50
2.18.1 Resultado Inspección de jumbos de papel base	50
2.18.2 Análisis de resultados de inspección de jumbos de papel base	51
2.19 SMED en cambio de jumbo.....	53
2.19.1 Resultados SMED cambio de jumbo	53

2.19.2 Análisis resultados SMED cambio de jumbo	55
2.20 Secuencia lógica en cambios de formato	56
2.20.1 Resultados Secuencia lógica en cambios de formato	57
2.21 POE en cambio de rodela kraft	57
2.21.1 Resultados cambio de rodela Kraft	60
2.22 Resultados y análisis	60
2.23 Gráfica de control y prueba de normalidad.....	61
2.24 Análisis de capacidad.....	63
2.25 Triple Bottom Line	64
2.25.1 Pilar ambiental	64
2.25.2 Pilar social.....	65
2.25.3 Pilar económico	65
CAPÍTULO 3.....	66
3.1 Control	67
3.2 Plan de control Diseño de experimento	67
3.3 Plan de control inspección de jumbos de papel base	68
3.4 Plan de control tiempos cambio de jumbo	69
3.5 Plan de control POE cambio de rodela kraft.....	70

3.6 Secuencia lógica de cambios de formato	70
CAPÍTULO 4.....	71
4.1 Conclusiones y recomendaciones	72
4.1.1 Conclusiones	72
4.1.2 Recomendaciones	72
REFERENCIAS.....	74
APÉNDICES.....	75

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define (Definir), Measure (Medir), Analyze (Analizar), Improve (Implementar), Control (Controlar)
VOC	Voice of customer
CTQ	Critical To Quality

Índice de figuras

Figura 1.1 Gráfico de rendimiento mensual desde enero 2022 a abril 2023	3
Figura 1.2 Voice of customer (VOC)	4
Figura 1.3 CTQ Tree.....	5
Figura 1.4 Triple Bottom Line	6
Figura 1.5 SIPOC.....	8
Figura 2.1 Árbol de pérdidas	15
Figura 2.2 Formato de validación de pérdidas registradas en Shop Logix.....	16
Figura 2.3 Comparación de tiempos de pérdidas registrados	17
Figura 2.4 Definición del problema	17
Figura 2.5 Lluvia de ideas A3.....	18
Figura 2.6 Análisis de normalidad	22
Figura 2.7 Gráfica I-MR	23
Figura 2.8 Análisis de capacidad	24
Figura 2.9 Diagrama Pastel.....	25
Figura 2.10 Diagrama de Pareto de pérdidas	25
Figura 2.11 3W2H Problema enfocado 1	26
Figura 2.12 3W2H Problema enfocado 2	27
Figura 2.13 Ishikawa Pérdidas de producción normal.....	28
Figura 2.14 Ishikawa Pérdidas de rendimiento por falla de proceso	28
Figura 2.15 Canuto dentro de rebobinadora	30
Figura 2.16 Desglose de Pérdida P12	31
Figura 2.17 Gráfica de porcentaje de pérdidas P12	31

Figura 2.18 Gráfica de porcentaje de pérdidas P11	32
Figura 2.19 Porcentaje de pérdidas P8.....	33
Figura 2.20 Porcentaje de pérdidas P13.....	33
Figura 2.21 Diagrama de pérdida P08-1	34
Figura 2.22 Rendimiento por familia de productos	38
Figura 2.23 Matriz impacto - esfuerzo para las mejoras.....	43
Figura 2.24 Interacción de factores.....	47
Figura 2.25 Gráfica de caja Velocidad rebobinadora	49
Figura 2.26 Comparación %P14.....	50
Figura 2.27Plantilla llenada por operarios	51
Figura 2.28 Jumbos rechazados y aceptados	51
Figura 2.29 Desglose de defectos en jumbos rechazados y aceptados	52
Figura 2.30 Mermas de producción	52
Figura 2.31 Implementación planes de acción.....	54
Figura 2.32 Comparación tiempos SMED.....	55
Figura 2.33 Disminución P8-2.....	56
Figura 2.34 Secuencia lógica de cambio de formatos.....	57
Figura 2.35 Tiempos de cambio de rodela kraft	58
Figura 2.36 POE cambio de rodela kraft	58
Figura 2.37 Diagrama de caja tiempos de cambio rodela kraft	60
Figura 2.38 Aumento de rendimiento	60
Figura 2.39 Prueba de normalidad	61
Figura 2.40 Prueba de estabilidad.....	62

Figura 2.41 Análisis de capacidad-ANTES	63
Figura 2.42 Análisis de capacidad-ACTUAL.....	63
Figura 2.43 Disminución de tonelada por mes	64
Figura 3.1 Shoplogix velocidades.....	68
Figura 3.2 Control velocidades rebobinadora.....	68
Figura 3.3 Control plantilla inspección jumbos.....	69
Figura 3.4 Shoplogix pérdidas	69
Figura 3.5 Pérdida P8-Datos Shoplogix.....	70

Índice de tablas

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos	15
Tabla 2.2 Matriz causa-efecto confiabilidad.....	19
Tabla 2.3 Análisis 5w confiabilidad	20
Tabla 2.4 Planes de acción confiabilidad.....	21
Tabla 2.5 Ponderación matriz causa-efecto	29
Tabla 2.6 Soluciones propuestas.....	35
Tabla 2.7 Factores y niveles diseño de experimento	37
Tabla 2.8 Observaciones diseño de experimento.....	39
Tabla 2.9 Costo directo materia prima.....	41
Tabla 2.10 Inversión diseño de experimento	41
Tabla 2.11 Costo directo por combinación.....	46
Tabla 2.12 Resultados implementación diseño de experimento.....	48
Tabla 2.13 Pilar económico	65
Tabla 3.1 Plan de control	67
Tabla 3.2 Plan de control POE cambio de rodela kraft.....	70

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la actualidad, el entorno en el que se desarrollan las empresas es muy competitivo y a la vez se cuenta con clientes altamente demandantes por ello, es fundamental proponer objetivos y estrategias con el fin de llevar a cabo las metas esperadas y medir el éxito. Entre aquellas estrategias que permitirán obtener beneficios tenemos las siguientes: estrategias que potencien la competencia, calidad y excelencia de las empresas; pero para lograr todo lo antes mencionado se debe contar con métricas que permitan evaluar su desempeño, entre todas ellas podemos nombrar aquellas que guardan directa relación con la eficiencia y rendimiento (Monge, 2021).

Este estudio está relacionado con una línea de conversión de rollos de papel higiénico en la cual se busca aumentar el rendimiento mediante el uso de la metodología DMAIC. Además, se resalta que el rendimiento de una línea de conversión hace referencia a la capacidad con la que se cuenta para producir la máxima cantidad de productos de calidad en un tiempo establecido, reduciendo los periodos inactivos e incrementando la eficiencia de la utilización de los recursos. Sin embargo, un aumento en el rendimiento significará una utilización eficiente de los recursos disponibles y una disminución de los costos operativos, así también, si se produce en un tiempo menor se alcanzará un mayor nivel de producción, viéndose esto reflejado en los ingresos de la empresa y en la competitividad que se podría alcanzar ya que, una mayor producción da como resultado una mayor capacidad de competir en el mercado y satisfacer las necesidades de los clientes.

1.2 Descripción del problema

El proyecto tiene su origen en una empresa reconocida en el mercado, dedicada a la producción de productos de higiene personal, tales como, papel higiénico, pañales, servilletas, entre otros, la cual busca mejorar el rendimiento de la línea de conversión de rollos denominada L10 debido a que sus niveles de rendimiento se encuentran por debajo de la meta establecida por

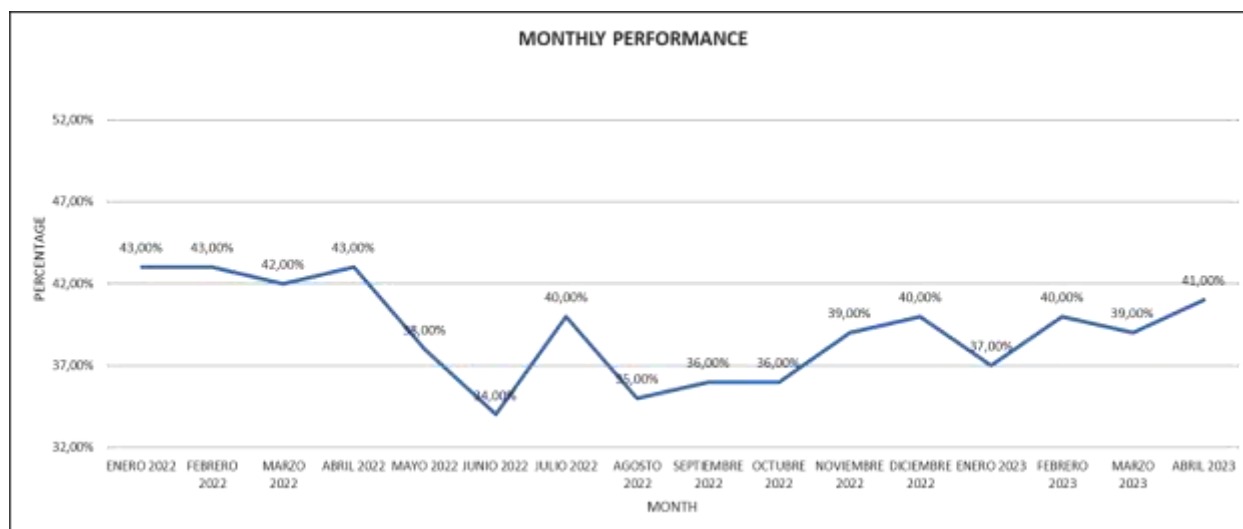
la empresa, dicha meta propuesta es de 60% mientras que el rendimiento obtenido desde mayo del 2022 ronda un promedio de 39,13%.

En la figura 1.1 se puede observar una gráfica la cuál resume el porcentaje de rendimiento de la línea de conversión de rollos desde Enero del año 2022 hasta Abril del año 2023 demostrando así el estado de la línea.

Figura 1.1

Gráfico de rendimiento mensual desde enero 2022 a abril 2023

Fuente: [Empresa]



1.2.1 Requerimientos del cliente

Con el fin de conocer cuáles son los requerimientos y necesidades del cliente se utiliza la herramienta Voz del cliente (VOC) que se encuentra en la Figura 1.2, la cuál es clave para entender, capturar y analizar las expectativas, necesidades y preferencias reales del cliente con el objetivo de crear una solución que sea factible, satisfaga sus requerimientos, además de generar impacto y valor para la empresa. (Steven P. Gaskin, 2014)

Figura 1.2

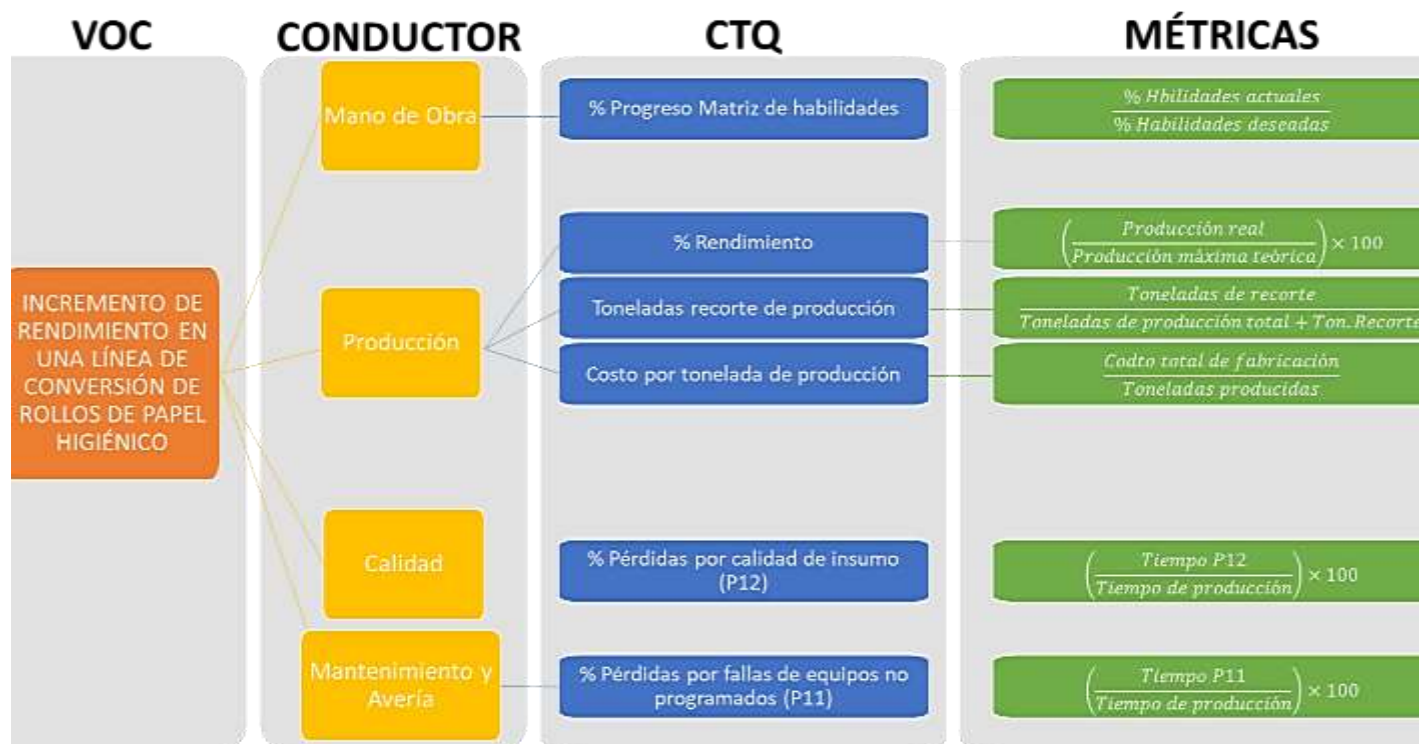
Voice of customer (VOC)

JEFE Y PROGRAMADOR DE MANTENIMIENTO		ING. DE PROCESOS			
Todos los meses existen paros no programados	Muchos cambios de personal operativo que necesitan ser capacitados.	A veces tenemos que adaptar la condición de la máquina al insumo	El tema de capacitación es otro de los factores, se ve un déficit de conocimiento	No es lo mismo, correr un solo SKU, 2 o 3 semanas donde puedo empezar a ver mis variables fuera de rango, a que coloquen un día un producto y el día siguiente me cambian a otro producto.	A veces los montacargas están ocupados y debemos depender de bodega.
Dependemos de terceros especializados y de su disponibilidad	Puede pasar que en alguna inspección que haya realizado mantenimiento no se logró evidenciar algún daño que luego más adelante causó problemas	Tenemos varios inconvenientes con el insumo tanto en jumbos por temas de hoyitos, temas de rasgaduras, tema de empalmes no marcados	Temas de mantenimiento siempre nos cuestan, en un mantenimiento que hagamos preventivo, siempre el arranque nos cuesta bastante	A veces Calidad nos menciona que bajemos velocidad y pasemos el Jumbo así porque no se le ve ningún defecto	A veces nos programan planificación sin tener materia prima en bodega
Comúnmente suceden desajustes dentro de la rutina de inspección	Lo que más nos cuesta diagnosticar son alarmas porque la parte electrónica es muy compleja entonces es complicado realizar un seguimiento.	No tenemos un adhesivo definido, tenemos 2 tipos, debería estar definido un solo insumo para todos los productos	Tenemos demasiados cambios de formato, nosotros tenemos acá cambio de formatos diarios, a veces tenemos entre 3 y 4 Sku.	Mantenimiento debería tener un plan de mantenimiento bien estructurado donde sí exista una frecuencia	A veces nos dicen no llevo el insumo cambian a otro. Y ahí ya nos descuadra todo el ciclo que le había mencionado.

Una vez identificadas las necesidades del cliente por medio de entrevistas se logra agruparlas en cuatro grandes características las cuáles son mano de obra, producción, calidad y mantenimiento avería en cada una de ellas se colocó las necesidades que se relacionaban y que más se repetían, logrando así poder representarlas a través de la herramienta de árbol de variables críticas también denominado CTQ Tree (Figura 1.3), en donde se visualiza las necesidades del cliente de una forma medible.

Figura 1.3

CTQ Tree



Con el uso de esta herramienta y mediante las opiniones del equipo de trabajo y personal de la línea, se concluyó que el indicador que tiene un mayor impacto en la mejora del proceso de conversión de rollos es el % de rendimiento (Y), tal como se indica en la ecuación 1.1.

$$Y = \frac{\text{Producción real (ton/mes)}}{\text{Producción máxima teórica (ton/mes)}} \times 100 \quad \text{Ecuación 1.1}$$

El rendimiento es un indicador de la variable producción, es decir, cuánto se produce realmente en comparación con una producción máxima teórica cuando la línea/máquina funciona todo el tiempo 100% de carga disponible a máxima velocidad 100% de diseño y con 100% de producción vendible, considerando la velocidad indicada por el fabricante que es alcanzado primero entre los equipos que forman parte de la línea de conversión.

Mientras que, la producción real es el resultado del conteo automático de producción en paquetes de todos los SKUs registrados en SAP multiplicado cada uno por su peso bruto indicado en la especificación técnica; finalmente toneladas por mes.

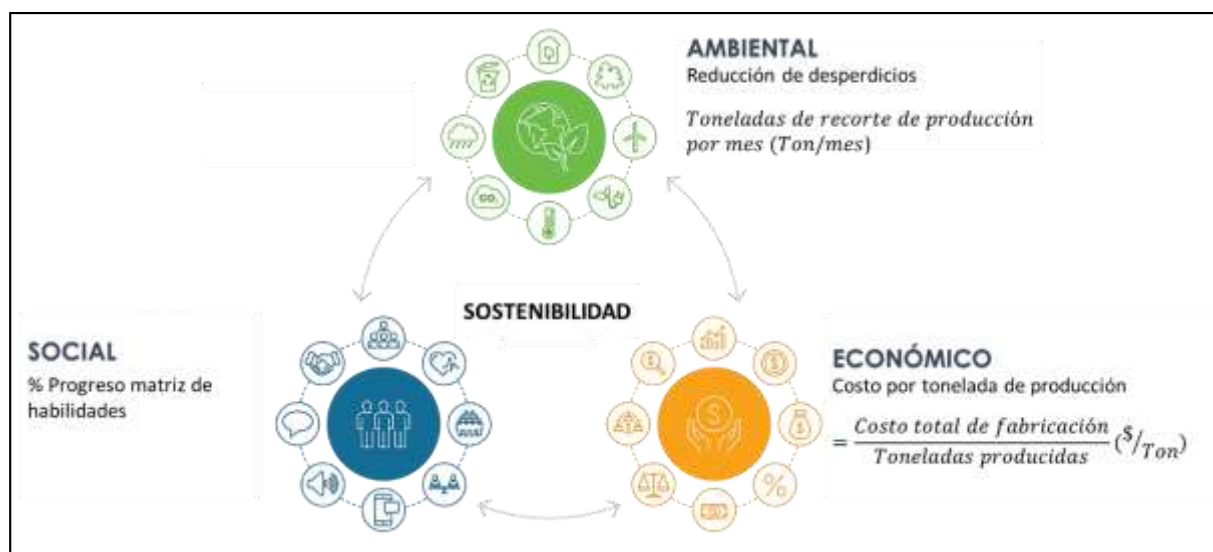
1.3 Métricas Triple Bottom Line

La herramienta Triple Bottom Line permite a la empresa contar con una visión integral de su desempeño y sus impactos. Además, las dimensiones consideran no solo la parte económica, sino también las dimensiones sociales y ambientales promoviendo una gestión sostenible y responsable. (LÓPEZ, 2015)

A su vez, la herramienta TBL puede ser utilizada como referencia para establecer metas y objetivos de mejora en cada una de las dimensiones, fomentando un enfoque balanceado y enfocado en la sustentabilidad.

Figura 1.4

Triple Bottom Line



1.4 Justificación del problema

El presente proyecto se enfocará en el estudio de las pérdidas de producción que tienen un mayor impacto en el rendimiento de la línea de conversión de rollos de papel higiénico con el fin de elaborar e implementar planes de acción que permitan aumentar la producción e influir positivamente en los tres campos de sostenibilidad: ambiental, económica y social.

Justificación Ambiental

El impacto ambiental que tendrá el aumento de rendimiento de la línea se puede ver reflejado en el aumento de productos que sigan los estándares de calidad establecido y esto a su vez, disminuirán las toneladas de recorte de producción por mes (Ton/mes).

Justificación económica

El impacto económico que tendrá el aumento de rendimiento de la línea se puede ver reflejado en la disminución de costo por tonelada de producción con el siguiente indicador.

$$= \frac{\text{Costo total de fabricación}}{\text{Toneladas producidas}} (\$/Ton) \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Justificación social

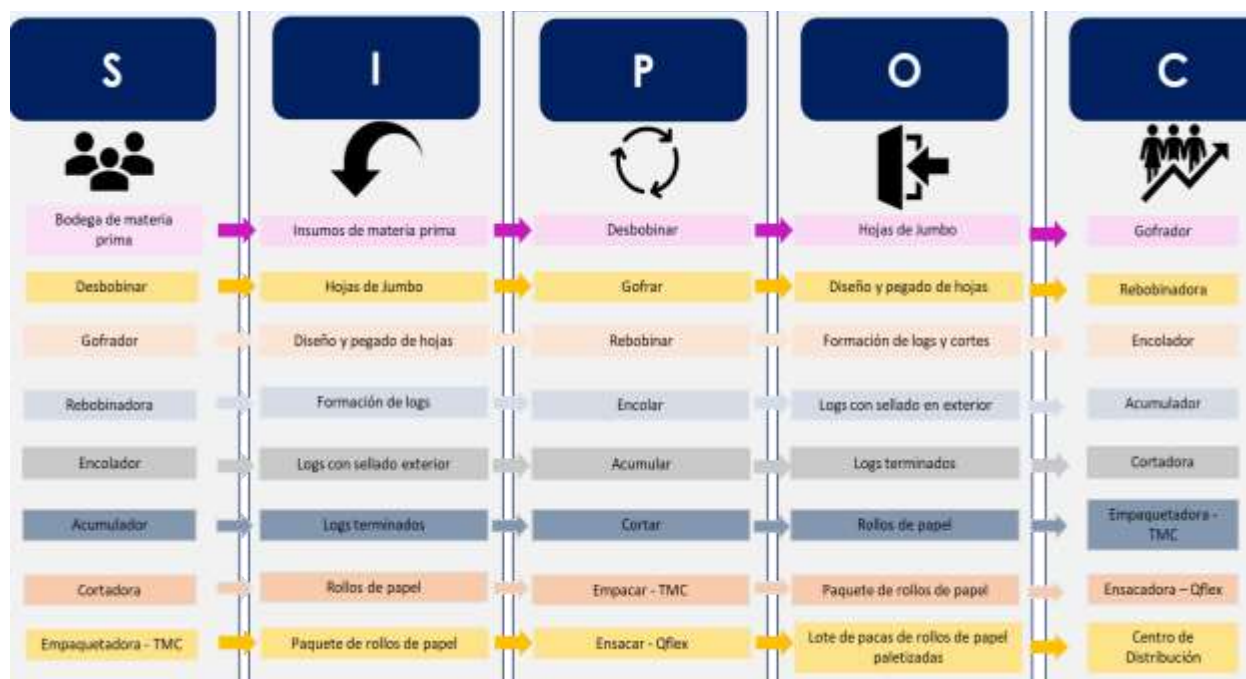
El impacto social que tendrá el aumento de rendimiento de la línea se puede ver reflejado en el % Progreso de matriz de habilidades, el cual consiste en las capacidades alcanzadas y las faltantes de cada operario.

1.5 Alcance del Proyecto

El uso de la herramienta SIPOC brinda una idea clara de cómo interactúan y son dependientes los elementos del proceso, así también identifica a los involucrados, qué es lo que se necesita, qué se produce y cuáles son los clientes.

Figura 1.5

SIPOC



Con la ayuda del SIPOC (Figura 1.5) se ha logrado identificar el macroproceso de la línea de conversión de rollos y sus proveedores, entradas, salidas y clientes, todo esto será abarcado en el presente proyecto.

1.6 Restricciones

Para el desarrollo de este proyecto se han identificado ciertas restricciones las cuáles son las siguientes:

- **Presupuesto:** No se cuenta con presupuesto para realizar modificaciones a corto plazo (4 meses) en los accesorios de los equipos o para realizar compra de nuevas máquinas.
- **Tiempo:** Los tiempos considerados por planificación de la producción suelen ser muy variables debido al comportamiento del mercado.
- **Calidad de insumo:** El insumo (jumbos) es producido e importado por una filial del grupo empresarial, por ende, no se realizará el cambio de proveedor de este insumo.
- **Personal:** El tiempo de capacitación de los operadores es muy extenso, no se realizan sobretiempos y el número de personal no aumentará.
- **Fiabilidad de los datos:** al ser los operadores quienes identifican los datos, existe la posibilidad de que estos no estén registrados correctamente.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Aumentar la eficiencia de la línea de conversión de rollos mediante el uso de la metodología Lean Six Sigma implementando DMAIC partiendo de 39,13% a 50% en un periodo de 4 meses, desde junio a septiembre de 2023.

1.7.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las causas raíz del problema mediante el uso de la herramienta de los 5 porqués y el diagrama de Causa y Efecto.
2. Diseñar soluciones e implementar mejoras para aumentar el rendimiento.
3. Establecer un plan de seguimiento y evaluar la mejora.

1.8 Marco teórico

La metodología Seis Sigma conocida como DMAIC es utilizada para la mejora de procesos la cual se encuentra estructurada en cinco etapas, las cuáles brindan un paso a paso de identificación, resolución de problemas y optimización de procesos con el fin de mejorarlos tanto en calidad y rendimiento (Esteban Pérez Lopez, Minor García Cerdas, 2014).

Las etapas de la metodología son las siguientes:

- Definir (Define): en esta etapa, como su nombre lo dice, se define o establece cuál será el objetivo o los proyectos para llevarse a cabo identificando cuáles son las necesidades o expectativas de los clientes. Además de la definición de cuáles son los límites del proyecto y así evitar la sobreutilización de recursos. Una vez que se ha elegido el proyecto se establece el alcance y se define el equipo de trabajo.

Dentro de esta etapa se utilizan las siguientes herramientas:

1.8.1 Voz del cliente - VOC

Esta metodología es usada con el fin de conocer aquellas necesidades, comentarios, opiniones y preferencias de los consumidores en relación con algún producto o servicio con el fin de descubrir los gustos o preferencias del cliente; para conocer todo esto se pueden realizar entrevistas, encuestas, focus groups o utilizar otras herramientas que permitan que el cliente exprese sus gustos y necesidades.

Aplicar de forma correcta esta metodología permitirá que se defina de forma correcta la variable denominada “Y”, la cuál será la variable de respuesta que se busca obtener o mejorar (De la Barrera, J. H., & Zúñiga, C. N., 2017).

1.8.2 Despliegue de función de calidad - QFD

La metodología de QFD permite que aquellas necesidades o expectativas obtenidas de la voz del cliente sean transformadas en un conjunto de especificaciones o requerimientos de diseño o fabricación con el fin de establecer cuáles serán los requisitos que debe cumplir el producto o servicio final (Correa, C. R. B., & Amaya, C. L., 2002).

El uso correcto del QFD permitirá que la empresa capte y priorice las necesidades actuales y futuras del cliente convirtiéndolo en el producto o servicio ideal al menor costo posible sobrepasando de una u otra forma con aquellas expectativas iniciales del cliente.

- **Medir (Measure):** consiste en recopilar todos los datos con el fin de medir la capacidad del proceso, para lograr esto se debe identificar y definir cuáles son las métricas fundamentales, decretar el sistema a usarse para la medición, recaudar datos y posteriormente analizarlos con el fin de comprender cuál es el rendimiento actual y la variabilidad presente.
- **Analizar (Analyze):** una vez que los datos han sido analizados en la fase de medición en la sección de análisis se procede a identificar las causas raíz de cada uno de los problemas establecidos o cuáles son sus fuentes de variación (Smętkowska, M., & Mrugalska, B, 2018). Para continuar con el análisis se utilizan diferentes herramientas y gráficas tales como: diagramas de dispersión, diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto, entre otros.
- **Mejorar (Improve):** identificadas aquellas causas raíz con su origen de variabilidad, se establecen las posibles soluciones potenciales para solucionar o dar mejoras a él o los problemas definidos. Las soluciones establecidas deben ser probadas e implementadas dentro de esta fase, se incluyen experimentos de forma controlada con el fin de asegurar

que las soluciones establecidas serán factibles y que serán sostenibles en el paso del tiempo.

- Controlar (Control): durante esta última fase, se define el método o la forma que se controlarán aquellas mejoras o soluciones que se han implementado. Se establece la forma en la que se va a llevar el control del rendimiento durante el tiempo, además, se establecen medidas sustitutivas para evitar que se repitan problemas anteriores (Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C., 2016).

El objetivo de la última fase es que las soluciones establecidas se conserven, que el proceso funcione de forma estable y de acuerdo con los objetivos establecidos.

Capítulo 2

2.1 Metodología

Con el fin de obtener una solución para la problemática definida en el capítulo anterior “Aumentar el rendimiento de la línea de conversión de rollos denominada L10 debido a que sus niveles de rendimiento se encuentran por debajo de la meta establecida por la empresa. Dicha meta propuesta es de 60% mientras que el rendimiento obtenido desde mayo del 2022 ronda un promedio de 39,13%.”, se procedió a aplicar la metodología de mejora continua DMAIC, la cual se compone por 5 etapas: definición, medición, análisis, implementación y control, éstas fueron previamente definidas en la sección del marco teórico del Capítulo 1, así como la elaboración de la etapa de definición, de donde se obtuvo el problema, alcance, restricciones, objetivos y la variable de respuesta, por lo que en el presente capítulo se continuó con la etapa de medición.

2.2 Medición

En esta etapa se procedió a realizar el levantamiento de información necesaria para establecer cuál es la situación actual de la línea y su desempeño, además de la recolección de datos para su respectivo análisis.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Se inició esta etapa con la elaboración del plan de recolección de datos como se detalla en la Tabla 2.1, en donde se recaudó información del árbol de pérdida mencionado en la etapa definición, esto mediante data histórica de la empresa almacenada en Shop Logix, software usado para registrar tiempo y tipos de pérdidas producidas en los distintos turnos, además del tiempo de producción y otros datos.

Tabla 2.1

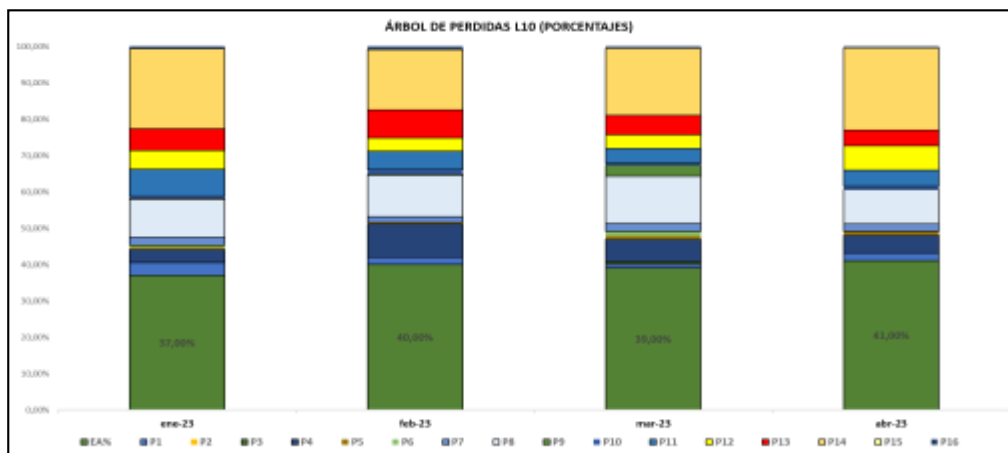
Plan de recolección de datos

DATOS		DEFINICIONES OPERACIONALES Y PROCEDIMIENTOS						
¿Qué?	Tipo	¿Dónde?	¿Cuándo?	Método	Estratíf.	Defin. operac.	Muestra	Motivo
Pérdida rendim.	Cuantit.	LR10	05/06/2023	Data histórica	Tipo de pérdida Familia producto Fecha	Árbol de pérdidas	Enero a Abril 2023	Conocer efecto pérdida a la línea.

Se recolectó una muestra desde Enero hasta Abril del 2023 en Shop Logix de las pérdidas producidas de forma mensual como se puede observar en la Figura 2.1:

Figura 2.1

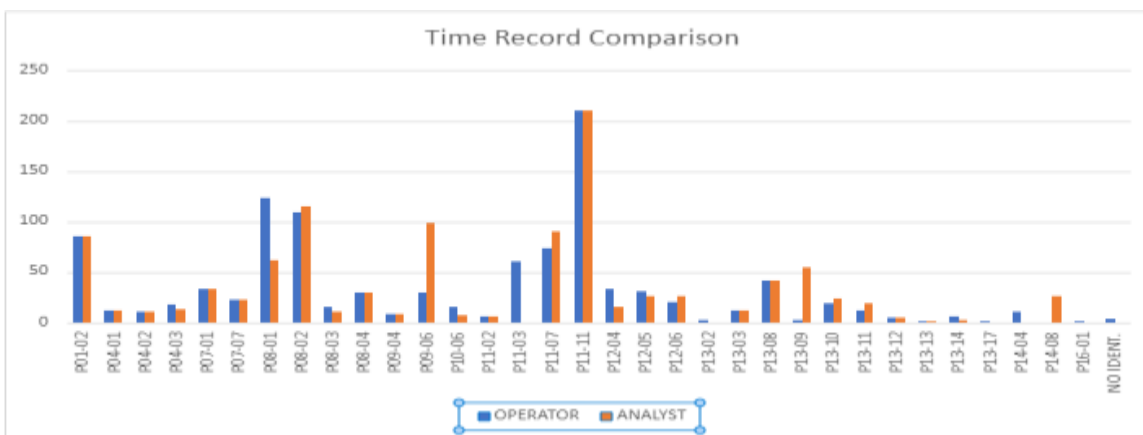
Árbol de pérdidas



Debido a la clasificación errónea de ciertas pérdidas por parte del operador, podemos observar diferencias en la distribución temporal de la pérdida, las cuáles se muestran en la Figura 2.3. En conjunto con el jefe de línea y el supervisor del proceso se concluyó que se puede aceptar el margen de error del 26% por condiciones del sistema de medición que se detallará a lo largo de esta presentación, sin embargo, el objetivo es obtener un sistema de medición de nivel lean six sigma, por lo tanto, se utilizó la herramienta A3 con el fin de llegar a la causa raíz y proponer un plan de acción para aumentar la confiabilidad y precisión de los datos.

Figura 2.3

Comparación de tiempos de pérdidas registrados



2.2.3 Herramienta A3 para la mejora del sistema de medición

Se aplicó la herramienta 3W2H con el fin de definir el problema presentado en el sistema de medición Shoplogix (Figura 2.4).

Figura 2.4

Definición del problema

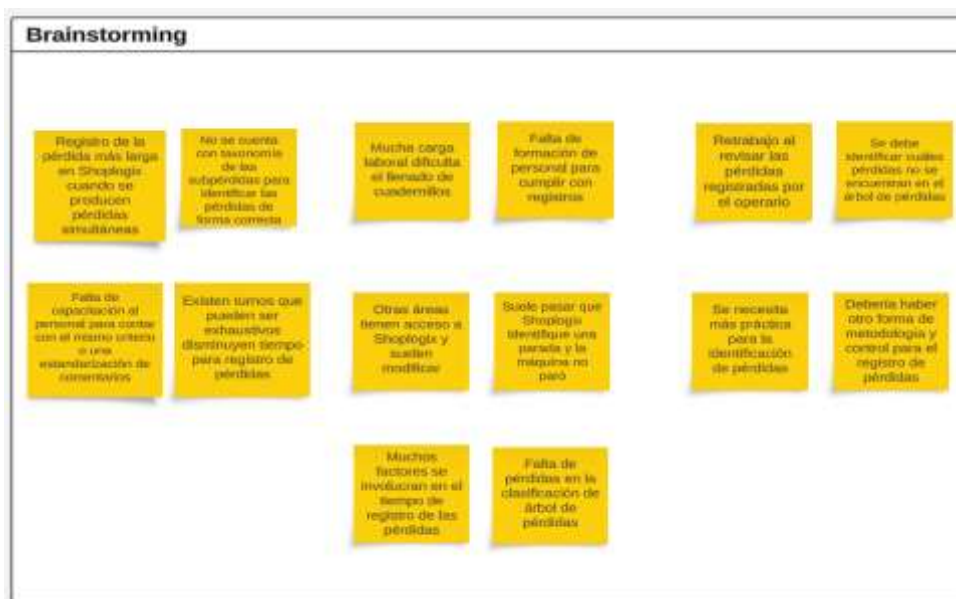
Problem / need
<p>WHAT: Error en confiabilidad y precisión del sistema de medición WHERE: En la línea de conversión de rollos de papel higiénico WHEN: Desde Enero hasta Abril 2023 HOW: 26% de error en data histórica HOW MUCH: Máximo 10% de error en nivel lean six sigma</p> <p>Error en la confiabilidad y precisión del sistema de medición de Shoplogix en la línea de conversión de rollos de papel higiénico desde Enero hasta Abril 2023 el porcentaje de error es del 26% cuando el máximo error en nivel Lean Six Sigma es de 10%.</p>

Por lo tanto, nuestro objetivo será el aumento de la confiabilidad y precisión de los datos de 74% al 90%, con un margen de error máximo del 10% considerando un nivel lean six sigma.

Una vez definido el problema, objetivo y estudiado la situación actual, se procedió a realizar una lluvia de ideas con el equipo de trabajo conformado por el jefe de la línea, supervisor de procesos, líder de gestión operacional y el operario líder, en donde se obtuvieron las siguientes ideas (Figura 2.5):

Figura 2.5

Lluvia de ideas A3



Después de esto, se escogieron las causas potenciales, mediante la matriz causa-efecto elaborada en un forms y calificada por el equipo de trabajo (Tabla 2.2).

Tabla 2.2

Matriz causa-efecto confiabilidad

CAUSA	X: Error en la confiabilidad y precisión del sistema de medición en la línea de conversión de rollos de papel higiénico desde Enero hasta Abril 2023 debido a que cuenta con un 26% de error en la data y el máximo error establecido por lean six sigma es del 10%				
	E1	E2	E3	E4	TOTAL
No se cuenta con taxonomía de las máquinas para identificar pérdidas de forma correcta	3	9	1	3	16
Operarios no cuentan con capacitación para contar con el mismo criterio o estandarización de comentarios	1	9	3	9	22
Mucha carga laboral dificulta el llenado de cuadernillos	3	9	1	3	16
Falta de formación de personal para cumplir con las actividades	1	9	1	9	20
Otras áreas tienen acceso a Shoplogix y suelen modificar	9	9	1	1	20

De esta evaluación se obtuvieron que las causas potenciales era que los operarios no cuentan con capacitación para contar con el mismo criterio o estandarización de comentarios en cuanto a clasificación de perdidas en Shoplogix, falta de formación de personal para llenar por turno los distintos documentos físicos solicitados y además que otras áreas tienen acceso a Shoplogix y suelen modificar las pérdidas clasificadas en la línea de producción, de estas causas potenciales obtenidas se aplicó la herramienta de los 5 porqués con el objetivo de obtener las causas raíces:

Tabla 2.3

Análisis 5w confiabilidad

PROBLEMA A ESTUDIAR	W1	W2	W3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
¿Por qué los operarios no cuentan con capacitación para contar con el mismo criterio o estandarización de comentarios?	Porque no existe un reglamento o norma de cómo se debe clasificar las pérdidas	Porque no hubo capacitación profunda del árbol de pérdidas y eso produce falencias en la clasificación	Porque el operario tiene libre albedrío al clasificar las pérdidas	Completar taxonomía del árbol de pérdidas (considerar pérdidas faltantes)
¿Por qué considera que falta personal para cumplir con las actividades?	Porque debido a rotaciones de personal algunos faltan de capacitar			Completar matriz de habilidades
¿Por qué afecta que otras áreas tengan acceso a Shoplogix?	Porque estas tienden a modificar las pérdidas clasificadas en el área de producción.	Porque cada departamento no quiere que su pérdida se vea elevada, además de tener una percepción diferente de la clasificación de la pérdida.		Se puede llegar a un consenso para establecer el tipo de pérdida, pero otras áreas deberían tener restringido el permiso de edición en Shoplogix

Se obtuvo que las causas potenciales tienen como origen la falta de taxonomía en el árbol de pérdidas almacenado en Shoplogix, falta de capacitación de los operarios por rotaciones frecuentes, edición de las pérdidas clasificadas por la línea de producción por parte de otros departamentos sin previo aviso debido a que no quieren que su porcentaje de pérdida resulte elevada al final de cada mes. Por lo tanto, se propone como solución completar la taxonomía del árbol de pérdida, completar matriz de habilidades de los operarios y restringir el permiso de edición en Shoplogix a los otros departamentos.

El plan de acción propuesto basado en las causas potenciales fue el siguiente:

Tabla 2.4

Planes de acción confiabilidad

Plan de acción	Fecha inicio	Fecha final	Responsable
1. Identificación de sub-pérdidas faltantes, por medio de entrevistas con LGO, operario líder y supervisor del proceso.	10/7/2023	11/7/2023	Supervisor de procesos
2. Solicitud de actualización de sub-pérdidas nuevas a representante de shoplogix	11/7/2023	12/7/2023	Jefe de línea LR10
3. Actualización de sub-pérdidas nuevas por parte de representante de shoplogix	12/7/2023	14/7/2023	Jefe de línea LR10
4. Solicitar capacitación de manejo de shoplogix y analytics para operarios y mandos medios	14/7/2023	15/7/2023	Jefe línea de doblados
5. Solicitar capacitación de árbol de pérdidas para operarios	15/7/2023	20/7/2023	Jefe de línea LR10

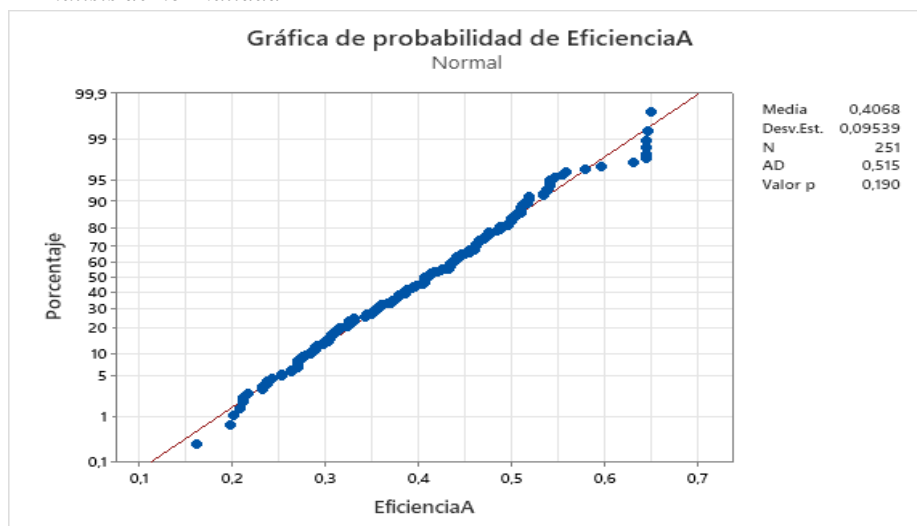
6. Capacitación de manejo de shoplogix para operarios y mandos medios	20/7/2023	21/7/2023	Jefe línea de doblados
7. Capacitación de árbol de pérdidas para operarios	21/7/2023	15/8/2023	Jefe de línea LR10 y supervisor de proceso
8. Establecer permisos de edición de pérdidas (definir personas que tendrán acceso)	11/7/2023	12/7/2023	Jefe de línea LR10

2.3 Análisis de normalidad

Una vez propuesto el plan de acción, se procedió a realizar el análisis de normalidad (Figura 2.6) de los datos del rendimiento por turno desde Enero hasta Abril 2023 con un nivel de confianza del 5%, se obtuvo un valor P de 0,19, mayor al nivel de confianza, lo cual indica que la muestra sigue una distribución normal y que aproxima el valor de una variable aleatoria a una situación ideal, dependiendo de la media y la varianza de los valores y además que la mayoría de observaciones se encuentran alrededor de la media.

Figura 2.6

Análisis de normalidad



2.4 Gráficas de control

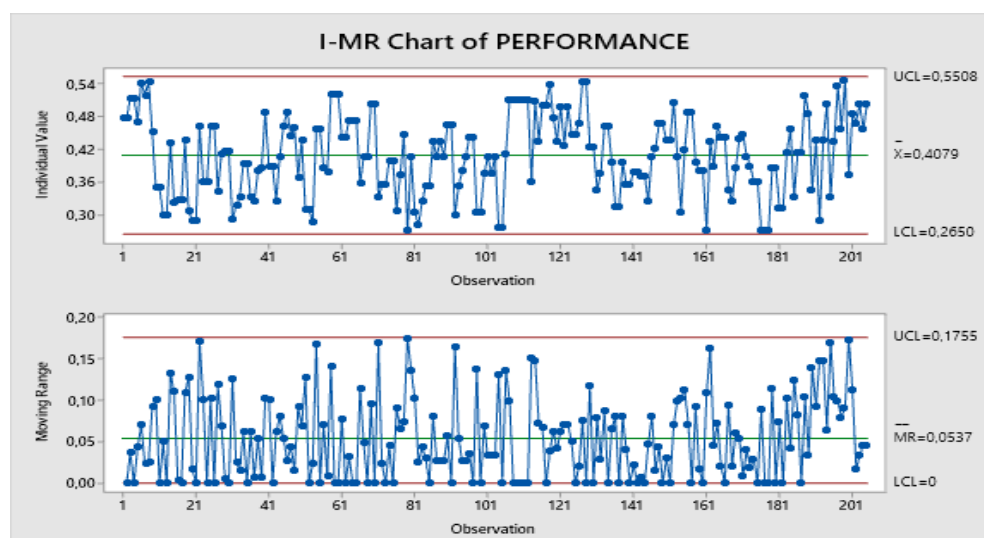
Con una muestra con distribución normal, se realizó el análisis de estabilidad del proceso mediante la gráfica I-MR, para verificar si se encuentra bajo control estadístico, se puede observar en el gráfico que existen observaciones fuera de los límites de especificación, tanto en el superior como el inferior, esto puede deberse a causas especiales o asignables que ocurrieron en el respectivo turno, por lo tanto, no tenemos un proceso estable. Por esta razón, se procedió a indagar que había ocurrido en los turnos que sucedieron estas observaciones en el software Shoplogix y se obtuvieron causas asignables que se pueden visualizar en el Apéndice A.

Por estas razones, estos valores se eliminarán de la muestra para obtener un proceso estable, las razones potenciales podrían ser la introducción de nuevos trabajadores, materiales o métodos, más o menos atención de los operadores, un proceso mejor o peor, el deterioro o desalineación gradual del equipo de producción, rotación regular de operadores, entre otras causas que no son comunes en el proceso.

Es necesario que nuestro proceso sea estable, debido a que esto nos va a permitir prever el desempeño del proceso en ejecuciones futuras y la elaboración de planes alcanzables.

Figura 2.7

Gráfica I-MR

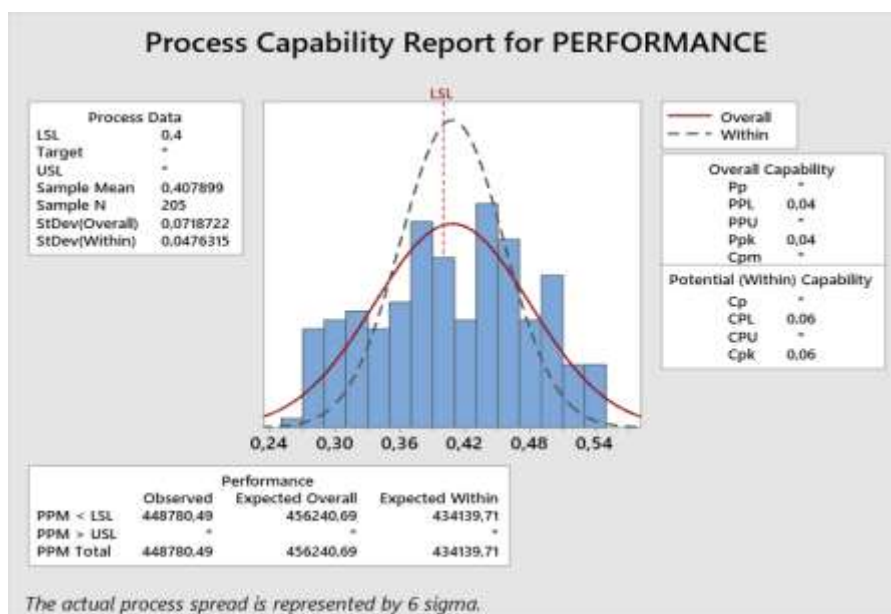


2.5 Análisis de capacidad

Una vez se obtuvo un proceso bajo control estadístico, se realizó el análisis de capacidad de este, teniendo en cuenta el promedio del proceso, podemos ver que no es central con respecto a la media, por lo tanto, mi proceso actual no es capaz ($C_{pk}=0,06$) y a largo plazo lo será menos ($P_{pk}=0,04$). Por tanto, se justifica la aplicación de DMAIC, donde el objetivo será reducir la variabilidad y focalizar el proceso para que la línea tenga una mayor eficiencia y produzca rollos de papel higiénico bajo los estándares de calidad.

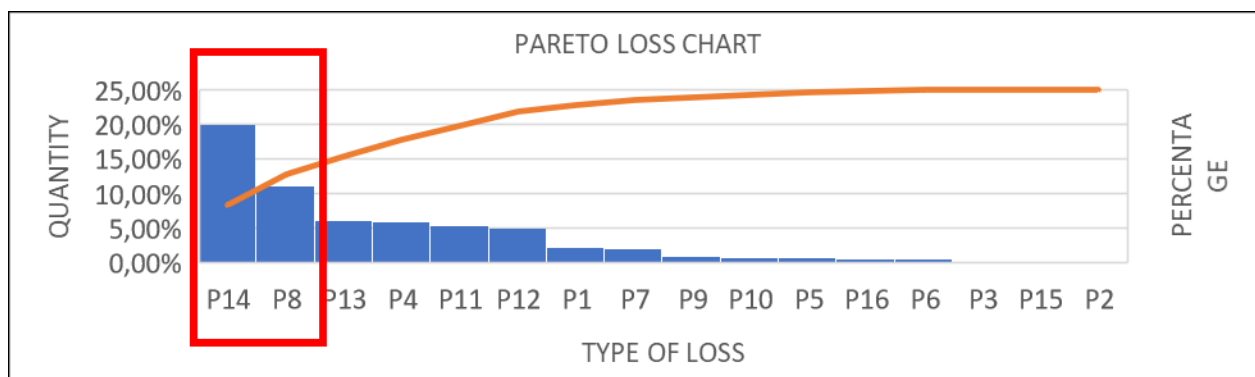
Figura 2.8

Análisis de capacidad



2.6 Estratificación del problema

Se realizó la estratificación del problema enfocándonos en los tiempos de pérdida de producción, podemos observar en el diagrama Pastel que el promedio de tiempo de producción es del 40%, mientras que el 60% son tiempos de pérdidas distribuidas entre pérdidas de disponibilidad, rendimiento y de calidad.

Figura 2.9*Diagrama Pastel***Figura 2.10***Diagrama de Pareto de pérdidas*

Nos enfocaremos en este 60% con el fin de disminuir los tiempos de pérdidas más representativos y aumentar el rendimiento de la línea de conversión de rollos, del 60% se realizó un diagrama de Pareto con el fin de analizar cuales pérdidas son las más persistentes y que tienen un mayor impacto en el rendimiento de la línea.

A través del diagrama de Pareto podemos darnos cuenta que las pérdidas más significativas son la pérdida de rendimiento por falla de proceso (P14) y la pérdida de producción normal (P8), éstas serán usadas para la elaboración de los problemas enfocados.

2.7 Problema enfocado

Con la ayuda de la herramienta 3W2H se definieron los problemas enfocados en la pérdida por fallas del proceso (P14) y pérdida por producción normal (P08).

Y1: “Bajo rendimiento en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde Enero 2023 hasta la actualidad, debido a la pérdida del 19,9% del rendimiento por fallos en el proceso (P14), mientras que la meta de la compañía es 8,18%”.

Figura 2.11

3W2H Problema enfocado 1

¿QUÉ?	Bajo rendimiento
¿DÓNDE?	En una línea de conversión de rollos de papel higiénico
¿CUÁNDO?	Desde enero de 2023 hasta la actualidad
¿CÓMO?	Pérdida del 19,9% del rendimiento debido a fallas en el proceso
¿CUÁNTO?	La meta de la empresa para el P14 es 8,18%.

Y2: “Bajo rendimiento en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde enero de 2023 a la fecha, por pérdida de 11.1% por producción normal (P8), mientras que la meta de la empresa es 10.57%”.

Figura 2.12

3W2H Problema enfocado 2

¿QUÉ?	Bajo rendimiento
¿DÓNDE?	En una línea de conversión de rollos de papel higiénico
¿CUÁNDO?	Desde enero de 2023 hasta la actualidad
¿CÓMO?	11.1% pérdida por producción normal (P8)
¿CUÁNTO?	La meta de la compañía para P8 es 10.57%

2.8 Análisis

Una vez recolectados todos los datos correspondientes a la variable de respuesta se procedió con esta etapa en donde se realizó un análisis de datos para la identificación de las causas raíz del problema mediante el uso de técnicas y herramientas tales como análisis de Pareto, matriz causa – efecto, diagrama de Ishikawa, entre otras.

2.9 Entrevistas

Para recolectar todas las ideas de las personas claves se decidió realizar entrevistas a los involucrados: jefe de línea, Supervisor de Procesos, Asistente de Procesos, Supervisora de Calidad de insumos y materia prima y Operario Líder.

Con la ayuda del diagrama Ishikawa se logra categorizar las causas de los dos problemas enfocados obtenidas mediante las entrevistas, los cuales se pueden ver en la Figura 2.13 y Figura 2.14.

Ishikawa Pérdidas de producción normal

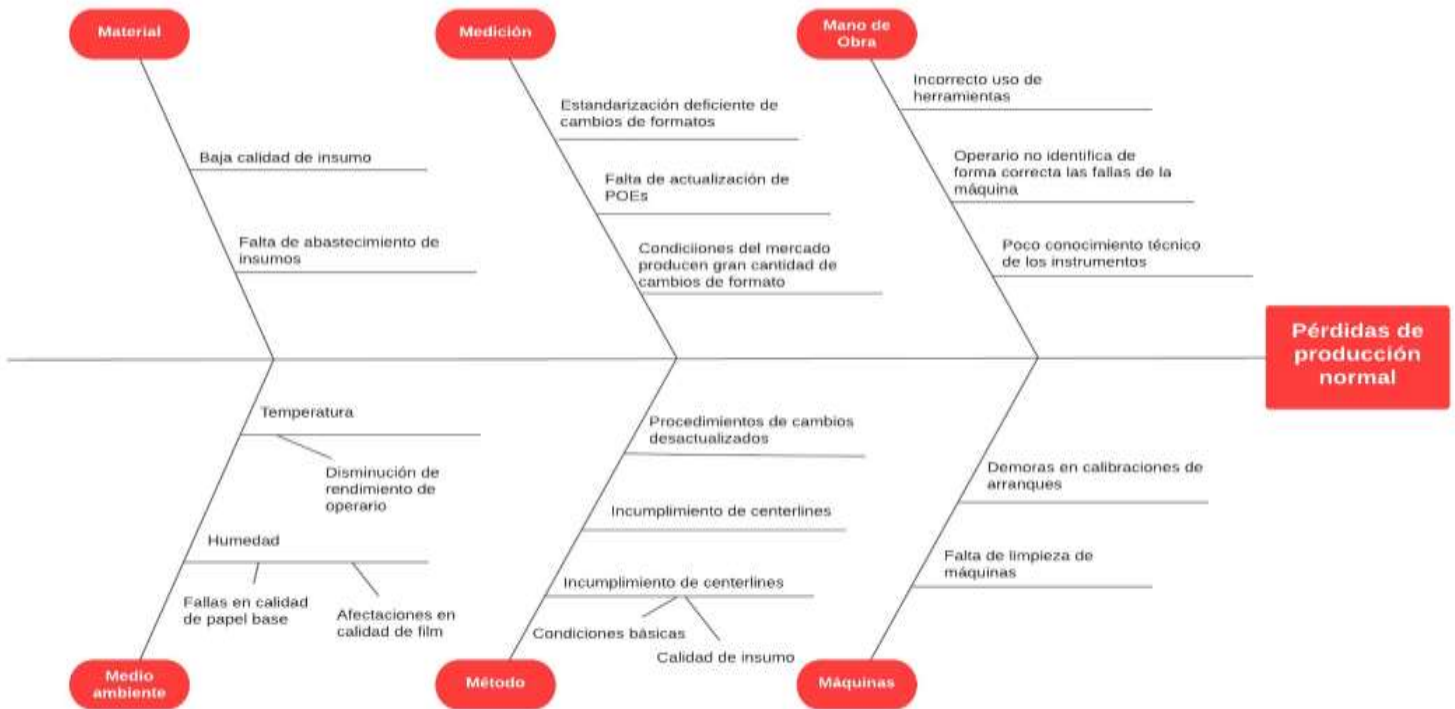
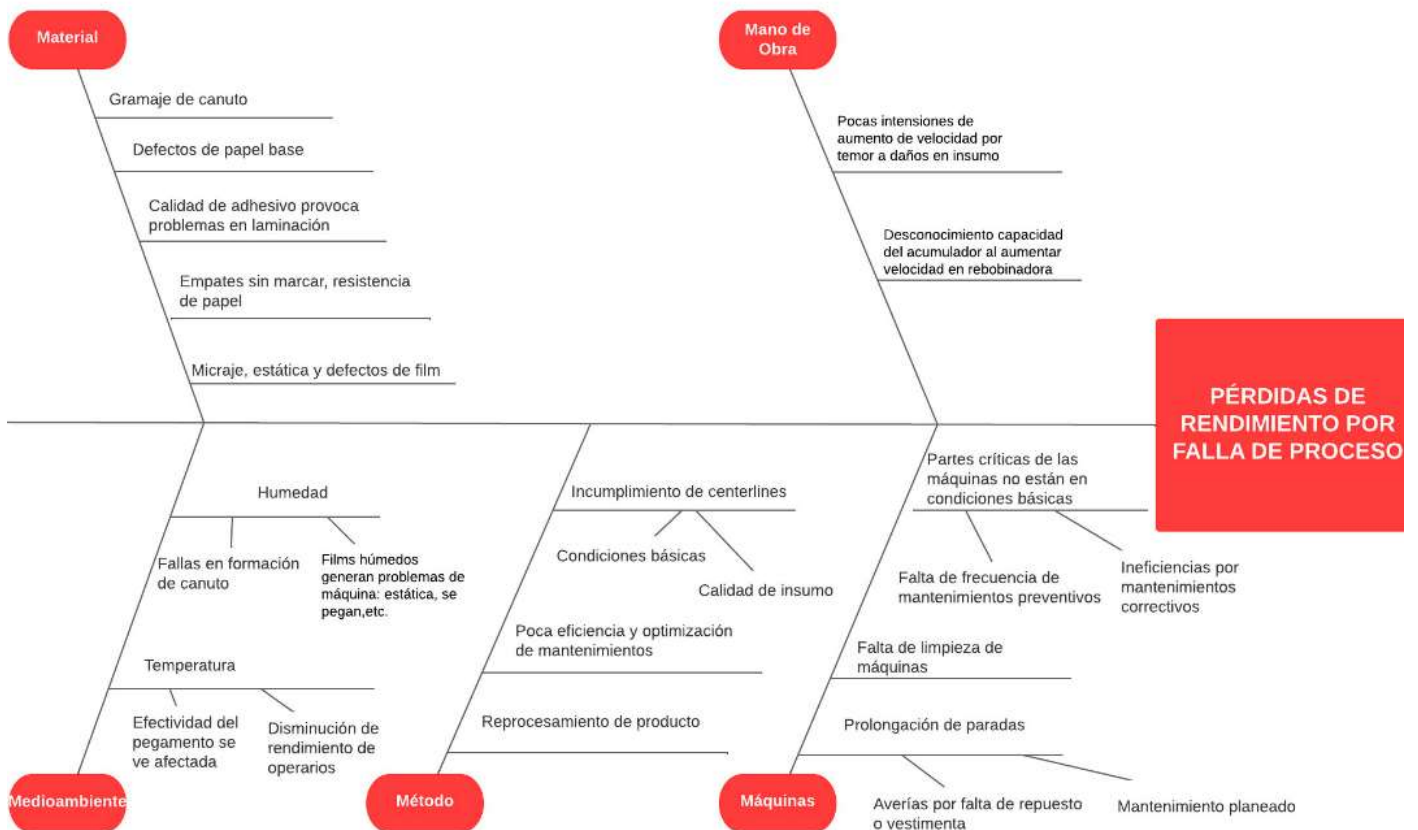


Figura 2.14

Ishikawa Pérdidas de rendimiento por falla de proceso



2.10 Matriz causa y efecto

Para la herramienta de Matriz Causa – Efecto, se contó con la participación de personal involucrado de forma directa con la línea de conversión de rollos como: jefe de línea, Ingeniero de Procesos, Asistente de Procesos, Líder de Gestión Operacional y Operario Líder, logrando así determinar aquellas causas que tienen un mayor impacto en cada problema enfocado.

Para una correcta clasificación se utilizó los valores de ponderaciones descritos en la Tabla 2.5 para la matriz obteniendo como resultado el Apéndice I y J.

Tabla 2.5

Ponderación matriz causa-efecto

Nivel de impacto	Ponderación
Causas que no tienen impacto en la pérdida	0
Causas que se considere que tienen un impacto débil en la pérdida	1
Causas que tienen un impacto medio en la pérdida	3
Causas que tienen un impacto alto en la pérdida	9

2.11 Plan de verificación de causas

Con las causas potenciales obtenidas se procedió a realizar un plan de verificación de causas, el cual se puede observar en el Apéndice K, con el fin de validar cuál es el impacto de las causas potenciales en la variable de respuesta y mediante que método se podría verificar.

Para el primer problema enfocado se procede a verificar las siguientes causas:

2.11.1 Verificación de causa: Gramaje de canuto

Se verifica la primera causa mediante un Gemba o test de velocidad máxima en rebobinadora vs gramaje de canuto el cuál fue presentado por el Ingeniero de procesos; el estudio estuvo enfocado en el cambio de gramaje de las rodela Kraft (canuto) de 160g a 180g; la prueba se realizó durante 12 horas validando de manera constante velocidad de máquina y calidad del producto. Además, para iniciar la corrida con rodela de 180g se hizo uso del centerline de aquellas de 160g.

El estudio demuestra que la maquina puede trabajar a mayor velocidad (500 m/min) en comparación con la que se has estado trabajando que es de 430 m/min, ya que la firmeza de los canutos es indispensable para la rebobinadora y así generar un mayor rendimiento en la máquina. En la figura 2.15 se puede evidenciar que el movimiento del canuto es inestable y que en algún momento esa vibración puede generar roturas en el papel, deformación del canuto o ambas.

Figura 2.15

Canuto dentro de rebobinadora



2.11.2 Verificación de causa: Empalmes en base de papel

Para la validación de esta causa se hizo uso de la data histórica presentada en Shoplogix, como se puede observar en la Figura 2.16 desde Enero hasta Abril 2023 del desglose de Pérdidas de paradas por problema de calidad de insumo/materia prima (P12) para así. En la Figura 2.17 se puede observar el diagrama de barras y su porcentaje de pérdidas por empalme en papel base.

Figura 2.16

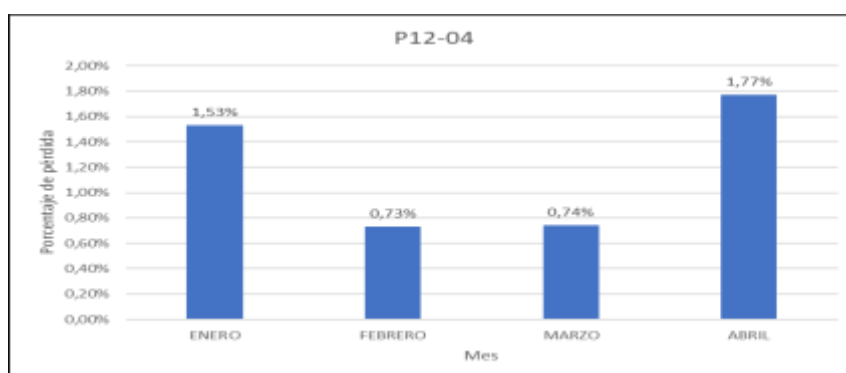
Desglose de Pérdida P12

Fuente: [Empresa]

P12 - PARADAS POR PROBLEMAS DE CALIDAD DE INSUMO/MATERIA PRIMA	34:32:50	4.69%
P12-05 - Defecto de Papel Base - Otros	19:59:31	2.72%
P12-04 - Defectos de Papel Base - Empalme	11:14:42	1.53%
P12-06 - Calidad de Insumos (adhesivos, polietilenos, etc.)	02:23:28	0.32%
P12-02 - Defectos de Papel Base - Porosidad	00:30:40	0.07%
P12-01 - Defectos de Papel Base - Resistencia	00:24:28	0.06%

Figura 2.17

Gráfica de porcentaje de pérdidas P12



2.11.3 Verificación de causa: Ineficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo

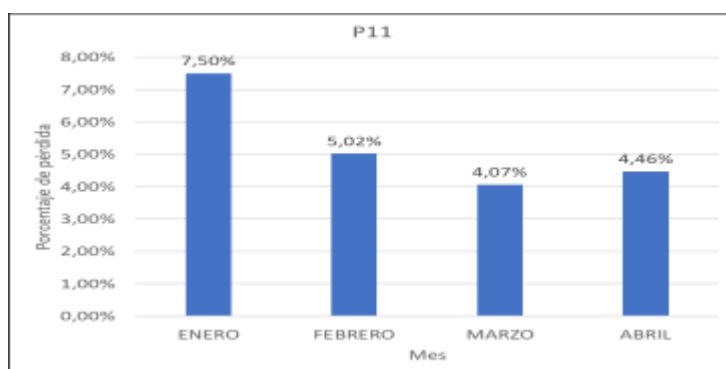
Las ineficiencias en mantenimiento preventivo y correctivo pudieron ser verificado por medio de la perdida P11 en la Figura 2.18 obtenida por la data histórica desde Enero hasta Abril 2023 demostrando que se cuenta con altos porcentajes de pérdida por paradas no programadas de los equipos, uno de los factores que inciden en esto son las ineficiencias en el cumplimiento del

mantenimiento preventivo, de esta forma se pudo observar cómo esta pérdida influye en el rendimiento.

Figura 2.18

Gráfica de porcentaje de pérdidas P11

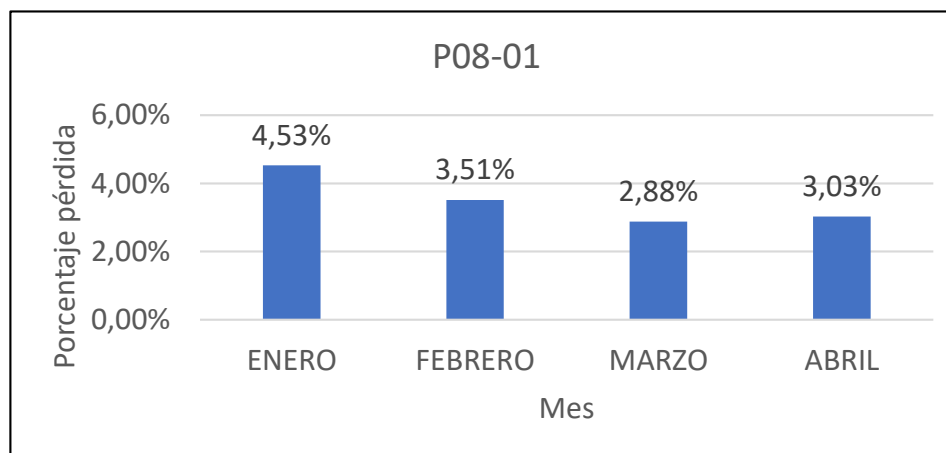
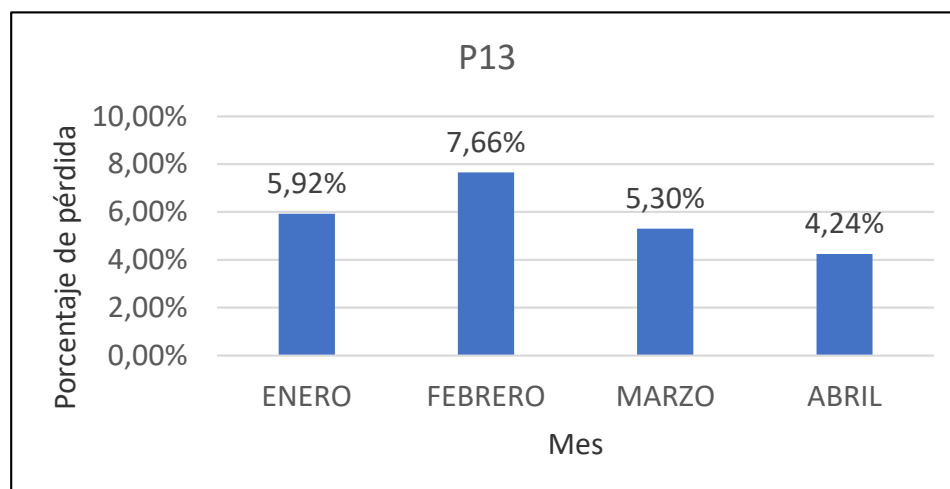
Fuente: [Elaboración propia]



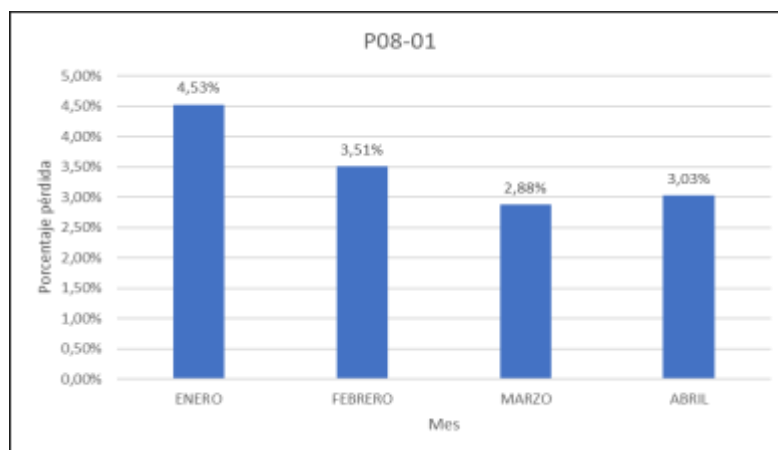
Para el segundo problema enfocado se han establecidos las siguientes causas potenciales, las cuáles serán verificadas de la siguiente forma:

2.11.4 Verificación de causa: Variación de centerline por calidad de insumo y condiciones básicas de la maquinaria

La variación del centerline por calidad de insumo y condiciones básicas de la maquinaria puede ser verificado por la subclasificación del árbol de perdida P8-1 presente en la Figura 2.19 y la P13 en la Figura 2.20 de la data histórica desde Enero hasta Abril 2023 en donde se puede observar que la variación de la línea central reflejada en la pérdida por fallas en los procesos donde se encuentra con diferentes reglamentaciones que se realizan en los turnos, además de esto se lo puede observar en los tiempos de cambios de formato y así demostrar que esta pérdida influye en el rendimiento.

Figura 2.19*Porcentaje de pérdidas P8***Figura 2.20***Porcentaje de pérdidas P13***2.11.5 Verificación de causa: Gran cantidad de cambios de formato**

La gran cantidad de cambios de formato se puede verificar por la cantidad mensual de SKU (La línea tiene un promedio de 15skus por mes) desde Enero hasta Abril 2023 y además se lo puede ver reflejado en la subclasificación del árbol de perdida P8-1, de esta forma se pudo observar cómo está perdida influye en el rendimiento.

Figura 2.21*Diagrama de pérdida P08-1*

2.12 Análisis de los cinco porqués

Después de haber validado las causas potenciales se procede a utilizar la herramienta de los 5 porqués para identificar la causa raíz que está afectando a mis problemas enfocados.

En el apéndice C se pueden observar los hallazgos obtenidos, tales como que no se realizaron pruebas industriales para verificar que la velocidad de la rebobinadora depende del gramaje del canuto, que el departamento de calidad solo realizan inspecciones aleatorias de los atributos de los insumos, que solo se cuenta con plan de mantenimiento preventivo para las partes críticas de las máquinas, que los operarios ingresan de forma errónea los parámetros del centerline de las maquinarias, que existen atrasos en las llegadas de los insumos, así como ausencia de estandarización de cambios de formato.

2.13 Mejora

Después del análisis realizado a las causas se determinó junto al jefe de la línea y supervisor de procesos que las causas potenciales para los problemas enfocados con sus respectivas posibles soluciones eran las detalladas en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6

Soluciones propuestas

CAUSA POTENCIAL	CAUSA RAIZ	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
X1 Gramaje del canuto	No se realizó un muestreo industrial sobre disminución de gramaje de canuto	Diseño de experimento Análisis de beneficio-costos
X2 Empalmes del papel base	Los defectos son producidos en su mayoría por el proveedor	Pre-Inspección de jumbos KPIs
X3 Ineficiencias de mantenimientos preventivos y actualización	Solo se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para las partes críticas de las máquinas No se cuenta con stock de seguridad de todas las partes de las maquinarias, sino de las más críticas	Mejora y actualización de plan de mantenimiento preventivo Mejora y actualización de stock de seguridad de piezas de las maquinarias
X4 Variaciones de centerline por calidad	Falta de planificación de mantenimiento preventivo No se lleva un control confiable de las variaciones de centerline por	Mejora y actualización de plan de mantenimiento preventivo Quality Windows para centerline

de insumo y la calidad básica de la máquina	SKU La materia prima no llega a tiempo, no se realizan revisiones.	Planificación de Stock de seguridad de insumo basado en pronóstico de la demanda
X5 Cambios de formato	No se cuenta con proceso estandarizado en cambios de formato	Planificación de cambios de formato en orden conveniente para la línea SMED en cambios de formatos TMC

2.14 Análisis de costos para mejoras

Para verificar la viabilidad y el esfuerzo que requerirá implementar las soluciones se realiza un análisis de costo por cada una de las soluciones incluyendo a el personal que será utilizado o se verá involucrado dentro de cada solución.

En el Anexo D, se pueden verificar las soluciones que tienen un valor monetario, aquellas que tienen de costo cero son las cuáles serán resueltas e implementadas por el estudiante junto al acompañamiento de personal encargado de la línea.

2.14.1 Costos de diseño de experimento

En el diseño de experimento se consideraron aquellos factores que influyen en el rendimiento de la línea de producción, los cuales son el gramaje de canuto, la condición de calidad del jumbo de papel base y la velocidad nominal de la rebobinadora. Dado que, previo a la

implementación del diseño de experimento, se realizó un mantenimiento preventivo e inspección completo a la rebobinadora, por lo que se considera que dicha maquinaria se encuentra en condiciones básicas. A continuación, detallamos los factores y niveles considerados en el diseño de experimento (Tabla 2.7).

Tabla 2.7

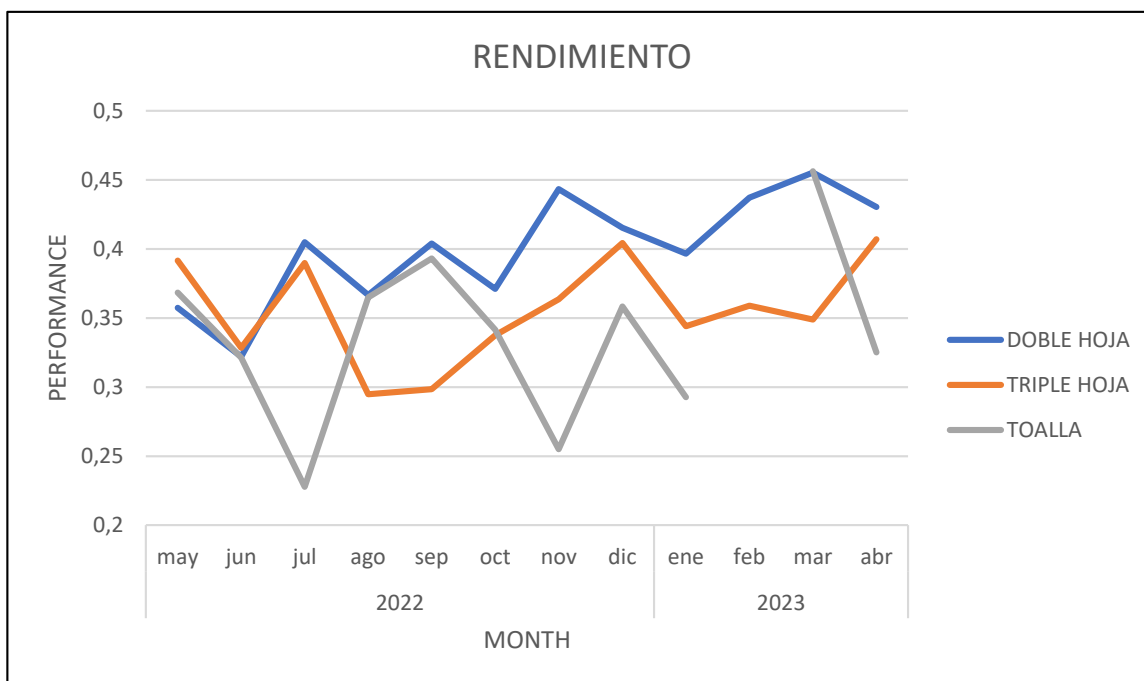
Factores y niveles diseño de experimento

FACTORES	NIVELES
Velocidad de la rebobinadora	430 m/min, 450 m/min, 500 m/min
Gramaje del canuto	160 gramos, 180 gramos, 160-180 gramos
Calidad del jumbo	Buen estado, mal estado

El sku a considerar en el diseño de experimento, se lo escogió basado en la familia de productos que tienen un menor rendimiento en la línea de conversión de rollos de papel higiénico, dicha familia son los productos triple hoja, como lo podemos observar en la figura 2.22.

Figura 2.22

Rendimiento por familia de productos



De acuerdo a información brindada por el Supervisor de Procesos se establece que aquellos rollos con mayor metraje presentan fallos al momento del rebobinado, ya que el canuto tiende a deformarse en altas velocidades por lo que se consideran los sku's mayores o iguales a 26 metros. Según el programa de planificación de la producción se fabricará un sku de 32 metros por un largo periodo de tiempo, por lo tanto, este será el sku usado en el diseño de experimento.

El diseño de experimento se realizó con dos replicas, lo cual da un total de 36 observaciones, dicho experimento no se realizó de forma aleatoria, debido a que eso hubiese requerido que en la elaboración del canuto se esté cambiando constantemente la rodela Kraft al gramaje correspondiente, esto hubiese consumido tiempos de producción de 2 minutos en promedio, además de las configuraciones y tiempos de set up (5 minutos), así mismo, el

constante cambio de jumbo de papel base, cuya actividad tiene una duración de 8,16 minutos para la preparación del jumbo y 6,83 minutos para el cambio del mismo, hubiese consumido 15 minutos de tiempo de producción y dado que se realizaron 36 observaciones y cada observación tiene una duración de 1 hora, en total se hubiese consumido 792 minutos para lograr la aleatoriedad del experimento, lo cual no es justificable en términos del rendimiento de la línea. Por lo tanto, las observaciones se distribuyeron como podemos observar en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8

Observaciones diseño de experimento

OBS. (hora)	CALIDAD DE JUMBO	GRAMAJE DE CANUTO (GR)	VELOCIDAD REBOBINADORA (m/min)	PRODUCCIÓN (Bultos)
1	Buen estado	160	430	487,11
2	Buen estado	160	450	509,77
3	Buen estado	160	500	566,41
4	Mal estado	160	430	487,11
5	Mal estado	160	450	509,77
6	Mal estado	160	500	566,41
7	Buen estado	160	430	487,11
8	Buen estado	160	450	509,77
9	Buen estado	160	500	566,41
10	Mal estado	160	430	487,11
11	Mal estado	160	450	509,77
12	Mal estado	160	500	566,41
13	Buen estado	180	430	487,11

14	Buen estado	180	450	509,77
15	Buen estado	180	500	566,41
16	Mal estado	180	430	487,11
17	Mal estado	180	450	509,77
18	Mal estado	180	500	566,41
19	Buen estado	180	430	487,11
20	Buen estado	180	450	509,77
21	Buen estado	180	500	566,41
22	Mal estado	180	430	487,11
23	Mal estado	180	450	509,77
24	Mal estado	180	500	566,41
25	Buen estado	160-180	430	487,11
26	Buen estado	160-180	450	509,77
27	Buen estado	160-180	500	566,41
28	Mal estado	160-180	430	487,11
29	Mal estado	160-180	450	509,77
30	Mal estado	160-180	500	566,41
31	Buen estado	160-180	430	487,11
32	Buen estado	160-180	450	509,77
33	Buen estado	160-180	500	566,41
34	Mal estado	160-180	430	487,11
35	Mal estado	160-180	450	509,77
36	Mal estado	160-180	500	566,41

Cada jumbo tiene una duración de 3 horas hasta que se acaba de consumir, por lo que cada 3 horas se realiza el cambio de jumbo y se lo va intercalando entre buen estado y mal

estado. En la columna 5 tenemos la producción en bultos esperada en cada hora, esta cantidad nos da un total de producción de 18.759,38 bultos en las 36 horas que duró el diseño de experimento, la cual será usada para el cálculo de la inversión de esta solución.

Para realizar el cálculo de la inversión consideramos el diferencial de la compra adicional que tendría que realizar la empresa, en una producción normal los costos directos en materia prima incluyen el papel base y la rodela Kraft de 160 gramos, por lo que se debe comprar cierta cantidad de kg de rodela Kraft de 180 gramos con el fin de realizar el diseño de experimento, los kg a usar se los obtiene con el total de producción que se obtendrá en las 36 horas. La inversión es calculada en la Tabla 2.9 y 2.10.

Tabla 2.9 *Costo directo materia prima*

	160 GR	180 GR	160-180 GR
Costo Materiales [USD]/100 Bto	\$ 30,52	\$ 35,44	\$ 32,98
Bultos a producir	6253,13	6253,13	6253,13
Costo total [USD]/100 Bto	\$1.908,40	\$2.215,88	\$2.062,14
Kg rodela tubete	1280,85	1665,10	1472,97
Costo directo total	\$1.024,95	\$1.332,43	\$1.178,69

Tabla 2.10

Inversión diseño de experimento

	160 GR	180 GR	INVERSIÓN
Costo directo total	\$1.537,419	\$1.998,645	\$461,23

La inversión requerida para la implementación del diseño de experimento es \$461,23, como se puede observar en la Tabla 2.10.

2.14.2 Costos de Quality Windows

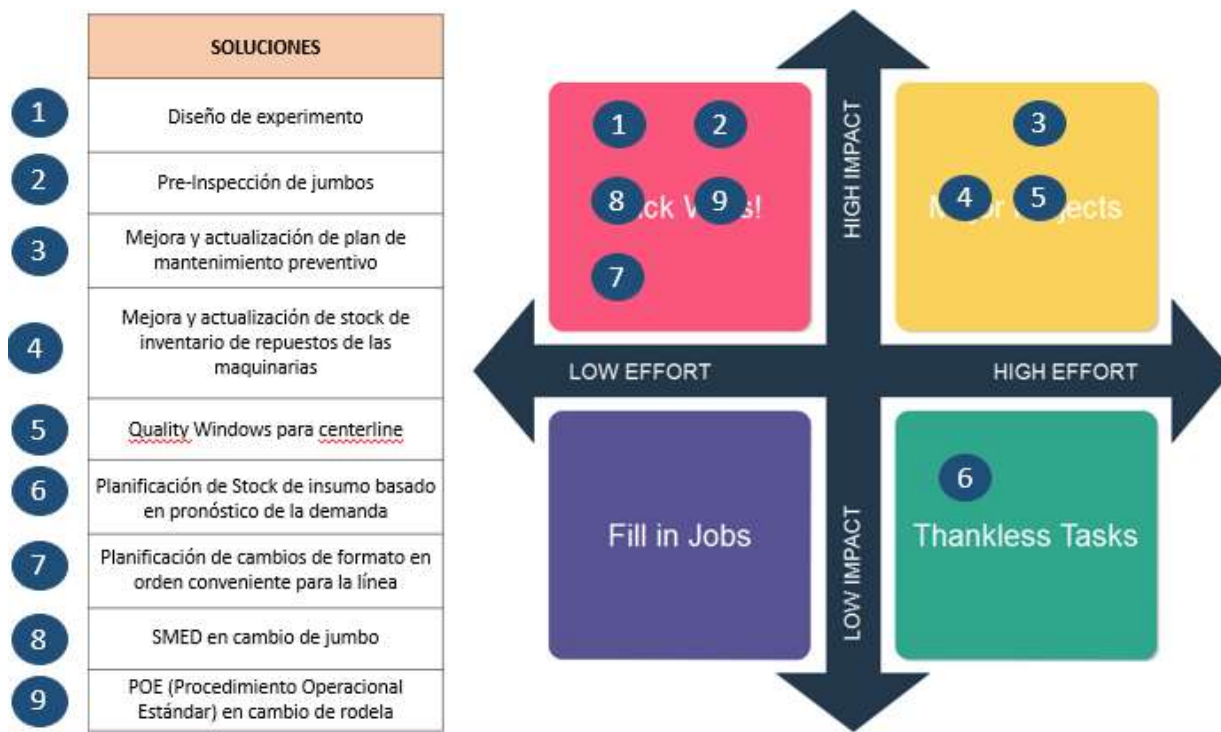
Quality Windows es un software que permite ingresar los parámetros del centerline de cada maquinaria que conforma la línea de producción y de esta manera brindar una mayor visualización de los mismos con el fin de poder monitorear cuando estos parámetros exceden los límites especificados, identificar la causa raíz y elaborar e implementar planes de acción correctivos. La compra de una licencia de Quality Windows cuesta \$4.200 anualmente y cubre el acceso para cinco usuarios.

2.15 Diagrama de impacto – esfuerzo

Con el fin de definir aquellas soluciones que serán más representativas y viables para la empresa se establece el uso del diagrama impacto – esfuerzo en donde participa el Supervisor de Procesos y Jefe de Línea obteniendo como resultado el diagrama que se muestra en la Figura 2.23.

Figura 2.23

Matriz impacto - esfuerzo para las mejoras



Después de haber realizado la matriz de impacto – esfuerzo se decide que aquellas soluciones que serán más factibles y tendrán un mayor impacto en la mejora del rendimiento son las siguientes:

1. Diseño de experimento
2. Inspección de jumbo
3. SMED en cambio de jumbo
4. Planificación de cambios de formato en orden conveniente para la línea.
5. POE (Procedimiento Operativo Estándar) en cambio de rodela Kraft.

2.16 Factibilidad de las soluciones

La primera solución involucra la necesidad de la empresa en establecer la mejor combinación de los factores gramaje de rodela Kraft con el que elabora el canuto, velocidad de la rebobinadora y condiciones de calidad del jumbo de papel base para aquellos SKUS de mayor metraje y así mejorar la producción en la línea y, en consecuencia, su rendimiento. Una vez realizado el diseño de experimento se conocerá cuáles son los factores y niveles ideales, con los cuales se procederá a realizar la producción para medir la mejora del rendimiento.

En la segunda solución se busca implementar una plantilla en donde se pueda contabilizar los distintos defectos que presenta un jumbo de papel base, dicha plantilla será usada por los operarios en el proceso de preparación de jumbo, con el fin de tener un mayor control de dichos defectos y poder elaborar e implementar planes de acción para aquellos que sean más concurrentes, además de poder identificar defectos críticos que no permitan el uso del jumbo, sino que requieran su devolución, lo que producirá mayor producción de productos conforme y menor toneladas de mermas.

Para la tercera solución se implementará la metodología SMED con el fin de reducir tiempos de set up en el proceso de cambio de jumbo, mediante la identificación de planes de acción correctivos que permitan combinar, eliminar o simplificar actividades, además de identificar riesgos de seguridad para los operarios que formen parte del proceso. El SMED reducirá la pérdida de cambio de jumbo y, en consecuencia, aumentará el rendimiento de la línea de producción.

La cuarta solución es sobre la secuencia lógica de una matriz de cambio de formatos, con el fin de que pueda ser usada por el departamento de planificación de producción y realice dicha planificación considerando los tiempos de set up que equivale el cambio de un formato a otro y

pueda escoger una secuencia de producción que represente menores tiempos de set up. Esta solución disminuirá las pérdidas de producción por cambios de formato y, en consecuencia, aumentará el rendimiento de la línea de producción.

La quinta solución consiste en la elaboración de un POE de cambio de rodela Kraft, el cual es un documento en donde se desglosa paso a paso las actividades a realizar para cambiar una rodela Kraft, esto será útil para estandarizar dicho proceso entre los operarios, además como un instrumento para poder capacitar a futuros operarios. Esta solución nivelará la matriz de habilidades de los operarios en dicho proceso.

2.17 Implementación de soluciones

Para implementar las soluciones de forma correcta y ordenada se propone el plan de implementación descrito en el apéndice F.

2.17.1 Diseño de experimento

Como se mencionó en la sección 2.14.1, el diseño de experimento se realizó con el sku de 32 metros, con los factores y niveles detallados en la tabla 2.7, con 2 réplicas, lo que da un total de 36 observaciones con una duración de 1 hora cada una. La combinación de los factores y su orden están detallados en la Tabla 2.8, la cual fue usada como una plantilla para la recolección de los datos de producción (bultos) y eficiencia por observación.

Al realizar el diseño de experimento junto al equipo de trabajo, se obtuvieron los resultados del apéndice L.

Es importante recalcar que a pesar de que se espera aumentar la velocidad de la rebobinadora a 500 m/min, existen otras variables de la línea de producción que afectan la velocidad y el rendimiento, tales como pérdidas por cambios de formato, cambios de insumos, averías en otras maquinarias, limpieza, atascamiento de papel, entre otros. Recordemos que esta es una línea de producción automatizada que no almacena WIP entre cada maquinaria, por lo que, si una máquina se detiene o disminuye su velocidad, en consecuencia, las otras máquinas también se detienen o nivelan su velocidad, sin embargo, se espera aumentar el rendimiento, eliminando las variables que afectan directamente a la velocidad nominal de la rebobinadora, como lo son el gramaje del canuto y la calidad del jumbo de papel base.

Tabla 2.11

Costo directo por combinación

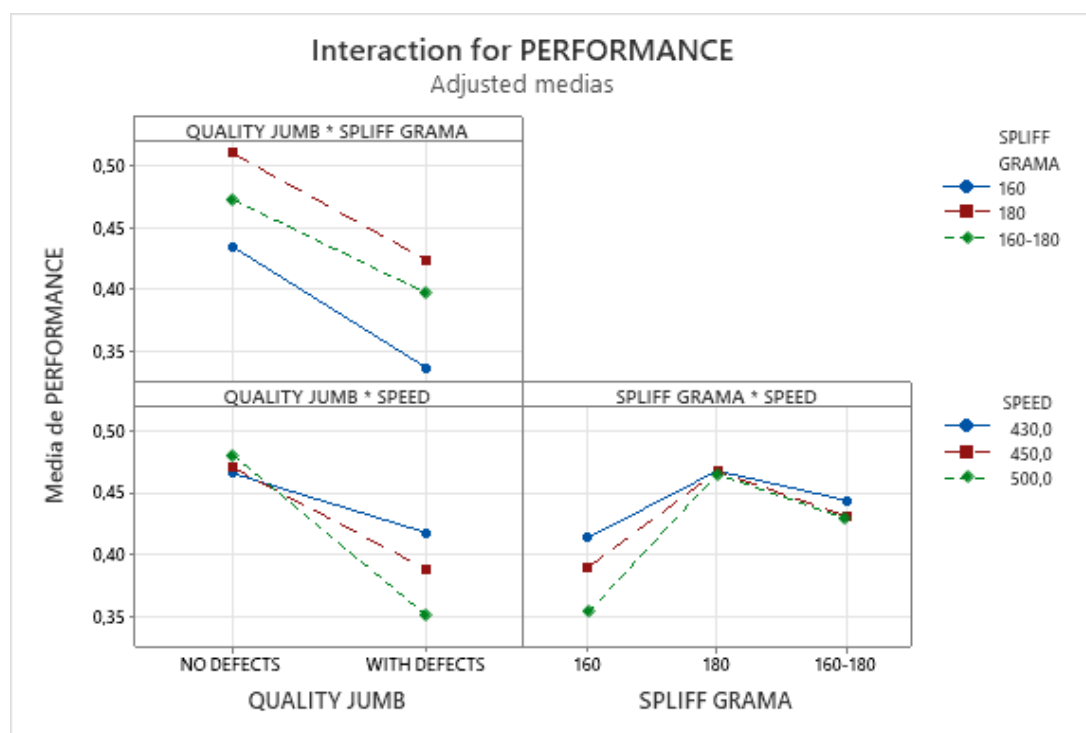
	VELOCIDAD	CALIDAD DEL JUMBO	DURACIÓN	PROD. (bultos)	RENDIM.	COSTO DIRECTO
Canuto 160 gramos	430 m/min	Buen estado	60 min	188,02	38,6%	\$30,81
		Mal estado	60 min	176,33	36,2%	\$28,90
	450 m/min	Buen estado	60 min	175,87	34,5%	\$28,82
		Mal estado	60 min	158,54	31,1%	\$25,98
	500 m/min	Buen estado	60 min	168,22	29,7%	\$27,57
		Mal estado	60 min	153,50	27,1%	\$25,15
Canuto 180 gramos	430 m/min	Buen estado	60 min	208,97	42,9%	\$44,52
		Mal estado	60 min	189,97	39,0%	\$40,47
	450 m/min	Buen estado	60 min	224,30	44,0%	\$47,78
		Mal estado	60 min	206,46	40,5%	\$43,98
	500 m/min	Buen estado	60 min	274,71	48,5%	\$58,52
		Mal estado	60 min	226,00	39,9%	\$48,14
Canuto 160- 180 gr	430 m/min	Buen estado	60 min	200,20	41,1%	\$37,73
		Mal estado	60 min	185,10	38,0%	\$34,88

450 m/min	Buen estado	60 min	217,67	42,7%	\$41,02
	Mal estado	60 min	201,87	39,6%	\$38,04
500 m/min	Buen estado	60 min	262,25	46,3%	\$49,42
	Mal estado	60 min	215,80	38,1%	\$40,67

Figura 2.24

Interacción de factores

Fuente: [Elaboración propia]



Se puede observar que la mejor combinación de los factores sería el uso del canuto de 180 gramos, a una velocidad de 500 m/min con un jumbo en buenas condiciones (Tabla 2.12 y Figura 2.24), el cual en el diseño de experimento tuvo una producción promedio por hora de 274.71 bultos y un rendimiento de 48,5% con un costo directo de \$58,52, mientras que con el canuto 160-180 gr se obtuvo un rendimiento de 46,3% con un costo de \$49,42, se obtiene un beneficio similar con un menor costo, por lo que la combinación elegida por el equipo de trabajo fue el canuto de 160-180 gr.

2.17.2 Resultados Diseño de experimento

Una vez que se obtuvo la combinación de factores que aumenta la producción y el rendimiento de la línea, se inició con la implementación de dicha combinación y se obtuvo un muestreo de 9 días, en los 3 turnos, de la velocidad de la rebobinadora y del porcentaje de la pérdida de velocidad nominal (P14) con el fin de poder compararlo con un muestreo del mismo tamaño de ambas variables antes de la implementación de la solución, obteniendo los resultados de la Tabla 2.13.

Tabla 2.12

Resultados implementación diseño de experimento

ANTES		DESPUÉS	
VELOCIDAD (m/min)	%P14	VELOCIDAD (m/min)	%P14
418,84	23,85%	475,74	13,50%
418,99	23,82%	454,64	17,34%
440,78	19,86%	452,90	17,66%
409,81	25,49%	482,78	12,22%
434,45	21,01%	438,95	20,19%
432,58	21,35%	487,66	11,33%
445,06	19,08%	465,02	15,45%
437,22	20,50%	469,64	14,61%
436,99	20,55%	407,80	25,85%
432,91	21,29%	459,70	16,42%
434,53	20,99%	475,95	13,46%
439,55	20,08%	492,47	10,46%
432,02	21,45%	475,85	13,48%
417,66	24,06%	480,81	12,58%
429,06	21,99%	485,03	11,81%
438,17	20,33%	473,75	13,86%
420,20	23,60%	482,44	12,28%

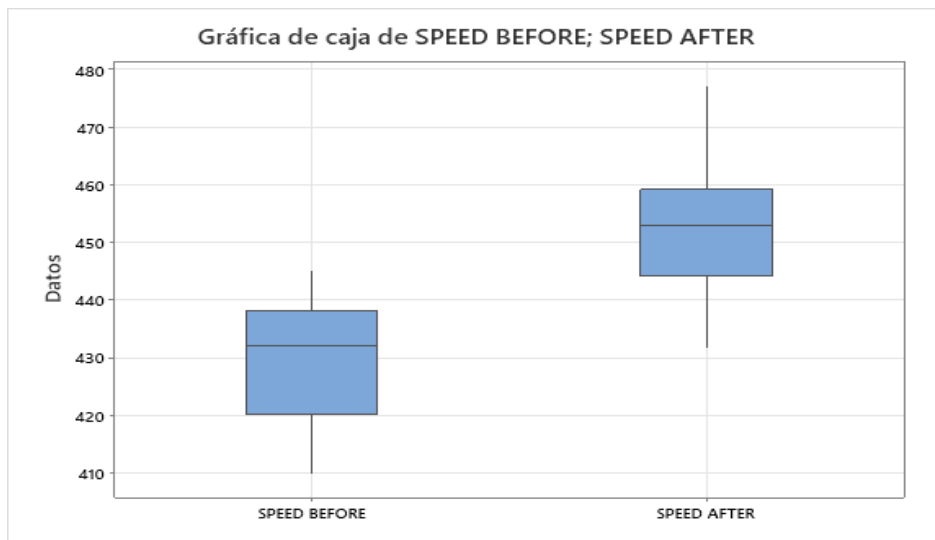
439,03	20,18%	465,08	15,44%
442,23	19,60%	490,98	10,73%
426,47	22,46%	472,02	14,18%
428,78	22,04%	463,45	15,74%
430,11	21,80%	433,95	21,10%
444,66	19,15%	490,26	10,86%
413,87	24,75%	515,34	6,30%
410,15	25,43%	491,64	10,61%
423,23	23,05%	467,65	14,97%
431,01	21,63%	435,34	18,00%

2.17.3 Análisis resultados diseño de experimento

Se compararon los valores de las variables velocidad de la rebobinadora y %Pérdida de velocidad nominal mediante diagramas de caja en minitab y líneas de tiempo (Figura 2.25 y Figura 2.26).

Figura 2.25

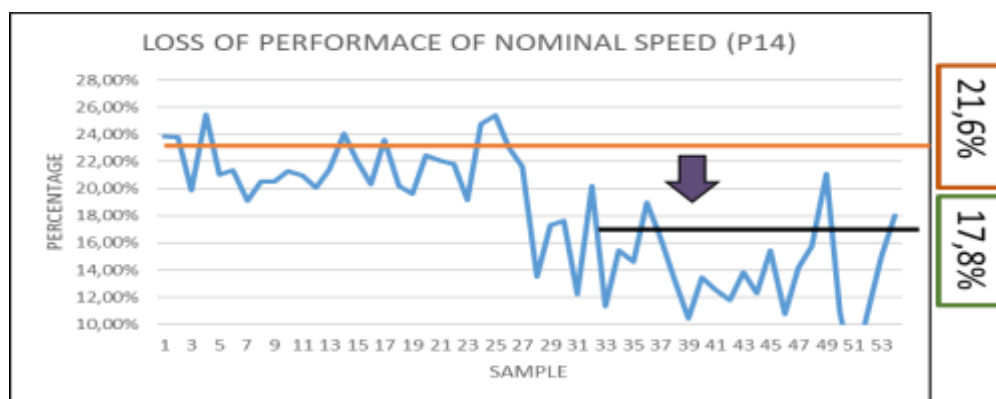
Gráfica de caja Velocidad rebobinadora



Podemos observar en la Figura 2.25 un aumento en el promedio de la velocidad de la rebobinadora de 430 m/min a 470 m/min.

Figura 2.26

Comparación %P14



Podemos observar en la Figura 2.26 una disminución en el promedio del %Pérdida de velocidad nominal (P14) de 21,6% a 17,8%., aumentando el rendimiento de la línea un 3,8%.

2.18 Inspección de jumbo

Se realizó la plantilla de inspección de jumbo junto con los operarios de la línea y el departamento de calidad, en donde se detallan los defectos de calidad de jumbo detectados en los distintos turnos, la cual se detalla en el Apéndice G.

2.18.1 Resultado Inspección de jumbos de papel base

Una vez elaborada y aprobada la plantilla de inspección de jumbos, se procedió a capacitar a los operarios para su correcto uso y después se la colocó en la línea de conversión para su respectiva recolección de datos por parte de los operarios en el proceso de preparación de jumbo (Figura 2.27), se realizó un muestreo de 28 días del mes de Agosto, de 3 turnos cada día y en cada turno existen de 2 a 3 cambios de jumbo, obteniendo un muestreo total de 224

observaciones, con el fin de poder contabilizar los defectos más concurrentes y los jumbos que fueron aprobados y los que no.

Figura 2.27

Plantilla llenada por operarios



2.18.2 Análisis de resultados de inspección de jumbos de papel base

En dicho muestreo de 224 observaciones, se obtuvo que 32 fueron rechazados y 192 fueron aceptados (Figura 2.28), de dichos jumbos se desglosa las razones por las cuales fueron rechazados o aceptados (Figura 2.29).

Figura 2.28

Jumbos rechazados y aceptados

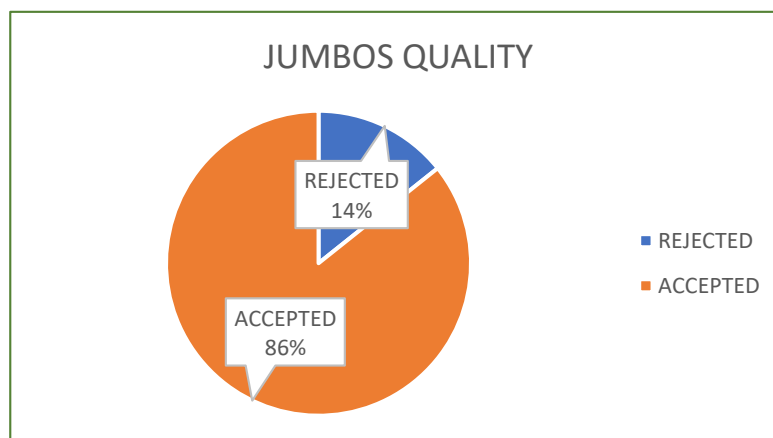
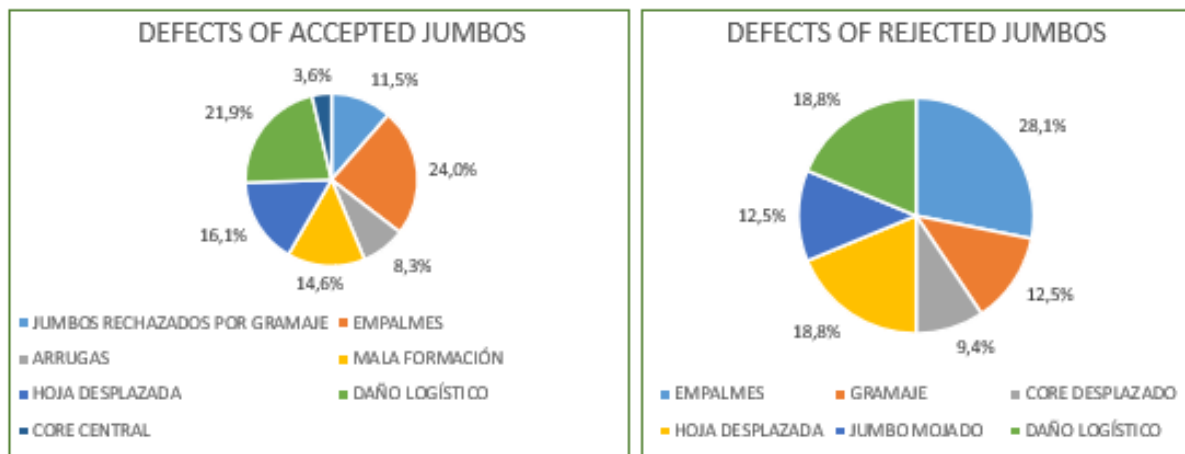


Figura 2.29

Desglose de defectos en jumbos rechazados y aceptados

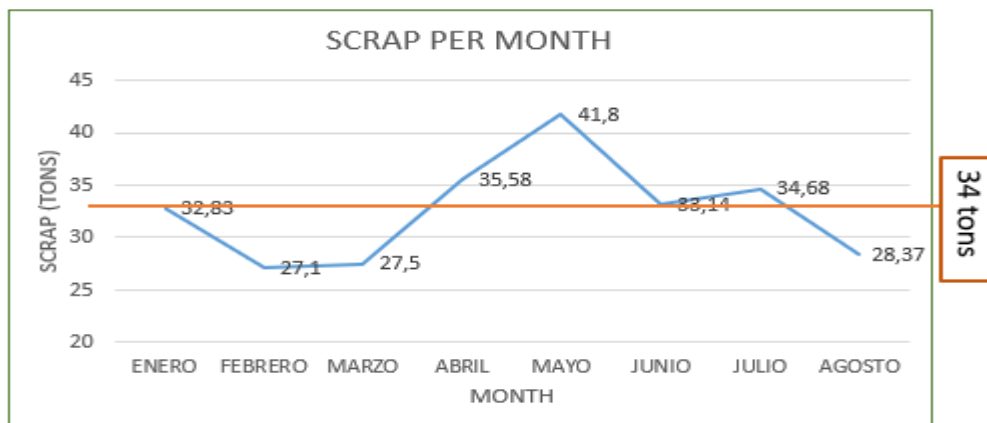


Como podemos observar en la Figura 2.29, el defecto crítico más frecuente del porqué un jumbo es rechazado son los empalmes (24%) y el defecto más común entre los jumbos aceptados son los empalmes también (28,1%).

Mediante el uso de la plantilla de inspección de jumbos se logró rechazar 32 jumbos que hubiesen aumentado las toneladas de mermas de producción en el mes de Agosto, gracias a esto se logró disminuir dichas mermas del promedio de toneladas de mermas de Enero a Julio del 2023, el cual es 34 toneladas a 28.37 toneladas (Figura 2.30).

Figura 2.30

Mermas de producción



2.19 SMED en cambio de jumbo

El SMED en cambio de jumbo fue realizado mediante un formato usado por la empresa para aplicar dicha herramienta de mejora continua, se inició realizando el cronograma Apéndice M, en donde podemos visualizar el paso a paso de la realización del SMED.

Después de esto, se realizó el diagrama spaguetti del recorrido que realiza el operario al realizar el proceso de preparación y cambio del jumbo de papel base, se obtuvo que realiza 341 pasos y recorre 272.8 metros.

Luego, se realizó la recolección de las distintas actividades que componen el proceso de preparación y cambio de jumbo, mediante grabación de videos del proceso y con la ayuda de los operarios y guía del supervisor de procesos, además de la crono metrización de dichas actividades y clasificación en actividades internas y externas. Hecho esto, se identificaron aquellas actividades que podrían ser eliminadas, combinadas, simplificadas y reducidas mediante planes de acción y aquellas que representan riesgos de seguridad para los operarios detallados en el Apéndice H.

2.19.1 Resultados SMED cambio de jumbo

Luego de la implementación de los planes de acción (Figura 2.31) y su respectiva capacitación se procedió a verificar la disminución de tiempos de set up en el cambio de jumbo.



Figura 2.31

Implementación planes de acción

Colocación correcta de core usado

TPM - Gestión del Desempeño Total LUP - Lección de un punto



El botón de descarga de tubos de cartón puede ser usado en el papel sobrante del jumbo si se encuentra en las mismas condiciones, es decir, sin arrugas que provoquen que se deforme el papel.

Uso botón descarga tubos de cartón

TPM - Gestión del Desempeño Total LUP - Lección de un punto

El botón de descarga de tubos de cartón puede ser usado en el papel sobrante del jumbo si se encuentra en las mismas condiciones, es decir, sin arrugas que provoquen que se deforme el papel.






Uso de botón parada normal o parada rápida

TPM - Gestión del Desempeño Total LUP - Lección de un punto

El botón de parada normal debe ser usado para detener el desbobinador completamente. Si no se presenta rompimiento.

El botón de parada rápida debe ser usado en caso de rompimiento de papel o empujencia.






Levantamiento campanar


TPM - Gestión del Desempeño Total LUP - Lección de un punto

INSPECCIÓN DE JUMBOS DE PAPEL BASE

FECHA:			
TURNOS:	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3
OPERADOR:			
PRODUCTO:			
DEFECTO	ANTIDAD POR TURNO	ANTIDAD POR TURNO	ANTIDAD POR TURNO
DAÑO LÓGISTICO (FOTOS)			
CONTAMINACIÓN (Contaminación por vochar, luz cta, plaga, excremento de aves, asimilar, puntas de papel con canteros calientes que se desprenden de tuberías a extructuras)			
MANCHA Y/O REVERSIÓN BLANCURO			
JUMBO MOJADO			
CORE QUEBRADO Y/O SUELTO			
HOJA SUELTA (BOBINADO)			
CORE DESPLAZADO			
HOJA DESPLAZADA			
CORTE CENTRAL (DOBLE ANCHO)			N/A
PIC LATERAL (Cortar a pic lateral en cualquier preparación)			N/A
ADHESIVOS			Notificar a calidad N/A
GRUPOS			Calificar en observación N/A

TPM - Gestión del Desempeño Total LUP - Lección de un punto



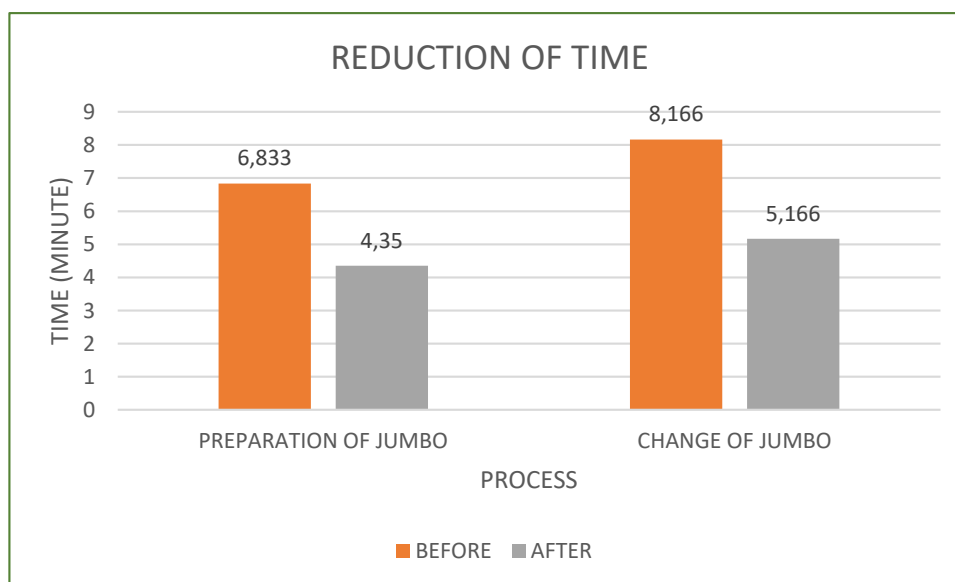
2.19.2 Análisis resultados SMED cambio de jumbo

Analizamos los resultados obtenidos al implementar los planes de acción mostrados en la sección 2.19 y la disminución en los tiempos de set up en la preparación y el cambio del jumbo en el Apéndice N.

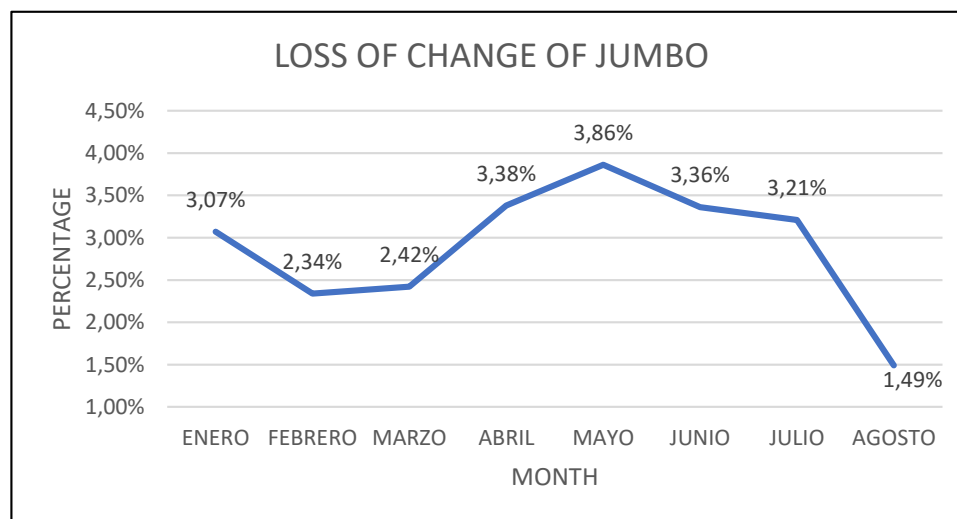
Realizando la comparación de los resultados, se puede observar una disminución de 6.83 minutos a 4.35 minutos en la preparación del jumbo y de 8.16 minutos a 5.16 minutos en el cambio de jumbo (Figura 2.32)

Figura 2.32

Comparación tiempos SMED



En consecuencia, a la reducción de los tiempos del set up, se logró disminuir el 1,6% de la pérdida de cambio de jumbo en el mes de agosto, considerando que el promedio de este año era de 3.09% (Figura 2.33).

Figura 2.33*Disminución P8-2*

2.20 Secuencia lógica en cambios de formato

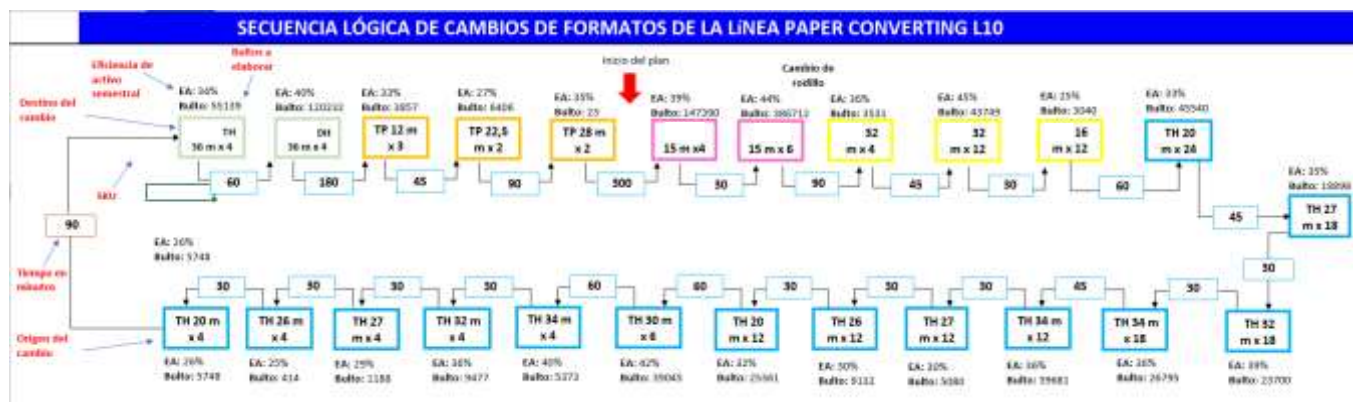
Actualmente el departamento de planificación no cuenta con un formato guía de producción actualizado en donde se le indique los tiempos de cambios de un producto a otro con el fin de que la línea disminuya la cantidad de cambios de formatos que producen reducciones de rendimiento de la línea.

Con la ayuda del operario líder de la línea y el supervisor de procesos se procedió a actualizar la secuencia lógica con sus tiempos de cambio de la línea L10, además se tomaron los datos de rendimiento de los seis primeros meses de cada producto y la cantidad de bultos de cada uno de ellos.

El principal propósito de esta secuencia lógica es que el departamento de planificación de acuerdo con sus requerimientos de ventas se pueda establecer un orden de producción lógico tal como se puede apreciar en la Figura 2.34, es decir, que el orden de cambios que se vayan a realizar tome el menor tiempo posible y así poder aumentar el rendimiento de la línea ya que habrán menos tiempos de cambios de formatos durante la producción.

Figura 2.34

Secuencia lógica de cambio de formatos



2.20.1 Resultados Secuencia lógica en cambios de formato

Los resultados en la secuencia lógica fueron complicados de medir, debido a lo impredecible que es la demanda, sin embargo, cuando planificación tiene el cálculo del pronóstico de la demanda por sku y sus fechas respectivas de producción, es posible ordenar los skus de tal forma que respeten las fechas límites de entrega y sigan una secuencia lógica que disminuya los tiempos de cambios de formato. Estos resultados solo serán posibles de visualizar a largo plazo, reflejados en la disminución de la pérdida P8 y en el aumento del rendimiento de la línea.

2.21 POE en cambio de rodela kraft

Por medio de la recolección de datos de los tiempos que demoran los 3 canteros en realizar el proceso de cambio de rodela kraft, notamos que existe una notable diferencia (Figura 2.35), de ahí la necesidad de realizar la estandarización de dicho proceso (Figura 2.36), con el fin de nivelar sus habilidades y rendimiento, y que éste no afecte en el proceso. El POE en cambio de rodela kraft se lo realizó por medio de distintas grabaciones del proceso y junto a los

operarios y supervisor de proceso encontrar la forma ideal y correcta de realizar el cambio en el menor tiempo posible

Figura 2.35

Tiempos de cambio de rodela kraft

Fuente: [Elaboración propia]

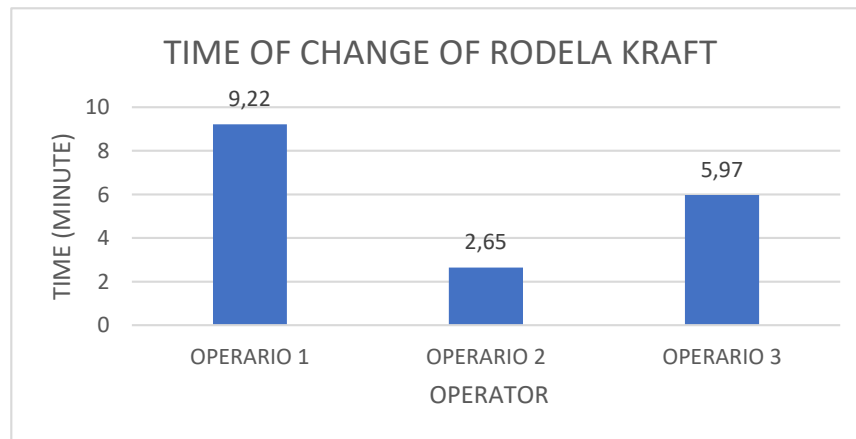


Figura 2.36

POE cambio de rodela kraft

Fuente: [Elaboración propia]

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTÁNDAR

Código:		TPM
Fecha:	ago-22	
Versión:	01	
Página:	1 de 1	

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR				SEGURIDAD			Clasificación			Revisión	1
Fecha:	8-ago-23	Elaborado por:	Andrea Martínez y Yamileth Aguirre	Código:		Conocimiento Básico X	Caso de Mejora	Caso de Problema			
Area:	LR10 ROLLO	Aprobado por:		Revisado:		Productividad X	Calidad	Costo			
Tarea:	CAMBIO DE RODELA KRAFT			Público Objetivo:	Operadores de LR10	Entrega	Seguridad X	Sustentabilidad			

Paso #1	Paso #2	Paso #3	Paso #4
UNA VEZ QUE SE ACTIVA LA ALARMA SONORA DE LA CANUTERA QUE INDICA QUE SE ACABÓ EL PAPEL KRAFT, DETENER CANUTERA CON BOTÓN DE STOP DE CICLO, EN EL CASO QUE NO SE HAYA DETENIDO AUTOMÁTICAMENTE.	DESAJUSTAR EL SEGURO EN SENTIDO HORARIO CON LA AYUDA DE UNA LLAVE ALLEN 8 EN FORMA DE T PARA PODER SACAR LA RODELA CONSUMIDA Y AFLORAR UN POCO DE PAPEL KRAFT PARA EMPALMAR CORRECTAMENTE.	ROMPER EXTREMO DE RODELA KRAFT CONSUMIDA Y DESCARTARLA.	PROCEDER A SACAR EL SEGURO DEL DESBOBINADOR DE LA CANUTERA.



Nota: Es indispensable contar con todos los epp para un buen cuidado del trabajador

Paso #5	Paso #6	Paso #7	Paso #8
SE GIRA EN SENTIDO ANTIHORARIO DESBOBINADOR Y SE COLOCA AUTOMÁTICAMENTE EL SEGURO, PARA TENER UN MAYOR ACCESO A LA RODELA KRAFT.	SE ROMPE UN EXTREMO DEL PAPEL KRAFT PARA EMPALMARLO CON EL EXTREMO DE LA ANTERIOR RODELA KRAFT CON 2 PEDAZOS DE CINTA DE PAPEL (DE LARGO IGUAL AL ANCHO DEL PAPEL KRAFT) EN FORMA DE CRUZ PARA EL EMPALME.	LUEGO, GIRAR DESBOBINADOR EN SENTIDO ANTIHORARIO HASTA QUE EL BALANCIN SE ENCUENTRE TENSADO CON EL PAPEL KRAFT Y PROCEDEMOS A ENCENDER LA CANUTERA A BAJA VELOCIDAD PARA PASAR EL EMPALME.	BAJAR PALANCA NARANJA DE DESCARTE DE CANUTO PARA SACAR LOS TRES PRIMEROS CANUTOS QUE CONTIENEN EL EMPALME Y NO TIENEN GOMA, DESPUÉS DE ESTO SUBIR NUEVAMENTE LA PALANCA.



Paso #9	Paso #10	Paso #11	Paso #12
AUMENTAR LA VELOCIDAD DE LA CANUTERA HASTA LA INDICADA EN EL CENTERLINE Y CONTINUAR CON LA PRODUCCIÓN NORMAL.	SE DEJA LISTA LA RODELA KRAFT PARA EL SIGUIENTE CAMBIO, PARA ESTO PRIMERO SE ALZA LA RODELA CON LA AYUDA DE LA BARRETA PARA LUEGO COLOCARLA EN EL SUELO.	SE TRANSPORTA EN FORMA VERTICAL LA RODELA KRAFT HACIA EL DESBOBINADOR EXTERNO DE LA CANUTERA.	MONTAR DE FORMA MANUAL LA RODELA KRAFT EN EL DESBOBINADOR EXTERNO DE LA CANUTERA.



Paso #13	Paso #14
AJUSTAR EL SEGURO EN SENTIDO ANTIHORARIO CON LA AYUDA DE UNA LLAVE PARA QUE LA RODELA QUEDE PRESIONADA Y EVITAR QUE SE SALGA DE SU POSICIÓN.	IMPORTANTE DESPUÉS DE CADA TAREA, USO DE ALCOHOL GEL PARA SANITIZAR LAS MANOS Y ALCOHOL ESPECIAL PARA SANITIZAR LOS EQUIPOS.

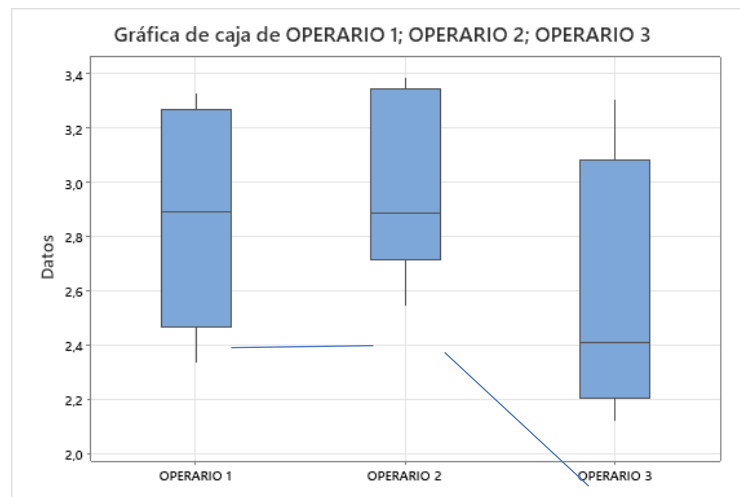


2.21.1 Resultados cambio de rodela Kraft

Una vez aprobado el POE de cambio de rodela kraft, se capacitó a los operarios y se midieron los resultados con una muestra de 15 observaciones, como podemos observar en la Figura 2.37, el promedio de los tiempos de cada operario es similar, por lo que el proceso se encuentra estandarizado.

Figura 2.37

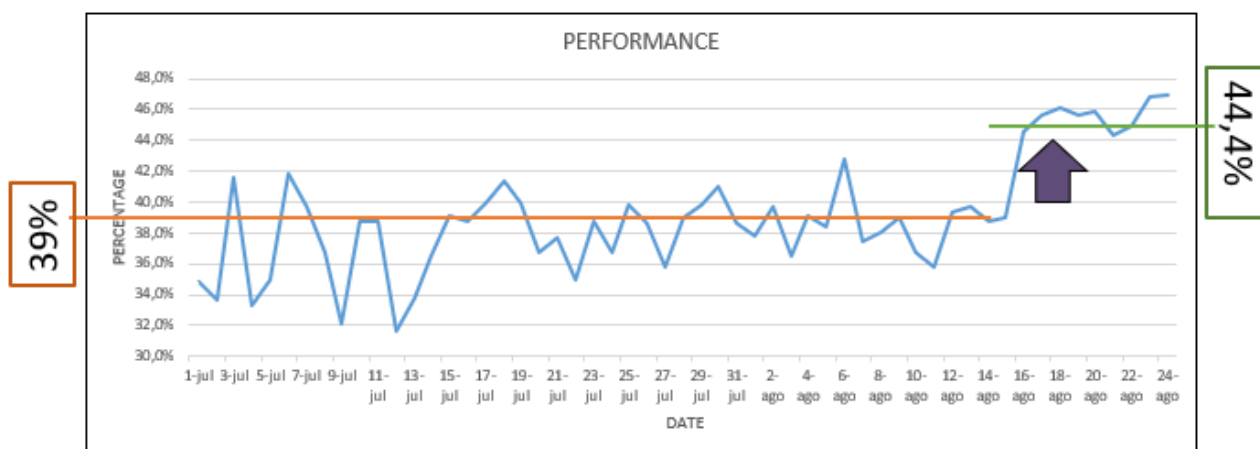
Diagrama de caja tiempos de cambio rodela kraft



2.22 Resultados y análisis

Figura 2.38

Aumento de rendimiento



En la serie de tiempo que podemos observar en la figura 2.38, se puede apreciar el aumento de nuestra variable Y (%Rendimiento) en la comparación del promedio de rendimiento de una muestra que se realizó desde el 1 de Julio hasta el 15 de Agosto de 2023 (previo a la implementación de la mayoría de soluciones) vs el promedio del rendimiento desde el 16 de Agosto hasta el 24 de Agosto de 2023 (después de la implementación de las soluciones).

Gracias a la implementación de las soluciones mencionadas en la sección 2.17 del presente documento, se logró aumentar el 5,4% de rendimiento de 39% a 44.4% de la línea de conversión de rollos de papel higiénico.

2.23 Gráfica de control y prueba de normalidad

La capacidad del proceso es un indicador importante para poder visualizar la mejora del modelo inicial al modelo actual con las soluciones propuestas implementadas, por lo que se usó la misma muestra de la sección 2 de los valores de rendimiento y se inició verificando que sean datos normales (Figura 2.39) y que se encuentren estables, bajo control estadístico (Figura 2.40).

Figura 2.39

Prueba de normalidad

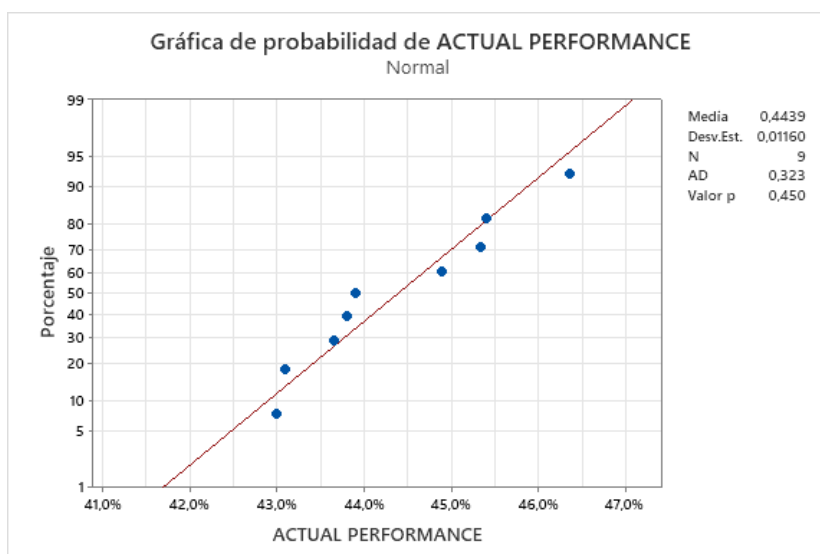
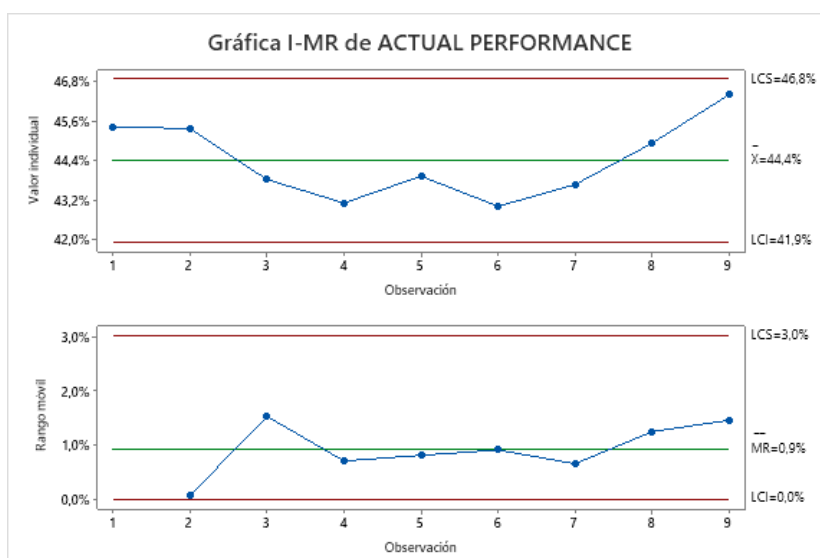


Figura 2.40

Prueba de estabilidad



Podemos observar en la Figura 2.39 que la muestra sigue una distribución normal, dado que el valor de p (0,45) es mayor al nivel de significancia (0,05) y que es un proceso estable bajo control estadístico (Figura 2.40), dado que no hay puntos fuera de los límites de especificación ni en la gráfica de valores individuales, ni en la de rango móvil, además de que no se detectan patrones.

2.24 Análisis de capacidad

El análisis de capacidad del proceso antes de la implementación de las soluciones (Figura 2.41) no era central con respecto a la media, por lo tanto, no era capaz ($Cpk=0,06$) y a largo plazo lo iba a ser menos ($Ppk=0,04$).

Figura 2.41

Análisis de capacidad-ANTES

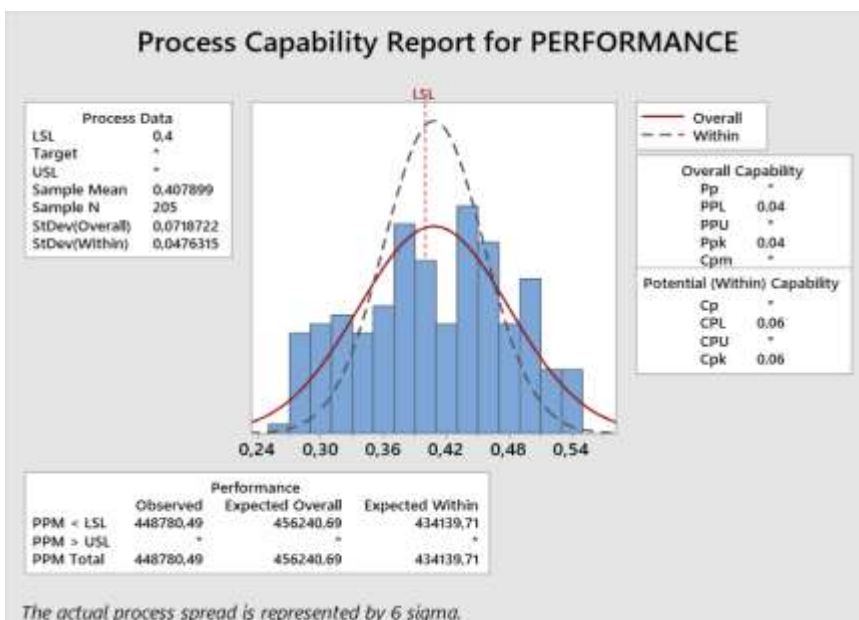
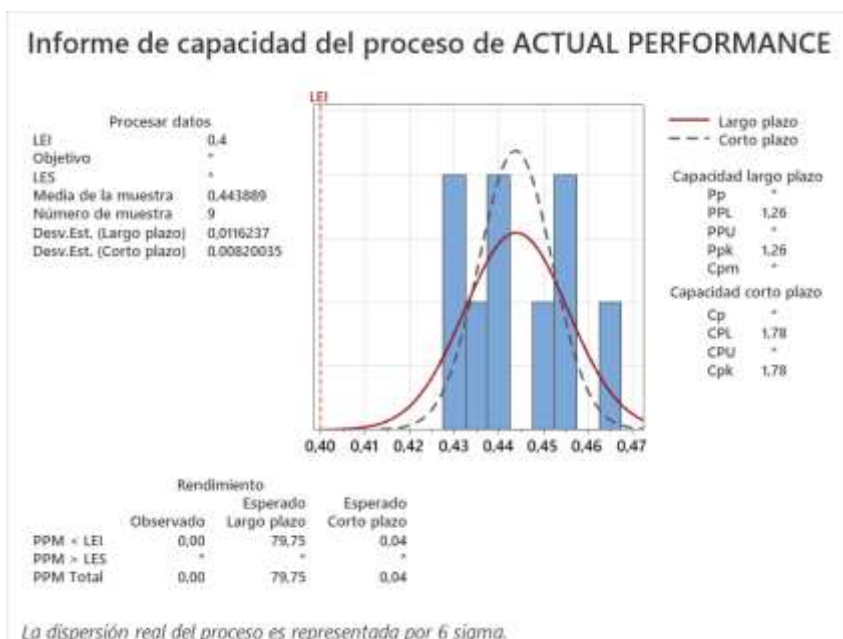


Figura 2.42

Análisis de capacidad-ACTUAL



En la Figura 2.42 se observa que el valor de Cpk es de 1.78 respecto al 0.06 inicial (Figura 2.41) que se tenía en el modelo inicial, mejorando así la localización de los datos, mientras que el valor del Ppk pasó de 0.04 a 1.26, reduciendo la variación en los datos del proceso.

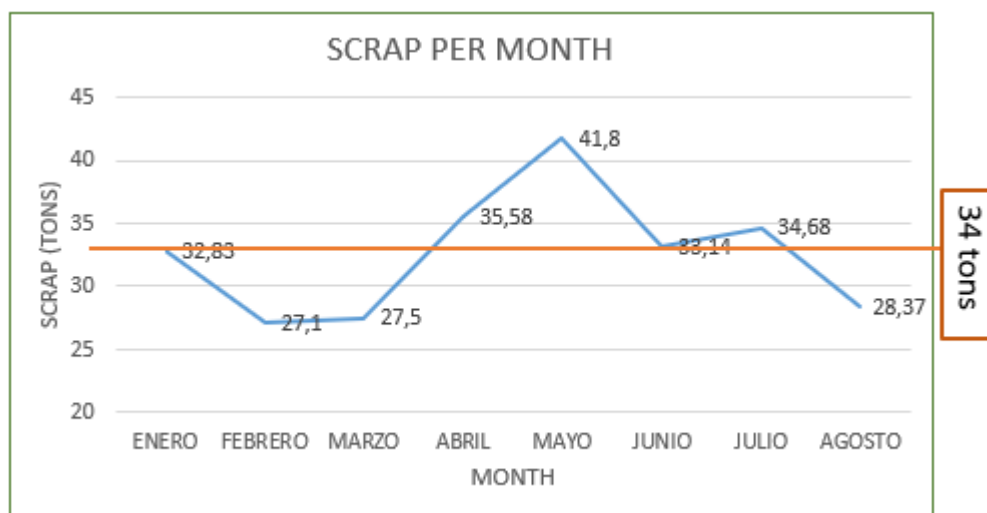
2.25 Triple Bottom Line

2.25.1 Pilar ambiental

Se impactó en el pilar ambiental por medio de la reducción de las mermas de producción, esto se logró gracias a la solución plantilla de inspección de jumbos de papel base, en donde se rechazaba aquellos jumbos que presentaban defectos críticos que producirían que se produzca producto no conforme, además de disminución de la velocidad nominal de la línea, con dicha implementación se disminuyó 5,63 toneladas (Figura 2.43).

Figura 2.43

Disminución de tonelada por mes



2.25.2 Pilar social

Se impactó el pilar social mediante la nivelación de las habilidades y conocimientos del operario en el proceso de cambio de rodela kraft en la canutera, mediante la estandarización de dicho proceso y su respectiva capacitación, además del levantamiento de una LUP sobre el uso correcto del botón expulsador de canuto y otra LUP sobre el uso correcto del botón de parada rápida y botón de parada normal, así mismo se realizó la disminución de riesgos de seguridad como el aplastamiento por el canuto del jumbo de papel base, por medio de una LUP sobre su correcto colocamiento y prevención de lesiones al levantar las campanas del jumbo, por medio de una LUP sobre su correcto levantamiento.

2.25.3 Pilar económico

Se impactó el pilar económico al reducir las pérdidas de producción y aumentando el 5.4% del rendimiento de la línea de conversión de rollos, lo cual se traduce en un aumento de 43.72 toneladas de volumen de producción mensual, lo que en ganancias sería \$65.000,00 (Tabla 2.16).

Tabla 2.13

Pilar económico

	USD	Toneladas	Total
Precio Neto/ ton	\$ 3.419,79	43,72	\$149.513,22
Costo Total [USD]/Ton	\$ 1.933,04	43,72	\$ 84.512,57
TOTAL GANANCIA			\$ 65.000,65

Capítulo 3

3.1 Control

Tabla 3.1

Plan de control

SOLUTION	WHAT?	WHY?	HOW?	WHEN?	WHO?	WHERE?
Diseño de experimento	Monitoreo de velocidad de rebobinadora	Tener control del rendimiento de la rebobinadora	Archivo de excel con datos de velocidad obtenidos de shoplogix	Diario	RDL	Shoplogix
Plantilla Inspección de jumbos	Defectos de calidad de jumbo	Evitar productos no conformes	Archivo excel con información recopilada de las plantillas	Turno	RDL	Archivo excel
SMED cambio de jumbo	Tiempos de cambio de formato	Reducir tiempos en cambios de formato	Reuniones con departamento de planificación	Semanal	Dpto. Planificación	Google Meet
POE en cambio de rodela kraft	Monitoreo de pérdida P08-2	Reducir tiempos en cambios de jumbo	Shoplogix	Diario	RDL	Shoplogix
Secuencia lógica cambio de formatos	Tiempos de cambio de rodela	Igual rendimiento entre operarios	Plantilla con tiempos de cambio por operario	Semanal	RDL	Plantilla

3.2 Plan de control Diseño de experimento

La combinación de factores obtenidas en el diseño de experimento tendrán como plan de control el monitoreo diario de las velocidades de la rebobinadora en los tres turnos de producción, por medio de shoplogix analytics, el cual es un software que permite realizar análisis de los datos ingresados a shoplogix (Figura 3.2), entre ellos está la velocidad de la rebobinadora

la cual es directamente subida a dicho software por medio de una programación con PLC que detecta las velocidades de la rebobinadora, además de los tiempos que se detiene, esta información puede ser descargada de shoplogix analytics en un archivo Excel (Figura 3.1), llevar un control de dicha velocidad e implementar planes de acción en el caso de ser necesario.

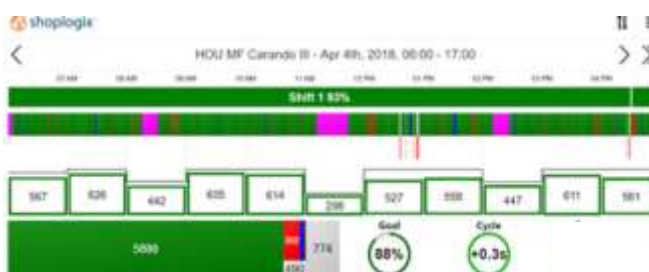
Figura 3.2

Control velocidades rebobinadora

FECHA	TURNO	PRODUCTO	VELOCIDAD
5-feb	TURNO 2	TH :	450
5-feb	TURNO 3	TH :	420
6-feb	TURNO 1	TH :	400
6-feb	TURNO 2	TH :	450
6-feb	TURNO 3	TH :	450
7-feb	TURNO 1	TH :	450
7-feb	TURNO 2	TH :	450
7-feb	TURNO 3	TH :	420
8-feb	TURNO 1	TH :	520
8-feb	TURNO 2	TH :	520
8-feb	TURNO 3	TH :	420
9-feb	TURNO 1	TH :	410
13-feb	TURNO 1	TH :	440
13-feb	TURNO 2	TH :	400
14-feb	TURNO 1	TH :	430
14-feb	TURNO 3	TH :	400
2-mar	TURNO 2	TH :	370
3-mar	TURNO 1	TH :	390
6-mar	TURNO 3	TH :	400
7-mar	TURNO 1	TH 34MYS X 18	470

Figura 3.1

Shoplogix velocidades



3.3 Plan de control inspección de jumbos de papel base

Con el fin de llevar un control de que se realice en todos los turnos y diariamente el uso de la plantilla de inspección de jumbo, el líder de gestión operacional deberá ingresar los datos de la plantilla en un archivo Excel compartido al finalizar el turno (Figura 3.3), con el objetivo de asegurar su realización y además tener un registro histórico de los defectos del jumbo, que permita tomar decisiones de mejora continua.

Figura 3.3

Control plantilla inspección jumbos

		FECHA:			FECHA:			FECHA:			FECHA:			FECHA:
		OPERADOR:			OPERADOR:			OPERADOR:			OPERADOR:			OPERAC
		PRODUCTO:			PRODUCTO:			PRODUCTO:			PRODUCTO:			PRODU
		TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	TURNO
DEFECTO		CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.	CANT.
DAÑO LOGÍSTICO (FOTOS)														
CONTAMINACIÓN (Contaminación por vectores, insectos, plagas, excrementos de aves o similares; puntos de pasta con contorno coloreado que se desprenda de tuberías o estructuras)														
MANCHA Y/O REVERSIÓN BLANCURO														
JUMBO MOJADO														
CORE QUEBRADO Y/O SUELTO														
HOJA SUELTA (BOBINADO)														
CORE DESPLAZADO														
HOJA DESPLAZADA														
CORTE CENTRAL (DOBLE ANCHO)														
PIC LATERAL (Cortes o picis laterales en cualquier conexión)														

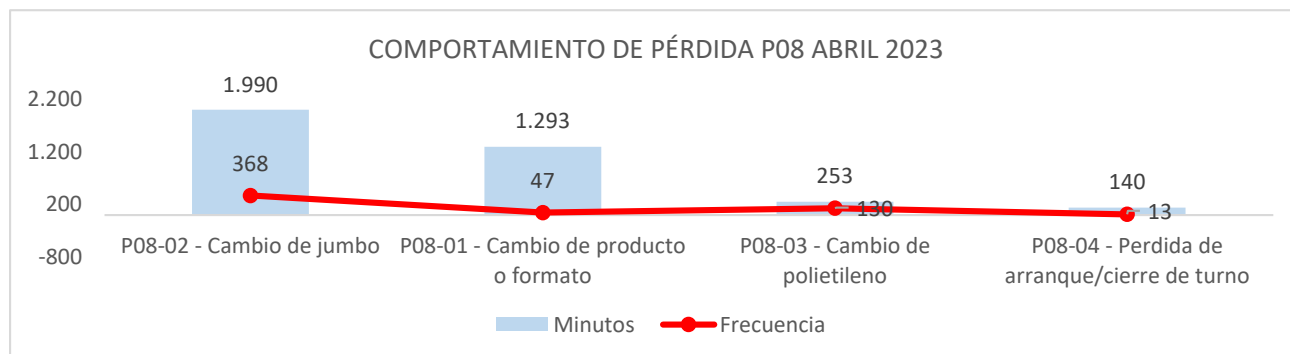
3.4 Plan de control tiempos cambio de jumbo

Se llevará el control de los tiempos de cambio de jumbo mediante shoplogix (Figura 3.4 y 3.5), la cual tiene una clasificación de pérdida de producción por cambios de jumbo denominada P08-2, por lo que puede ser monitoreada diariamente en los tres turnos, con el fin de llevar un control de dichos tiempos.

Figura 3.4

Shoplogix pérdidas



Figura 3.5*Pérdida P8-Datos Shoplogix*

3.5 Plan de control POE cambio de rodela kraft

Con el fin de controlar el rendimiento de los operarios en el cambio de rodela kraft, se debe tomar los tiempos del personal de forma semanal que permitan tomar decisiones a futuro mediante hojas de registro de control (Tabla 3.2).

Tabla 3.2*Plan de control POE cambio de rodela kraft*

CONTROL DE CAMBIOS DE RODELA KRAFT		
FECHA:		
TURNO:		
	NOMBRE	TIEMPO
OPERARIO 1		
OPERARIO 2		
OPERARIO 3		

3.6 Secuencia lógica de cambios de formato

Esta solución tiene como plan de control las reuniones semanales que realiza el Jefe de la línea, el Ingeniero de procesos y el departamento de Planificación, en donde se comunican los

planes de producción de fechas futuras cercanas, en dicha reunión se puede controlar que se esté utilizando la secuencia lógica de cambios de formato.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se logró el aumento del 5.4% del rendimiento de la línea de conversión de rollos de papel higiénico, lo cual no solo impactó en el volumen de producción mensual, sino también en el pilar económico de sostenibilidad, aumentando \$65.000,65 ganancias mensuales.
- Mediante la implementación de la plantilla de inspección de jumbos de papel base, se logró impactar el pilar ambiental de sostenibilidad, disminuyendo 5.63 toneladas del promedio de mermas de producción (34 toneladas).
- Se impactó en el pilar social de la sostenibilidad mediante la disminución de riesgos de seguridad para los operarios y la nivelación de sus habilidades y conocimientos, por medio de la estandarización de procesos y LUPs.
- Mediante la implementación de la combinación de los factores resultantes del diseño de experimento y el uso de la plantilla de inspección de jumbo, se logró disminuir el 3,6% de la pérdida de velocidad nominal de la línea (P14).
- Mediante la implementación de los planes de acción resultantes de el SMED en cambio de jumbos, se logró disminuir el 1,8% de la pérdida de producción normal (P8), se espera que el uso de la secuencia lógica de cambios de formato impacte a la misma pérdida a largo plazo.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir el plan de control de cada solución con su respectiva frecuencia, con el fin de mantener la mejora e ir aumentando progresivamente.

- Realizar un control mensual del indicador rendimiento de la línea, con el fin de detectar más oportunidades de mejora e implementar planes de acción.
- Se recomienda la implementación de las otras soluciones que producían un gran impacto, pero requerirían esfuerzo no monetario, como la actualización del plan de mantenimiento preventivo de la rebobinadora, el cuál asegurará que se encuentre en condiciones básicas.
- Realizar un estudio de análisis de capacidad de la rebobinadora, con el fin de definir un centerline con límites específicos que disminuyan los tiempos de cambio de formato y regulaciones.
- Realizar un proceso DMAIC en la línea de conversión de rollos de papel higiénico para la disminución de las mermas de producción.

Referencias

- Correa, C. R. B., & Amaya, C. L. (2002). *QDF y logística integral: la voz del cliente es el primer eslabón de la cadena. Ingeniería y Desarrollo*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/852/85201108.pdf
- De la Barrera, J. H., & Zúñiga, C. N. (2017). *Metodología para la comprensión de la voz del cliente en entornos dinámicos utilizando el despliegue de funciones de calidad (QFD)*. Obtenido de Teknos revista científica: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382619>
- Esteban Pérez Lopez, Minor García Cerdas. (29 de ENERO de 2014). *Scielo*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v27n3/a10v27n3.pdf
- LÓPEZ, M. J. (2015). *La Cuenta del Triple Resultado*.
- Monge, E. C. (2021). *LAS ESTRATEGIAS COMPETITIVAS Y SU IMPORTANCIA*.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). *Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study*. . Obtenido de Procedia-Social and Behavioral Sciences: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042818300697>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. (2016). *Six Sigma through DMAIC phases: a literature review*. Obtenido de International Journal of Productivity and Quality Management: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJPQM.2016.074462>
- Steven P. Gaskin, A. G. (2014). *The voice of the costumer*.

Apéndice B

OBSERVACIÓN	EFICIENCIA ACTIVA	CAUSA ASIGNABLE
5	0,276	Paradas autónomas, mantenimiento en Nested y regulación por fallas
6	0,579	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
18	0,233	Cambio de formato, ajuste por fallas, defectos de insumo y avería en empaquetadora
19	0,233	Cambio de formato, ajuste por fallas, defectos de insumo y avería en empaquetadora
51	0,217	Parada autónoma y defectos de insumo
52	0,488	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
55	0,253	Tiempo de no actividad planificada y turno no programado
61	0,476	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
62	0,476	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
63	0,462	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
64	0,538	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
65	0,534	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
78	0,238	Cambio de formato, paradas por fallas del proceso, avería en transportadores
79	0,238	Cambio de formato, paradas por fallas del proceso, avería en transportadores
80	0,201	Paradas por fallas imprevistas, defectos de insumos y paradas por fallas del proceso
81	0,403	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
87	0,650	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
88	0,596	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
89	0,212	Parada autónoma, avería en empaquetadora, defectos de insumo, paradas por fallas del proceso
90	0,212	Parada autónoma, avería en empaquetadora, defectos de insumo, paradas por fallas del proceso
102	0,208	Cambio de formato, avería en cortadora, defectos y falta de insumos
115	0,244	Parada autónoma, paradas por falla del proceso, avería en gofradora, defectos de insumo
149	0,646	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
163	0,198	Avería en transportadores, defectos de insumo, paradas por fallas en el proceso
180	0,163	Limpieza profunda por problemas en equipos, paradas por fallas del proceso, avería en gofrador, defectos de insumo
181	0,506	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
187	0,646	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
188	0,646	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
189	0,406	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
190	0,646	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
191	0,646	Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción
230	0,285	Cambio de formato, avería en gofrador, defectos de insumo, paradas por fallas del proceso.
231	0,285	Cambio de formato, avería en gofrador, defectos de insumo, paradas por fallas del proceso.

251

0,631

Bajo porcentaje de pérdidas y alta producción

Apéndice C

CAUSA POTENCIAL	W1	W2	W3	W4
¿Por qué el gramaje del canuto afecta la P14?	El ingreso de canuto a la velocidad de la rebobinadora (500 m/min) la velocidad hace que a lo que ingrese el canuto se deforme	¿Por qué se deforma la rodela Kraft? El material de la rodela Kraft es débil, si tuviera mayor firmeza o grosor generaría que no se deforme en el proceso de rebobinado	¿Por qué el material de la rodela Kraft tiene poca firmeza y grosor? Por temas de costos y desarrollo, trabajábamos con un grosor dependiendo del sku, el cuál genera disminución en la velocidad nominal.	¿Por qué se trabaja con este espesor a pesar de que genera disminución en la velocidad nominal? Se hizo unas pruebas industriales, pero quizá no se realizó a la máxima velocidad o la prueba se realizó por pequeñas horas.
¿Por qué los empalmes de papel afectan a la P14?	A lo que pasa el empalme, se debe disminuir la velocidad de la rebobinadora o detener la máquina en ciertas ocasiones.	¿Por qué se debe disminuir la velocidad o detener la máquina? Porque el empalme se puede pegar a los rodillos o se puede romper, generando atoramientos en los rodillos y, en consecuencia, paradas, por lo que para evitar que esto ocurra se disminuye la velocidad de la rebobinadora	¿Por qué los empalmes generan atoramientos en los rodillos? Porque no se realizan muestreos de calidad a todos los jumbos, si llegan 10 solo a 5 se les realiza el muestreo.	¿Por qué no se realizan muestreos al 100% de los jumbos? Se puede asegurar la calidad en las variables como resistencia, gramaje, entre otros pero no se puede asegurar atributos.
	Se baja velocidad cuando los empalmes no son marcados pero se puede pasar a una mínima velocidad.	¿Por qué algunos empalmes no son marcados? Este defecto lo produce el proveedor del insumo papel base.		
¿Por qué la ineficiencia de los mantenimientos afecta a la P14?	A veces no son efectivos, no se demoran las horas planificadas	¿Por qué mantenimiento se demora más del tiempo planificado? Porque mantenimiento planifica las actividades en ciertos puntos de las máquinas y en ese momento salen otras cosas o quizá después del arranque salen otros temas y se reduce velocidad o se para.	¿Por qué surgen imprevistos en los mantenimientos? Ellos manejan un plan de qué es lo que se va a intervenir, quienes intervienen, pero no se cuenta un plan en donde se establezca el periodo de cambio de las piezas. No se es preventivo si no correctivo, las piezas se dañan y ahí se procede a cambiarlo.	¿Por qué no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo más elaborado? Solo se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para las partes críticas de las máquinas y el resto muchas veces no se les da prioridad o importancia si no solo cuando se daña.
	Muchas veces mantenimiento no cubre o cierra las tarjetas rojas levantadas de TPM que indica que la maquinaria tiene un problema y necesita llevarse a su condición básica	¿Por qué mantenimiento no cierra las tarjetas rojas levantadas? Por temas de falta de repuestos	¿Por qué se producen la falta de repuestos? Porque no se cuenta con stock de seguridad de todas las partes de las maquinarias, sino de las más críticas	
		¿Por qué mantenimiento no cierra las tarjetas rojas levantadas? Por falta de planificación de mantenimiento preventivo		
¿Por qué las variaciones de centerline por calidad de insumo y la calidad básica de la máquina afectan a la P8?	El insumo suele venir con defectos, a veces se encuentra produciendo con un centerline en donde la máquina viene trabajando con un insumo y ya se encuentra estable, luego envían otro insumo del mismo producto pero al momento de correr comienza con fallas la máquina o el producto sale con defectos y el centerline debe ser cambiado.	¿Por qué el centerline debe ser modificado? Porque la calidad del insumo genera que la máquina deba ser adaptada a estas condiciones o restricciones y estabilizar la máquina con el centerline adecuado consume mucho tiempo.	¿Por qué consume mucho tiempo encontrar el centerline adecuado? Porque no se lleva un control confiable de las variaciones de centerline por SKU	¿Por qué no se lleva un control confiable de las variaciones de los centerline? Porque los operarios ingresan estos parámetros de forma errónea
¿Por qué los cambios de formato afectan a la P8?	La producción es muy variable, el día miércoles nos entregan la producción pero por lo general esto varía, aumentan producto, nos quitan producto, etc. Se puede hablar de un 50% de cambios	¿Por qué la planificación de producción varía tanto? Esto depende de las ventas que se realicen, planificación modifica el plan y nos debemos regir a lo que indique ventas aunque en ciertas ocasiones las corridas son muy cortas	¿Por qué el tamaño de la corrida afecta a la producción? Las corridas son muy cortas, se consume mucho tiempo en el cambio de formato para producir una corrida que no es representativa	¿Por qué se consume mucho tiempo en el cambio de formato? La materia prima no llega a tiempo, no se realizan revisiones. ¿Por qué se consume mucho tiempo en el cambio de formato? No se cuenta con proceso estandarizado en cambios de formato

Apéndice D

CAUSA RAIZ	X	DESCRIPCIÓN	RECURSOS HUMANOS	COSTO MANO DE OBRA	COSTO MATERIA PRIMA	COSTO MÁQUINAS Y EQUIPOS	TOTAL
No se realizó un muestreo industrial sobre disminución de gramaje de canuto	X1	Diseño de experimento (Costeo basado en KG de rodela)	6	\$ -	\$ 461,23	\$ -	\$ 461,23
Los defectos son producidos en su mayoría por el proveedor	X2	Pre-Inspección de jumbos	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Solo se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para las partes críticas de las máquinas	X3	Mejora y actualización de plan de mantenimiento preventivo rebobinadora	3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
No se cuenta con stock de todas las partes de las maquinarias, sino de las más críticas	X4	Mejora y actualización de inventario de repuestos de las maquinarias	3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Falta de planificación de mantenimiento preventivo	X3	Mejora y actualización de plan de mantenimiento preventivo rebobinadora	3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
No se lleva un control confiable de las variaciones de centerline por SKU	X5	Quality Windows para centerline (Costo por 5 usuarios / año)	3	\$ -	\$ 4.200,00	\$ -	\$ 4.200,00
La materia prima no llega a tiempo	X6	Planificación de Stock de insumo basado en pronóstico de la demanda	3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
No se cuenta con proceso estandarizado en cambios de formato	X7	Planificación de cambios de formato en orden conveniente para la línea	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	X8	Implementación de SMED para reducir el tiempo de cambio de jumbo	2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

								80	
X9	Creación de POE (Procedimiento Operacional Estándar) en cambio de rodela kraft	2	\$	-	\$	-	\$	-	\$

Apéndice E

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO	ELIMINAR	COMBINAR	REDUCIR	SIMPLIFICAR
1	Toma los guantes		0:00:02	0:00:02			
2	Se coloca los guantes y se acerca a la rodela		0:00:07	0:00:07			
3	Llama a ayudante para levantamiento de campana		0:00:50	0:00:50			
4	Colocan campanas		0:00:07				
5	Toma el estilete de su bolsillo		0:00:02				
6	Se posiciona al lateral de las rodela		0:00:02				
7	Rasga la envoltura hasta el otro extremo de las rodela		0:00:24				
8	Se guarda estilete en el bolsillo		0:00:01				
9	Quita envoltura de rodela		0:00:02				
10	Se quita los guantes y los guarda en su bolsillo		0:00:07				
11	Desmantela 2 capas de papel base		0:00:22				
12	Se dirige hacia tecla		0:00:07				
13	Mediante el uso del tecla colocar ganchos en campanas		0:00:12				
14	Elevar rodela con el uso de la grúa para acomodar rodela		0:01:20			0:01:00	
15	Se dirige a sector de herramientas y agarra cinta		0:00:06				
16	Se dirige a jumbo y separa punta de cinta doble faz		0:00:10				
17	Desmantela sección de papel base hasta altura de hombros del operario para colocación de cinta doble faz		0:00:20				
18	Coloca cinta doble faz de forma horizontal		0:00:13				
19	Presiona cinta doble faz colocada y quita capa en la punta de cinta doble faz		0:00:13				
20	Se dirige a tecla		0:00:07				
21	Coloca rodela en sección de izado		0:01:26				

22	PRESIONAR EL BOTÓN ROJO PARADA NORMAL, EN PANEL DE CONTROL BOTONERAS PARTE EXTERNA DE LOS DESBOBINADORES DE P.C.	0:02:02	0:02:00
23	DESTENSAR CORREAS ACCIONANDO SELECTOR "CORREAS AFLOJ/TENSA" HACIA LA IZQUIERDA	0:00:01	
24	ABRIR PUNZONES CON SELECTOR "PUNZONES ABRIR/CERRAR" (ESTO PARA LIBERAR EL CORE DEL JUMBO RECIÉN TERMINADO DE PROCESAR)	0:00:01	
25	EN LA PUERTA DE DESBOBINADOR INTERNO GIRAR LA LLAVE A LA IZQUIERDA HACIA EL BLOQUEO DONDE LA LUZ ROJA DEL MICRO DE SEGURIDAD SE APAGARÁ	0:00:02	
26	ABRIR E INGRESAR POR LA PUERTA DE ACCESO CORRESPONDIENTE AL DESBOBINADOR	0:00:03	
27	ASEGURARSE QUE TODAS LAS BANDAS PLANAS DE LOS DESBOBINADORES ESTÉN POR COMPLETO HACIA ABAJO	0:00:02	
28	AYUDAR MANUALMENTE A QUE LAS BANDAS BAJEN DE FORMA MÁS RÁPIDA	0:00:05	0:00:03
29	MOVER DE FORMA MANUAL EL CORE VACÍO HASTA SU TOPE	0:00:20	0:00:10
30	ROMPER DE EXTREMO A EXTREMO EL PAPEL DEL CORE SALIENTE DEJANDO UN SALDO SUFICIENTE	0:00:03	
31	SALIR DEL DESBOBINADOR	0:00:05	
32	BAJAR EL JUMBO IZADO HACIENDO USO DEL TECLE HASTA LLEGAR A LA ESTRUCTURA BASE NARANJA	0:00:38	
33	DESLIZAR LOS GANCHOS CON EL CONTROL DEL TECLE HASTA EL BORDE DE SEGURIDAD DE LAS CAMPANAS DEL CANUTO SALIENTE	0:00:07	

- | | | |
|----|--|---------|
| 34 | PROCEDER A ENGANCHAR EL CORE MANUALMENTE Y RETIRARLO CON EL TECLE HACIA EL LADO IZQUIERDO DE LA ZONA DE TRABAJO | 0:00:21 |
| 35 | CERRAR LAS PUERTAS Y ACCIONANDO LLAVE HACIA LA DERECHA PARA DESBLOQUEAR | 0:00:04 |
| 36 | ASEGURARSE VISUALMENTE QUE EL JUMBO ESTÉ JUSTO EN EL SITIO DEL INSERTO DE PUNZONES | 0:00:05 |
| 37 | EMPUJAR JUMBO HACIENDO GIRAR MANUALMENTE HACIA EL SITIO DE INSERTO DE PUNZONES | 0:00:06 |
| 38 | CERRAR PUNZONES CON SELECTOR "PUNZONES ABRIR/CERRAR" | 0:00:02 |
| 39 | REGULAR EL MANÓMETRO DE CONTRAPRESIÓN (4BAR) | 0:00:03 |
| 40 | REDUCIR PRESIÓN DEL SISTEMA A 3 BAR EN EL MANÓMETRO | 0:00:03 |
| 41 | GIRAR JUMBO HASTA QUE COINCIDA CON LA CINTA DOBLE FAZ COLOCADA EN EL JUMBO A PROCESARCE CALCULANDO QUE ESTE QUEDE EN POSICIÓN QUE PERMITA UN CORRECTO EMPALME. | 0:00:14 |
| 42 | TENSAR CORREAS CON SELECTOR "CORREAS AFLOJ/TENSA" HACIA LA DERECHA | 0:00:03 |
| 43 | ACOMODAR MANUALMENTE EL PAPEL EXTENDIÉNDOLO A LO ANCHO DEL JUMBO | 0:00:16 |
| 44 | AFLOJAR CORREAS ACCIONANDO SELECTOR "CORREAS AFLOJ/TENSA" HACIA LA IZQUIERDA | 0:00:04 |
| 45 | RETIRAR LA SUPERFICIE TAPA DE LA CINTA DOBLE FAZ | 0:00:12 |
| 46 | PROCEDER A LLEVAR EL PAPEL DEL SALDO DE LA BOBINA ANTERIOR HACIA LA CINTA | 0:00:22 |
| 47 | EMPALMAR ASENTANDO CON LIGERA PRESIÓN DE EXTREMO | 0:00:03 |


A EXTREMO DEL JUMBO

48	ROMPER EL EXCESO DE PAPEL QUE QUEDA POSTERIOR AL EMPALME	0:00:09					
49	SALIR DEL DESBOBINADOR	0:00:05					
50	DESCARTAR EXCESO DE PAPEL EN PALLET	0:00:06					
51	DAR MARCHA NUEVAMENTE PRESIONANDO "START" DE CICLO	0:00:04					
52	DIRIGIRSE AL REBOBINADOR	0:00:07					
53	COLOCAR UNA BAJA VELOCIDAD EN LA REBOBINADORA	0:00:14					
54	VISUALIZAR QUE EL EMPALME PASE POR TODOS LOS RODILLOS HASTA LLEGAR A LA REBOBINADORA	0:01:47				0:00:47	
55	DESCARTAR LOG EN PANEL DE ENCOLADOR Y SI ES NECESARIO DESCARTAMOS OTRO LOG ADICIONAL POR ARRUGAS NORMALES DE INICIO DE JUMBO O POR FALTA DE LAMINACIÓN	0:00:11					
56	DESMANTELAR CANUTO QUE YA FUE USADO	0:00:20					
57	COLOCAR CANUTO EN CARRO PARA SU TRANSPORTE	0:00:10					
TOTAL		0:08:10	0:06:50	0:00:59	0:00:00	0:04:00	0:00:00

Apéndice F

CAUSA PRINCIPAL	SOLUCIÓN	¿PORQUE?	¿CÓMO?	¿DÓNDE?	¿CUANDO?	¿QUIÉN?	COSTO	ESTADO
No se realizó un muestreo industrial sobre la disminución del gramaje de la junta	Diseño de experimento	Es necesario definir el gramaje de la junta ideal para brindar mayor desempeño a la línea.	A través de un diseño experimental con el sku con mayor metraje y su respectivo peso de articulación actual vs un mayor peso	Rebobinador	14-08-2023	Gerente de Línea y Supervisor de Procesos, Líder de gestión Operacional, canutero, El personal del proyecto	\$189.40	Terminado
Los defectos se producen mayoritariamente en los procesos del proveedor	Inspección jumbo	Detectar defectos en el jumbo de papel base para disminuirlos	Los operadores de línea realizarán una inspección de jumbos antes de que ingresen a la línea	Desbobinador	08-09-2023	Líder de Gerencia Operativa y Operadora, Staff de Proyectos	-	Terminado
No existe un proceso estandarizado para cambios de formato	SMED en cambio de jumbo	El tiempo utilizado para los cambios gigantes aumenta las pérdidas de rendimiento	Implementación de SMED para reducir tiempo de cambio de jumbo	Desbobinador	21-07-2023	El personal del proyecto	-	Terminado
	Creación de POE en lugar de broquel kraft	Ausencia de proceso estandarizado en el cambio de rodela de papel kraft, lo que produce un mayor aprovechamiento del tiempo en dicho proceso	A través de GEMBA se observarán los pasos a seguir con mejoras si es necesario, con el fin de definir un proceso estandarizado.	Desbobinador	07-08-2023	El personal del proyecto	-	Terminado

Apéndice G

INSPECCIÓN DE JUMBOS DE PAPEL BASE	Código:			
	Fecha:			
	Versión:			
	Pág.:			
FECHA:				
TURNO:	TURNO 1	TURNO 2	TURNO 3	
OPERADOR:				
PRODUCTO:				
DEFECTO	CANTIDAD POR TURNO	CANTIDAD POR TURNO	CANTIDAD POR TURNO	
DAÑO LOGÍSTICO				
CONTAMINACIÓN				
MANCHA Y/O REVERSIÓN BLANCURA				
JUMBO MOJADO				
CORE QUEBRADO Y/O SUELTO				
HOJA SUELTA (BOBINADO)				
CORE DESPLAZADO				
HOJA DESPLAZADA				
CORTE CENTRAL (DOBLE ANCHO)				
PIC LATERAL (Cortes o pics laterales en cualquier proporción)				
ADHESIVOS				
GRUMOS				
MALA FORMACIÓN				
ARRUGAS				
LOMOS				
STICKIES				
EMPALMES				
PAPEL PEGADO (POR CONDENSADO)				
JUMBOS RECHAZADOS POR DEFECTOS DE HOJAS				
JUMBOS RECHAZADOS POR GRAMAJE				

Apéndice H

No.	WHICH	WHAT	HOW	WHERE	WHO	HOW MUCH
1	LUP	LUP que avale el levantamiento de campana de una o dos personas	Junto a departamento de seguridad evaluar situaciones en las cuáles, según el peso de la campana, se requiere uno o dos operarios.	Desbobinador	Dpto. Seguridad	\$ -
2	Plantilla de Inspección de jumbos	Elaboración de plantilla para inspeccionar defectos críticos que puedan presentarse en el jumbo	Junto a departamento de calidad evaluar defectos críticos frecuentes en los jumbos y colocarlos en la plantilla	Desbobinador	Dpto. Calidad	\$ -
3	LUP	Levantar LUP sobre uso correcto de botón de parada rápida o parada normal	Evaluar junto al líder de gestión operacional cuando se debe usar botón de parada rápida y cuando es necesario el uso de parada normal	Desbobinador	LGO	\$ -
4	Tarjeta roja	Levantar tarjeta roja para inspección de bandas de desbobinador	Solicitar revisión de bandas de desbobinador a departamento de mantenimiento para verificar porqué algunas bandas bajan con mayor rapidez	Desbobinador	Dpto. Mantenimiento	\$ -
5	Tarjeta roja	Levantar tarjeta roja sobre mal funcionamiento de expulsador de canuto en desbobinador interno	Solicitar revisión de expulsador de canuto en desbobinador interno a departamento de mantenimiento	Desbobinador	Dpto. Mantenimiento	\$ -
6	LUP	Levantar LUP sobre uso de expulsador de canuto	Levantamiento de LUP sobre cuándo y cómo usar el botón de expulsador de canuto	Desbobinador	Sup. Proceso	\$ -
7	LUP	LUP seguridad de operario al levantar canuto de jumbo	Junto a Departamento de seguridad evaluar seguridad del operario al levantar canuto de jumbo	Desbobinador	Dpto. Seguridad	\$ -
8	Flecha	Disminuir tiempo de preparación de jumbo	Solicitar a proveedor colocación de flecha de sentido de giro al 100% de jumbos.	Desbobinador	Sup. Proceso	Descon.

Apéndice I

#	X	Y1: Baja eficiencia del activo en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde enero de 2023 a la fecha por una pérdida de 19.9% por fallas de proceso (P14), mientras que la meta de la empresa es de 8.18%					TOTAL
		E1	E2	E3	E4	E5	
X1	El gramaje de canuto no permite aumento de velocidad en rebobinadora	3	9	3	9	9	33
X2	Los defectos del papel base no permiten aumentar la velocidad en el rebobinador	3	9	3	9	3	27
x3	La calidad del pegamento causa problemas en el laminado	3	9	3	3	3	21
x4	Defectos de gramaje y película.	1	9	3	9	9	31
X5	Corbatas sin marcar sobre papel base	9	9	3	9	9	39
X6	Reprocesamiento de productos	1	3	1	3	3	11
X7	La velocidad nominal esperada no es real debido a las condiciones básicas de la maquinaria	1	9	3	9	9	31
X8	Experiencia laboral del operador	1	3	3	3	9	19
X9	El operador no considera la capacidad del acumulador al aumentar la velocidad en la rebobinadora	0	3	0	0	3	6
X10	Los operadores no consideran que se pueda aumentar la velocidad por temor a dañar la entrada	3	9	3	9	3	27
X11	La alta humedad puede provocar fallos en la formación de juntas	9	9	1	9	3	31
X12	Las películas húmedas generan problemas en la máquina: estática, adherencia, etc.	3	9	3	0	3	18
X13	La temperatura afecta la efectividad del pegamento	1	3	1	3	3	11
X14	La temperatura afecta el desempeño del operador	0	3	1	9	3	16
X15	Variación de centerline debido a condiciones básicas de las maquinarias y calidad de los insumos	3	9	3	3	3	21
X16	Ineficiencias en el mantenimiento correctivo	3	9	3	9	9	33
X17	Falta de frecuencia de mantenimiento preventivo	1	9	3	9	9	31

X18	Extensión de parada de mantenimiento planificada	1	3	3	1	3	11
X19	Falta de limpieza de maquinaria.	3	3	3	1	1	11
x20	mantenimiento correctivo	1	9	1	3	9	23
X21	Las partes críticas de la maquinaria no están en condiciones básicas	1	9	3	9	9	31
x22	Máquinas de cuello de botella	9	3	1	9	9	31
X23	Prolongación de averías por falta de repuestos o ropa	1	1	3	9	9	23

Apéndice J

Y2:Baja eficiencia del activo en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde enero de 2023 a la fecha por pérdida de 11,1% por producción normal (P8), mientras que la meta de la empresa es 10,57%

#	X	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
X1	Variación de centerline debido a condiciones básicas de las maquinarias y calidad de los insumos	3	9	3	9	9	33
X2	Falta de suministro de insumos	1	3	3	3	3	13
x3	Falta de estandarización de los cambios de formato.	9	9	3	3	1	25
x4	actualización de POE	3	3	3	3	1	13
X5	Falta de habilidades del operador.	3	3	3	9	3	21
X6	El operador no identifica correctamente las fallas de la máquina	9	9	3	3	3	27
X7	No se utilizan las claves correctas.	1	9	3	0	1	14
X8	Operadores con información no técnica sobre los instrumentos	3	9	3	3	0	18
X9	La temperatura afecta el desempeño del operador	0	3	1	9	3	16
X10	La temperatura y la humedad afectan la calidad del papel base	1	9	3	3	1	17
X11	La temperatura y la humedad afectan la calidad de la película	1	9	3	1	3	17
X12	Modificaciones de la línea central debido a la calidad de entrada y las condiciones básicas de la maquinaria	3	9	3	9	3	27
X13	Los procedimientos para todos los cambios de formato no están actualizados	3	3	3	1	1	once
X14	Gran cantidad de cambios de formato.	9	9	3	9	9	39

							91
X15	Falta de limpieza de maquinaria.	9	3	3	1	1	17
X16	Las calibraciones de inicio se retrasan	3	9	1	1	9	23

Apéndice K

Causas potenciales	Teoría del impacto	¿Cómo comprobarlo?	Estado
Y1: Baja eficiencia del activo en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde enero de 2023 a la fecha por una pérdida de 19.9% por fallas de proceso (P14), mientras que la meta de la empresa es de 8.18%			
Gramaje de canuto	El bajo gramaje del tubo le confiere poca dureza y no permite el aumento de velocidad en la rebobinadora	Gemba. Test de velocidad máxima en rebobinadora vs gramaje del tubo	verificado
Empalmes sobre papel base	Los empalmes producen una disminución de la velocidad nominal en la rebobinadora	Datos históricos (%P12)	verificado
Ineficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo	Las ineficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo producen retrabajo y menos horas de producción y más pérdidas	Datos históricos (% Paradas por fallas no programadas de equipos) Datos históricos (Cumplimiento del mantenimiento preventivo)	verificado
Y2: Baja eficiencia del activo en una línea de conversión de rollos de papel higiénico, desde enero de 2023 a la fecha por pérdida de 11,1% por producción normal (P8), mientras que la meta de la empresa es 10,57%			
Variación de centerline debido a condiciones básicas de las maquinarias y calidad de los insumos	La variación de centerline debido a condiciones básicas de las maquinarias y calidad de los insumos produce pérdidas de producción por recalibraciones	Datos históricos (% cambios de formato y % ajustes por fallas en el proceso)	verificado
Gran cantidad de cambios de formato.	La alta variabilidad de formatos produce pérdidas de producción por horas de cambios de formato	Datos históricos (Estudio de número de cambios de formato y tiempo dedicado a estos P08-1)	verificado

Apéndice L

DISEÑO DE EXPERIMENTO

Operario líder: Analistas:		Canutero:				Supervisor de proceso:
OBS. (hora)	CALIDAD JUMBO	GRAM. CANUTO (GR)	Fecha: VELOCIDAD REBOBINAD. (m/min)	PROD. (Bultos)	RENDIM.	OBSERVACIÓN
1	BUEN ESTADO	160	430	185,59	38,1%	P14: 13,09 min, P8-2: 10 min, P13: 14,05 min
2	BUEN ESTADO	160	450	182,50	35,80%	P14: 10,91 min, P13: 27,61 min
3	BUEN ESTADO	160	500	197,68	34,90%	P14: 5,45 min, P13: 33,61 min
4	MAL ESTADO	160	430	165,18	33,91%	P14: 13,09 min, P8-2: 12 min, P12: 8,6 min, P13: 5,964 min
5	MAL ESTADO	160	450	156,29	30,66%	P14: 10,91 min, P12: 15,9 min, P13: 14,794 min
6	MAL ESTADO	160	500	166,35	29,37%	P14: 5,45 min, P12: 16,8 min, P13: 20,128 min
7	BUEN ESTADO	160	430	190,46	39,10%	P14: 13,09 min, P8-2: 9,8 min, P13: 13,65 min
8	BUEN ESTADO	160	450	186,57	36,60%	P14: 10,91 min, P13: 27,13 min
9	BUEN ESTADO	160	500	193,14	34,10%	P14: 5,45 min, P13: 34,09 min
10	MAL ESTADO	160	430	137,80	28,29%	P14: 13,09 min, P8-2: 9,2 min, P12: 12,3 min, P13: 8,436 min
11	MAL ESTADO	160	450	146,51	28,74%	P14: 10,91 min, P12: 21,9 min, P13: 9,946 min
12	MAL ESTADO	160	500	140,64	24,83%	P14: 5,45 min, P12: 19,5 min, P13: 20,152 min
13	BUEN ESTADO	180	430	222,85	45,75%	P14: 13,09 min, P8-2: 8,6 min, P13: 10,86 min
14	BUEN	180	450	211,96	41,58%	P14: 10,91 min, P13: 24,142 min

	ESTADO						
15	BUEN	180	500	260,72	46,03%	P14: 5,45 min, P13: 26,932 min	
	ESTADO						
16	MAL	180	430	201,96	41,46%	P14: 13,09 min, P8-2: 10,2 min, P12: 7,3 min, P13: 4,534 min	
	ESTADO						
17	MAL	180	450	239,49	46,98%	P14: 10,91 min, P12: 4,2 min, P13: 16,702 min	
	ESTADO						
18	MAL	180	500	220,16	38,87%	P14: 5,45 min, P12: 18,6 min, P13: 12,628 min	
	ESTADO						
19	BUEN	180	430	195,09	40,05%	P14: 13,09 min, P8-2: 7,6 min, P13: 15,28 min	
	ESTADO						
20	BUEN	180	450	185,66	36,42%	P14: 10,91 min, P13: 27,238 min	
	ESTADO						
21	BUEN	180	500	237,72	41,97%	P14: 5,45 min, P13: 29,368 min	
	ESTADO						
22	MAL	180	430	192,60	39,54%	P14: 13,09 min, P8-2: 7,1 min, P12: 7,4 min, P13: 8,686 min	
	ESTADO						
23	MAL	180	450	254,98	50,02%	P14: 10,91 min, P12: 8,8 min, P13: 10,278 min	
	ESTADO						
24	MAL	180	500	231,83	40,93%	P14: 5,45 min, P12: 10,88 min, P13: 19,112 min	
	ESTADO						
25	BUEN	160-180	430	220,42	45,25%	P14: 13,09 min, P8-2: 8,7 min, P13: 11,06 min	
	ESTADO						
26	BUEN	160-180	450	205,59	40,33%	P14: 10,91 min, P13: 24,892 min	
	ESTADO						
27	BUEN	160-180	500	236,02	41,67%	P14: 5,45 min, P13: 29,548 min	
	ESTADO						
28	MAL	160-180	430	199,47	40,95%	P14: 13,09 min, P8-2: 8,9 min, P12: 5,9 min, P13: 7,54 min	
	ESTADO						
29	MAL	160-180	450	230,77	45,27%	P14: 10,91 min, P12: 9,3 min, P13: 12,628 min	
	ESTADO						
30	MAL	160-180	500	226,00	39,90%	P14: 5,45 min, P12: 16,57 min, P13: 14,04 min	
	ESTADO						
31	BUEN	160-180	430	179,99	36,95%	P14: 13,09 min, P8-2: 9,7 min, P13: 15,04 min	
	ESTADO						
32	BUEN	160-180	450	181,83	35,67%	P14: 10,91 min, P13: 27,688 min	

33	ESTADO BUEN	160-180	500	247,69	43,73%	P14: 5,45 min, P13: 28,312 min
34	ESTADO MAL	160-180	430	186,32	38,25%	P14: 13,09 min, P8-2: 10,1 min, P12: 7,2 min, P13: 6,66 min
35	ESTADO MAL	160-180	450	241,27	47,33%	P14: 10,91 min, P12: 11,3 min, P13: 9,392 min
36	ESTADO MAL	160-180	500	205,61	36,30%	P14: 5,45 min, P12: 13,54 min, P13: 19,23 min

Apéndice M

Cronograma

Fechas y calendario de reuniones		Sem 1 7-13	Agosto Sem 2 14-20	Sem 3 21-27
Pasos				
<p>Preliminar.- Establecer y distribución de tareas. integrantes grupo. objetivos del ciclo. Cronograma de actividades</p>	<p>-Identificar -Establecer -Establecer</p>			
<p>1er Paso - Identificar las actividades de setup</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observar y registrar todas las actividades de setup para captar sus detalles; - Registrar la configuración utilizando una cámara de vídeo. Guardar todas las evidencias disponibles, como solicitudes, formularios, etc; - Utilizar un cronómetro para anotar los tiempos y una trena de rueda o podómetro para medir las distancias recorridas; - Crear diseño y la descripción del proceso (construcción del diagrama de spaghetti); - Llenar el registro de configuración actual; - Observe el mismo setup siendo realizado por personas diferentes en turnos distintos 				
<p>2º Paso - Analizar las actividades de setup</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reunir al grupo involucrado en las actividades de setup para ver el vídeo; - Cuestionar el mérito del setup en el conjunto y de cada una de las partes; - Realizar análisis ECRS - Eliminar, Combinar, Reducir o Simplificar; - Identificar las actividades que deben ser externas y las que necesitan ser internas; - Reagrupar las actividades externas e internas; - Convertir todas las actividades internas posibles para exteriores. 				
<p>3º Paso - Mejorar las actividades de configuración interna con respecto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posicionamiento; - Apriete; - Ajustes. 				

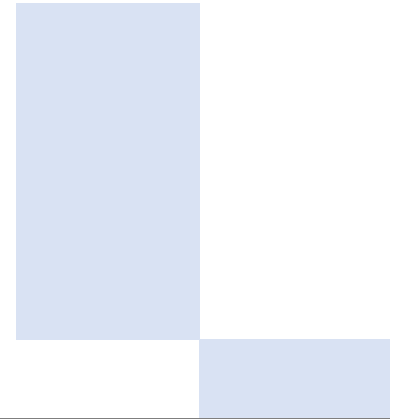
Paso 4 - Mejorar las actividades de configuración externa

- Aplique 5S, Gestión y control visual para que todo lo que se necesita esté disponible cuando sea necesario, sin pérdida de tiempo;
- Crear una lista de verificación para las actividades de preparación, herramientas y materiales;

Paso 5 - Realizar operaciones simultáneamente

Paso 6 - Revise todas las actividades anteriores, mejorándolas

Paso 7 - Documentar y estandarizar las operaciones



Apéndice N

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO INTERN O	TIEMPO EXTERN O
1	Toma los guantes		0:00:00
2	Se coloca los guantes y se acerca a la rodela		0:00:00
3	Llama a ayudante para levantamiento de campana		0:00:00
4	Colocan campanas		0:00:07
5	Toma el estilete de su bolsillo		0:00:02
6	Se posiciona al lateral de las rodela		0:00:02
7	Rasga la envoltura hasta el otro extremo de las rodela		0:00:24
8	Se guarda estilete en el bolsillo		0:00:01
9	Quita envoltura de rodela		0:00:02
10	Se quita los guantes y los guarda en su bolsillo		0:00:07
11	Desmantela 2 capas de papel base		0:00:22
12	Se dirige hacia tecla		0:00:07
13	Mediante el uso del tecla colocar ganchos en campanas		0:00:12
14	Elevar rodela con el uso de la grúa para acomodar rodela		0:00:20
15	Se dirige a sector de herramientas y agarra cinta		0:00:06
16	Se dirige a jumbo y separa punta de cinta doble faz		0:00:10
17	Desmantela sección de papel base hasta altura de hombros del operario para colocación de cinta doble faz		0:00:20
18	Coloca cinta doble faz de forma horizontal		0:00:13
19	Presiona cinta doble faz colocada y quita capa en la punta de cinta doble faz		0:00:13
20	Se dirige a tecla		0:00:07

21	Coloca rodela en sección de izado	0:01:26
22	Presionar el botón rojo parada normal, en panel de control botoneras parte externa de los desbobinadores de p.c.	0:00:02
23	Destensar correas accionando selector "correas afloj/tensa" hacia la izquierda	0:00:01
24	Abrir punzones con selector "punzones abrir/cerrar" (esto para liberar el core del jumbo recién terminado de procesar)	0:00:01
25	En la puerta de desbobinador interno girar la llave a la izquierda hacia el bloqueo donde la luz roja del micro de seguridad se apagará	0:00:02
26	Abrir e ingresar por la puerta de acceso correspondiente al desbobinador	0:00:03
27	Asegurarse que todas las bandas planas de los desbobinadores estén por completo hacia abajo	0:00:02
28	Ayudar manualmente a que las bandas bajen de forma más rápida	0:00:02
29	Mover de forma manual el core vacío hasta su tope	0:00:10
30	Romper de extremo a extremo el papel del core saliente dejando un saldo suficiente	0:00:03
31	Salir del desbobinador	0:00:05
32	Bajar el jumbo izado haciendo uso del tecla hasta llegar a la estructura base naranja	0:00:38
33	Deslizar los ganchos con el control del tecla hasta el borde de seguridad de las campanas del canuto saliente	0:00:07
34	Proceder a enganchar el core manualmente y retirarlo con el tecla hacia el lado izquierdo de la zona de trabajo	0:00:21
35	Cerrar las puertas y accionando llave hacia la derecha para desbloquear	0:00:04
36	Asegurarse visualmente que el jumbo esté justo en el sitio del inserto de punzones	0:00:05

37	Empujar jumbo haciendo girar manualmente hacia el sitio de inserto de punzones	0:00:06
38	Cerrar punzones con selector "punzones abrir/cerrar"	0:00:02
39	Regular el manómetro de contrapresión (4bar)	0:00:03
40	Reducir presión del sistema a 3 bar en el manómetro	0:00:03
41	Girar jumbo hasta que coincida con la cinta doble faz colocada en el jumbo a procesarse calculando que este quede en posición que permita un correcto empalme.	0:00:14
42	Tensar correas con selector "correas afloj/tensa" hacia la derecha	0:00:03
43	Acomodar manualmente el papel extendiéndolo a lo ancho del jumbo	0:00:16
44	Aflojar correas accionando selector "correas afloj/tensa" hacia la izquierda	0:00:04
45	Retirar la superficie tapa de la cinta doble faz	0:00:12
46	Proceder a llevar el papel del saldo de la bobina anterior hacia la cinta	0:00:22
47	Empalmar asentando con ligera presión de extremo a extremo del jumbo	0:00:03
48	Romper el exceso de papel que queda posterior al empalme	0:00:09
49	Salir del desbobinador	0:00:05
50	Descartar exceso de papel en pallet	0:00:06
51	Dar marcha nuevamente presionando "start" de ciclo	0:00:04
52	Dirigirse al rebobinador	0:00:07
53	Colocar una baja velocidad en la rebobinadora	0:00:14
54	Visualizar que el empalme pase por todos los rodillos hasta llegar a la rebobinadora	0:01:00
55	Descartar log en panel de encolador y si es necesario descartamos otro log adicional por arrugas normales de inicio de jumbo o por falta de laminación	0:00:11

56	Desmantelar canuto que ya fue usado		
57	Colocar canuto en carro para su transporte		
	TOTAL	0:05:10	0:04:21
