

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Reducción de costos operativos en los anchos refilados de materia prima
para productos que manejan un gran volumen de ventas”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

María José Chamba Morales

Jonathan Alexander Medina Montesdeoca

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTOS

De Alexander Medina

A Dios por brindarme sabiduría, darme un día más de vida para mejorar e iluminarme en este proceso de aprendizaje.

A mis queridos padres Julio Medina y Rosita Montesdeoca por haberme enseñado a ser perseverante, honesto, esforzado y sobre todo íntegro.

A María José por su paciencia, dedicación, esfuerzo y solidaridad en esta etapa de titulación y aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

De María José Chamba Morales

A Dios por bendecirme día a día, poniendo retos en mi camino para seguir aprendiendo, sin él nada sería posible

A mis queridos padres, Walter Chamba y Lilia Morales, a mi hermana Melissa Chamba, a cada uno de los que forman parte de mi familia, mis tíos, primos y amigos cercanos, por ser mi motivación a diario para seguir adelante.

A Manolo y Felipe González, Marlene y Fernando Morales, Lupe Paladines y Francisca Flores, por ser quienes me inspiraron para ingresar a ESPOL, a pesar de que no se encuentran en vida a mi lado, siguen siendo el motivo por el cuál estoy terminando lo que siempre quisieron para mí.

A mi compañero de proyecto Alexander Medina por la paciencia y dedicación en el desarrollo de este objetivo en común.

AGRADECIMIENTOS

De ambos

A nuestro querido tutor Marcos Buestán,
por la paciencia y consejos durante la
realización del proyecto.

A nuestros queridos profesores que
formaron parte en nuestra educación
durante todos estos años de aprendizaje
de carrera, por compartirnos su sabiduría
y enseñanzas.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *María José Chamba Morales* y *Jonathan Alexander Medina Montesdeoca* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



María José Chamba
Morales
Autor 1



Jonathan Alexander
Medina Montesdeoca
Autor 2

EVALUADORES

Jorge Abad M., Ph. D

PROFESOR DE LA MATERIA

Marcos Buestán B., Ph. D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto está basado en una compañía dedicada al diseño, fabricación, comercialización de etiquetas, bandas de seguridad, empaques flexibles y venta de productos para codificación por transferencia térmica denominada 'Impresiones S.A.'.

Mediante la estandarización de algunos procesos lograron controlar y mejorar continuamente sus procesos, además, ahorraron en gastos innecesarios para la compañía, no obstante, al transcurrir el tiempo, se han incrementado ciertos costos operativos asociados a procesos adicionales en insumos de materia prima, cuyo principal problema ha sido el excedente de material sin usarse, que posteriormente queda como desperdicio.

El objetivo de este proyecto fue determinar la correcta distribución de cortes de los anchos de las etiquetas en el rollo madre de materia prima, mediante un modelo de optimización que ayude a reducir el desperdicio de este material que se produce durante la partición del rollo. Para el desarrollo de las alternativas se utilizó la base de datos e información a través del software de la firma, CERM a fin de obtener los anchos estándar, y consecuentemente los anchos frecuentes requeridos por el cliente; información en el sistema se encuentre actualizada. Las disyuntivas que se tomaron en consideración fueron: diseño de un modelo de optimización, estandarización del proceso a través de anchos óptimos, y formato postproducción para tener actualizado el sistema.

Con las diferentes soluciones propuestas se logra reducir el costo y desperdicio asociado a la materia prima en un 31 %. Paralelamente, se logra reducir el desperdicio ocasionado por el excedente de material en cuanto a su ancho en un 87,81 %. Finalmente, se logra actualizar la información en el sistema de tal forma que ésta sea verídica y comprobable cuando se la valide en físico.

Palabras claves: anchos estándar, anchos óptimos, modelo de optimización, costos operativos.

ABSTRACT

This project is based on a company dedicated to the design, manufacture, marketing of labels, safety bands, flexible packaging, and sale of products for encoding by thermal transfer called 'Impressions S.A.'.

Through the standardization of some processes, they managed to control and continuously improve their processes, in addition, they saved in unnecessary expenses for the company, however, as time went by, some operating costs have increased associated with additional processes in raw material inputs, the main problem of which has been the surplus of unused material, which subsequently remains as waste.

The objective of this project was to determine the correct distribution of cuts of the labels widths in the raw material stock roll, through an optimization model that helps to reduce the waste of this material that occurs during the partition of the roll. For the development of the alternatives, the database and information were used through the signature software, CERM, in order to obtain the standard widths, and consequently the frequent widths required by the client; information in the system is up to date. The options taken into consideration were design of an optimization model, standardization of the process through optimal widths, and postproduction format to have the system updated.

With the different solutions proposed, it is possible to reduce the cost and waste associated with the raw material by 31 %. At the same time, it is possible to reduce the waste caused by the excess material in terms of its width by 87,81 %. Finally, it is possible to update the information in the system in such a way that it is true and verifiable when validated in physical.

Keywords: standard widths, optimum widths, optimization model, operating costs.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.1.1 Variable de interés o respuesta.....	4
1.1.2 Problema enfocado	7
1.1.3 Restricciones	7
1.1.4 Triple línea de beneficio	7
1.2 Justificación del problema.....	8
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Marco teórico	8
CAPÍTULO 2	13
2. Metodología.....	13
2.1 Fase de Medición.....	13
2.1.1 Diagrama de flujo	13
2.1.2 Plan de recolección de datos	15
2.1.3 Análisis de datos	17
2.1.4 Problema enfocado.	27
2.1.5 Validación de las variables.....	27

2.2	Fase de Análisis.....	43
2.2.1	Diagrama Ishikawa	44
2.2.2	Matriz de medición de impacto	44
2.2.3	Matriz de Priorización de Causas	45
2.2.4	Plan de Verificación de Causas.....	46
2.2.5	Análisis 5 ¿Por qué?	49
2.3	Fase de mejora	53
2.3.1	Soluciones Propuestas para las causas raíz.....	53
2.3.2	Requerimientos del Sistema.....	53
2.3.3	Evaluación y selección de soluciones	54
2.3.4	Plan de Implementación de Soluciones.....	57
CAPÍTULO 3		60
3.	Resultados.....	60
3.1	Primera Solución Propuesta	60
3.2	Segunda Solución Propuesta.....	82
3.3	Tercera Solución Propuesta.....	95
3.4	Análisis de las soluciones propuestas	97
3.4.1	Propuesta de la solución 1	97
3.4.2	Propuesta de la solución 2	100
3.4.3	Propuesta de la solución 3	103
CAPÍTULO 4		110
4.	Conclusiones y recomendaciones	110
4.1	Conclusiones	110
4.2	Recomendaciones	110

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VOC	Voice of Customer (Voz del Cliente)
Kg	Kilogramos
PET	Tereftalato de polietileno
PVC	Policloruro de vinilo
PPBB	Polipropileno para adhesivo permanente
PP MATT WHITE	Polipropileno para adhesivo congelado
ADH	Adhesivo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 VOC del Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión	3
Figura 1.2 VOC del Coordinador de Mejora Continua	3
Figura 1.3 Ctg tree	4
Figura 1.4 Costos de desperdicio de materia prima por kilogramo producido de etiquetas termoencogibles 2019 – 2020	6
Figura 1.5 Costos de desperdicio de materia prima por kilogramo producido de etiquetas adhesivas 2019 - 2020	6
Figura 1.6 3W + 2H	7
Figura 2.1 Diagrama de flujo: Planificación y Producción de etiquetas	14
Figura 2.2 Kg Producidos Vs Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Adhesivas	17
Figura 2.3 Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Adhesivas	18
Figura 2.4 Kg Producidos Vs Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Termoencogibles	18
Figura 2.5 Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Termoencogibles	19
Figura 2.6 Desperdicio de materia prima – Etiquetas Adhesivas vs Termoencogibles	20
Figura 2.7 Estructura del material de las etiquetas adhesivas	21
Figura 2.8 Estructura del material de las etiquetas adhesivas	21
Figura 2.9 Prueba de normalidad de los datos de Kilogramos producidos – Etiquetas termoencogibles	28
Figura 2.10 Prueba de normalidad de los datos de Kilogramos producidos – Etiquetas adhesivas	29
Figura 2.11 Prueba de normalidad para los datos de desperdicio de materia prima	29
Figura 2.12 Pesaje manual del desperdicio 2,06 kg	30
Figura 2.13 Control del desperdicio de materia prima diario registrado en sistema	30
Figura 2.14 Prueba de igualdad de varianzas entre registro manual y registro en sistema	33
Figura 2.15 Pruebas descritas correspondiente al método y valor p	33
Figura 2.16 Resultado de la prueba de igualdad de varianzas	33
Figura 2.17 ANOVA de un factor, registro manual vs registro en sistema	34
Figura 2.18 Valores asociados al análisis de varianza y del modelo	34

Figura 2.19 Comparación de medias entre ambas variables de estudio	35
Figura 2.20 Gráfica de intervalos de las variables de interés con su intervalo de confianza	35
Figura 2.21 Prueba de normalidad del costo de materia prima desperdiciada	36
Figura 2.22 Registro en el sistema del desperdicio de materia prima	36
Figura 2.23 Pesaje del desperdicio de materia prima	37
Figura 2.24 Inventario acumulado en físico	37
Figura 2.25 Inventario acumulado en sistema	38
Figura 2.26 Prueba de igualdad de varianzas	39
Figura 2.27 Resultado de la prueba de igualdad de varianzas	40
Figura 2.28 Análisis de Varianza, ANOVA	41
Figura 2.29 Resumen del modelo, comparación de medias	41
Figura 2.30 Resultado del análisis de varianza y gráfica de intervalos	42
Figura 2.31 Reuniones donde se obtuvo la lluvia de ideas	43
Figura 2.32 : Lluvia de ideas de los coordinadores de producción y mejora continua ..	43
Figura 2.33 Diagrama de Ishikawa	44
Figura 2.34 Matriz de Priorización de Causas	46
Figura 2.35 Plan de Verificación de Causas	46
Figura 2.36 Verificación de la Causa X1	47
Figura 2.37 Verificación de la Causa X1 en base al desperdicio de materia prima	47
Figura 2.38 Verificación de la Causa X1	48
Figura 2.39 Diagrama de barra del porcentaje de desperdicio por materia prima por el cambio del material en producción	48
Figura 2.40 Soluciones propuestas	53
Figura 2.41 Requerimientos del sistema	54
Figura 2.42 Ponderación para matriz de dificultad de implementación	54
Figura 2.43 Matriz de Dificultad de implementación	55
Figura 2.44 Discusión de la valoración de las soluciones propuestas con el equipo de trabajo	55
Figura 2.45 Matriz de Priorización de Soluciones	55
Figura 2.46 Plan de Implementación y Capacitación	59
Figura 3.1 Diagrama de Pareto de anchos actuales más frecuentes	68
Figura 3.2 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 1	73

Figura 3.3 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 1 ...	74
Figura 3.4 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 2	75
Figura 3.5 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 2 ...	76
Figura 3.6 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 3	77
Figura 3.7 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 3 ...	78
Figura 3.8 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 4	79
Figura 3.9 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 4 ...	80
Figura 3.10 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 5 ..	81
Figura 3.11 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 5 .	82
Figura 3.12 Esquema de la propuesta de Solución 2	82
Figura 3.13 Ingreso de datos de pedidos para el modelo de optimización	85
Figura 3.14 Orden de pedido del material	86
Figura 3.15 Datos para el modelo de optimización.....	86
Figura 3.16 Función Objetivo en Excel	91
Figura 3.17 Modelo de optimización establecido en Solver.....	91
Figura 3.18 Resultado de la función objetivo.....	94
Figura 3.19 Tabla de resultados del modelo de optimización en Excel	94
Figura 3.20 Diagrama Operin del proceso de etiquetas adhesivas	95
Figura 3.21 Capacitación a los operarios sobre el reporte Postproducción.....	103
Figura 3.22 Comparación a través de GEMBA que los valores recolectados manual coinciden con el sistema	104
Figura 3.23 Cantidad de material registrado en el sistema – situación actual.....	107
Figura 3.24 Cantidad de material registrado en el sistema – situación después de la implementación	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	16
Tabla 2.2 Comparación Etiquetas Adhesivas vs Termoencogibles	22
Tabla 2.3 Familia de productos tipo A	23
Tabla 2.4 Familia de productos tipo B	24
Tabla 2.5 Familia de productos tipo C	26
Tabla 2.6 Recolección manual de datos de Desperdicio de materia prima	32
Tabla 2.7 Recolección de datos del inventario acumulado por materia prima.....	39
Tabla 2.8 Ponderación para cada métrica según el criterio.....	45
Tabla 2.9 Matriz de Medición de Impacto.....	45
Tabla 2.10 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X1	50
Tabla 2.11 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X2.....	51
Tabla 2.12 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X2 – segunda parte.....	52
Tabla 2.13 Costos estimados por solución elegida	56
Tabla 2.14 Plan de Implementación	58
Tabla 3.1 Data de Anchos estándar por materia prima y orden de producción	61
Tabla 3.2 Tabla de frecuencia de anchos estándar.....	64
Tabla 3.3 Tabla de frecuencia ordenada de manera ascendente.....	66
Tabla 3.4 Tabulación de anchos estándar más frecuente	68
Tabla 3.5 Tabulación de anchos estándar con sus anchos propuestos por material	71
Tabla 3.6 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 1 ..	72
Tabla 3.7 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 1 ..	73
Tabla 3.8 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 2 ..	74
Tabla 3.9 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 2 ..	75
Tabla 3.10 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 3	77
Tabla 3.11 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 3	77
Tabla 3.12 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 4	78

Tabla 3.13 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 4 (79
Tabla 3.14 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 5	80
Tabla 3.15 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 5	81
Tabla 3.16 Ancho y el número de cantidad requerido	87
Tabla 3.17 Parámetros w_i : valores de anchos w_i	88
Tabla 3.18 Variable de restricción en conjunto con la restricción 1	89
Tabla 3.19 Variable de decisión junto a la restricción 2	90
Tabla 3.20 Matriz de asignación de los anchos a cada rollo madre	92
Tabla 3.21 Matriz de valores asignados a cada rollo madre.	93
Tabla 3.22 Reporte Postproducción	96
Tabla 3.23 Análisis de costo del desperdicio de materia prima antes	97
Tabla 3.24 Análisis de costo del desperdicio de materia prima actual	98
Tabla 3.25 Comparación de variables de interés en escenario antes y después	99
Tabla 3.26 Desperdicio en excedente de pedido 2019.	100
Tabla 3.27 Resultados de análisis de pedidos 2019	101
Tabla 3.28 Resultados promedio de análisis de pedidos 2019	101
Tabla 3.29 Resultados de análisis de pedidos aplicando modelo de optimización.	102
Tabla 3.30 Comparación de variables antes/después de implementación	102
Tabla 3.31 Registro de material no inventariado a priori	104
Tabla 3.32 Situación actual del material registrado en sistema.	106
Tabla 3.33 Registro de material no inventariado a posteriori	107
Tabla 3.34 Situación después de la implementación del material registrado en sistema	109

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Corporativo es una multinacional líder en la industria de impresiones y empaques, tiene más de 45 años de operación enfocados en la creación de valor y el crecimiento rentable a largo plazo comprometiéndose con su más de 8000 empleados, clientes, accionista y la comunidad, con el fin de guiarlos hacia su visión de convertirse en uno de los líderes en empaques flexibles. Están ubicados en países como Canadá, Estados Unidos y en Latinoamérica. En Ecuador, está compuesto por 3 empresas: Impresiones S.A., Química S.A., y Fundas S.A., cada una con diferentes funciones, pero con la misma misión.

Impresiones S.A. – Corporativo, es una industria dedica a la producción y comercialización de etiquetas, empaques y soluciones en codificación y trazabilidad. Está ubicada en la ciudad de Guayaquil, se caracteriza por ofrecer productos de excelente calidad y siempre estar en la búsqueda de la innovación, abarcando sectores industriales como: la alimentaria, cuidado personal, farmacéutico, pesca, acuicultura, etc.

En el 2020 al buscar mejoras y obtener ventajas competitivas en la industria, la empresa analiza sus costos operativos de tal manera que denotan que existe un alto gasto en las compras de materia prima en los productos que tienen mayor rotación. “Las etiquetas” es el producto que posee una mayor demanda, ya que se encargan de elaborarlas para varias empresas importantes a nivel nacional, gestionando alrededor de 3000 metros lineales de producción del cual se puede obtener hasta 20000 etiquetas diarias, para elaborarlas se compra rollos de materia prima al proveedor, que vienen con una medida definida de fábrica, la cual debe ser particionada a la medida del ancho que es fijado por requerimiento del cliente, produciendo sobrantes del material y por ende una gran cantidad de desecho y costos altos de materia prima.

Impresiones S.A. necesita encontrar mejoras en el manejo de la materia prima a utilizarse para cada orden a producir, con el objetivo de reducir el desecho de la materia prima y por ende los costos altos en la compra de estos.

1.1 Descripción del problema

Actualmente Impresiones S.A está priorizando y relacionando sus valores corporativos: la innovación y el rendimiento; para tomar la iniciativa de analizar en qué pueden mejorar cómo organización, razón por la cual se realiza constantemente un análisis de la producción y sus costos operativos asociados, con el fin de encontrar aquellos problemas por resolver y mejorar. Después de que el mercado se normalizó dado a los acontecimientos mundiales que han ocurrido a partir del 2020, durante el último año ha existido una alta demanda en los productos de etiquetas, no obstante, en el análisis respectivo de sus costos asociados, se halló que se está generando altos costos operativos, lo cual genera un alto impacto económico para la organización.

Los costos operativos es el resultado de todos los gastos que abarcan para que el proceso operativo funcione, incluye mano de obra, maquinaria, logística, etc. Sin embargo, los costos en los que se han enfocado son los de materia prima, ya que denotaron que, al existir una gran inversión en la compra de los materiales, sus costos de materia prima son elevados, generando una alarma para la empresa.

Para la producción de las etiquetas, se utiliza tres tipos de materia prima: PET, PVC y Films, los cuales se compran en rollos madre al proveedor, que maneja dos tipos de anchos máster para cada rollo: 750 mm y 1500 mm. El ancho que demanda el producto a elaborar es dispuesto por el cliente, por lo general esta medida es variante, por ende, se debe particionar el rollo a la medida del ancho que se requiere. Debido a que la refiladora que es la máquina que tiene como función particionar los rollos, posee una máxima de capacidad de 1000 mm de ancho por rollo, se selecciona por simplicidad comprar el rollo madre de 750 mm.

El rollo madre de 750 mm de ancho, independientemente sea el tipo de material a usar, es particionado a un ancho aproximado que se necesita para elaborar el producto del cliente, por lo cual se produce un sobrante y dependiendo de la medida del ancho que sobra, este material puede ser reutilizado o desechado. No obstante, por lo general el material ya no es funcional, así que se lo desecha.

En base a esta problemática, se realiza un análisis de escucha al cliente, que como principal objetivo es definir cuál es el problema y obtener ideas las cuales ayudan a comprender más la situación. Por ende, se aplica un VOC (Voice of customer) a las personas involucradas en el proceso, con el fin de poder entender desde el punto de vista del cliente (Impresiones S.A.).

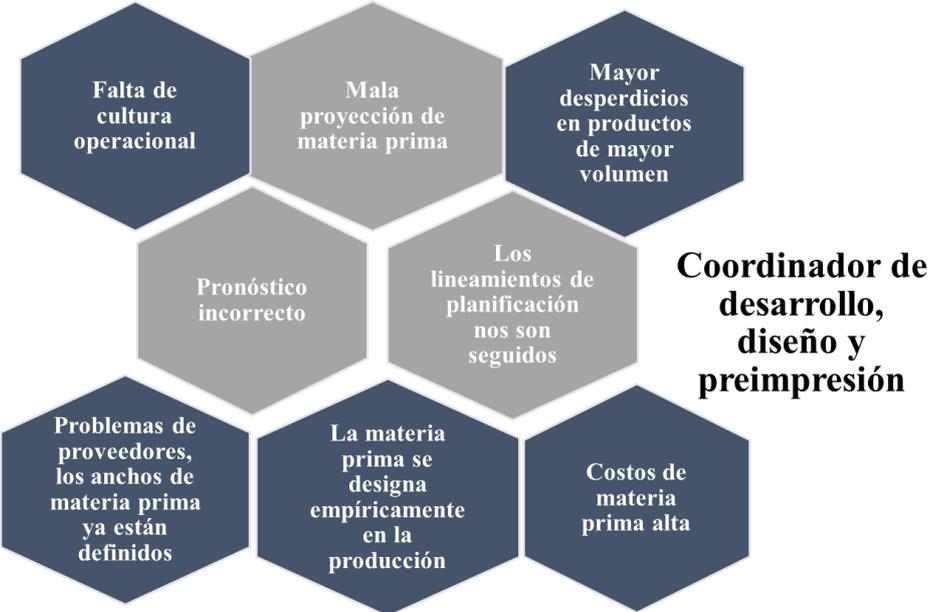


Figura 1.1 VOC del Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión (Bailón, 2021)

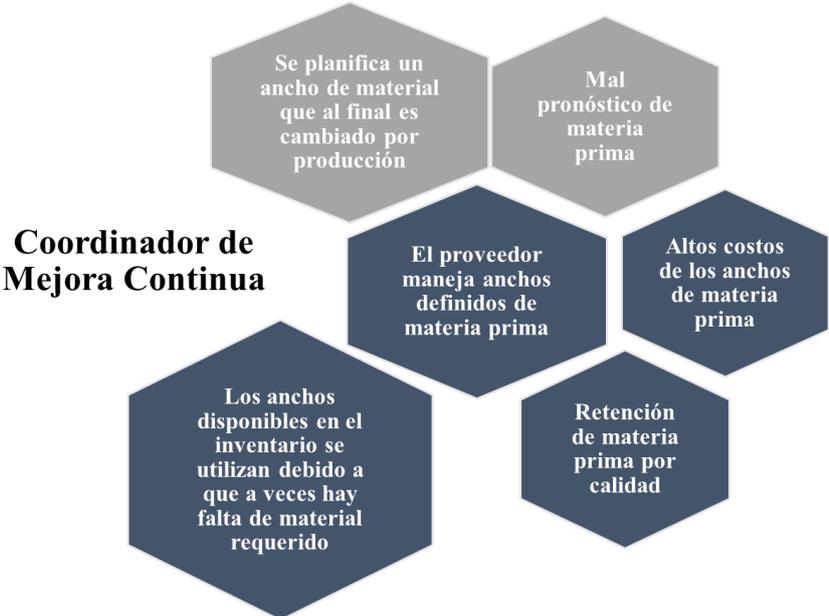


Figura 1.2 VOC del Coordinador de Mejora Continua (Polanco, 2021)

En la aplicación del VOC, se la realizó a dos personas involucradas en el proceso de planificación y producción de las etiquetas, de las cuales para cada una de las figuras 1.1 y 1.2, las ideas fueron clasificadas en dos colores:

- Azul, para las ideas que se relacionan con la producción.
- Gris, para las ideas que se relacionan con la planificación del material.

Con el fin de identificar los problemas más importantes y comunes desde el punto de vista del cliente, se obtiene los siguientes:

- La mala planificación del uso del ancho del material para producción
- El mal pronóstico acorde a la demanda
- Los altos costos que conlleva la compra de la materia prima
- El mayor desperdicio en los productos de mayor volumen
- Anchos definidos en el rollo madre por el proveedor

En base a estas ideas, se da el inicio de la investigación, las cuales ayudan a desarrollar los siguientes puntos.

1.1.1 Variable de interés o respuesta

Para obtener la variable de respuesta, primero se aplica la herramienta CTQtree en el cual se analiza lo que el cliente necesita en relación con los indicadores (drivers), esto sirve para medir y determinar de forma cuantitativa el problema.

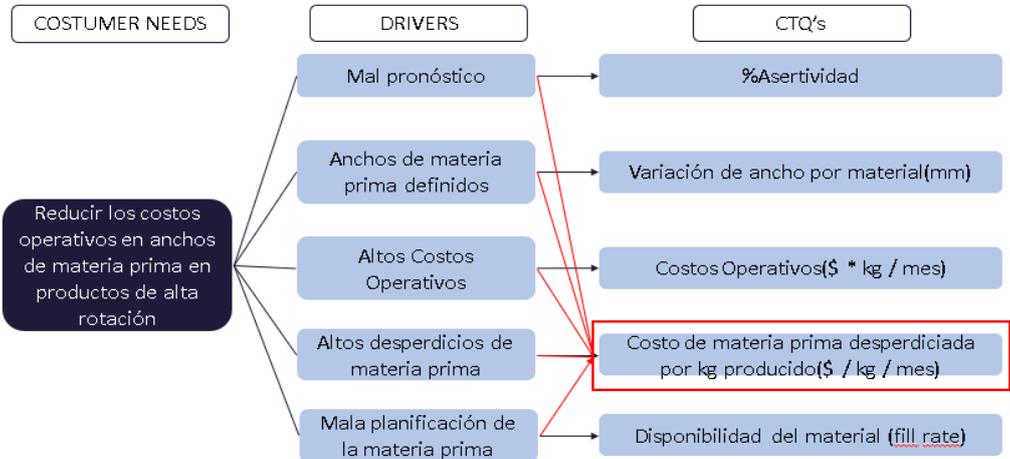


Figura 1.3 Ctq tree (Chamba-Medina, 2021)

Los drivers son obtenidos mediante el VOC, están relacionados con cada una de las ideas que se mencionó anteriormente, por ende, en conjunto con los pilares económicos, social y medio ambiental de la empresa, el indicador que se relaciona directa e indirectamente con cada uno de los drives es el Costo de materia prima desperdiciada por Kilogramo producido.

Costo de materia prima desperdiciada por kilogramos producidos: el indicador se calcula considerando todos los kilogramos de desperdicio de materia prima por mes multiplicado por su costo respectivo de materia prima, y dividido para los kilogramos totales producidos en el mes.

Y = Costo de materia prima desperdiciada por kg producido

(1.1)

$$Y = \sum_{i=1}^n \frac{\text{kg de desperdicio de materia prima por } i \text{ mes} * \text{Costo de Kg de materia prima}}{\text{kg producidos per } i \text{ mes}}$$

$$Y = [\$ / \text{kg}]$$

$$Y = (X1, X2, X3, X4)$$

- X1 = Mal pronóstico de materia prima a utilizarse
- X2 = Anchos de materia prima definidos
- X3 = Altos desperdicios
- X4 = Mala planificación de la materia prima a utilizarse

En la producción de etiquetas, existen dos tipos de productos: etiquetas termoencogibles y etiquetas adhesivas, para analizar la variable de respuesta con respecto a estos productos se analiza la data otorgada por la empresa, para observar su comportamiento durante el periodo noviembre 2019 – octubre 2020, del cual se obtiene que:

En la producción de las etiquetas termoencogibles, en figura 1.4 la se observa que el costo del desperdicio de materia prima por kilogramo producido tiene un promedio \$1.16 durante los 24 meses de estudio del comportamiento de la data. Se registra un valor máximo de \$1.30 y un mínimo de \$1.02. Esto se debe a la fluctuación de la demanda

dado que, no es constante y el abastecimiento de materia prima debe amortiguar esos picos en la demanda.

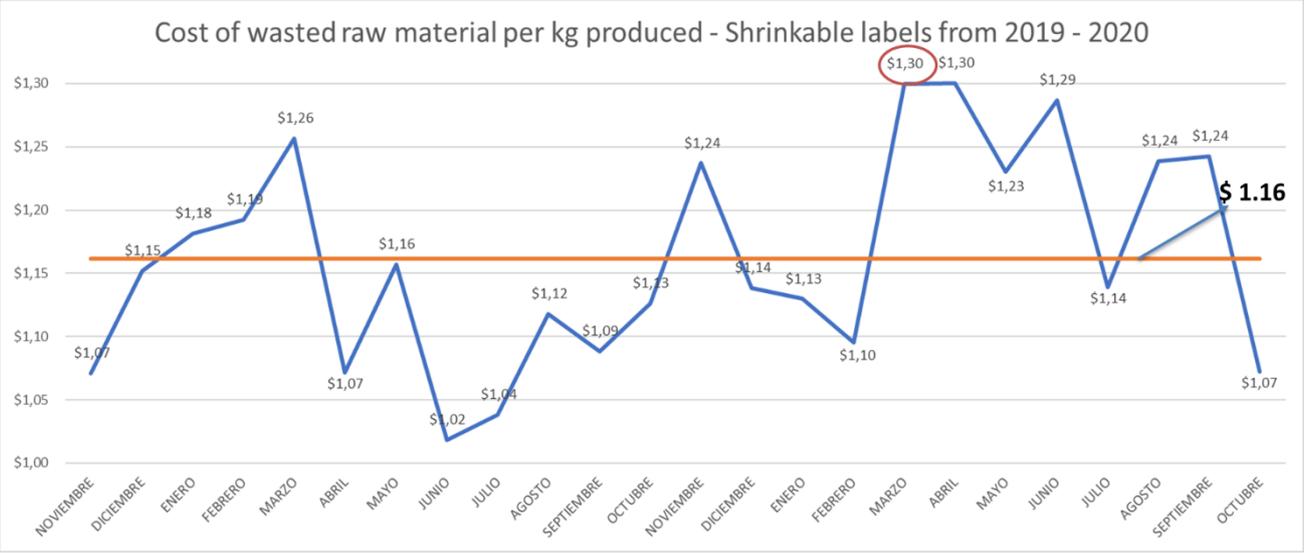


Figura 1.4 Costos de desperdicio de materia prima por kilogramo producido de etiquetas termoencogibles 2019 – 2020 (Impresiones-S.A, 2019)

En la producción de las etiquetas adhesivas, en la Figura 1.5, se observa que el costo del desperdicio de materia prima por kilogramo producido tiene en promedio \$0.74 durante el mismo periodo establecido. Teniendo un valor máximo de \$1.00 y un mínimo de \$0.49. Así mismo, se tiene una fluctuación de la demanda generando varios picos altos y bajos por cada mes.

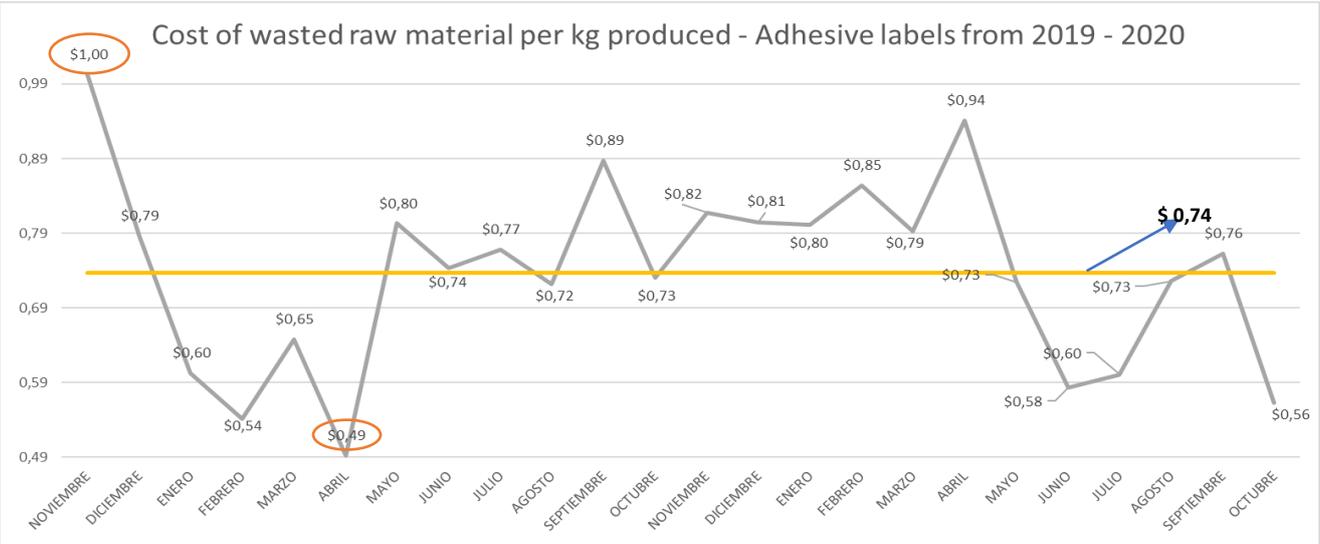


Figura 1.5 Costos de desperdicio de materia prima por kilogramo producido de etiquetas adhesivas 2019 - 2020 (Impresiones-S.A, 2019)

1.1.2 Problema enfocado

En base a los datos recolectados, se utiliza la herramienta 3W+2H, para poder detallar e identificar el problema enfocado, como se muestra en la figura 1.6 a continuación:



Figura 1.6 3W + 2H (Chamba-Medina, 2021)

Por ende, nuestro problema enfocado es:

El costo de materia prima desperdiciada por kilogramos producido en etiquetas termoencogibles y adhesivas de enero de 2019 a diciembre de 2020 fue de \$ 1,16 y \$ 0,74 por mes en promedio respectivamente, sin embargo, la empresa quiere reducirlo a \$0.50.

1.1.3 Restricciones

- Falta de interés por parte de los colaboradores para implementar los puntos de mejora.
- La selección y los requisitos de materiales no se puedan modificar.
- Los proveedores no están dispuestos a colaborar con la empresa.

1.1.4 Triple línea de beneficio

Aspecto Económico: Reducción de costos operativos producidos por la mala planificación de materia prima.

Aspecto Social: Mejor organización del trabajo entre departamentos, reducir el estrés laboral.

Aspecto Ambiental: Reducción del desperdicio de plástico producido por el mal desempeño del ancho de la materia prima.

1.2 Justificación del problema

La investigación se propone a enfocarse en estudiar cómo reducir los costos de los anchos de materia prima para los productos de alta rotación, con el fin de buscar una solución óptima ya que, es importante que se logre suplir a la demanda que posee la empresa, considerando las restricciones y variables correspondientes. Se establece mejorar el requerimiento del consumo de materia prima en la producción, por ende, disminuir la cantidad de los desechos, y así mismo, reducir gastos en compras de materia prima, lo cual puede generar un gran impacto económico en la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Reducir el costo promedio de los anchos de materia prima desperdiciada por kg producido en etiquetas adhesivas y termoencogibles al 20%.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Optimizar el ancho de la materia prima a utilizarse en producción.
- Reducir el desperdicio de la materia prima.
- Llevar a cabo un control de la cantidad a utilizar de materia prima en cada orden de producción, y por consecuente su desperdicio asociado.

1.4 Marco teórico

Rollo madre

El rollo madre es aquel insumo que el proveedor de materia prima da a una empresa manufacturera que sirve como variable de entrada y pasa a través de un proceso para elaborar algún producto final. Hasta ahora se conoce que el rollo madre está constituido de materiales tales como: PET, PVC, FILM.

Material PET

El material PET o también conocido como polietileno tereftalato es aquel sustrato que reacciona con sistemas inducidos por calor para adherirse a un envase tales como: pistola de calor y túnel de vapor. Además, es totalmente reciclable y en cuanto a su procesamiento es muy útil y económico para procesos de manufactura (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Material PVC

El material PVC o también denominado policloruro de vinilo es aquella materia prima que al igual que el material PET reaccionan con sistemas inducidos por calor. Sin embargo, su nivel de termoencogimiento al reaccionar con el calor no es tan evidente en comparación del material PET. No obstante, el material PVC es ideal en procesamientos industriales a gran escala en donde se tiene un alto rendimiento del producto con un menor desperdicio. A su vez consta con una amplia disponibilidad y un mayor tiempo de vida (American Chemistry Council, 2022).

Material FILM

El material FILM es un material adhesivo que está constituido principalmente de tres partes: cara frontal, por lo general donde se imprime o se tiene algún diseño manual; adhesivo, parte intermedia que une a la cara frontal y al respaldo; respaldo, base inferior donde yace toda la estructura del adhesivo (Abbey & Zalucha, 2017).

Ancho de rollo madre

El ancho de rollo madre es la medida característica del insumo puesto que, dependiendo de su métrica, se lo puede utilizar para elaborar productos finales tales como: etiquetas termoencogibles y etiquetas adhesivas.

Etiquetas adhesivas

Las etiquetas adhesivas son aquellos productos finales que han pasado por un proceso de manufactura para ser funcionales en algún envase; su materia prima es FILM y constan de tres partes: cara frontal, adhesivo, y respaldo (White, 2012).

Etiquetas termoencogibles

Las etiquetas termoencogibles son aquellos productos finales que han pasado por un proceso de manufactura para ser funcionales en algún envase; reaccionan con sistemas de inducción de calor, y su materia prima es el material PET y PVC (Packsys Academy, 2013).

Refiladora

Es una máquina industrial que permite particionar el ancho de rollo madre a la medida que se haya ajustado en los parámetros y ajustes de la máquina, es decir, a una medida específica, se corta el ancho y se tiene la familia de producto a la medida.

Costos Operativos

Son todos los gastos que se relacionan en el funcionamiento del proceso operativo de la empresa, estos son materiales, salarios, logística, impuestos, el objetivo de tener un costo total y controlarlo es poder mejorar el negocio para que sea rentable.

Costos de materia prima

En este rubro se debe considerar las materias primas y subsidiarias que están involucrados directa o indirectamente en todos los procesos de transformación, es decir de aquellos procesos operativos que necesitan de estos elementos para producir el producto final. Se debe considerar cantidades y precios unitarios por cada materia prima elemental.

Desperdicios de materia prima

Son los residuos que no se aprovecharon cuando se realiza la producción. Es una ineficiencia que conlleva altos costos y reduce la competitividad de la empresa en el mercado.

Investigación de Operaciones

Es la aplicación del método científico para resolver problemas que se relacionan con las necesidades del control de las empresas u organizaciones, con el objetivo de obtener e implementar soluciones optimas que ayuden a los objetivos que tienen estas entidades.

Modelos prescriptivos o de optimización

Un modelo de optimización es una representación matemática en el cual se traduce un problema de negocio a un modelo matemático con el fin de hallar las soluciones de este y poder elegir la solución óptima. En investigación de operaciones se utiliza esta metodología para encontrar soluciones a problemas que se requiere optimizar. Este consiste en 3 elementos

- **Función objetiva:** debe ser lineal, se establece esta función en base a lo que se desea maximizar o minimizar en el problema.
- **Variables de decisión:** son las variables que describen la situación del problema e influyen en el control de la ejecución del sistema o proceso.
- **Restricciones del problema:** se considera con respecto a las variables de decisión, son limitaciones que se considera al plantearse la situación del problema.

Forma estándar de un modelo de optimización

Función Objetivo:

Minimizar/Maximizar

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots C_nX_n$$

(1.2)

Restricciones Funcionales:

Sujeto a

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots a_{mn}X_n \leq b_m$$

(1.3)

Restricciones de signo:

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots X_n \geq 0$$

La metodología para resolver un modelo de optimización.

1. Planteamiento del modelo

Se indica las interrelaciones de la empresa con el fin de representar el problema de manera matemáticamente representativa. Se proponen modelos sencillos que a partir de estos se puede construir más complejos considerando más información, para comenzar, se plantea la función objetivo, se identifica las variables de decisión y las restricciones.

2. Solución del problema matemático y ajustes de este

Una vez planeado el modelo de programación lineal, se debe seleccionar el método de solución con el cual es importante considerar la cantidad de variables que se obtuvo en el modelo.

- Menos de 5 variables y restricciones, se puede resolver a mano
- De 4 a 100 -1000 variables, se utiliza un software
- De 100 a millones de variables y restricciones, se utiliza por descomposición de datos

Modelo de asignación

Es un tipo de modelo especial de programación lineal, en el que recursos se asignan a actividades. El modelo es el general, sin embargo, las restricciones van arraigadas a que debe ser de modo único, una actividad o una asignación por recurso. (Galvez, 2016)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para este proyecto se consideró parte de la aplicación de la metodología Seis Sigma con un enfoque de solución de problemas utilizando la herramienta DMAIC, la cual es utilizada para mejorar el proceso de interés en la empresa. La metodología está compuesta por 5 fases: definición, medición, análisis, mejora y control. En la primera etapa se define qué oportunidades se tiene presente, el alcance y los objetivos, los cuales fueron desarrollados en el capítulo anterior para declaración del problema.

Dentro de este capítulo se ha desarrollado las etapas que prosiguen. Para la etapa de medición se determina el problema enfocado y cuáles son las variables potenciales que se midieron a través de históricos y GEMBA mediante un plan de recolección de datos y la validación de estas.

En la etapa de análisis, se utilizan herramientas de manufactura esbelta a fin de determinar las causas potenciales del problema enfocado en los altos costos operativos en los anchos de materia prima de la empresa, por ende, proponer soluciones. En las fases de mejora y control se buscar desarrollar e implementar mejoras que ayuden a reducir o mitigar el problema principal.

2.1 Fase de Medición

En esta etapa, se levantó información relevante en la recolecta de datos a fin de determinar cuáles son las causas principales que afectan al problema a solucionar. Para lograr aquello, principalmente analizó el proceso principal y posteriormente se realizó un plan de recolección de datos.

2.1.1 Diagrama de flujo

Para conocer con más detalle el proceso de la elaboración de etiquetas, se levantó un diagrama de flujo de la situación actual del procedimiento.

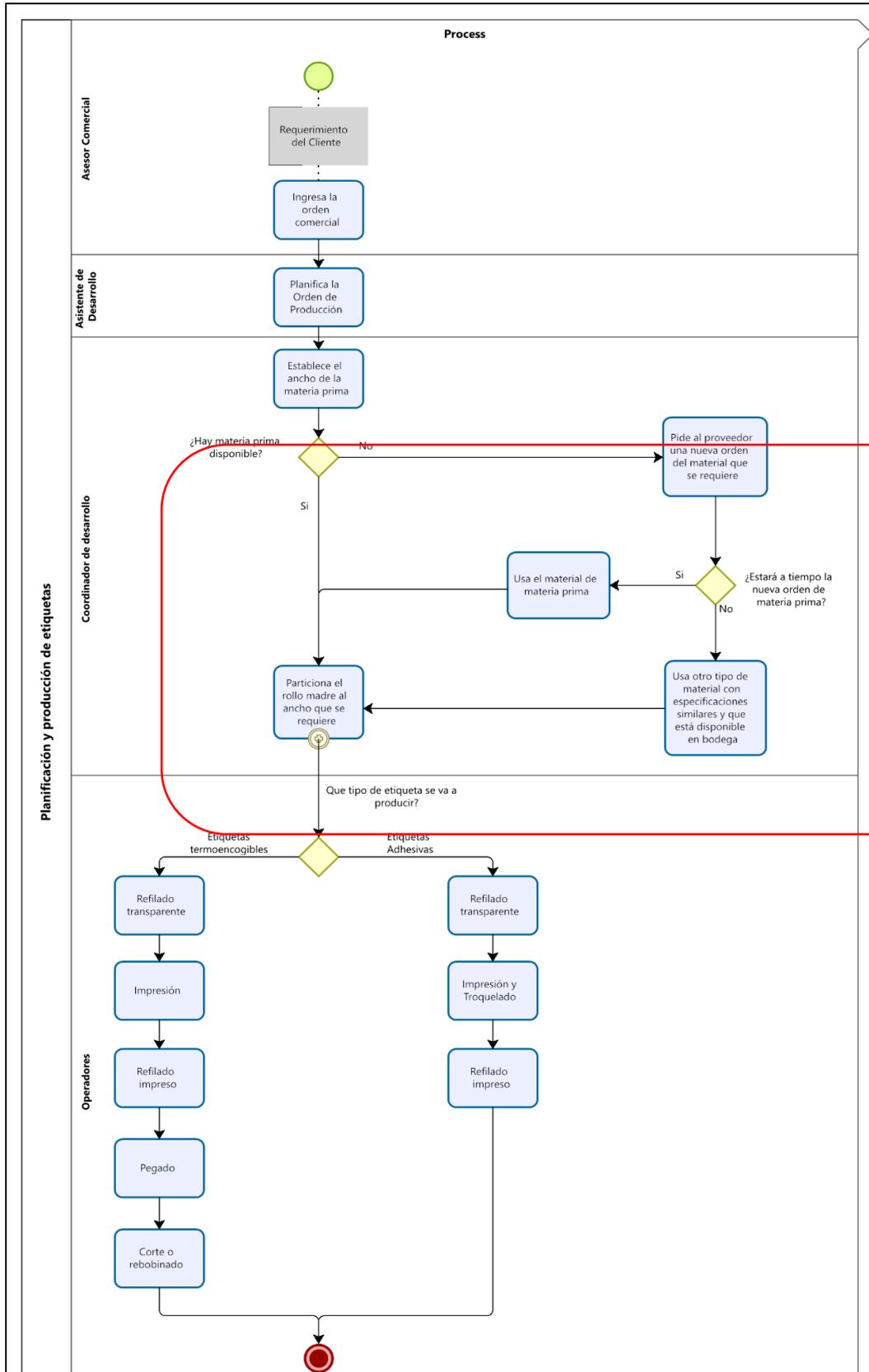


Figura 2.1 Diagrama de flujo: Planificación y Producción de etiquetas (Chamba-Medina, 2021)

Luego de mapear el proceso a través de un diagrama de flujo se pudo observar que, durante la planificación del ancho de la materia prima a utilizar, es importante tener disponible el material a utilizar, ya que, si no lo está, se realiza un nuevo pedido del material, y en el peor de los casos de no obtener la nueva orden del material a tiempo, se utiliza otro material con especificaciones similares. La parte de la espera por el material, por lo general produce retrasos en la producción.

Después de obtener el rollo madre del material disponible, este se particiona al ancho requerido para producir las etiquetas y seguir con el proceso de producción. Sin embargo, la acción de particionar el rollo madre es dónde se crea el desperdicio de la materia prima, ya que, al tener una medida de ancho de rollo madre estándar (750mm) y medidas de anchos variables a particionar, genera excedentes de varias medidas de materia prima, provocando mayor desperdicio, ya sea desechándolo o guardándolo en el inventario en espera de que habría posibilidad de utilizarlo para otras producciones.

2.1.2 Plan de recolección de datos

En el plan de recolección de datos se detalló los parámetros de la información levantada, los detalles del muestreo, la recolección de la data confiable, cómo las variables son medidas, etc. Por ende, se utilizó la herramienta 5W+1H.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos (Chamba-Medina, 2021)

Plan de recolección de datos								
Proyecto:		Reducir los costos operativos en los anchos de materia prima en productos que manejan un gran volumen de ventas			Líderes de proyecto		Jonathan Medina Montesdeoca	María José Chamba
¿Quién? Responsables	Información a recolectar			Detalles de muestreo		¿Por qué es necesario recolectarlo?	¿Cómo es medida?	Condiciones relativas (factores de estratificación)
	Descripción	Unidades	Tipo de dato	¿Dónde se encuentra la información?	¿Cuándo será recolectada?			
- Coordinador de Desarrollo, diseño y pre prensa - Planificador de producción - Líderes de proyecto	Metros lineales de producción	Metros	Continuo	En el sistema de la compañía CERM	Durante la etapa de medición	Para determinar la cantidad de materia prima usada	A través del histórico del departamento de producción	Qué: Metros lineales por pedido Cuál: Etiquetas adhesivas Dónde: Área de producción Cuándo: Mensual Quién: Industria de plástico
- Coordinador de Desarrollo, diseño y pre prensa - Planificador de producción - Líderes de proyecto	Kilogramos de producción	Kilogramos	Continuo	En los reportes de producción - sistema de la compañía CERM	Durante la etapa de medición	Para determinar la cantidad de materia prima usada	A través del histórico del departamento de producción	Qué: Metros lineales por pedido Cuál: Etiquetas adhesivas y termoencogibles Dónde: Área de producción Cuándo: Mensual Quién: Industria de plástico
- Coordinador de producción y mejora continua - Líderes de proyecto	Costo del desperdicio de materia prima	Dólares	Continuo	En el sistema de la compañía CERM	Durante la etapa de medición	Para determinar el impacto financiero y gastos de la compañía	A través del histórico del departamento de producción	Qué: Costo del desperdicio de materia prima Cuál: Etiquetas adhesivas y termoencogibles Dónde: Refiladora Cuándo: Mensual Quién: Industria de plástico
- Coordinador de producción y mejora continua - Líderes de proyecto	Desperdicio de materia prima	Kilogramos	Continuo	En el sistema de la compañía CERM	Durante la etapa de medición	Porque es una forma eficiente de medir el proceso	A través del histórico de desperdicio del departamento de producción	Qué: Desperdicio de materia prima Cuál: Etiquetas adhesivas y termoencogibles Dónde: Refiladora Cuándo: Mensual Quién: Industria de plástico
- Coordinador de Desarrollo, diseño y pre prensa - Planificador de producción - Líderes de proyecto	Inventario acumulado	Kilogramos	Continuo	En los reportes de producción - sistema de la compañía CERM	Durante la etapa de medición	Para determinar el impacto económico de almacenar material	GEMBA	Qué: Exceso de materia prima Cuál: Etiquetas adhesivas y termoencogibles Dónde: Área de producción Cuándo: Diariamente Quién: Industria de plástico

2.1.3 Análisis de datos

Para la recolección de los datos y análisis de los datos, se obtuvo una data proporcionada por la empresa, así mismo durante el mismo periodo establecido en la descripción del problema, posteriormente se realizó el análisis de la demanda de los kilogramos producidos y el desperdicio de materia prima para cada tipo de producto.

2.1.3.1 Etiquetas Adhesivas

En la figura 2.2, se puede observar que la demanda fluctúa durante este periodo de tiempo, además de los altos picos que denotan en la producción como en el mes de mayo del 2020 con 41663.75 Kg producidos, de los cuales 7192.56 Kg son de desperdicio de materia prima, en el mes de septiembre se obtiene la menor producción durante estos años con 15862.81 de los cuales 2882.63 Kg son de desperdicio de materia prima.

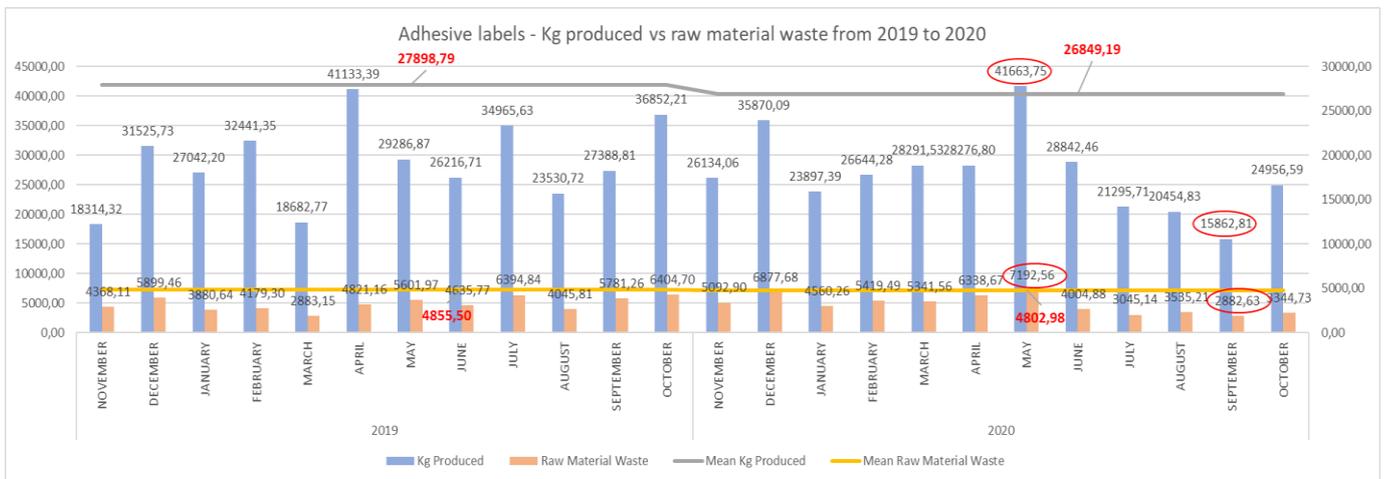


Figura 2.2 Kg Producidos Vs Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Adhesivas (Impresiones-S.A, 2019)

Para mejor observación y análisis del desperdicio, se realizó un diagrama de barras de los kilogramos de desperdicio de materia prima, así mismo los valores son variables en cada mes durante este periodo de tiempo, sobresaliendo el mayor desperdicio en el mes de mayo del 2020 con 7192.56 y el menor desperdicio en septiembre con 2882.63 Kg de desperdicio, estos meses concuerdan con la mayor y menor producción de kilogramos producidos del gráfico anterior, lo que se podría inferir que, a mayor producción, mayor desperdicio, sin embargo, en el mes de marzo 2019 el desperdicio 2883.15 Kg que es aproximadamente similar al menor desperdicio de septiembre 2020, pero con una

producción de 18682.77 Kg producidos, que es una cantidad mayor producida que el mes de septiembre 2020. En total, se obtuvo 116,531.9 Kilogramos de desperdicio de materia prima de una producción de 669.571.01 Kg producidos de etiquetas adhesivas durante noviembre del 2019 a octubre del 2020, lo que representa un 17.40 % de desperdicio del total de la producción.



Figura 2.3 Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Adhesivas (Impresiones-S.A, 2019)

2.1.3.2 Etiquetas Termoencogibles

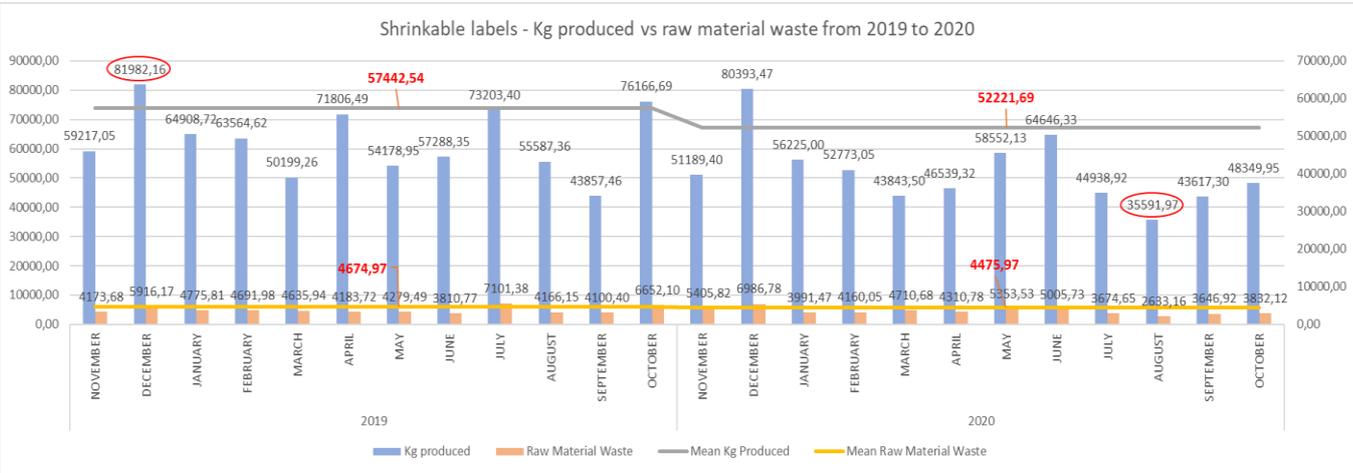


Figura 2.4 Kg Producidos Vs Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Termoencogibles (Impresiones-S.A, 2019)

Para este gráfico doble de barras, así mismo, la demanda varía cada mes, sobresaliendo los meses de diciembre y agosto como meses de mayor y menor producción respectivamente, en diciembre con 81928.16 Kg producidos menos 5916.17 de desperdicio de materia prima, y en agosto con 35591.97 Kg producidos, pero con un desperdicio de 2633.97 Kg.

En cuanto al desperdicio, con más detalle se observa que el mes que obtuvo mayor desperdicio fue en julio del 2019 con 7101.39 Kg, seguido por los meses de diciembre y octubre del mismo año, sin embargo, de acuerdo con el gráfico anterior el mes con mayor producción fue el mes de diciembre 2019, el cual no coincide con el mes con mayor desperdicio, por lo que se descarta lo inferido que “a mayor producción, mayor desperdicio” ya que puede depender de otras variables.

El mes con menor desperdicio fue en agosto con 2633.16 Kg, el cual si coincide con el mes de menor producción de etiquetas termoencogibles durante este periodo de tiempo. Por ende, se obtuvo 112,199.28 Kilogramos de desperdicio de materia prima de una producción de 1,378,620.85 Kg producidos de etiquetas termoencogibles durante noviembre del 2019 a octubre del 2020, lo que representa un 8.14% de desperdicio del total de la producción.



Figura 2.5 Desperdicio de materia prima de las Etiquetas Termoencogibles (Impresiones-S.A, 2019)

2.1.3.3 Comparación Etiquetas adhesivas Vs Etiquetas Termoencogibles

Desperdicio de materia prima

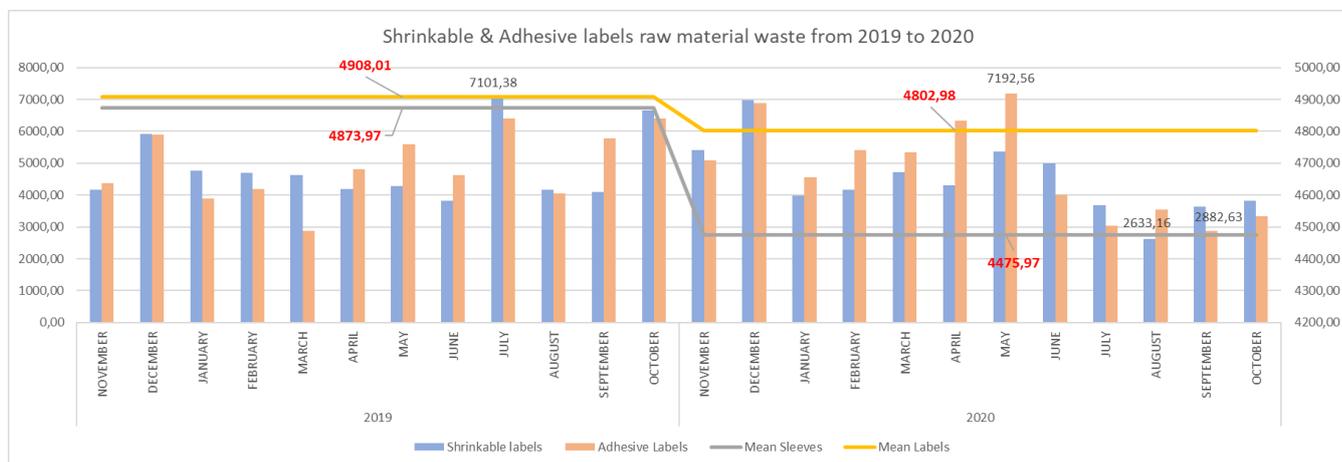


Figura 2.6 Desperdicio de materia prima – Etiquetas Adhesivas vs Termoencogibles (Chamba-Medina, 2021)

En base a los datos analizados y el gráfico presentado, se puede observar que tanto para los dos tipos de familias de etiquetas, los valores de desperdicio son variables cada mes, sin embargo, el valor total de desperdicio de materia prima para cada familia se denota una diferencia respecto a lo que representa en el valor total de producción, para las etiquetas adhesivas el desperdicio de materia prima representa un 17.40 % del valor total de producción con 116,531.88 kg. En etiquetas termoencogibles el desperdicio de materia prima representa 8.14 % del valor total de producción con 112,199.28 kg, por lo cual indica que existe un mayor desperdicio en la familia de las etiquetas adhesivas durante este periodo de tiempo.

No obstante, se analiza otras variables que influyen en la problemática respecto al desperdicio de la materia prima y su costo por kilogramo producido.

Peso y estructura

- **Etiquetas adhesivas:**

Esta familia de productos consta de tres partes principales, por lo cual, hace que su costo de adquisición sea mayor en comparación a la familia de abajo. La primera parte consta de la cara frontal, es donde se imprime el arte (imagen aprobada por el cliente), la

segunda parte consta del adhesivo (separación entre la cara del frontal y el respaldo), y la tercera parte consta del respaldo, material de papel que sirve como soporte de la etiqueta adhesiva.

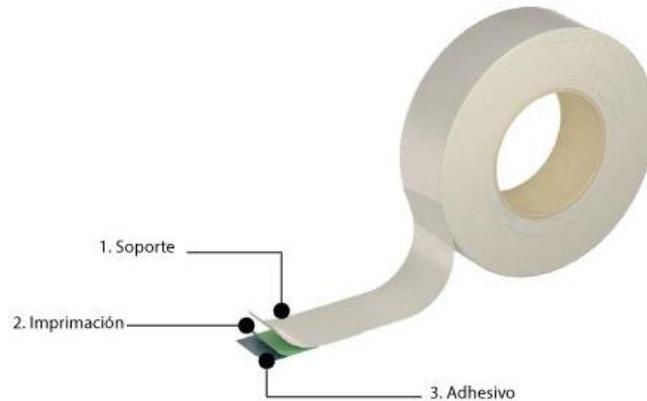


Figura 2.7 Estructura del material de las etiquetas adhesivas (Impresiones-S.A, 2019)

- **Etiquetas termoencogibles:**

Esta familia de producto consta principalmente de plástico que reacciona al calor o a una sustancia térmica que hace que el material se adhiera al envase donde se la está aplicando, su costo es menor en comparación al de la familia de arriba, dada su simplicidad en cuanto a especificaciones técnicas. Pero no deja de adaptarse o ser funcional dependiendo de la necesidad del cliente.



Figura 2.8 Estructura del material de las etiquetas adhesivas (Impresiones-S.A, 2019)

Costo

El costo del material que se utiliza como materia prima para etiquetas adhesivas es de \$4.20 por kilogramo, y para etiquetas termoencogibles es de \$2.6 por kilogramo, estos valores son fijos establecidos por los proveedores que están asociados a la empresa.

Tabla 2.2 Comparación Etiquetas Adhesivas vs Termoencogibles

(Impresiones-S.A, 2019)

<i>Variables</i>	<i>Etiquetas adhesivas</i>	<i>Etiquetas Termoencogibles</i>
<i>Peso</i>	161 g/m ²	59 g/m ²
<i>Costo de materia prima</i>	\$4.20 / Kg	\$2.60 / Kg
<i>Desperdicio de materia prima 2019 - 2020</i>	116.5 toneladas	112.2 toneladas

Por ende, debido a que la estructura y el peso de las tarjetas adhesivas son más densos, el costo es mayor en comparación con las etiquetas termoencogibles, por lo cual su producción será más alta en términos de costos de materia prima y por ende costos operativos, además los datos históricos nos demuestran que interviene un mayor porcentaje de desperdicio de materia prima en etiquetas adhesivas durante la producción entre 2019 y 2020.

Para demostrar el mayor impacto en la implementación futura del proyecto, se decidió que se debe enfocar en la familia que mayor desperdicio haya tenido durante la data histórica: la familia de etiquetas adhesivas, además que sobresale en las variables de peso y costo de materia prima, que también influyen en la problemática.

2.1.3.4 Estratificación

Al establecer una familia para que el estudio del problema esté enfocado, se realiza un análisis ABC de los productos que conforman la familia de etiquetas adhesivas, representado por los materiales a utilizarse y con respecto al consumo de la demanda de los clientes, esto es con el propósito de determinar qué producto representa un mayor impacto para la compañía.

En la familia de las etiquetas adhesivas, se tiene dos tipos de materia prima: PPBB y PP MATT WHITE, de los cuales son utilizados para la elaboración de los diferentes productos de la familia de etiquetas adhesivas.

Tabla 2.3 Familia de productos tipo A (Chamba-Medina, 2021)

Producto	Frecuencia de compra	Consumo [metros]	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	ABC
ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	1963	863434,95	11,30%	11,30%	A
ET ADH COD CAJAS T10X10 100mmX100mm BLANCA 1COL DI	718	338793,29	4,44%	15,74%	A
ET ADH COD 100MM ANCHO X 55MM LARGO BLANCA 1 FILA	861	285811,79	3,74%	19,48%	A
(R)ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX67mm BLANCA 1COL DI	874	277259	3,63%	23,11%	A
(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm NARANJA 3COL DI	364	185001,87	2,42%	25,54%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	385	146000,87	1,91%	27,45%	A
(R)ET ADH COD VARIOS 87mm x 180mm BLANCA 1 COLUMNA	271	141864,84	1,86%	29,30%	A
ET ADH COD 76mmX101.6mm BLANCA 1 COLUMNA	180	138197,2	1,81%	31,11%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm VERDE 1 COLUMNA	363	120144,5	1,57%	32,69%	A
(R)ET ADH COD 90mmX70.49mm BLANCA 1 COLUMNA	235	114425,96	1,50%	34,18%	A
ET ADH COD 100mmX65mm BLANCO 1 COLUMNA	261	110371,04	1,45%	35,63%	A
(R)ET ADH COD CAJAS 50mmX101.6mm BLANCA 2 COL	126	98690,19	1,29%	36,92%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm BLANCA1 COLUMNAS	183	95748,23	1,25%	38,18%	A
ET ADH COD VIRU PALTA FRESCA 100mm x 75mm BL 1COL	94	91483,88	1,20%	39,37%	A
(R)ET ADH COD 100mmX141.29mm BLANCA 1 COLUMNA	182	88897,9	1,16%	40,54%	A
ET ADH COD NICOVITA ETE810 CLASSIC CAMARON 35% 2.5	147	85658,19	1,12%	41,66%	A
ET ADH COD CAJAS 102mmX152mm BLANCA 1COL	133	81117,25	1,06%	42,72%	A
ET ADH COD CAJAS 50mmX101.6mm BLANCA 2 COLUMNAS	141	80622,3	1,06%	43,78%	A
ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	164	80583	1,06%	44,83%	A
(R)ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX127mm BLANCA 1COL DI	106	78872,06	1,03%	45,86%	A
ET ADH COD INEN 70mmX25mm BLANCA 1 COLUMNA	178	74896,87	0,98%	46,85%	A
ET ADH COD 102mm X 57mm BLANCO 1 COLUMNA	105	71168,49	0,93%	47,78%	A
ET ADH COD CAJA 80mmX135mm BLANCA 1 COL	90	66377,62	0,87%	48,65%	A
ET ADH COD CAJAS 100MMX150MM BLANCO 1 COLUMNA	86	65622,16	0,86%	49,51%	A
ET ADH COD VARIOS 50MMX180MM BLANCO 2 COLUMNAS	168	63710,01	0,83%	50,34%	A

(R)ET ADH COD CAJ TRANSCODE 74X114.30mm BLANC 1COL	64	62564,4	0,82%	51,16%	A
ET ADH COD CAJAS 26mmX39.5mm BLANCA T80 3 COLUMNAS	155	61711,75	0,81%	51,97%	A
ET ADH COD CAJAS 81mmX62mm BLANCA 1 COLUMNA	75	61674,31	0,81%	52,77%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA PPBB	62	60369,7	0,79%	53,56%	A
ET ADH COD CAJAS 101mmX101mm BLANCA 1 COLUMNA	155	60331,75	0,79%	54,35%	A
ET ADH COD CAMARON 70mm X 30mm BLANCA 1 COLUMNA	73	59896,19	0,78%	55,14%	A
ET ADH COD 100mm X 100mm BLANCO 1 COLUMNA MAT10	106	58657,56	0,77%	55,91%	A
ET ADH COD CAMARON 74mm x 76mm BLANCA 1 COLUMNA	90	58596,56	0,77%	56,67%	A
ET ADH COD 100MMX101.6MM BLANCA 1 COLUMNA	89	58249,16	0,76%	57,44%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm AMARILLA 1 COLUMNA	76	57131,88	0,75%	58,18%	A
(R)ET ADH COD CAJAS 75mmX101.6mm BLANCA 1COL 3"	157	57002,03	0,75%	58,93%	A
ET ADH COD NICOVITA ETE811 CLASSIC CAMARON 35% 2.0	101	56843,79	0,74%	59,67%	A
ET ADH COD TRAZAB GRANDE 102mmX141.28mm BLANCA 1CO	55	53995,3	0,71%	60,38%	A
ET ADH COD CAJAS 100mmX168mm BLANCA 1 COLUMNA	103	53137,15	0,70%	61,08%	A

Tabla 2.4 Familia de productos tipo B (Impresiones-S.A, 2019)

Producto	Frecuencia de compra	Consumo [metros]	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	ABC
ET ADH COD CODE OF LOFT	24	23447,4	0,31%	80,11%	B
ET ADH COD PALLETS 102mmX187mm BLANCA 1 COLUMNA	36	22460,87	0,29%	80,40%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 26mmX39.5mm BLANCA T80 3 COL	23	22398,6	0,29%	80,69%	B
(R)ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX127mm BLANCA 1COL	23	22398,3	0,29%	80,99%	B
(R)ET ADH COD TRAZABILIDAD 98mmX31mm BLANCA 1 COL	122	22004,22	0,29%	81,27%	B
ET ADH COD CAJAS 50mmX30mm BLANCA 2 COLUMNAS	52	21468,26	0,28%	81,56%	B
(R)ET ADH COD DETECTOR DE METALES 47.8mmX47.8mm	48	21257,95	0,28%	81,83%	B
ET ADH COD CAJAS 50mmX101.6mm CELESTE 2 COLUMNAS	28	20736,2	0,27%	82,10%	B
ET ADH COD PRODUCTOS 32mmX25mm BLANCA 3 COLUMNAS	49	20173,63	0,26%	82,37%	B
(R)ET ADH COD 70mmX101.78mm BLANCA	53	19357,6	0,25%	82,62%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 50mmX45.24mm BLANCA 2 COLUMNAS	26	19007,21	0,25%	82,87%	B
(R)ET ADH COD ELECTRODOMESTICOS 98mmX48mm BLANCA	32	18740,11	0,25%	83,12%	B

(R)ET ADH COD CUARTO DE POLLO 55X27mm BLANCA 1COL	23	18063,92	0,24%	83,35%	B
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm CELESTE 1 COLUMNA	26	18032,09	0,24%	83,59%	B
ET ADH COD 32MMX25MM BLANCA 2 COLUMNAS	18	17531	0,23%	83,82%	B
ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX70mm BLANCA 1 COLUMNA	18	17467,2	0,23%	84,05%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT 385 JUNIO 1COL	18	17431,3	0,23%	84,28%	B
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm BLANCA 1 COLUMNA	17	16705,8	0,22%	84,49%	B
ET ADH COD CAJAS 50mmX45.24mm VERDE 2 COLUMNAS	17	16668,5	0,22%	84,71%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT 270C MAYO 1COL	27	16621,18	0,22%	84,93%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm AMARILLO MARZO 1COL	25	16603,28	0,22%	85,15%	B
ET ADH COD CAJAS 100MMX65MM BLANCA 1 COLUMNA	17	16455,6	0,22%	85,36%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 81mmX62.87mm BLANCA 1 COLUMNA	49	16171,39	0,21%	85,57%	B
ET ADH COD PANALES 105mmx150mm BLANCA 1 COLUMNA	16	15690,6	0,21%	85,78%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT485 DICIEM 1COL	16	15489,6	0,20%	85,98%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 98mmx65.58mm BLANCO 1COL PPBB	29	15114,74	0,20%	86,18%	B
ET ADH COD CAJAS 50mmX101.6mm VERDE 369 2 COLUMNAS	15	14913,8	0,20%	86,38%	B
ET ADH COD 113MMX290MM DICIEMBR Azul P660C 1 COLUM	15	14721	0,19%	86,57%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT2593 JULIO 1COL	15	14537,1	0,19%	86,76%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT638 SEPTIE 1COL	15	14529,4	0,19%	86,95%	B
ET ADH COD INTERNO 40mmX30mm BLANCA 1 COLUMNA	26	14509,37	0,19%	87,14%	B
ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX65mm BLANCA 1 COLUMNA	16	14256,4	0,19%	87,33%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 85mmX15.69mm BLANCA	22	14194,03	0,19%	87,51%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 100mmX65mm BLANCA 1 COLUMNA	28	14100,94	0,18%	87,70%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm PANT 021 ABRIL 1COL	34	13888,56	0,18%	87,88%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 100mmX38mm BLANCA 1 COLUMNA	21	13721,02	0,18%	88,06%	B
(R)ET ADH COD CAJAS 99mmx110mm BLANCO NOVIEMB 1COL	14	13557,6	0,18%	88,24%	B
(R)ET ADH COD PANELES 150mm x 203mm BLANCO 1COL	41	13477	0,18%	88,41%	B
(R)ET ADH COD LUBRICANTE 152mm X152mm BLANCO 1 COL	26	12891,38	0,17%	88,58%	B
(R)ET ADH COD 102mmX57.15mm BLANCA 1 COLUMNA	21	12776,4	0,17%	88,75%	B

Tabla 2.5 Familia de productos tipo C (Impresiones-S.A, 2019)

Producto	Frecuencia de compra	Consumo [metros]	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	ABC
(R)ET ADH COD VARIOS 95mm x 260.7mm BLANCA 1COL	12	5641,26	0,07%	95,01%	C
(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm AMARILLA 3COL DI	19	5370,24	0,07%	95,08%	C
(R)ET ADH COD 50mm X 9mm BLANCA 2 COLUMNAS	6	5004,8	0,07%	95,15%	C
ET ADH COD NICOVITA ETE813 CLASSIC CAMARON 25% 2.5	5	5000	0,07%	95,22%	C
ET ADH COD CAJAS T11 100mmX67mm BLANCA 1 COL DI	10	4970,73	0,07%	95,28%	C
(R)ET ADH COD 76mm X 33mm BLANCO 1COL	11	4921,77	0,06%	95,34%	C
ET ADH COD CAJAS BLANCO CELESTE 3 COLUMNAS DI	5	4919,9	0,06%	95,41%	C
(R)ET ADH COD EXPORTAC 76mmx76mm NARANJA 1COLUMNA	6	4908,2	0,06%	95,47%	C
ET ADH COD 100MMX101.6MM LILA 1 COLUMNA	12	4890,42	0,06%	95,54%	C
ET ADH COD MEZ67648314 110mm x 52mm BLANCA 1 COL	5	4872,4	0,06%	95,60%	C
(R)ET ADH COD T-77 76mmX101.6mm BLANCA 1 COLUMNA	27	4799,14	0,06%	95,66%	C
(R)ET ADH COD PRODUCTOS 32mmX25mm BLANCA 3 COL	9	4774,1	0,06%	95,73%	C
ET ADH COD CAJAS 76mm x 127mm BLANCA 1 COLUMNA	7	4762,2	0,06%	95,79%	C
(R)ET ADH COD UBX PRE IMPR152mm X152mm BLANCO 1 CO	9	4739,9	0,06%	95,85%	C
ET ADH COD PRODUCTOS 100mmX127mm BLANCA 1 COLUMNA	5	4671	0,06%	95,91%	C
ET ADH COD 190MMX270MM CELESTE	5	4645,5	0,06%	95,97%	C
(R)ET ADH COD CAJAS 50mmX30mm BLANCA 2 COLU PPBB	28	4469,23	0,06%	96,03%	C
ET ADH COD MEZ68468309 110mm x 52mm NEGRA 1 COL	6	4330,6	0,06%	96,09%	C
(R)ET ADH COD PANELES 150mm x 203mm AMARILLA 1COL	12	4172,6	0,05%	96,14%	C
ET ADH COD CAJAS 100mmX101.6mm NARANJA 1 COLUMNA	11	4151,2	0,05%	96,20%	C
(R)ET ADH COD EXPORTAC 76mmx76mm VERDE 1COLUMNA	6	4076,81	0,05%	96,25%	C
(R)ET ADH COD EXPORTAC 76mmx76mm CELESTE 1 COL	7	4051,96	0,05%	96,30%	C
(R)ET ADH COD EXPORTAC 76mmx76mm ROJA 1COLUMNA	6	4045,06	0,05%	96,36%	C
(R)ET ADH COD EAN 13 30mmX25mm BLANCA 1 COLUMNA	5	3966,5	0,05%	96,41%	C
ET ADH COD 5060019 42mm X 62mm BLANCA 2 COLUMNAS	26	3961,36	0,05%	96,46%	C
MUESTRA ET ADH COD EMBALAJE 60X31 1 FILA	4	3926	0,05%	96,51%	C
ET ADH COD CAJAS 100mm x 65mm BLANCA 1 COL	6	3913,18	0,05%	96,56%	C
ET ADH COD NICOVITA ETE815 CLASSIC CAMARON 35% 1.2	7	3890,61	0,05%	96,61%	C

(R)ET ADH COD PRODUCTO 50mmX94mm BLANCA 2 COLUMNAS	4	3886,2	0,05%	96,66%	C
(R)ET ADH COD CAMARON 42mm X 63mm BLANCA 2 COLUMN	9	3877,48	0,05%	96,72%	C
(R)ET ADH COD CAJAS 70mmX85.73mm NARANJA 1 COLUMNA	4	3871,8	0,05%	96,77%	C
ET ADH COD CLASSIC CAMARÓN 35% KR 1/2 EC FLEXO	4	3854,4	0,05%	96,82%	C
ET ADH COD 100MMX65MM BLANCO 1COL	16	3377,65	0,04%	96,86%	C
ET ADH COD CAJAS 1.5cm VERDE REDONDA 4 COLUMNAS	6	3032,3	0,04%	96,90%	C
ET ADH COD 50MMX30MM CARTON BLANCO 2 COLUMNAS	5	3021,6	0,04%	96,94%	C
ET ADH COD CAJAS 102.5mmx33mm BLANCO 1 COLUMNA	3	3021	0,04%	96,98%	C
(R)ET ADH COD CAMARON 100mm x 72.5mm BLANCA 1	3	3021	0,04%	97,02%	C
(R)ET ADH COD CAMARON 100mm x 72.5mm BLANCA 1 DI	3	3020,6	0,04%	97,06%	C
ET ADH COD 100mmX150mm BLANCO 1 COLUMNA	3	3000	0,04%	97,10%	C
ET ADH COD MEZ67612614 110mm x 52mm NEGRA 1 COL	3	2963,4	0,04%	97,14%	C

Según el análisis, el 20 % que representa el 80 % del consumo son de tipo A, es decir representan el mayor consumo por parte de los clientes, por ende, el mayor desperdicio. Cabe destacar que dichos productos son principalmente etiquetas de codificación, entonces, éste sería nuestro foco de atención al momento de analizar los productos de interés por familia de producto.

2.1.4 Problema enfocado.

Por ende, el problema enfocado queda designado de la siguiente manera:

El costo del desperdicio de materia prima por kilogramo producido en las etiquetas adhesivas desde enero del 2019 hasta diciembre del 2020 fue en promedio \$ 0,74 por mes, sin embargo, la compañía desea reducir a \$ 0,5.

2.1.5 Validación de las variables.

Las variables que fueron validadas son aquellas que corresponden al plan de recolección de datos conforme a la familia de producto que actúa como objeto de medición que, dependiendo de su unidad de medición, se emplea la herramienta estadística correspondiente. Adicional a ello, se realizó una prueba de normalidad para las variables Kg de producción, desperdicio de materia prima, costo de materia prima y análisis de

capacidad para el objeto de medición Kg de producción para ambas familias de producto. No obstante, en algunos casos se realizó GEMBA y un análisis ANOVA para validar la diferencia de medias de datos recolectados en cuanto al desperdicio de materia prima.

Kg de Producción:

Etiquetas termoencogibles

Ho: Y sigue una distribución normal

Hi: Y no sigue una distribución normal

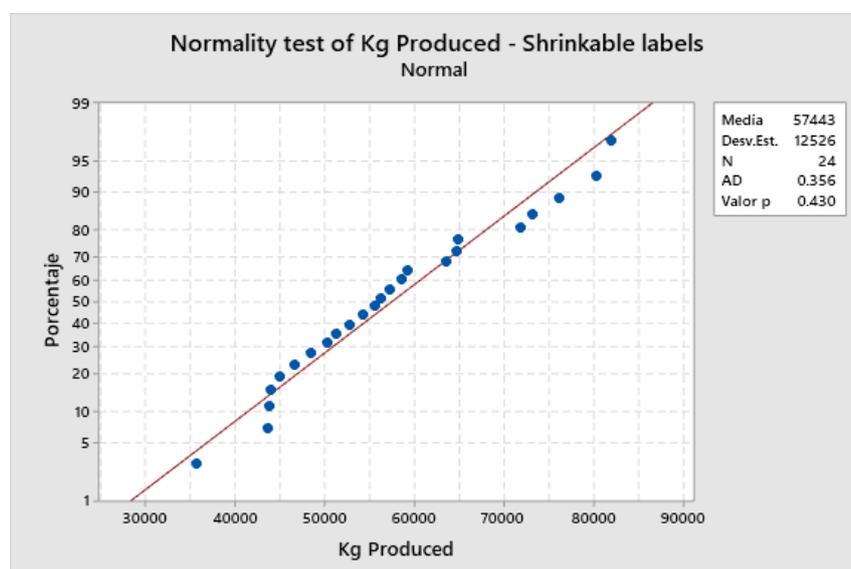


Figura 2.9 Prueba de normalidad de los datos de Kilogramos producidos – Etiquetas termoencogibles (Chamba-Medina, 2021)

El valor de p, 0,430, es mayor que el nivel de significancia, 0,05; por lo tanto, no se puede actuar ya que se podría rechazar la hipótesis nula.

Etiquetas adhesivas

Ho: Y sigue una distribución normal

Hi: Y no sigue una distribución normal

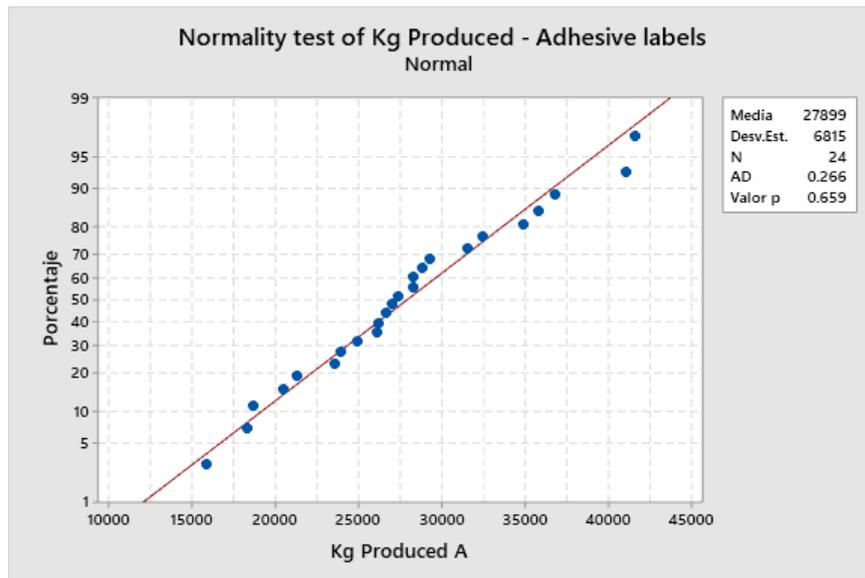


Figura 2.10 Prueba de normalidad de los datos de Kilogramos producidos – Etiquetas adhesivas (Chamba-Medina, 2021)

El valor de p , 0,659, es mayor que el nivel de significancia, 0,05; por lo tanto, no se puede actuar ya que se podría rechazar la hipótesis nula.

Desperdicio de materia prima

H_0 : Y sigue una distribución normal

H_1 : Y no sigue una distribución normal

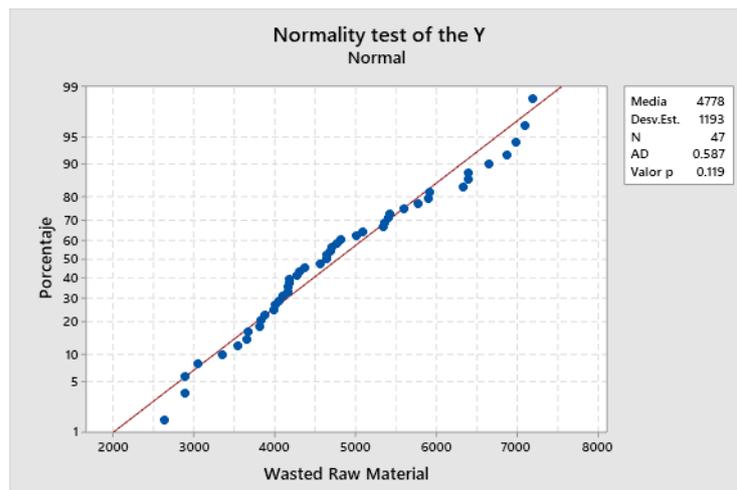


Figura 2.11 Prueba de normalidad para los datos de desperdicio de materia prima (Chamba-Medina, 2021)

Como se tiene un valor p igual a 0.119 y este es mayor al nivel de significancia 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

Además, se valió esta variable a través de *Gemba*, se registró diariamente el desperdicio durante un periodo de tiempo con el fin de validar la cantidad que se obtiene como muestra comparando con los datos que están registrados en el sistema.



Figura 2.12 Pesaje manual del desperdicio 2,06 kg (Impresiones-S.A, 2019)

Versus

Waste (m)		Correction		According to printing width												
% Waste	%	% waste on	% Waste (m)	% Waste for 10l	Roll change w	Lead in (m)	Out	Fixed we	Unit (Us)	% Wash	Waste per pr	% Waste	Fixed waste	Lead in	Total waste	Waste
2,06		1.200,000	24,720		0,000	0,00	1.224,400	0,00	m	2,06	0,00					
0,10	100	1.200,000	1,200	1,200		0,00	1.218,200	0,00	m	0,00	0,00	1,200	5,000	0,0	6,200	
0,50	100	1.200,000	6,000	6,000		0,00	1.204,200	0,00	m	0,00	0,00	6,000	8,000	0,0	14,000	
0,10	100	1.200,000	1,200	1,200		0,00	1.200,000	0,00	m	0,00	0,00	1,200	3,000	0,0	4,200	

Figura 2.13 Control del desperdicio de materia prima diario registrado en sistema (Impresiones-S.A, 2019)

Por ende, primero se desarrolló un muestreo de datos que corresponde a la toma de valores en cuanto al desperdicio de materia prima. Para esto se calcula una muestra 'n' para la proporción de población.

(2.1)

$$n = Z_{\alpha} \frac{N * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha} * p * q}$$

Z_{α} : Valor correspondiente a la distribución Gauss 1,96 para $\alpha = 0,05$.

N : Tamaño de la población, número total de historias.

p : Proporción del fenómeno en estudio

q : $1 - p$

d : Tolerancia de error (a lo mucho 10%).

n : Tamaño muestral

$$n = (1,96)^2 \frac{60 * \left(\frac{35}{60}\right) * \left(1 - \frac{35}{60}\right)}{0,10^2 * (60 - 1) + 1,96^2 * \left(\frac{35}{60}\right) * \left(1 - \frac{35}{60}\right)}$$

$$n = 36,77 \approx 37$$

Gracias a la ecuación 2.1, se pudo calcular el tamaño muestral a fin de realizar una recolección de datos en cuanto al desperdicio de materia, es decir, se recolectó 37 datos, para poder tener trazabilidad del desperdicio generado. Cabe destacar que el tamaño de la población se lo registra como la incidencia en desperdicio de materia prima de todas las familias de productos por orden de fabricación, se tiene un total de 60 debido a que la firma genera un total de 15 registros de desperdicio de insumo a la semana, consecuentemente, se tiene un registro de 60 al mes. El GEMBA se lo realizó a dos familias de productos, las cuales son las etiquetas termoencogibles y adhesivas, teniendo un total de 35 registros de interés. Por lo tanto, la proporción del fenómeno en estudio es 35 a una razón de 60. Además, se llevó a cabo un registro en cuanto al desperdicio del insumo en mención y se observa en la siguiente Tabla 2.6.

**Tabla 2.6 Recolección manual de datos de Desperdicio de materia prima
(Chamba-Medina, 2021)**

GEMBA - Recolección de datos						
Día	Desperdicio Materia Prima (Kg)					
	Registro manual			Registro en sistema		
1/11/2021	4,3	5,4	6,5	4,2	5	6,3
2/11/2021	5,6	7,2	5,7	5,3	7	5,5
3/11/2021	5,1	5,3	6,7	5	5,1	6,5
4/11/2021	7,2	6,3	5,6	7	6,2	5,3
5/11/2021	8,3	5,5	6,3	8,1	5,3	6,2
8/11/2021	5,6	3,4	5,8	5,7	3,3	5,6
9/11/2021	7,2	5,4	6,1	7	5,4	6,2
10/11/2021	8,1	4,5	5,5	8,2	4,5	5,3
11/11/2021	4,5	6,6	7,2	4,4	6,5	7
12/11/2021	3,5	4,3	5,6	3,4	4	5,4
15/11/2021	5,6	7,2	6,3	5,4	7	6,2
16/11/2021	6,2	4,5	3,4	6	4,3	3,2
17/11/2021	5,5	6,7	8,2	5,3	6,6	8
Media	5,84			5,69		
Acumulado	227,9			221,9		

Dado que se tiene 3 órdenes de producción al día, se registra el mismo número de veces por desperdicio, éstas fueron comparadas con aquellos valores que se encuentran registrados en el sistema. Se evidenció que efectivamente las medidas registradas en físico no difieren de manera significativa con las que fueron registradas en el sistema a través de una prueba estadística denominado ANOVA para comparar las medias entre las muestras tomadas.

En primera instancia, se corroboró que las varianzas de ambas métricas, las que fueron registradas en físico y las que están registradas en sistema no difieren con un nivel de confianza de 95 % debido a que es el primer criterio para elaborar el análisis de varianza. El análisis se lo muestra a continuación.



Figura 2.14 Prueba de igualdad de varianzas entre registro manual y registro en sistema (Chamba-Medina, 2021)

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	0.00	0.974
Levene	0.02	0.899

Figura 2.15 Pruebas descritas correspondiente al método y valor p (Chamba-Medina, 2021)

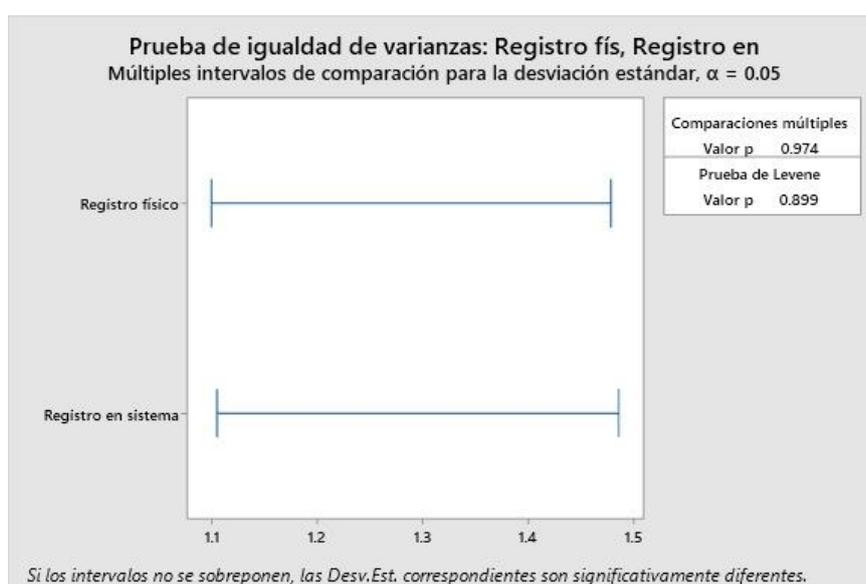


Figura 2.16 Resultado de la prueba de igualdad de varianzas (Chamba-Medina, 2021)

Se tomó en consideración que la hipótesis nula es “Todas las varianzas son iguales”. Se observa en la imagen descrita que el valor p es igual a 0,974 es mayor al nivel de significancia α igual a 0,05. Esto quiere decir que no se puede actuar como si se rechazase la hipótesis nula, en consecuencia, las varianzas entre las medidas registradas manualmente y las que se encuentran en el sistema no difieren de manera significativa.

El análisis de varianza se lo realizó a fin de comparar las medias entre ambos registros y se elaboró el siguiente análisis.



Figura 2.17 ANOVA de un factor, registro manual vs registro en sistema

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.462	0.4615	0.30	0.587
Error	76	117.972	1.5523		
Total	77	118.433			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.24590	0.39%	0.00%	0.00%

Figura 2.18 Valores asociados al análisis de varianza y del modelo

Medias				
Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Registro físico	39	5,844	1,243	(5,446, 6,241)
Registro en sistema	39	5,690	1,249	(5,292, 6,087)

Desv.Est. agrupada = 1,24590

Figura 2.19 Comparación de medias entre ambas variables de estudio (Chamba-Medina, 2021)

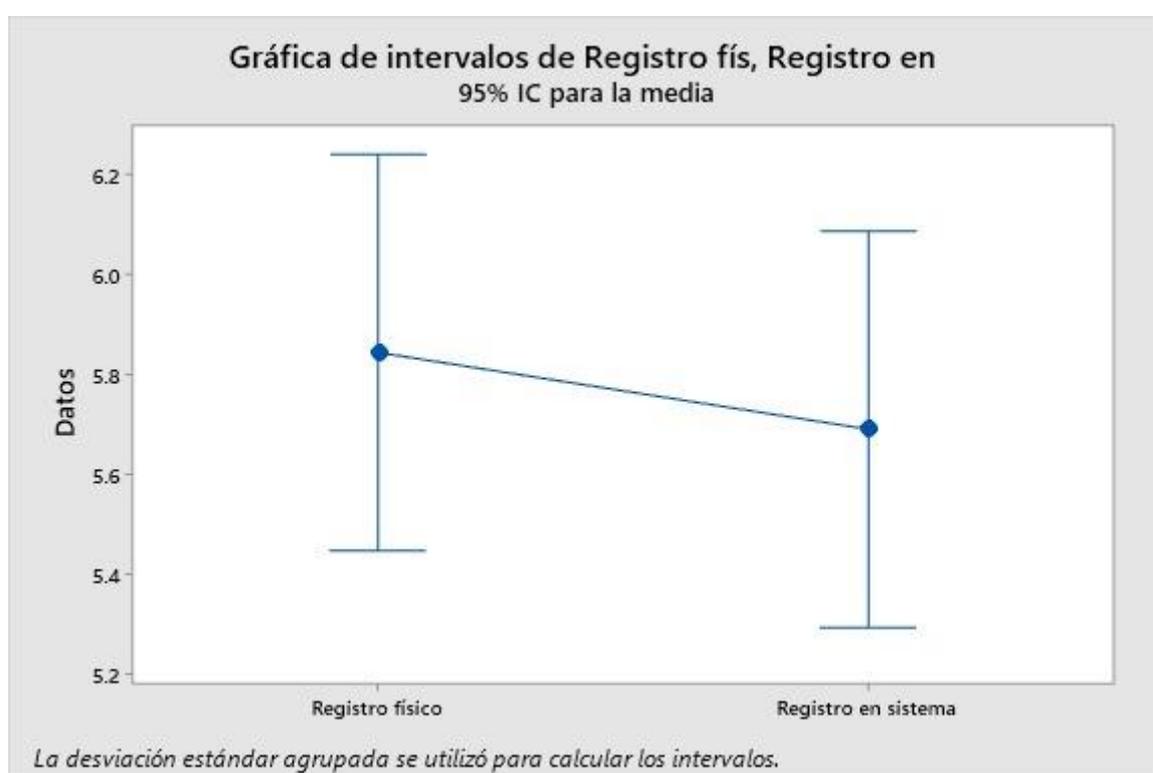


Figura 2.20 Gráfica de intervalos de las variables de interés con su intervalo de confianza (Chamba-Medina, 2021)

La hipótesis nula establece que “todas las medias son iguales”. Tras haber realizado el análisis de varianza para evidenciar la diferencia de media, se tuvo un valor p igual a 0,587, el mismo que es mayor al nivel de significancia igual a 0,05. Por lo tanto, no se puede actuar como si se rechazase la hipótesis nula, en consecuencia, las medias de ambos registros no difieren de manera significativa.

Costo de materia prima

Respecto al desperdicio de la materia prima, se observa en la que sus datos se comportan se manera normal, distribución Gaussiana.

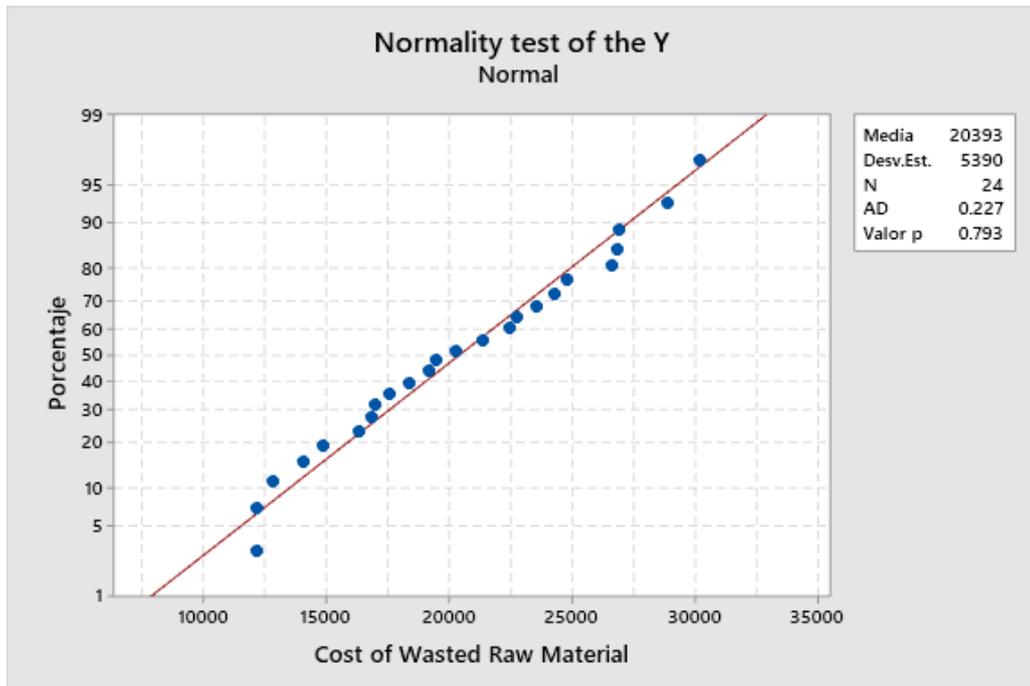


Figura 2.21 Prueba de normalidad del costo de materia prima desperdiciada (Chamba-Medina, 2021)

Como se tiene un valor p igual a 0.793 y este es mayor al nivel de significancia 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

A su vez se registra diariamente el desperdicio de materia prima que se tiene al culminar un proceso y así calcular su costo asociado. Tal como se muestra en la figura 2.22.

Waste (m)		Correction		According to printing width	
In	Fixed waste	% Waste	%	% Waste	Fixed waste
1.234,240	0,00	0,82	100	0,82	0,00
1.224,400	5,00	0,10	100	0,00	5,000
1.218,200	8,00	0,50	100	0,00	8,000
1.204,200	3,00	0,10	100	0,00	3,000

Figura 2.22 Registro en el sistema del desperdicio de materia prima (Impresiones-S.A, 2019)



Figura 2.23 Pesaje del desperdicio de materia prima (Impresiones-S.A, 2019)

Acorde a la figura 2.23, se tiene un costo asociado de aproximadamente:

$$\text{Costo asociado} = \$2.6 * 0.82 \text{ kg} = \$ 2.132 / \text{Kg.}$$

En cuanto al inventario acumulado, se realizó la validación mediante GEMBA y tal como se observa en la figura 2.23, se tiene registrado tanto en físico como en sistema.

Cantidad de Inventario acumulado



Figura 2.24 Inventario acumulado en físico (Impresiones-S.A, 2019)

General									Stock				
Image	Keyword	Supplier	Description 1	Gamma	Color	Width	Grain director	ID	Unit	In stock	Reserved	To be deliv	Final stock
Substrate : 2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M PET (5 record(s))													
	ADH FILM S6' AVERY	2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M	114,00 000	250	mr	109051	meter	0	0	0	0	0	0
	ADH FILM S6' AVERY	2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M	114,00 000	270	mr	109052	meter	0	0	0	0	0	0
	ADH FILM S6' AVERY	2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M	114,00 000	290	mr	110163	meter	0	0	0	0	0	0
	ADH FILM S6' AVERY	2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M	114,00 000	300	mr	105921	meter	0	0	0	0	0	0
	ADH FILM S6' AVERY	2,3MIL WHITE BOPP TC-S692N-1,2M	114,00 000	320	mr	105923	meter	0	0	0	0	0	0

Figura 2.25 Inventario acumulado en sistema (Impresiones-S.A, 2019)

El registro en sistema va acorde al material y al ancho de materia prima que se tiene denotando así el registro en bodega y en sistema.

Adicional a ello, se desarrolló un muestreo de datos que corresponde a la toma de valores en cuanto al inventario acumulado. Para esto se calcula una muestra 'n' para la proporción de población.

(2.1)

$$n = Z_{\alpha} \frac{N * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha} * p * q}$$

Z_{α} : Valor correspondiente a la distribución Gauss 1,96 para $\alpha = 0,05$.

N : Tamaño de la población, número total de historias.

p : Proporción del fenómeno en estudio

q : $1 - p$

d : Tolerancia de error (a lo mucho 5%).

n : Tamaño muestral

$$n = 1,96 \frac{16 * \left(\frac{10}{16}\right) * 1 - \left(\frac{10}{16}\right)}{0,04^2 * (16 - 1) + 1,96^2 * \left(\frac{10}{16}\right) * 1 - \left(\frac{10}{16}\right)}$$

$$n = 15,58 \approx 16$$

Gracias a la ecuación 2.1, se calculó el tamaño muestral a fin de realizar una recolección de datos en cuanto al inventario acumulado 16 veces, esto para tener trazabilidad del inventario acumulado. Adicional a ello, se elabora un registro de aquellos SKUs que tuvieron un consumo inicial, pero sobró material; entonces, se registra el material sobrante de manera manual y el que se encuentra en el sistema.

Tabla 2.7 Recolección de datos del inventario acumulado por materia prima (Chamba-Medina, 2021)

GEMBA - Recolección de datos					
Día	Materia prima	Registro manual (m)		Registro en sistema (m)	
1/11/2021	PPBB	1000	990	1000	991
2/11/2021	PP MATT WHITE	3000	1500	2900	1400
3/11/2021	PET	3700	191	3767,5	190
4/11/2021	PET	2500	1000	2600	990
5/11/2021	PPBB	1000	2000	3000	1500
8/11/2021	PVC	2000	1000	1500	950
9/11/2021	PPBB	200	500	191	400
10/11/2021	PVC	3400	600	3200	650
Media		1536,3125		1576,8438	
Acumulado		24581		25229,5	

Se muestra en la tabla adjunta que se llevó un registro manual y un registro en sistema; por día se llevaron a cabo dos registros de materia prima sobrante y se las compara con aquella registrada en sistema con sus respectivos estadísticos que lo son la media aritmética y la suma acumulada.

En primera instancia, se corroboró que las varianzas de ambas métricas, las que fueron registradas en físico y las que están registradas en sistema no difieren con un nivel de confianza de 95 % debido a que es el primer criterio para elaborar el análisis de varianza. El análisis se lo muestra a continuación.

Prueba de igualdad de varianzas: Registro manual (m); Registro en sistema (m)			
Método			
Hipótesis nula	Todas las varianzas son iguales		
Hipótesis alterna	Por lo menos una varianza es diferente		
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$		
Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar			
	Muestra	N	Desv.Est. IC
	Registro manual (m)	16	1115.12 (764.219; 1892.23)
	Registro en sistema (m)	16	1148.94 (829.162; 1851.39)
Nivel de confianza individual = 97.5%			
Pruebas			
	Método	Estadística de prueba	Valor p
	Comparaciones múltiples	0.02	0.897
	Levene	0.04	0.851

Figura 2.26 Prueba de igualdad de varianzas (Chamba-Medina, 2021)

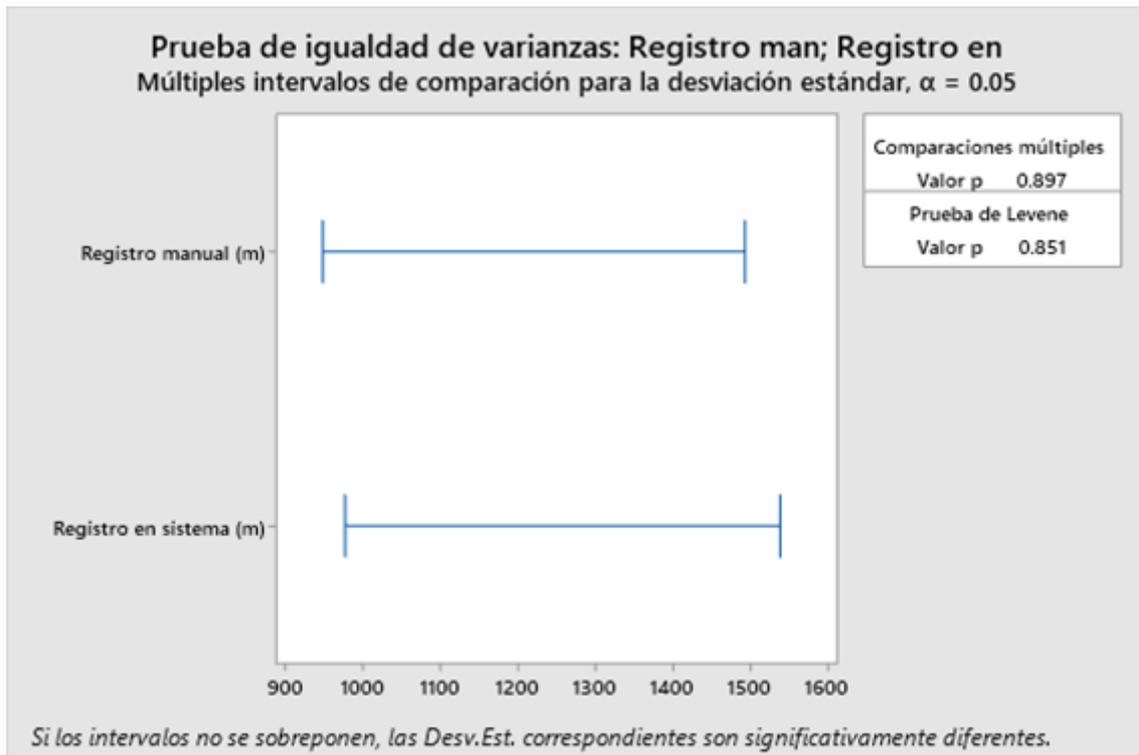


Figura 2.27 Resultado de la prueba de igualdad de varianzas (Chamba-Medina, 2021)

Se evidenció gracias a la figura 2.27 el método, los intervalos de confianza de Bonferroni, y las pruebas descritas; el método detalla las hipótesis nula y alterna, donde se establece que las varianzas de ambas muestras son iguales, y no son iguales respectivamente.

Respecto a la figura 2.28, se obtuvo un resultado acorde a la prueba de igualdad de varianzas, donde se observa un valor p de aproximadamente 0,851 que a su vez es mayor al nivel de significancia α igual a 0,05; por lo tanto, no se puede actuar como si se rechazase la hipótesis nula. En consecuencia, las varianzas son iguales en ambas muestras.

El análisis de varianza se lo realizó a fin de comparar las medias entre ambos registros y se elaboró el siguiente análisis.

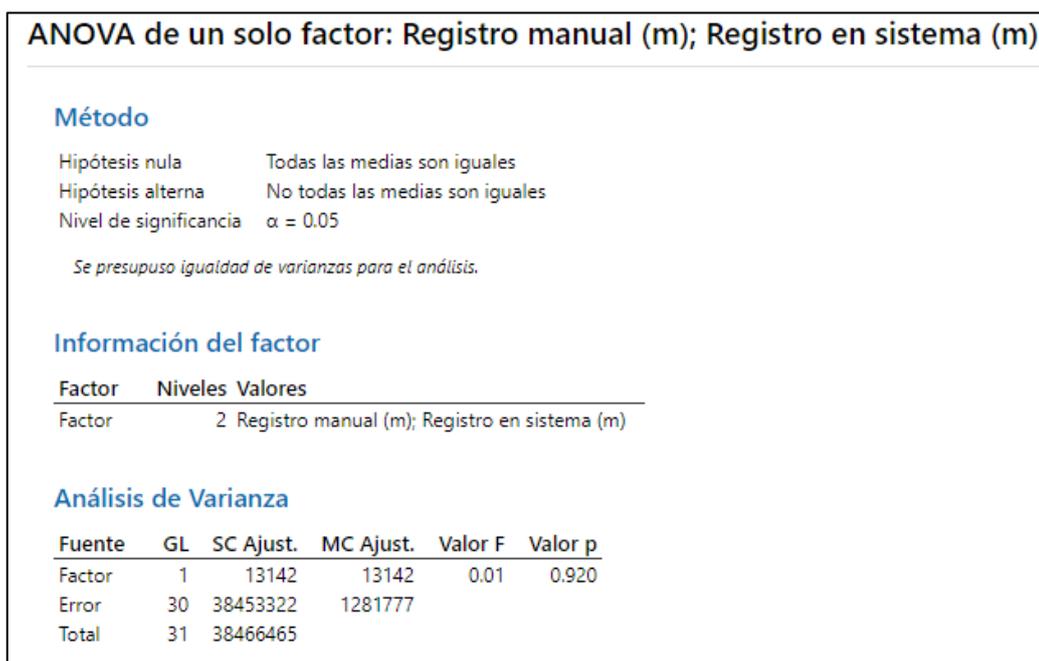


Figura 2.28 Análisis de Varianza, ANOVA (Chamba-Medina, 2021)

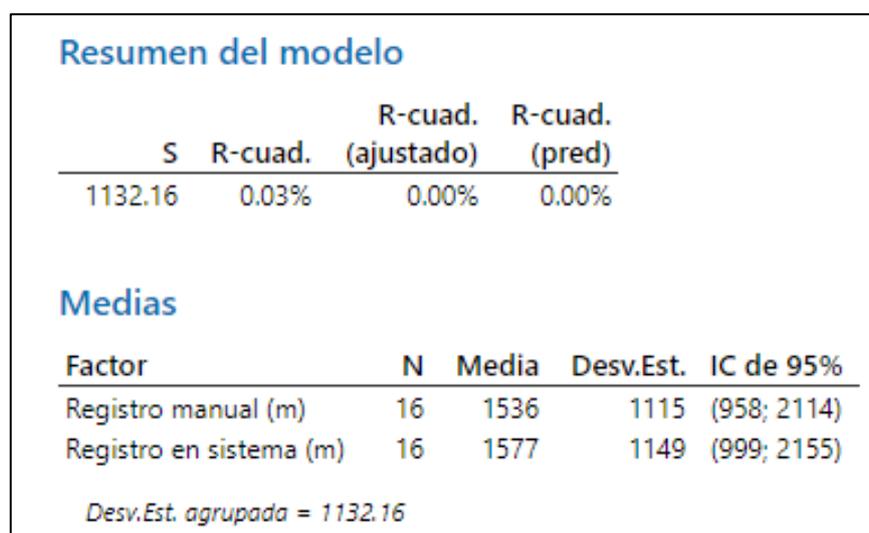


Figura 2.29 Resumen del modelo, comparación de medias (Chamba-Medina, 2021).

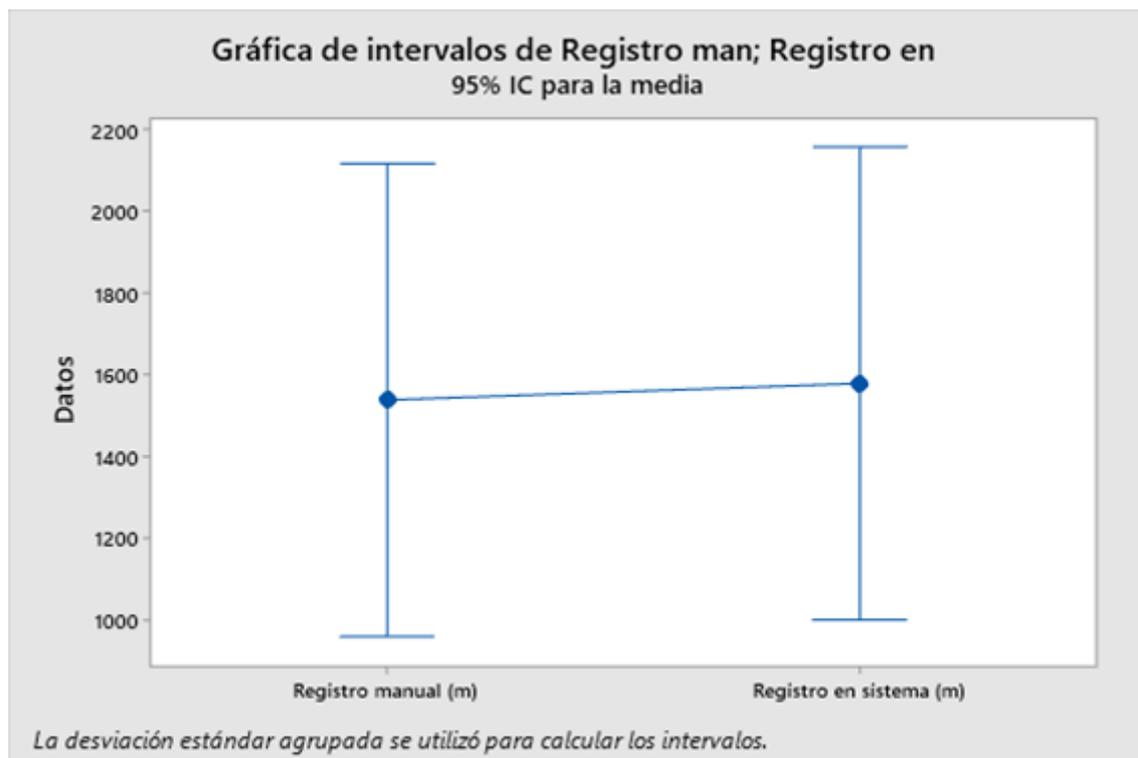


Figura 2.30 Resultado del análisis de varianza y gráfica de intervalos (Chamba-Medina, 2021)

La hipótesis nula establece que “todas las medias son iguales”. Tras haber realizado el análisis de varianza en las figuras 2.30, 2.31, y 2.32 para evidenciar la diferencia de media, se tuvo un valor p igual a 0,92, el mismo que es mayor al nivel de significancia igual a 0,05. Por lo tanto, no se puede actuar como si se rechazase la hipótesis nula, en consecuencia, las medias de ambos registros no difieren de manera significativa. Esto quiere decir que el registro manual y el que se hace en sistema no presenta una gran diferencia en sus valores.

2.2 Fase de Análisis

Para la etapa de análisis, se realizó una lluvia de ideas con los coordinadores de producción y de mejora continua a fin de generar los principales “insights” que se tienen en base al problema del desperdicio de materia prima.



Figura 2.31 Reuniones donde se obtuvo la lluvia de ideas (Chamba-Medina, 2021)

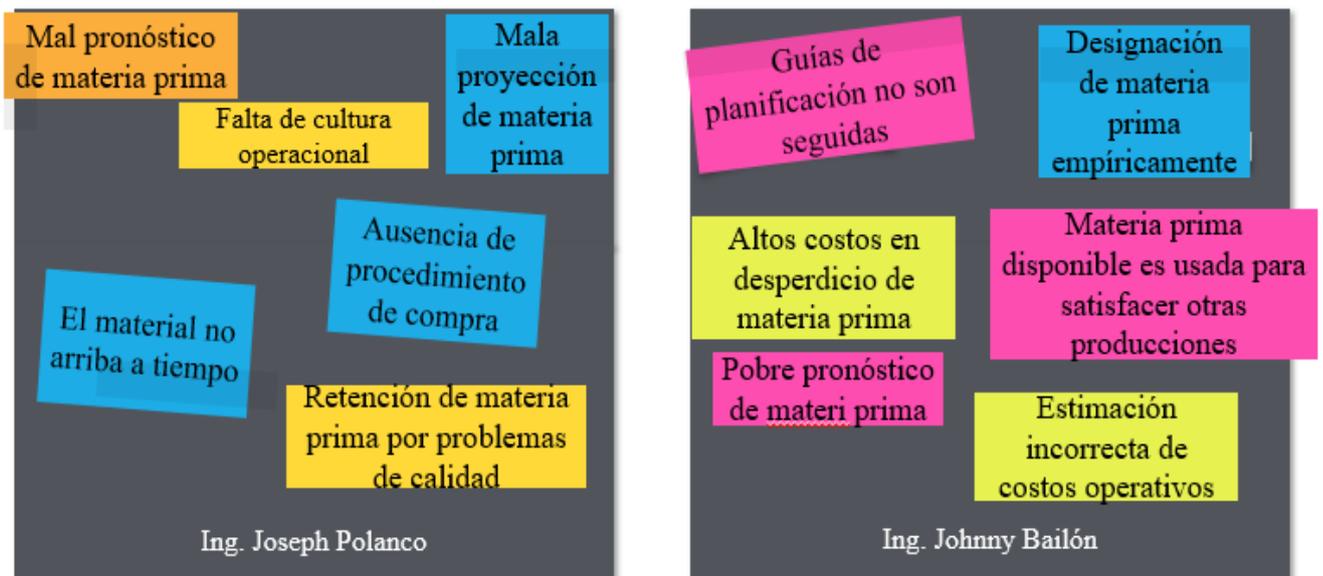


Figura 2.32 : Lluvia de ideas de los coordinadores de producción y mejora continua (Chamba-Medina, 2021)

2.2.1 Diagrama Ishikawa

Posterior a ello, en base a la lluvia de ideas se realizó un diagrama de Ishikawa a fin de visualizar las causas del problema; las espinas detallan las causas que están clasificadas por sub-factores: material, proceso, personal, medición y método, en la cabeza del diagrama se encuentra el problema enfocado, el mismo que representa la disyuntiva presentada por parte de la empresa.

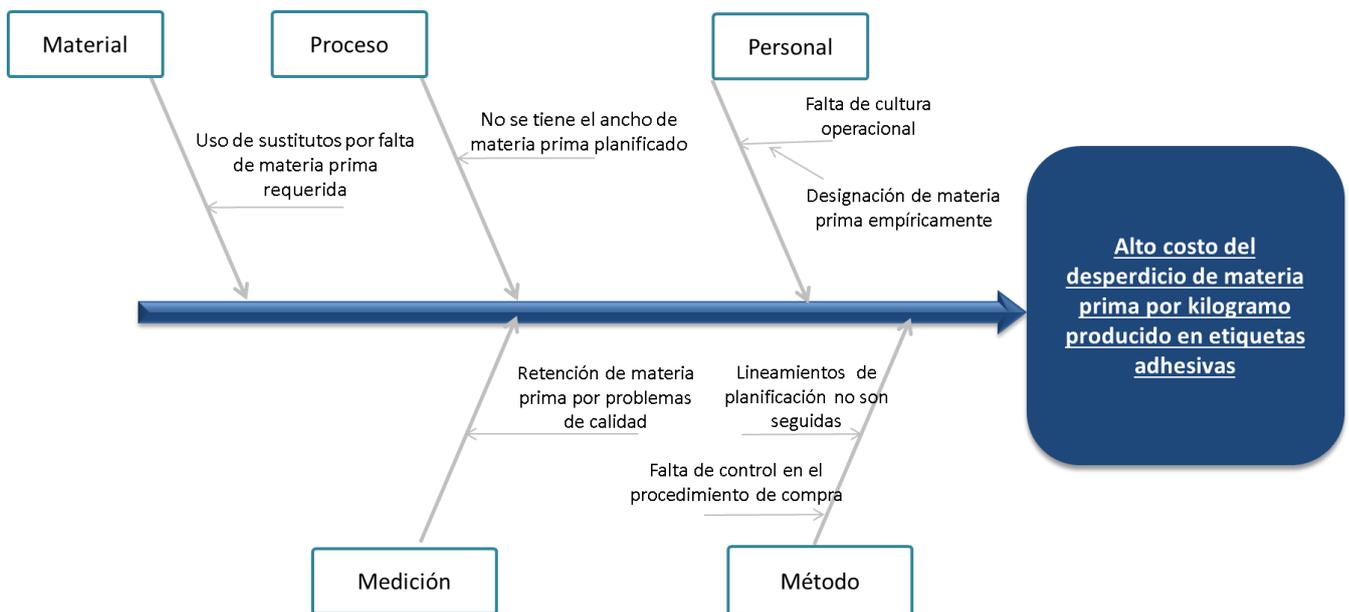


Figura 2.33 Diagrama de Ishikawa (Chamba-Medina, 2021)

2.2.2 Matriz de medición de impacto

Se enlistaron las causas propuestas que se encuentran en las espinas del pescado, a fin de determinar medir su impacto por medio de tres métricas: severidad, frecuencia de ocurrencia, costos, esto es en base al criterio del cliente.

Se considera alto impacto para el impacto con un valor mayor a 32, caso contrario es un menor impacto. El valor del impacto se lo obtiene de la multiplicación de los valores de las 3 métricas, como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.8 Ponderación para cada métrica según el criterio (Chamba-Medina, 2021)

Severidad	Frecuencia	Costo
1: Baja	1: Nunca ocurrente	1: Bajo
2: Medio	2: Usualmente ocurrente	2: Medio
3: Alto	3: A veces ocurrente	3: Medio alto
4: Catastrófico	4: Siempre ocurrente	4: Alto

Tabla 2.9 Matriz de Medición de Impacto (Chamba-Medina, 2021)

No.	Causas significativas	Severidad	Frecuencia de ocurrencia	Costo	Impacto
1	Lineamientos de planificación no son seguidas	3	2	2	12
2	Uso de sustitutos por falta de materia prima requerida	3	4	4	48
3	Designación de materia prima empíricamente	3	2	2	12
4	Retención de materia prima por problemas de calidad	3	2	3	18
5	Falta de control en el procedimiento de compra	3	2	2	12
6	No se tiene el ancho de materia prima planificado	3	4	4	48
7	Falta de cultura operacional	3	2	3	18
Alto Impacto					≥ 32
Menor Impacto					≤ 32

Se obtuvo que las causas significativas con mayor impacto son:

- Uso de sustitutos por falta de materia prima requerida
- No se tiene el ancho de materia prima planificado

Con un valor de 48 puntos cada una.

2.2.3 Matriz de Priorización de Causas

Así mismo, con la ayuda de esta herramienta se analiza las causas significativas en base a su impacto y el control de cada una de ellas respecto al problema, según el criterio del cliente.

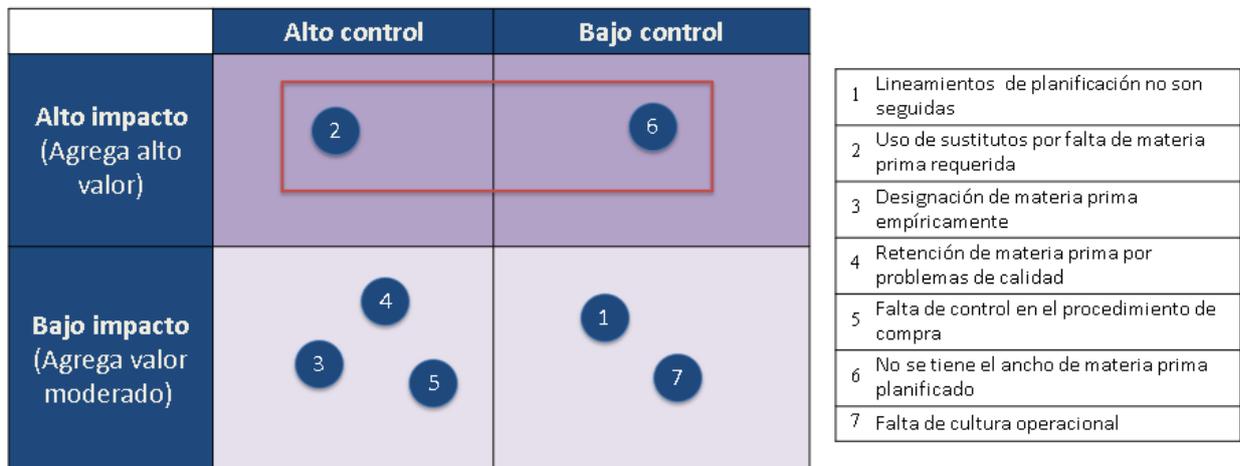


Figura 2.34 Matriz de Priorización de Causas (Chamba-Medina, 2021)

Del cual se obtiene que la causa con alto impacto y fácil de controlar es: “Uso de sustitutos por falta de materia prima requerida”.

Sin embargo, el cliente también quiso que haya un enfoque en la causa 2, que obtuvo alto impacto, pero con menor control “No se tiene el ancho de materia prima planificado” para poder encontrar posibles soluciones en el cual puedan mejorar:

2.2.4 Plan de Verificación de Causas

Una vez determinada las causas potenciales con la matriz de priorización, con la ayuda del plan de verificación de causas se evaluaron en base a la teoría de impacto con respecto a la variable de la problemática del proyecto.

X's	Causas potenciales	Teoría de Impacto	¿Cómo verificarlo?	Estado
x1	No se tiene el ancho de materia prima planificado	Esta causa potencial X1 incrementa el desperdicio que se acumula por la diferencia entre el ancho previsto y el real utilizado en la producción.	Software de la compañía - CERM	Sin verificar
x2	Uso de sustitutos por falta de materia prima requerida	Esta causa potencial X2 causa un aumento en el desperdicio de materia prima, al no tener la asertividad si se dispone del material.	Data histórica de coordinación y mejora continua	Sin verificar

Figura 2.35 Plan de Verificación de Causas (Chamba-Medina, 2021)

X1: No se tiene el ancho de materia prima planificado

Se validó la primera X1, mediante el software de la compañía, CERM; a fin de demostrar que se cumple la variable.

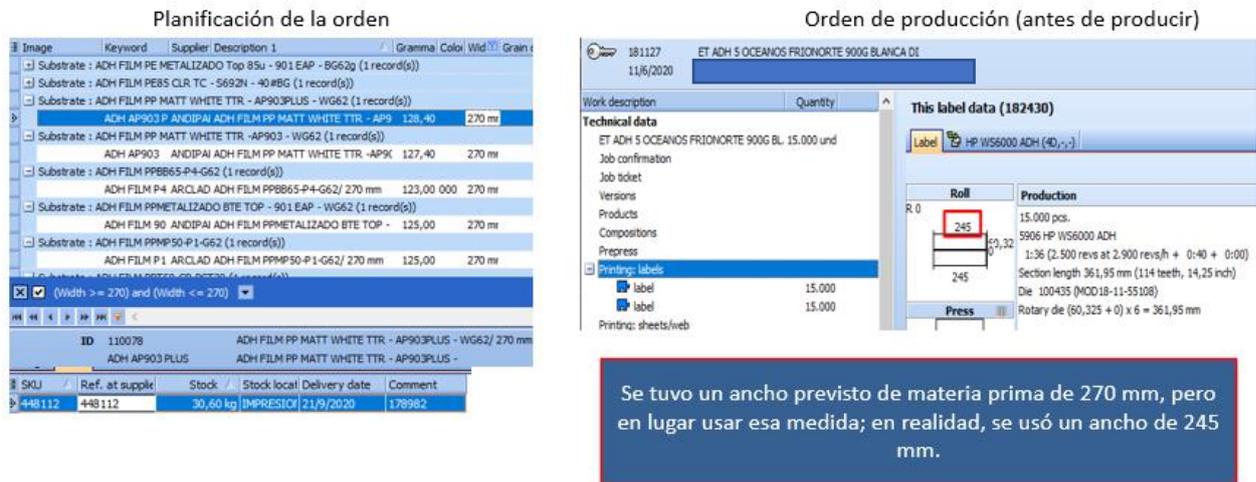


Figura 2.36 Verificación de la Causa X1 (Impresiones-S.A, 2019)

Se observó que, para esta orden de producción, la planificación del ancho de la materia prima se modificó antes de producir.



Figura 2.37 Verificación de la Causa X1 en base al desperdicio de materia prima (Impresiones-S.A, 2019)

En la figura 2.37 muestra que se obtuvo 60 Kg de desperdicio posterior a la producción de la orden de referencia mostrada anteriormente, debido al ajuste del ancho de la materia prima a utilizarse, dado que se tuvo que modificar la partición del rollo madre.

X2: Uso de sustitutos por falta de materia prima requerida

Para esta variable, se la valida a través de la data del sistema, en base a la cantidad de veces que se ha hecho uso de un sustituto por falta del material requerido.

Ref MP calculo	Descrip. MP calculo	Ref MP OF	Descrip. MP OF	Cambio de MP
105702	ADH FILM 2M METALLIZ	105702	ADH FILM 2M METALLIZED BOPP TC	Ok
101216	ROLL PVC BLANCO 50 5	101216	ROLL PVC BLANCO 50 50-10/ 96 m	Ok
101233	LAM PVC NATURAL HIGH	101233	LAM PVC NATURAL HIGH 40 ALTO/	Ok
104262	LAM PVC NATURAL HIGH	104262	LAM PVC NATURAL HIGH 40 ALTO/	Ok
109252	ADH PAPEL SEMIBRILLO	102230	ADH FILM PPMF50-P1-G62/ 400 mm	Cambio en MP
109162	ADH PPBB CAVITADO TO	109162	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 90	Ok
103779	ADH FILM SF 2.6M WH	103779	ADH FILM SF 2.6M WH BOPP-S692N	Ok
109009	LAM PET NATURAL SU-2	109009	LAM PET NATURAL SU-272 40/ 317	Ok
105040	ADH FILM PPT50-P1-G6	105040	ADH FILM PPT50-P1-G62/ 180 mm	Ok
110556	ADH PAPEL TT TOP 70g	109615	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP	Cambio en MP
102144	ADH PAPEL TT TTC-S25	102144	ADH PAPEL TT TTC-S2501-40#CK/	Ok
101293	ROLL PVC NATURAL 40	108501	LAM PET NATURAL SU-272 40/ 408	Cambio en MP
109241	ADH PPBB CAVITADO TO	109241	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 90	Ok
109820	LAM PET NATURAL SU-2	109820	LAM PET NATURAL SU-272 40/ 360	Ok

Figura 2.38 Verificación de la Causa X1 (Chamba-Medina, 2021)

En la figura 2.38 se puede observar como ejemplo el cambio de Materia prima para ciertas órdenes de producción registrados tanto en el sistema y en la base de datos que se recolecta en Excel.

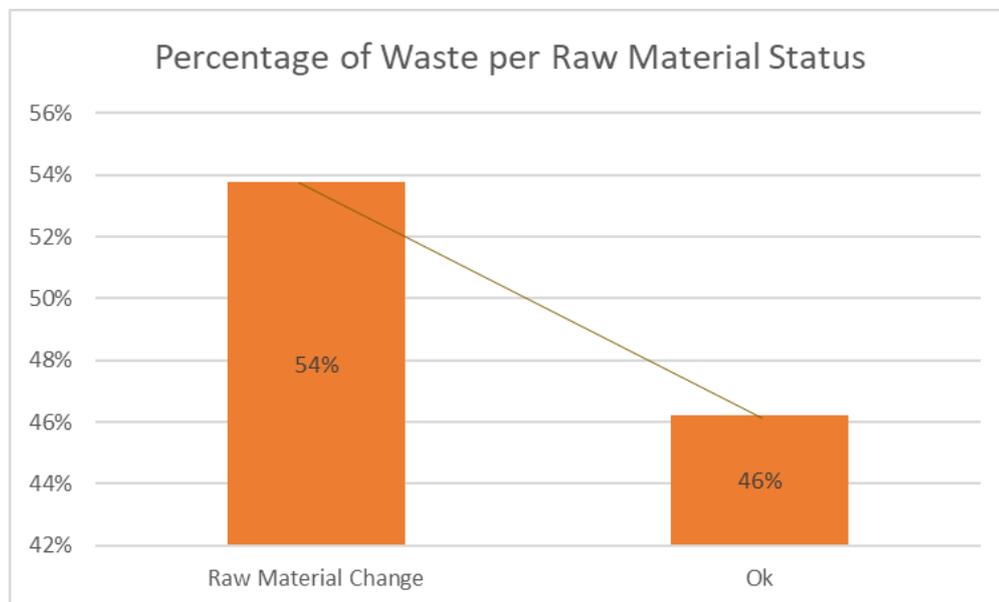


Figura 2.39 Diagrama de barra del porcentaje de desperdicio por materia prima por el cambio del material en producción (Chamba-Medina, 2021)

En base a los datos obtenidos, se pudo relacionar la cantidad de desperdicio de materia prima por cada orden que tuvo un cambio de material, como se observa en la figura 2.39, cuando hubo cambio de materia prima, se evidencia un porcentaje de desperdicio del 54% frente a un porcentaje de desperdicio del 46% cuando se utilizó la materia prima requerida.

2.2.5 Análisis 5 ¿Por qué?

Una vez verificadas las causas potenciales, para determinar la raíz del problema se utilizó esta herramienta para analizar cada una de las causas en base a preguntas, indagando más allá de lo que se observa a simple vista. Se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 2.10 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X1 (Chamba-Medina, 2021)

Problema:		Reducción de costos operativos en los anchos refilados de materia prima para productos que manejan un gran volumen de ventas								
X1: No se tiene el ancho de materia prima planificado										
Ronda 1	H	Ronda 2	H	Ronda 3	H	Ronda 4	H	Ronda 5	H	Causa Raíz
¿Por qué no se tiene el ancho de materia prima planificado?	SI	¿Por qué hay cambios de medida en los anchos de materia prima?		¿Por qué la planificación está hecha en base al pronóstico del tipo de producto a elaborar y no de las órdenes de producción?		¿Por qué la planificación se realiza 3 meses antes, mientras que las órdenes de producción se realizan 2 días antes?		¿Porque así es como se realiza el proceso de pedido y compra?		La demanda de los productos es altamente variable en cuanto a sus dimensiones y con una variación super dinámica de mes a mes
Porque hay cambios de medida en los anchos de materia prima		Porque la planificación está hecha en base al pronóstico del tipo de producto a elaborar y no de las órdenes de producción	SI	Porque la planificación se realiza 3 meses antes, mientras que las órdenes de producción se realizan 2 días antes	SI	Porque así es como se realiza el proceso de pedido y compra	SI	Debido a que la demanda de los productos es altamente variable en términos de su tamaño	SI	
				¿Por qué la información en las órdenes de producción es desconocida hasta justo antes de la producción?		¿Por qué el planificador no posee la información, ya que el cliente lo pide de esa manera?		¿Por qué el mercado de la demanda es super dinámico donde el ancho del producto varia mes a mes?		
		Porque la información en las órdenes de producción es desconocida hasta justo antes de la producción.	SI	Porque el planificador no posee la información, ya que el cliente lo pide de esa manera	SI	Porque el mercado de la demanda es super dinámica donde el ancho del producto varia mes a mes	SI	Porque la demanda de los productos es muy variable en términos de sus dimensiones y con una variación muy dinámica mes a mes	SI	

Tabla 2.11 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X2 (Chamba-Medina, 2021)

Problema:		Reducción de costos operativos en los anchos refilados de materia prima para productos que manejan un gran volumen de ventas								
X2: Uso de material sustituto debido a la falta de materia prima requerida										
Ronda 1	H	Ronda 2	H	Ronda 3	H	Ronda 4	H	Ronda 5	H	Causa Raíz
¿Por qué se usa material sustituto debido a la falta de materia prima requerida?	SI	¿Por qué usualmente no se dispone del tipo de material específico que el cliente requiere para la elaboración de su producto?		¿Por qué ese material es usado para suplir la orden actual que tiene la medida del ancho requerido más cercano?		¿Por qué se requiere reducir el desperdicio de las particiones en el rollo madre que han sobrado de otras producciones en la bodega?		¿Por qué se compra y utiliza rollos madres de una sola medida y se particionan en cada producción?		
Porque usualmente no se dispone del tipo de material específico que el cliente requiere para la elaboración de su producto		Porque ese material es usado para suplir la orden actual que tiene la medida del ancho requerido más cercano	SI	Porque se requiere reducir el desperdicio de las particiones en el rollo madre que han sobrado de otras producciones en la bodega	SI	Porque se compra y utiliza rollos madres de una sola medida, que se particionan en cada producción	SI	Porque no hay rollos estándar definidos	SI	No hay rollos con medidas estándares definidos por cada tipo de producción

Tabla 2.12 Aplicación de la herramienta 5 ¿Por qué? para la causa potencial X2 – segunda parte (Chamba-Medina, 2021)

Problema:		Reducción de costos operativos en los anchos refilados de materia prima para productos que manejan un gran volumen de ventas								
X2: Uso de material sustituto debido a la falta de materia prima requerida										
Ronda 1	H	Ronda 2	H	Ronda 3	H	Ronda 4	H	Ronda 5	H	Causa Raíz
¿Por qué se usa material sustituto debido a la falta de materia prima requerida?	SI	¿Por qué usualmente no se dispone del tipo de material específico que el cliente requiere para la elaboración de su producto?		¿Por qué ya se usa ese material para suplir los pedidos con la fecha de entrega más cercana?						Información desactualizada en base al material que realmente está en el inventario
Porque usualmente no se dispone del tipo de material específico que el cliente requiere para la elaboración de su producto		Porque ya se usa ese material para suplir los pedidos con la fecha de entrega más cercana	SI	Porque no hay un sistema de control de inventario	NO	Información desactualizada en base al material que realmente está en el inventario				
						¿Por qué se requiere usar el material sobrante que está a mano y disponible en la bodega?		¿Por qué usualmente el material sobrante que está en bodega no se encuentra reflejado en el Sistema?		
				Porque se requiere usar el material sobrante que está a mano y disponible en la bodega	SI	Porque usualmente el material sobrante que está en bodega no se encuentra reflejado en el sistema	SI	Porque por lo general el operador se olvida actualizar en el sistema lo que realmente se usa en las producciones anteriores	SI	

2.3 Fase de mejora

En esta fase, se propuso alternativas que puedan dar solución a las causas raíz encontradas en la fase anterior:

- La demanda de los productos es altamente variable en cuanto a sus dimensiones y con una variación súper dinámica de mes a mes
- No hay rollos con medidas estándares definidos por cada tipo de producción
- Información desactualizada en base al material que realmente está en el inventario

2.3.1 Soluciones Propuestas para las causas raíz

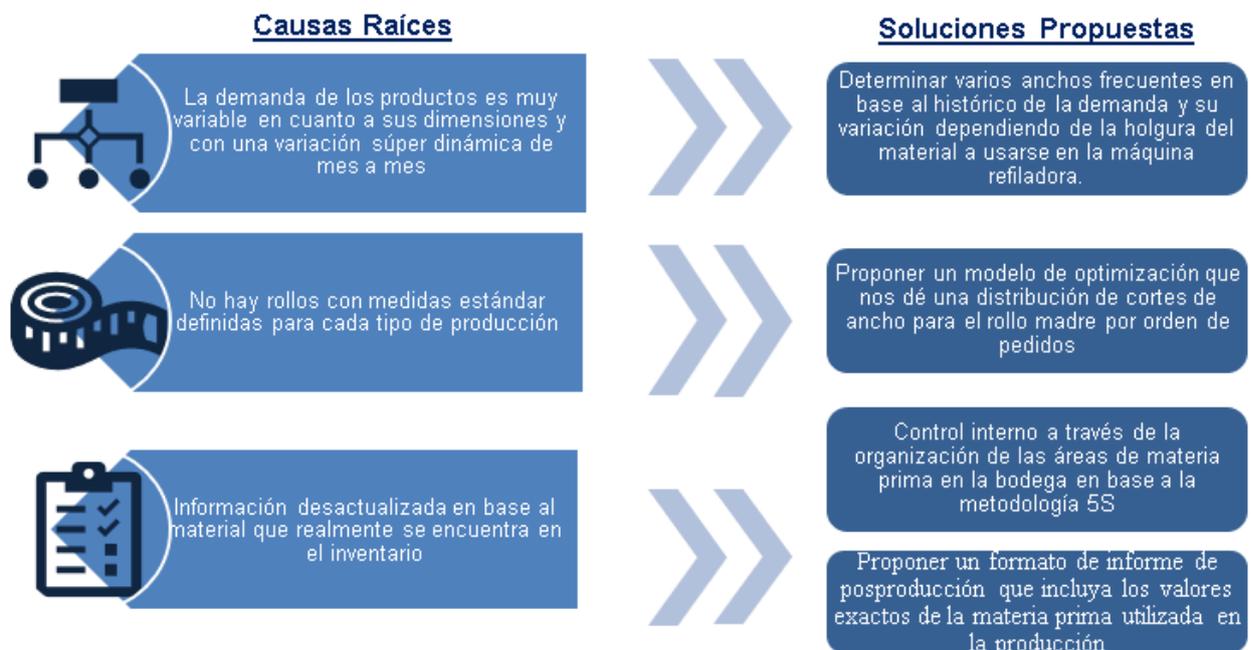


Figura 2.40 Soluciones propuestas (Chamba-Medina, 2021)

2.3.2 Requerimientos del Sistema

En equipo con el cliente se analizó los requerimientos del sistema necesarios para llevar a cabo las soluciones propuestas en compañía del equipo de producción y mejora continua. El sistema es un proceso que tiene variables de entrada y de salida, estas son aquellos factores que determinan los requerimientos necesarios a fin de llevar a cabo el proyecto; los mismos que se presentan en la siguiente figura 2.41:

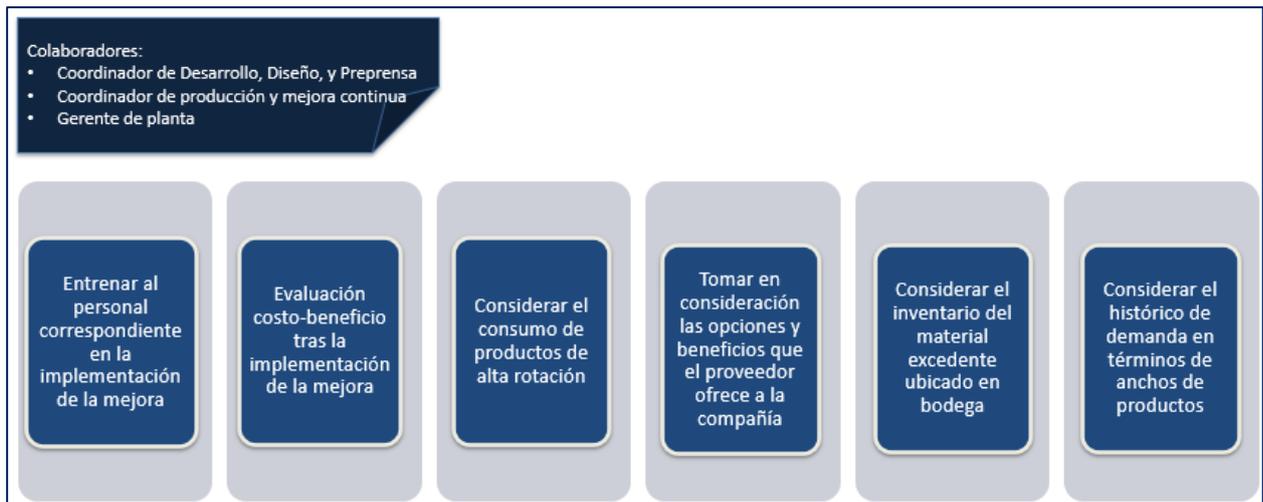


Figura 2.41 Requerimientos del sistema (Chamba-Medina, 2021)

Como se muestra en la imagen adjunta, los colaboradores quienes han sido las partes interesadas en desarrollar este proyecto, se estableció estos requerimientos imprescindibles que corresponden a las acciones necesarias a tomar en consideración.

2.3.3 Evaluación y selección de soluciones

Para poder evaluar y seleccionar las soluciones, se utilizó la herramienta de la matriz que mide la dificultad de implementación en base al criterio del equipo de trabajo, es decir del cliente, se tomó en cuenta factores de: impacto y esfuerzo, en base a la calificación de cada persona involucrada de la empresa se eligió un valor por medio de la moda para poder establecer la solución en el nivel correspondiente.

Nivel de Impacto		Nivel de Esfuerzo	
1	Bajo	1	Fácil
3	Medio	9	Difícil
9	Alto		

Figura 2.42 Ponderación para matriz de dificultad de implementación (Chamba-Medina, 2021)

Soluciones	Personal			Nivel de Impacto	Personal			Nivel de Esfuerzo
	1	2	3	Moda	1	2	3	Moda
1	9	3	9	9	9	1	1	1
2	9	9	9	9	1	9	1	1
3	3	9	3	3	9	1	9	9
4	3	9	9	9	1	1	1	1

Figura 2.43 Matriz de Dificultad de implementación (Chamba-Medina, 2021)

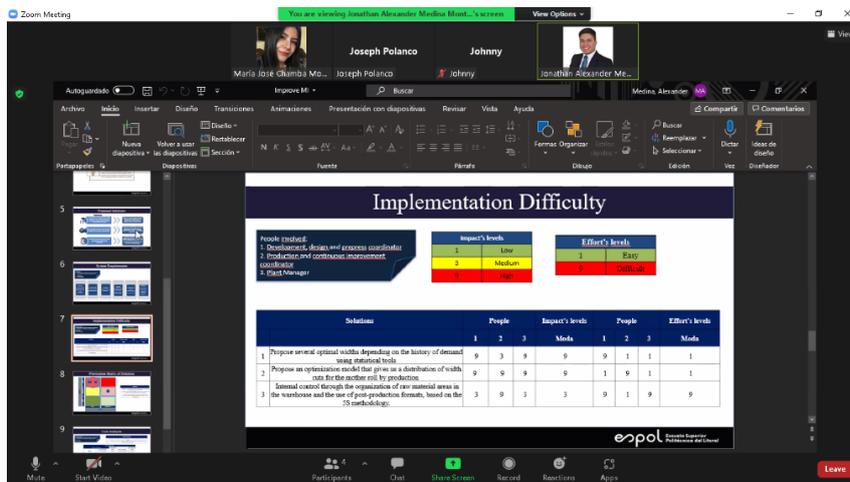


Figura 2.44 Discusión de la valoración de las soluciones propuestas con el equipo de trabajo (Chamba-Medina, 2021)

Después de haber obtenido una valoración por cada solución, se las ubica en la matriz de priorización de soluciones.

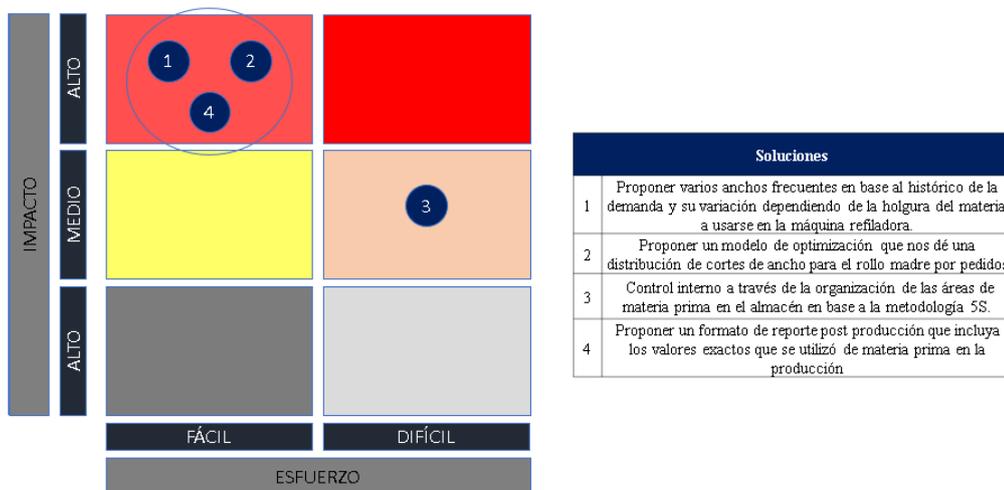


Figura 2.45 Matriz de Priorización de Soluciones (Chamba-Medina, 2021)

En base a esta matriz se obtuvo las soluciones que la empresa considera que se pueden desarrollar y que además podrían causar un gran impacto en su implementación. Por ende, son:

1. Proponer varios anchos frecuentes en función del historial de demanda utilizando herramientas estadísticas.
2. Proponer un modelo de optimización que nos dé una distribución de cortes de ancho para el rollo madre por pedidos.
3. Proponer un formato de reporte post producción que incluya los valores exactos que se utilizó de materia prima en la producción.

Por lo consiguiente también se analizó los costos relacionados que se puede obtener en la implementación y desarrollo de cada solución propuesta.

Tabla 2.13 Costos estimados por solución elegida (Chamba-Medina, 2021)

Costos estimados						
Soluciones elegidas		1		2		4
Herramientas	Programa de Excel	\$0.00	Programa de Excel	\$0.00	Programa de Excel	\$0.00
	Data histórica	\$0.00	Data histórica	\$0.00		
			Programa RStudio	\$0.00		
Adicional	Aplicación de Gemba	\$0.00	Aplicación del modelo de optimización	\$0.00	Aplicación del formato Post Producción	\$0.00
Capacitación	2 horas	\$6,00 / hora	2 horas	\$6,00 / hora	1 hora	\$3,00 / hora
	3 trabajadores	\$36.00	4 trabajadores	\$48.00	6 operadores involucrados en el área de producción de las etiquetas adhesivas	\$18.00
Total		\$36.00		\$48.00		\$18.00

Se debe especificar que los costos asociados a la capacitación son en base a la hora que el trabajador tomará de su tiempo de labor para poder recibir la capacitación. Finalmente se obtiene que la solución propuesta con un costo más elevado es la 2 “Proponer un modelo de optimización que nos dé una distribución de cortes de ancho para el rollo madre por pedidos”, esto es debido a las horas que se invertirán en capacitar en cómo se utilizará el modelo de optimización.

2.3.4 Plan de Implementación de Soluciones

Para poder tener una organización clara de la implementación, se propuso un plan de implementación en el cual incluye las variables interesadas por cada causa raíz, se detalla las soluciones propuestas, cómo y por qué implementarla, las personas involucradas, costo, y fecha, como se observa en la tabla 2.14:

Además, se agregó un plan de implementación detallando un plan de capacitación, en el cuál a través de la aplicación de un Gams se puede observar las fechas que se estableció para capacitar y posteriormente implementar las soluciones, se lo puede observar detalladamente en la figura 2.46:

Tabla 2.14 Plan de Implementación (Chamba-Medina, 2021)

Plan de Implementación							
Proyecto	Reducción de costos operativos en los anchos refilados de materia prima para productos que manejan un gran volumen de ventas				Líderes del Proyecto	Jonathan Alexander Medina Montesdeoca María José Chamba Morales	
Causa raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Qué tanto?	¿Dónde?
La demanda de los productos es altamente variable en cuanto a sus dimensiones y con una variación super dinámica de mes a mes	Proponer varios anchos frecuentes en base al histórico de la demanda y su variación dependiendo de la holgura del material a usarse en la máquina reafiladora.	Porque esto facilitará al planificador en obtener los anchos frecuentes próximos a utilizar en base a un ancho inicial a producir y así estandarizar la alta variabilidad de anchos que se tiene con el fin de reducir el desperdicio de materia prima.	A través de los datos históricos de la producción durante los últimos dos años, se aplican herramientas estadísticas para obtener aquellos anchos más frecuentes y requeridos por los clientes.	Departamento de Producción	Líderes del Proyecto	\$12.00	Enero 2022
No hay rollos con medidas estándares definidos por cada tipo de producción	Proponer un modelo de optimización que nos dé una distribución de cortes de ancho para el rollo madre por pedidos	Porque esto permitirá la facilidad de obtener las particiones del rollo madre que realmente se necesita, para elaborar los productos requeridos por el cliente, y al mismo tiempo poder planificar y abastecer la materia prima necesaria, reduciendo su desperdicio en cada producción.	A través del historial de demanda, restricciones y requerimientos del cliente se obtiene un modelo de optimización con la aplicación de la utilidad Excel.	Departamento de Producción	Líderes del Proyecto	\$18.00	Enero 2022
Información desactualizada en base al material que realmente está en el inventario	Proponer un formato de reporte post producción que incluya los valores exactos que se utilizó de materia prima en la producción	Porque esto permite llevar un control en el inventario de lo que realmente se utiliza en cuanto a la materia prima después de cada orden de producción, lo que conlleva a la actualización de la información en el sistema y a reducir el mal manejo de los excedente de materia prima.	Se realiza una propuesta de reporte en formato de excel, que incluya los datos necesarios para el control del inventario, en el que sobresalga: el tipo, la cantidad utilizada y la dimensión del ancho que se utilizó.	Departamento de Producción	Líderes del Proyecto	\$18.00	Enero 2022

Tarea	Descripción	Personal involucrado de la empresa	Start Plan	End Plan	Enero 17 - 22					Enero 24 - 26						
					M	T	W	T	F	S	M	T	W			
Implementación	Capacitar cómo implementar propuesta de solución 1: Proponer varios anchos frecuentes en base al histórico de la demanda y su variación dependiendo de la holgura del material a usarse en la máquina reafiladora.	Explicar y detallar como se obtuvo los anchos óptimos y como sería su aplicación en base al modelo de optimización	Planificador de producción Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión Coordinador de producción y mejora continua.	1/17/2022	1/17/2022											
	Capacitar cómo implementar propuesta de solución 2: Proponer un modelo de optimización que nos dé una distribución de cortes de ancho para el rollo madre por pedidos	Explicar cómo se desarrolló el modelo y su aplicación para cada orden de producción	Planificador de producción Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión Coordinador de producción y mejora continua. Gerente de Planta	1/18/2022	1/18/2022											
	Capacitar cómo implementar propuesta de solución 3: Proponer un formato de reporte post producción que incluya los valores exactos que se utilizó de materia prima en la producción	Explicar a detalle cada parte del reporte que deben completar cada vez que se termina de producir una orden y cómo será manejado dentro del sistema	6 operadores involucrados en el área de producción de las etiquetas adhesivas	1/18/2022	1/18/2022											
	Implementación de la propuesta de solución 1: Proponer varios anchos frecuentes en base al histórico de la demanda y su variación dependiendo de la holgura del material a usarse en la máquina reafiladora.	Implementación de los anchos óptimos antes de cada tipo de orden de producción durante el periodo establecido, además de realizar una simulación en base a la data de los últimos meses de producción	Planificador de producción Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión Coordinador de producción y mejora continua. Gerente de Planta	1/19/2022	1/25/2022											
	Implementación de la propuesta de solución 2: Proponer un modelo de optimización que nos dé una distribución de cortes de ancho para el rollo madre por pedidos	Implementar el modelo de optimización para cada pedido al proveedor en base a la data de los últimos meses	Planificador de producción Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión Coordinador de producción y mejora continua. Gerente de Planta	1/19/2022	1/25/2022											
	Implementación de la propuesta de solución 3: Proponer un formato de reporte post producción que incluya los valores exactos que se utilizó de materia prima en la producción	Controlar que se desarrolle el reporte de manera adecuada en cada orden de producción	Operadores	1/19/2022	1/25/2022											
	Análisis de los resultados	En conjunto con el equipo de coordinadores de la empresa, analizar los resultados obtenidos de la implementación de la mejora	Planificador de producción Coordinador de desarrollo, diseño y preimpresión Coordinador de producción y mejora continua. Gerente de Planta	1/25/2022	1/26/2022											

Figura 2.46 Plan de Implementación y Capacitación (Chamba-Medina, 2021)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Todas las soluciones propuestas fueron implementadas y se tuvieron varios escenarios a tomar en consideración en su análisis. Esto con el fin de estandarizar una demanda altamente variable y amortiguar muchos de los pedidos que requería un material en específico y que éste no sea utilizado para otras referencias. A su vez, se usaban anchos de materia prima cuyo excedente generaba un desperdicio significativo dado que no se utilizaba un material cuyo ancho sea el más cercano al de producción, razón por la cual, se tuvo que diseñar un modelo de optimización que genere una distribución de cortes idónea en base a la demanda variable de anchos. Para el diseño de un formato postproducción, se consideró que se lleve un registro diario manual del material sobrante tras finalizar una producción, esto con el fin de actualizarlo en el sistema y se tenga una mejor trazabilidad de lo que se consumió y en el caso de que aplique, lo que sobró.

3.1 Primera Solución Propuesta

Determinar varios anchos frecuentes en base al histórico de la demanda y su variación dependiendo de la holgura del material a usarse en la máquina refiladora.

Para la elaboración de esta solución, se determinaron los anchos estándar que se registraron en el histórico de consumo por orden de producción, esto con el fin de determinar los anchos más frecuentes utilizados en la elaboración de productos. Cabe destacar que los anchos estándar son aquellos anchos que en su momento fueron viables para producir las referencias, es decir, son los anchos requeridos con la holgura necesaria por máquina para elaborar la familia de producto en mención. Se tomó en consideración los materiales PPBB, y PP MATT WHITE que pertenecen a al material FILM de las etiquetas de codificación que se ha descrito como la familia de producto a analizar en este proyecto.

Entonces, se tuvo un histórico de producción donde se visualizan las órdenes de fabricación por cliente y descripción de materia prima, así como el ancho que se empleó para elaborar la referencia en mención. A continuación, se muestra la data histórica a fin de corroborar los anchos estándar que se utilizaron en primera instancia.

**Tabla 3.1 Data de Anchos estándar por materia prima y orden de producción
(Impresiones-S.A, 2019)**

Fecha	Ref. OF	Cliente	OF	Descripción	Ancho
24/6/2020	181212	Cliente 1	PRUEBA ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANC1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
24/6/2020	181212	Cliente 1	PRUEBA ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANC1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm
13/8/2020	181953	Cliente 1	ET ADH COD CAJAS 74mmX114mm BLANCA1 COLUMNAS	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 90 mm	90 mm

Fecha	Ref. OF	Cliente	OF	Descripción	Ancho
15/3/2020	179759	Cliente 1	ET ADH COD 100MMX101.6MM AMARILLO 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
16/3/2020	179848	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm
27/5/2020	180808	Cliente 1	ET ADH COD CAMARON 110mmx152.4mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62/ 250 mm	250 mm

Fecha	Ref. OF	Cliente	OF	Descripción	Ancho
18/2/2020	179066	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm
21/2/2020	179204	Cliente 2	ET ADH COD CAJAS 100mmX76mm BLANCA 1 COLUMNA	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	330 mm

Se lograr observar en la tabla 3.1 que se tienen varios anchos estándar, y se describen por el tipo de material, la familia de producto, el cliente y la OF que es el código a producir.

Después de aquello, se realizó una tabla de frecuencia para determinar los anchos estándar que se emplean con mayor frecuencia, y a su vez, determinar su frecuencia relativa, frecuencia relativa acumulada y su métrica porcentual. La tabla 3.2 muestra la tabulación de los anchos estándar en forma de frecuencia y visualizar aquel ancho que tiene el mayor número de observaciones.

Tabla 3.2 Tabla de frecuencia de anchos estándar (Chamba-Medina, 2021)

Ancho	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa porcentual
90	23	23	0,0025	0,0025	0,25%
102	1	24	0,0001	0,0026	0,01%
120	1	25	0,0001	0,0027	0,01%
170	21	46	0,0023	0,0049	0,23%
180	450	496	0,0482	0,0532	4,82%
181	6	502	0,0006	0,0538	0,06%
187	38	540	0,0041	0,0579	0,41%
190	2	542	0,0002	0,0581	0,02%
195	49	591	0,0053	0,0633	0,53%
198	10	601	0,0011	0,0644	0,11%
200	36	637	0,0039	0,0683	0,39%
204	8	645	0,0009	0,0691	0,09%
206	65	710	0,0070	0,0761	0,70%
210	200	910	0,0214	0,0975	2,14%
211	19	929	0,0020	0,0995	0,20%
212	10	939	0,0011	0,1006	0,11%
215	56	995	0,0060	0,1066	0,60%
216	61	1056	0,0065	0,1132	0,65%
217	2	1058	0,0002	0,1134	0,02%
218	16	1074	0,0017	0,1151	0,17%
219	4	1078	0,0004	0,1155	0,04%
220	34	1112	0,0036	0,1192	0,36%
222	20	1132	0,0021	0,1213	0,21%
224	241	1373	0,0258	0,1471	2,58%
229	307	1680	0,0329	0,1800	3,29%
230	85	1765	0,0091	0,1891	0,91%
232	5	1770	0,0005	0,1897	0,05%

234	233	2003	0,0250	0,2146	2,50%
236	8	2011	0,0009	0,2155	0,09%
239	6	2017	0,0006	0,2161	0,06%
240	36	2053	0,0039	0,2200	0,39%
250	1538	3591	0,1648	0,3848	16,48%
255	61	3652	0,0065	0,3913	0,65%
257	20	3672	0,0021	0,3935	0,21%
260	30	3702	0,0032	0,3967	0,32%
264	2	3704	0,0002	0,3969	0,02%
269	24	3728	0,0026	0,3995	0,26%
270	138	3866	0,0148	0,4143	1,48%
290	82	3948	0,0088	0,4231	0,88%
300	16	3964	0,0017	0,4248	0,17%
302	6	3970	0,0006	0,4254	0,06%
306	74	4044	0,0079	0,4333	0,79%
310	52	4096	0,0056	0,4389	0,56%
314	16	4112	0,0017	0,4406	0,17%
315	80	4192	0,0086	0,4492	0,86%
316	283	4475	0,0303	0,4795	3,03%
317	50	4525	0,0054	0,4849	0,54%
320	40	4565	0,0043	0,4892	0,43%
322	133	4698	0,0143	0,5034	1,43%
325	105	4803	0,0113	0,5147	1,13%
327	486	5289	0,0521	0,5668	5,21%
330	3998	9287	0,4284	0,9952	42,84%
335	14	9301	0,0015	0,9967	0,15%
340	31	9332	0,0033	1	0,33%
	9332		1		100%

Tal como se muestra en la tabla 3.2, las variables que se tomaron en consideración son la frecuencia, frecuencia acumulada que es nuestra variable de interés dado que representa el número de observaciones por ancho acumulado, valor por el cual se logra determinar los anchos estándar a tomar en consideración y así calcular los anchos propuestos. A su vez, se ordenó dicha tabla a fin de visualizar los anchos estándar más frecuentes en cuanto a su uso dándonos como resultado la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Tabla de frecuencia ordenada de manera ascendente (Chamba-Medina, 2021)

Ancho	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia relativa porcentual
330 mm	3998	9287	0,4284	0,9952	42,84%
250 mm	1538	3591	0,1648	0,3848	16,48%
327 mm	486	5289	0,0521	0,5668	5,21%
180 mm	450	496	0,0482	0,0532	4,82%
229 mm	307	1680	0,0329	0,1800	3,29%
316 mm	283	4475	0,0303	0,4795	3,03%
224 mm	241	1373	0,0258	0,1471	2,58%
234 mm	233	2003	0,0250	0,2146	2,50%
210 mm	200	910	0,0214	0,0975	2,14%
270 mm	138	3866	0,0148	0,4143	1,48%
322 mm	133	4698	0,0143	0,5034	1,43%
325 mm	105	4803	0,0113	0,5147	1,13%
230 mm	85	1765	0,0091	0,1891	0,91%
290 mm	82	3948	0,0088	0,4231	0,88%
315 mm	80	4192	0,0086	0,4492	0,86%
306 mm	74	4044	0,0079	0,4333	0,79%
206 mm	65	710	0,0070	0,0761	0,70%
216 mm	61	1056	0,0065	0,1132	0,65%
255 mm	61	3652	0,0065	0,3913	0,65%
215 mm	56	995	0,0060	0,1066	0,60%
310 mm	52	4096	0,0056	0,4389	0,56%
317 mm	50	4525	0,0054	0,4849	0,54%
195 mm	49	591	0,0053	0,0633	0,53%
320 mm	40	4565	0,0043	0,4892	0,43%

187 mm	38	540	0,0041	0,0579	0,41%
200 mm	36	637	0,0039	0,0683	0,39%
240 mm	36	2053	0,0039	0,2200	0,39%
220 mm	34	1112	0,0036	0,1192	0,36%
340 mm	31	9332	0,0033	1,0000	0,33%
260 mm	30	3702	0,0032	0,3967	0,32%
269 mm	24	3728	0,0026	0,3995	0,26%
90 mm	23	23	0,0025	0,0025	0,25%
170 mm	21	46	0,0023	0,0049	0,23%
222 mm	20	1132	0,0021	0,1213	0,21%
257 mm	20	3672	0,0021	0,3935	0,21%
211 mm	19	929	0,0020	0,0995	0,20%
218 mm	16	1074	0,0017	0,1151	0,17%
300 mm	16	3964	0,0017	0,4248	0,17%
314 mm	16	4112	0,0017	0,4406	0,17%
335 mm	14	9301	0,0015	0,9967	0,15%
198 mm	10	601	0,0011	0,0644	0,11%
212 mm	10	939	0,0011	0,1006	0,11%
204 mm	8	645	0,0009	0,0691	0,09%
236 mm	8	2011	0,0009	0,2155	0,09%
181 mm	6	502	0,0006	0,0538	0,06%
239 mm	6	2017	0,0006	0,2161	0,06%
302 mm	6	3970	0,0006	0,4254	0,06%

La tabla 3.3 muestra la tabla de frecuencia ordenada en base a su frecuencia absoluta de manera ascendente a fin de elaborar un diagrama de Pareto y mediante la regla 80-20 determinar aquellos anchos estándar que más se repiten.

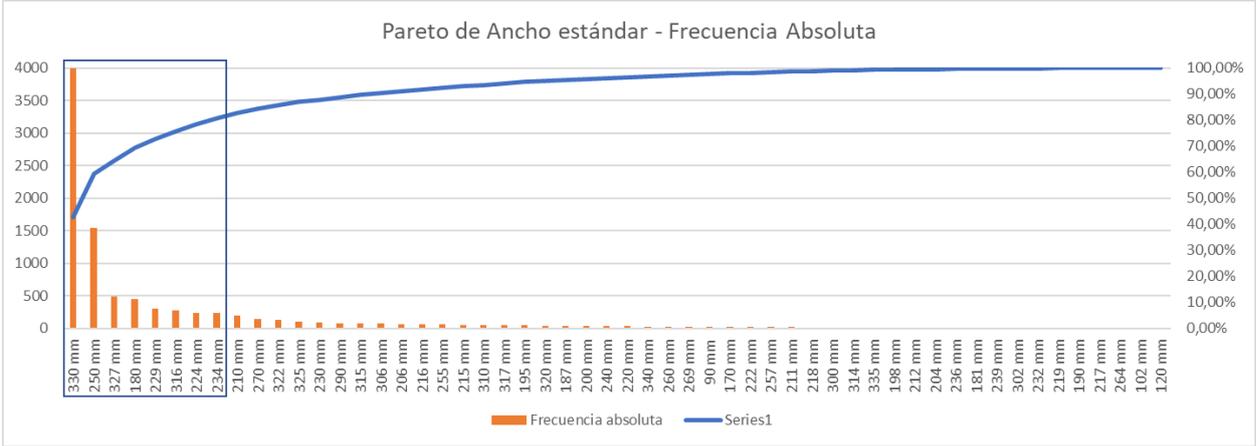


Figura 3.1 Diagrama de Pareto de anchos actuales más frecuentes (Chamba-Medina, 2021)

Se evidenció gracias a la tabla 3.3 que aquellos anchos que se deben tomar en consideración son aquellos cuya frecuencia acumulada es mayor a 200 debido al resultado del diagrama de Pareto que se muestra en la figura 3.1 mediante la regla antes descrita. Es decir, se toman en consideración los anchos 330, 250, 327, 180, 229, 316, 224, 234 [mm] dado que representan el mayor consumo de la familia de producto.

Y así se tomó en consideración aquellos anchos descritos en el párrafo anterior a fin de calcular los anchos propuestos como se indica en la tabla 3.4:

Tabla 3.4 Tabulación de anchos estándar más frecuente (Chamba-Medina, 2021)

Ancho	Frecuencia absoluta
330 mm	3998
250 mm	1538
327 mm	486
180 mm	450
229 mm	307
316 mm	283
224 mm	241
234 mm	233

La tabla 3.4 muestra el ancho estándar a tomarse en consideración para el cálculo de los anchos frecuentes con su respectiva frecuencia absoluta o nivel de utilización más empleado.

Posterior a eso, se calcularon los anchos frecuentes a partir de los anchos estándar mostrados en la tabla 3.4, se obtuvieron mediante los siguientes criterios: si se trataba de un material FILM, es decir, PPBB, PP MATT WHITE; se tenían dos opciones a considerarse, la primera era que si no había espacio entre etiquetas o también denominado línea negra, se consideraba una holgura de 6 mm. De tal forma que se consideraba el ancho de la etiqueta multiplicado por el número de cavidades más la holgura descrita anteriormente.

La segunda opción era que si había espacio entre etiquetas, se consideraba una holgura de 7 mm. De tal forma que se consideraba el ancho de la etiqueta multiplicado por el número de cavidades más la holgura descrita anteriormente. Si se trataba de un material PAPEL adhesivo; se tenían dos opciones a considerarse, la primera era que si no había espacio entre etiquetas o también denominado línea negra, se consideraba una holgura de 6 mm. De tal forma que se consideraba el ancho de la etiqueta multiplicado por el número de cavidades más la holgura descrita anteriormente. La segunda opción era que si había espacio entre etiquetas, se consideraba una holgura de 15 mm. De tal forma que se consideraba el ancho de la etiqueta multiplicado por el número de cavidades más la holgura descrita anteriormente.

Entonces, se procedió a realizar el cálculo que se detalla a continuación a fin de generalizar en forma de ecuaciones y expresiones matemáticas el cálculo de anchos frecuentes o también denominados anchos propuestos.

Para el material FILM; es decir, material PPBB, PP MATT WHITE.

Si es material FILM sin espacios, es decir, con línea negra, se lo determina de la siguiente manera:

(3.1)

$$\text{Ancho propuesto} = \text{Ancho de etiqueta} * \text{Número de cavidades} + 6\text{mm}$$

Ancho de etiqueta: Medida horizontal del producto conocido como ancho

Número de cavidades: Número de anchos permitidos de etiqueta en la máquina

Si es material FILM con espacios, se lo determina de la siguiente manera:

(3.2)

$$\text{Ancho propuesto} = \text{Ancho de etiqueta} * \text{Número de cavidades} + 7\text{mm}$$

Para el material PAPEL adhesivo sin espacios, o también conocido como línea negra, se lo determina de la siguiente manera:

(3.3)

$$\text{Ancho propuesto} = \text{Ancho de etiqueta} * \text{Número de cavidades} + 6\text{mm}$$

Si es material PAPEL adhesivo con espacios, se lo determina de la siguiente manera:

(3.4)

$$\text{Ancho propuesto} = \text{Ancho de etiqueta} * \text{Número de cavidades} + 15\text{mm}$$

En base a esto, se procedió a determinar los anchos frecuentes también denominados anchos propuestos que son los mínimos anchos que se requieren para producir de manera correcta los productos a elaborarse, cabe destacar que la holgura cuyos valores son 6, 7 y 15 mm son aquellos espacios que se deben considerar a fin de que el producto pueda elaborarse de manera correcta y cumpla con las especificaciones técnicas en la máquina.

En consecuencia, la tabla 3.5 muestra los anchos estándar con sus respectivos anchos frecuentes o propuestos por materia prima, dicha tabla muestra valores que oscilan a partir de 200 hasta 330 en anchos estándar y los anchos propuestos en base a este criterio.

**Tabla 3.5 Tabulación de anchos estándar con sus anchos propuestos por material
(Chamba-Medina, 2021)**

Ancho actual	Anchos propuestos	
	PPBB	PP MATT WHITE
180 mm	146 mm	158 mm
224 mm	-	158 mm
229 mm	-	206 mm
234 mm	-	217 mm
		234 mm
250 mm	-	110 mm
	181 mm	-
	206 mm	206 mm
	-	209 mm
	-	210 mm
	-	213 mm
	214 mm	-
	-	217 mm
	-	219 mm
	-	226 mm
	-	228 mm
	234 mm	-
	246 mm	-
	249 mm	-
316 mm	-	299 mm
	-	302 mm
	306 mm	-
	-	310 mm
	-	316 mm
327 mm	-	213 mm
	-	217 mm
	-	302 mm
	-	310 mm
	-	316 mm
	-	322 mm
	-	325 mm
330 mm	206 mm	-
	-	213 mm
	-	217 mm
	219 mm	-
	-	270 mm
	276 mm	-
	-	277 mm
	-	299 mm
	-	302 mm
306 mm	-	

Implementación Primera Solución Propuesta.

Entonces, se realizó un muestreo de 5 comparaciones de desperdicio de insumo que consistía en medir el desperdicio de materia prima en órdenes de producción similares en cuanto a referencias que tienen medidas similares o iguales cuyo ancho haya sido un estándar, en comparación a órdenes cuyo ancho haya sido el óptimo o propuesto.

La tabla 3.6 muestra una producción anterior en el 2019 cuyo ancho fue un estándar; se visualiza el desperdicio de materia prima generado en ese entonces, y a su vez los kg producidos.

Tabla 3.6 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 1 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903 - WG62/ 327 mm	171579	330 mm	PRUEBA5 ET ADH COD 100X55MM LARGO BLANCA 1 FILA	200112	98,00	kg	11,50
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903 - WG62/ 327 mm	171579	330 mm	PRUEBA5 ET ADH COD 100X55MM LARGO BLANCA 1 FILA	200112	98,00	kg	11,50
							196,00		23,00

Se observó gracias a la tabla 3.6 una cantidad de 196 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 23 kg utilizando un ancho estándar de 330 mm.

La figura 3.2 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 171579
		Product 119545
Created by	[Redacted]	
Subject	Reporte Procesos Planta	
ESTRUCTURAL	(kg) :23.00	
PREPARACION	(kg) :1.00	

Figura 3.2 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 1 (Impresiones-S.A, 2019)

En cambio, la tabla 3.7 muestra una producción actual en el 2022 cuyo ancho fue un propuesto; se visualiza el desperdicio de materia prima generado, y los kg producidos.

Tabla 3.7 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 1 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	20/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS- WG62/316 mm	191872	316 mm	ET ADH 100MM ANCHO X 55MM LARGO NARANJA DI	200112	98	kg	6,08
Consumo	20/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS- WG62/316 mm	191872	316 mm	ET ADH 100MM ANCHO X 55MM LARGO NARANJA DI	200112	97	kg	6,08
							195		12,15

Se observó gracias a la tabla 3.7 una cantidad de 195 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 12,15 kg utilizando un ancho propuesto de 316 mm.

La figura 3.3 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 191872
		Product 119547
Created by	[Redacted]	
Subject	Reporte Procesos Planta	
Estructural por esqueleto ADH	(kg)	12.15
Estructural por refilado impreso	(kg)	:

**Figura 3.3 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 1
(Impresiones-S.A, 2019)**

La tabla 3.8 muestra una producción anterior en el 2019 cuyo ancho fue un estándar; se visualiza el desperdicio de materia prima generado en ese entonces, y a su vez los kg producidos.

**Tabla 3.8 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 2
(Chamba-Medina, 2021)**

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unid.	Desperdicio MP
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PP MATT WHITE TTR	171580	330 mm	PRUE BA6 ET ADH COD 100X5 5	200112	97,00	kg	15,48
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PP MATT WHITE TTR	171580	330 mm	PRUE BA6 ET ADH COD 100X5 5MM	200112	97,00	kg	15,48
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PPNG TOP WHITE - C2075N	171580	330 mm	PRUE BA ET ADH COD 100X5 5	201758	81,00	kg	15,48
Consumo	7/5/2019	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PL US	171580	330 mm	PRUE BA COLO R ET ADH 100X5 5	200112	81,00	kg	15,48
							356,00		61,90

Se observó gracias a la tabla 3.8 una cantidad de 356 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 61,9 kg utilizando un ancho estándar de 330 mm.

La figura 3.4 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

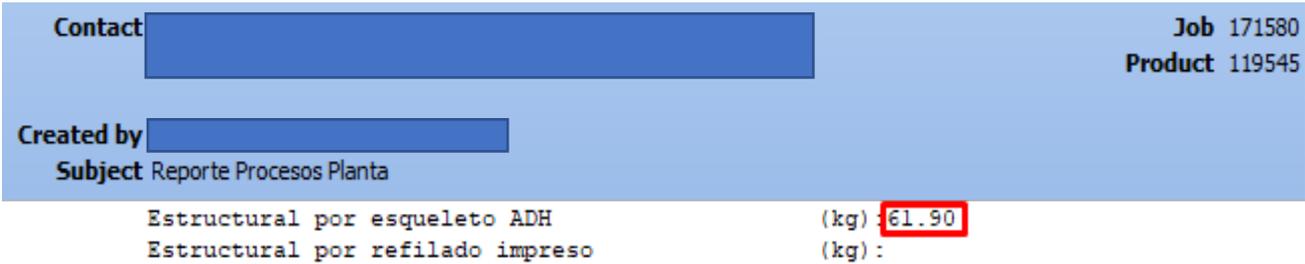


Figura 3.4 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 2 (Impresiones-S.A, 2019)

En cambio, la tabla 3.9 muestra una producción actual en el 2022 cuyo ancho fue un propuesto; se visualiza el desperdicio de materia prima generado, y los kg producidos.

Tabla 3.9 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 2 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unidad	Desperdicio MP
Consumo	18/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62 DI/316 mm	191871	316 mm	ET ADH COD 100MM ANCHO X 55MM LARGO BLANCA 1 FI DI	200112	100	kg	13,28
Consumo	18/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62 DI/316 mm	191871	316 mm	ET ADH COD 100MM ANCHO X 55MM LARGO BLANCA 1 FI DI	200112	89	kg	13,28

Consumo	18/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62 DI/316 mm	191871	316 mm	ET ADH COD 100MM ANCHO X 55MM LARGO BLANCA 1 FI DI	200112	95	kg	13,28
Consumo	18/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE TTR - AP903PLUS - WG62 DI/316 mm	191871	316 mm	ET ADH COD 100MM ANCHO X 55MM LARGO BLANCA 1 FI DI	200112	80	kg	13,28
							364		53,1

Se observó gracias a la tabla 3.9 una cantidad de 364 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 53,1 kg utilizando un ancho propuesto de 316 mm.

La figura 3.5 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 191871
		Product 119545
Created by	[Redacted]	
Subject	Reporte Procesos Planta	
Estructural por esqueleto ADH	(kg) :	53.10
Estructural por refilado impreso	(kg) :	

Figura 3.5 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 2 (Impresiones-S.A, 2019)

La tabla 3.10 muestra una producción anterior en el 2019 cuyo ancho fue un estándar; se visualiza el desperdicio de materia prima generado en ese entonces, y a su vez los kg producidos.

**Tabla 3.10 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 3
(Chamba-Medina, 2021)**

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cantidad	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	9/11/2019	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 330 mm	176450	330 mm	ET Y CET ADH YOGURT CHIVERIA DURAZNO 185G DIGITAL	200684	55,00	kg	20,40
							55,00		20,40

Se observó gracias a la tabla 3.10 una cantidad de 55 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 20,4 kg utilizando un ancho estándar de 330 mm.

La figura 3.6 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.



**Figura 3.6 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 3
(Impresiones-S.A, 2019)**

En cambio, la tabla 3.11 muestra una producción actual en el 2022 cuyo ancho fue un propuesto; se visualiza el desperdicio de materia prima generado, y los kg producidos.

**Tabla 3.11 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 3
(Chamba-Medina, 2021)**

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cantidad	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	19/1/2022	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 325 mm	191946	325 mm	ET Y CET ADH YOGURT CHIVERIA DURAZNO 185G DIGITAL	200684	60	kg	16
							60		16

Se observó gracias a la tabla 3.11 una cantidad de 60 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 16 kg utilizando un ancho propuesto de 325 mm.

La figura 3.7 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 191946
Created by	[Redacted]	
Subject	Reporte Procesos Planta	
Estructural por esqueleto ADH	(kg)	16.00
Estructural por refilado impreso	(kg)	:

Figura 3.7 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 3 (Impresiones-S.A, 2019)

La tabla 3.12 muestra una producción anterior en el 2019 cuyo ancho fue un estándar; se visualiza el desperdicio de materia prima generado en ese entonces, y a su vez los kg producidos.

Tabla 3.12 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 4 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cantidad	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	8/7/2019	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901	173099	330 mm	ET ADH GIRASOL MARGARINA TAPA	200658	69,00	kg	8,99
Consumo	8/7/2019	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901	173099	330 mm	ET ADH GIRASOL MARGARINA TAPA	200658	93,00	kg	8,99
Consumo	8/7/2019	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901	173099	330 mm	ET ADH GIRASOL MARGARINA TAPA	200658	94,00	kg	8,99
Consumo	8/7/2019	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901	173099	330 mm	ET ADH GIRASOL MARGARINA TAPA NUEVA IMAG	200658	63,00	kg	8,99
							319,00		35,94

Se observó gracias a la tabla 3.12 una cantidad de 319 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 35,94 kg utilizando un ancho estándar de 330 mm.

La figura 3.8 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.



Figura 3.8 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 4 (Impresiones-S.A, 2019)

En cambio, la tabla 3.13 muestra una producción actual en el 2022 cuyo ancho fue un propuesto; se visualiza el desperdicio de materia prima generado, y los kg producidos.

Tabla 3.13 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 4 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	21/1/2022	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80G	191936	316 mm	ET ADH ATUN POUCH	200110	70	kg	6,75
Consumo	21/1/2022	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80G	191936	316 mm	ET ADH ATUN POUCH	200110	80	kg	6,75
Consumo	21/1/2022	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80G	191936	316 mm	ET ADH ATUN POUCH	200110	90	kg	6,75
Consumo	21/1/2022	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80G	191936	316 mm	ET ADH ATUN POUCH	200110	64	kg	6,75
							304		27

Se observó gracias a la tabla 3.13 una cantidad de 304 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 27 kg utilizando un ancho propuesto de 316 mm.

La figura 3.9 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 191936
Created by	[Redacted]	Product 120808
Subject	Reporte Procesos Planta	
Estructural por esqueleto ADH	(kg)	27.00
Estructural por refilado impreso	(kg)	:

Figura 3.9 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 4 (Impresiones-S.A, 2019)

La tabla 3.14 muestra una producción anterior en el 2019 cuyo ancho fue un estándar; se visualiza el desperdicio de materia prima generado en ese entonces, y a su vez los kg producidos.

Tabla 3.14 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo antes – Muestra 5 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	29/3/2019	ADH FILM PP MATT WHITE	170713	330 mm	(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm	100157	70,00	kg	11,00
Consumo	28/3/2019	ADH FILM PP MATT WHITE	170713	330 mm	(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm	100157	99,00	kg	11,00
Consumo	28/3/2019	ADH FILM PP MATT WHITE	170713	330 mm	(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm	100157	60,00	kg	11,00
Consumo	28/3/2019	ADH FILM PP MATT WHITE	170713	330 mm	(R)ET ADH COD CAJAS 32mmX67mm	100157	94,00	kg	11,00
							323,00		44,00

Se observó gracias a la tabla 3.14 una cantidad de 323 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 44 kg utilizando un ancho estándar de 330 mm.

La figura 3.10 mostró el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

Contact	[Redacted]	Job 170713
		Product 110746
Created by	[Redacted]	
Subject	Reporte Procesos Planta	
ESTRUCTURAL	(kg)	44.00
PREPARACION	(kg)	:

Figura 3.10 Registro de desperdicio de materia prima en sistema antes – Muestra 5 (Impresiones-S.A, 2019)

En cambio, la tabla 3.15 muestra una producción actual en el 2022 cuyo ancho fue un propuesto; se visualiza el desperdicio de materia prima generado, y los kg producidos.

Tabla 3.15 Tabulación de kg producidos vs desperdicio de insumo actual – Muestra 5 (Chamba-Medina, 2021)

Movimiento	Fecha	Título 1	Ref. OF	Ancho	OF	Ref. cliente	Cant.	Unidad	Desperdicio Materia Prima
Consumo	25/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE	191880	325 mm	ET ADH COD DI 32mmx67mm	100157	74	kg	4,93
Consumo	25/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE	191880	325 mm	ET ADH COD DI 32mmx67mm	100157	93	kg	4,93
Consumo	25/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE	191880	325 mm	ET ADH COD DI 32mmx67mm	100157	81	kg	4,93
Consumo	25/1/2022	ADH FILM PP MATT WHITE	191880	325 mm	ET ADH COD DI 32mmx67mm	100157	63	kg	4,93
							311		19,7

Se observó gracias a la tabla 3.15 una cantidad de 311 kg producidos y un desperdicio de insumo de aproximadamente 19,7 kg utilizando un ancho propuesto de 325 mm.

La figura 3.11 muestra el desperdicio de materia prima de la orden de producción que se visualiza en el sistema.

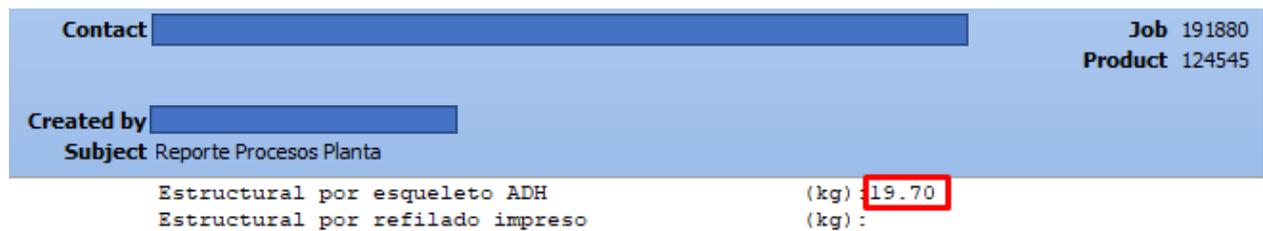


Figura 3.11 Registro de desperdicio de materia prima en sistema actual – Muestra 5 (Impresiones-S.A, 2019)

Una vez detallado el muestreo de valores en cuanto a la comparación de desperdicio de materia prima, se procedió a elaborar un análisis de costo en cuanto al desperdicio de materia prima de tal forma que se logró evidenciar una reducción en cuanto al costo asociado del desperdicio de insumo, y el desperdicio asociado en kg. Se muestra en la tabla 3.16 la tabulación de valores del costo de desperdicio de materia prima y el desperdicio asociado en órdenes de producción en el año 2019 a fin de visualizar más adelante la diferencia y contraste en ambas comparaciones.

3.2 Segunda Solución Propuesta

Determinar un modelo de optimización que dé una distribución de cortes de anchos para el rollo madre por pedidos



Figura 3.12 Esquema de la propuesta de Solución 2 (Chamba-Medina, 2021)

En esta propuesta de solución, se opta en proponer un modelo de optimización para poder determinar la cantidad de cortes en base al tamaño del ancho que se requiere por pedido, utilizando un rollo de ancho madre con mayor medida del que se utiliza actualmente. Al realizar la respectiva entrevista con las personas involucradas en el problema, el proveedor pudo establecer un acuerdo con la empresa, que puede proporcionarle el rollo madre particionado a la medida que requiera, utilizando el rollo madre de 1500 milímetros de ancho, para la empresa sería una ventaja ya que tendría la facilidad de obtener los cortes ya establecidos del material que requiere antes de producción.

Para determinar el modelo de optimización, primero se investigó cuál modelo se ajusta a las necesidades que requiere el sistema, por lo que se seleccionó un modelo de asignación especial con capacidad, ya que este modelo se basa en la asignación de un recurso a una actividad, para esta situación, se simula en que se debe asignar un ancho requerido a un rollo madre, cumpliendo que la por cada ancho asignado a un rollo madre, la suma de estos anchos sea menor o igual al máximo valor del ancho del rollo madre 1500 mm, asumiendo que es la capacidad por cada rollo madre. Con el objetivo de minimizar el excedente del ancho de materia prima por pedido, para poder obtener el menor desperdicio posible.

Por consiguiente, se desarrolla el modelo a continuación, basándose en los pasos a seguir para obtener el modelo matemático:

Modelo de Asignación (con capacidad)

1. **Función objetivo** = Minimizar {El excedente del ancho de materia prima por pedido}

(3.5)

$$Z = \sum(j) (1500 - \sum(i)(w(i) * x(ij)))$$

La función objetivo se basa en la suma de todos los excedentes por rollo, expresado por los 1500 mm por rollo menos el valor de la suma de los anchos

asignados para ese rollo. La parte del valor de la suma de los anchos, en la función objetivo matemáticamente se expresa la suma producto de la matriz de anchos requeridos por la matriz de asignación de estos anchos a un rollo.

2. Variables de decisión:

X_{ij} : Si orden i es asignado en rollo j

Los valores de la variable de decisión siempre serán binarios.

(1 = si es asignado; 0 = caso contrario)

i : 1,... Cantidad de pedidos que hay (en función del largo del rollo)

j : 1,... Cantidad de rollos N

3. Parámetros

N: Suma de anchos de pedidos en función del largo (metros) del rollo dividido para el ancho del rollo madre.

El parámetro N nos indica el número de rollos con el que se debe trabajar en la asignación.

w_i : el valor del ancho del pedido i

4. Restricciones

(3.6)

$$1. \sum(i)X_{ij} = 1, \text{ para todo } j$$

(3.7)

$$2. \sum(j)X_{ij} \leq 1500, \text{ para todo } i$$

(3.8)

$$3. X_{ij} = 0 \text{ o } 1 \text{ para todo } i, j$$

Implementación de la solución propuesta 2.

Se propuso desarrollar el modelo de optimización con la herramienta de Solver del programa Excel, para que las personas que deben operar el modelo, sea fácil de acceder y comprender su uso, razón por la cual también se propone un modelo interactivo en Excel en que el planificador o cualquier encargado del área pueda calcular lo que

necesita pedir al proveedor, simplemente ingresando los datos que requiere el modelo, como se puede observar en la figura

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a data entry form. The spreadsheet has columns labeled A through J and rows numbered 1 through 14. The form is located in the lower-left quadrant of the spreadsheet. It consists of several elements:

- A button labeled "Ingresar Pedido" in a dark blue box, located in cell B3.
- A button labeled "Resultados" in a dark blue box, located in cell B5.
- A form titled "Información del Pedido" in a dark blue header box, located in cells D4 through H10.
- Inside the "Información del Pedido" form, there are three input fields: "No Pedido" (cell D7), "Ancho" (cell E7), and "Cantidad (miles de metro)" (cell F7).
- Below these input fields is a dark blue button labeled "Agregar Pedido" (cell D9).

Figura 3.13 Ingreso de datos de pedidos para el modelo de optimización (Chamba-Medina, 2021)

En esta sección se agrega el número de pedido, el ancho requerido y la cantidad de metros lineales que se requiere, se debe recalcar que la clase del tipo de material no está incluido en el sistema ya que, un pedido hacia el proveedor es un conjunto de varios pedidos de achos que se requiere por un solo tipo de material.

Es importante mencionar que, en la empresa los pedidos al proveedor de materia prima se realizan cada 3 meses, por ende, el próximo pedido actualmente es en el mes de febrero, ya que su ultimo pedido fue en noviembre. Por ende, no se realizó la implementación en la situación actual, sin embargo, se pudo realizar la simulación en base a un pedido que por lo general para los años 2019 y 2020 es el más frecuente, además que el producto a elaborar con el material que se requiere es de clasificación A en base a la estratificación que se realizó en el capítulo 2.

ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g		
Cant de rollos	Anchos	Metros
2	180	6000
2	234	5000
2	316	3000
4	330	8000
10	Rollos de 750 mm	
7500	m2	

Total de rollos a pedir: 10 ADH PAPELTT TOP 70g – 904 EAP – KW60g de 750 mm de ancho

Figura 3.14 Orden de pedido del material (Impresiones-S.A, 2019)

En la figura 3.3, se puede observar un ejemplo de una orden de pedido de rollos madre, el cual fue otorgado y elegido por la empresa para poder aplicar el modelo y observar sus resultados.

Ancho*cantidad en metros

PEDIDOS	ANCHO	Cantidad (en miles metros)	Pedido en función de metros de largo	Requiere dividir? (max 1000)
P1	180	6	1080	SI
P2	234	5	1170	SI
P3	316	3	948	NO
P4	330	8	2640	SI

Cantidad de anchos	22
---------------------------	----

N	3.892
----------	-------

Figura 3.15 Datos para el modelo de optimización (Chamba-Medina, 2021)

Al agregar los datos en la entrada del modelo, posteriormente se crea automáticamente, una tabla de datos como primero paso. En la cual se obtiene cada pedido en función de metros de largo del rollo, cabe recalcar que un rollo madre tiene 1500 mm de ancho y 1000 metros de largo, por lo cual, la variable de los pedidos en función del largo será el ancho requerido por la cantidad en miles de metros que se necesitan para elaborar las etiquetas.

La obtención del parámetro N, es el segundo paso el cual se obtiene

(3.9)

$$N = \frac{\text{Suma de los anchos en función de metros de largo (mm)}}{1500 \text{ mm}}$$

La cantidad de N se refiere a la suma de todos los anchos requeridos dividido para 1500 mm que es la capacidad del ancho del rollo madre, en este caso es de 3.89 aproximadamente 4, por ende, se consideran 4 rollos para la asignación.

Para el paso tres, debido al máximo del largo del rollo, se subdividen los pedidos por cada ancho requerido como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.16 Ancho y el número de cantidad requerido (Chamba-Medina, 2021)

Ancho	Cantidad (en miles metros)
180	6
234	5
316	3
330	8

Por ejemplo, el ancho de 180 mm se requiere 6 veces por lo cual el pedido es desglosado en subpedidos 6 veces con el mismo ancho, como se observa en la tabla 3.17 Los valores se repiten para cada rollo N, puesto que posteriormente se descubre si el ancho es asignado a su respectivo rollo.

Para el paso 4, se obtuvo la matriz de la variable de decisión, en esta se adjunta la restricción que sólo un subpedido de ancho se asigna a un solo rollo Tabla 3.18, además que la suma total de los anchos por cada rollo debe ser menor o igual a 1500 mm.

Tabla 3.17 Parámetros w_i : valores de anchos w_i (Chamba-Medina, 2021)

No (i)	Cant de rollos N Pedido (m)	j			
		Rollo 1	Rollo 2	Rollo 3	Rollo 4
1	Pedido 1.1	180	180	180	180
2	Pedido 1.2	180	180	180	180
3	Pedido 1.3	180	180	180	180
4	Pedido 1.4	180	180	180	180
5	Pedido 1.5	180	180	180	180
6	Pedido 1.6	180	180	180	180
7	Pedido 2.1	234	234	234	234
8	Pedido 2.2	234	234	234	234
9	Pedido 2.3	234	234	234	234
10	Pedido 2.4	234	234	234	234
11	Pedido 2.5	234	234	234	234
12	Pedido 3.1	316	316	316	316
13	Pedido 3.2	316	316	316	316
14	Pedido 3.3	316	316	316	316
15	Pedido 4.1	330	330	330	330
16	Pedido 4.2	330	330	330	330
17	Pedido 4.3	330	330	330	330
18	Pedido 4.4	330	330	330	330
19	Pedido 4.5	330	330	330	330
20	Pedido 4.6	330	330	330	330
21	Pedido 4.7	330	330	330	330
22	Pedido 4.8	330	330	330	330

Tabla 3.18 Variable de restricción en conjunto con la restricción 1 (Chamba-Medina, 2021)

No (i)	N Pedido (m)	Cant de rollos						
		Rollo 1	Rollo 2	Rollo 3	Rollo 4			
1	Pedido 1.1	0	0	0	0	1	=	1
2	Pedido 1.2	0	0	0	0	1	=	1
3	Pedido 1.3	0	0	0	0	1	=	1
4	Pedido 1.4	0	0	0	0	1	=	1
5	Pedido 1.5	0	0	0	0	1	=	1
6	Pedido 1.6	0	0	0	0	1	=	1
7	Pedido 2.1	0	0	0	0	1	=	1
8	Pedido 2.2	0	0	0	0	1	=	1
9	Pedido 2.3	0	0	0	0	1	=	1
10	Pedido 2.4	0	0	0	0	1	=	1
11	Pedido 2.5	0	0	0	0	1	=	1
12	Pedido 3.1	0	0	0	0	1	=	1
13	Pedido 3.2	0	0	0	0	1	=	1
14	Pedido 3.3	0	0	0	0	1	=	1
15	Pedido 4.1	0	0	0	0	1	=	1
16	Pedido 4.2	0	0	0	0	1	=	1
17	Pedido 4.3	0	0	0	0	1	=	1
18	Pedido 4.4	0	0	0	0	1	=	1
19	Pedido 4.5	0	0	0	0	1	=	1
20	Pedido 4.6	0	0	0	0	1	=	1
21	Pedido 4.7	0	0	0	0	1	=	1
22	Pedido 4.8	0	0	0	0	1	=	1

Tabla 3.19 Variable de decisión junto a la restricción 2 (Chamba-Medina, 2021)

No (i)	Pedido (m)	j			
		rollo 1	rollo 2	rollo 3	rollo 4
1	Pedido 1.1	0	0	0	0
2	Pedido 1.2	0	0	0	0
3	Pedido 1.3	0	0	0	0
4	Pedido 1.4	0	0	0	0
5	Pedido 1.5	0	0	0	0
6	Pedido 1.6	0	0	0	0
7	Pedido 2.1	0	0	0	0
8	Pedido 2.2	0	0	0	0
9	Pedido 2.3	0	0	0	0
10	Pedido 2.4	0	0	0	0
11	Pedido 2.5	0	0	0	0
12	Pedido 3.1	0	0	0	0
13	Pedido 3.2	0	0	0	0
14	Pedido 3.3	0	0	0	0
15	Pedido 4.1	0	0	0	0
16	Pedido 4.2	0	0	0	0
17	Pedido 4.3	0	0	0	0
18	Pedido 4.4	0	0	0	0
19	Pedido 4.5	0	0	0	0
20	Pedido 4.6	0	0	0	0
21	Pedido 4.7	0	0	0	0
22	Pedido 4.8	0	0	0	0
		0	0	0	0
		<=	<=	<=	<=
		1500	1500	1500	1500



Figura 3.16 Función Objetivo en Excel (Chamba-Medina, 2021)

Para el paso 5, se establece la función objetivo en base al excedente por cada asignación en cada rollo, como se mencionó anteriormente. Además, se agregó la variable % de Desperdicio, con el fin de determinar la cantidad de porcentaje de desperdicio en base a los metros lineales utilizados.

(3.10)

$$\% \text{ Desperdicio} = \frac{\text{Cantidad del excedente obtenido de la función objetivo}}{\text{Metros cuadrados total de los } N \text{ rollos madre utilizados}}$$

Finalmente, con los datos, las variables, los parámetros y restricciones establecidos, se pudo correr el modelo utilizando la herramienta de Solver.

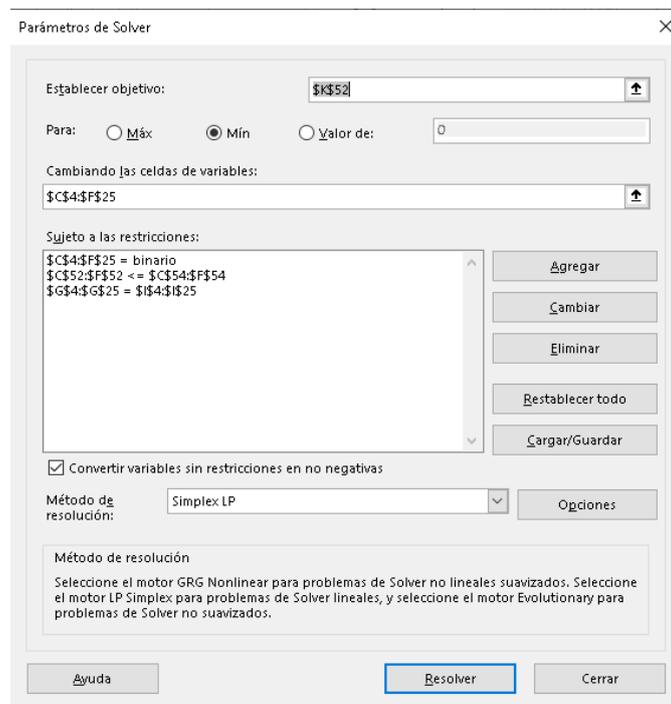


Figura 3.17 Modelo de optimización establecido en Solver (Chamba-Medina, 2021).

Tras resolver el modelo en la herramienta, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.20 Matriz de asignación de los anchos a cada rollo madre (Chamba-Medina, 2021)

No (i)	Cant de rollos N Pedido (m)	Rollo 1	Rollo 2	Rollo 3	Rollo 4			
1	Pedido 1.1	0	0	0	1	1	=	1
2	Pedido 1.2	0	0	1	0	1	=	1
3	Pedido 1.3	0	0	1	0	1	=	1
4	Pedido 1.4	0	0	1	0	1	=	1
5	Pedido 1.5	0	1	0	0	1	=	1
6	Pedido 1.6	0	1	0	0	1	=	1
7	Pedido 2.1	0	0	0	1	1	=	1
8	Pedido 2.2	1	0	0	0	1	=	1
9	Pedido 2.3	1	0	0	0	1	=	1
10	Pedido 2.4	0	1	0	0	1	=	1
11	Pedido 2.5	0	1	0	0	1	=	1
12	Pedido 3.1	0	0	1	0	1	=	1
13	Pedido 3.2	0	0	1	0	1	=	1
14	Pedido 3.3	0	0	1	0	1	=	1
15	Pedido 4.1	1	0	0	0	1	=	1
16	Pedido 4.2	0	1	0	0	1	=	1
17	Pedido 4.3	0	1	0	0	1	=	1
18	Pedido 4.4	0	0	0	1	1	=	1
19	Pedido 4.5	0	0	0	1	1	=	1
20	Pedido 4.6	0	0	0	1	1	=	1
21	Pedido 4.7	1	0	0	0	1	=	1
22	Pedido 4.8	1	0	0	0	1	=	1

De la cual se puede multiplicar con la matriz de anchos w_i , para saber el valor de los anchos asignados a cada rollo, cumpliendo con las restricciones.

Tabla 3.21 Matriz de valores asignados a cada rollo madre (Chamba-Medina, 2021)

No (i)	Cant de rollos N Pedido (m)	j			
		rollo 1	rollo 2	rollo 3	rollo 4
1	Pedido 1.1	0	0	0	180
2	Pedido 1.2	0	0	180	0
3	Pedido 1.3	0	0	180	0
4	Pedido 1.4	0	0	180	0
5	Pedido 1.5	0	180	0	0
6	Pedido 1.6	0	180	0	0
7	Pedido 2.1	0	0	0	234
8	Pedido 2.2	234	0	0	0
9	Pedido 2.3	234	0	0	0
10	Pedido 2.4	0	234	0	0
11	Pedido 2.5	0	234	0	0
12	Pedido 3.1	0	0	316	0
13	Pedido 3.2	0	0	316	0
14	Pedido 3.3	0	0	316	0
15	Pedido 4.1	330	0	0	0
16	Pedido 4.2	0	330	0	0
17	Pedido 4.3	0	330	0	0
18	Pedido 4.4	0	0	0	330
19	Pedido 4.5	0	0	0	330
20	Pedido 4.6	0	0	0	330
21	Pedido 4.7	330	0	0	0
22	Pedido 4.8	330	0	0	0
		1458	1488	1488	1404
		<=	<=	<=	<=
		1500	1500	1500	1500

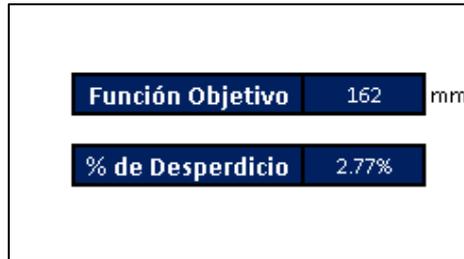


Figura 3.18 Resultado de la función objetivo (Chamba-Medina, 2021)

En cuanto a la función objetivo, se obtuvo un resultado de 162 mm de ancho de desperdicio en total por todos los rollos utilizados. En el desperdicio total considerando los metros cuadrados utilizados de rollos madre, se obtuvo un 2.77 % de desperdicio.

Adicionalmente, se desarrolló un espacio interactivo donde se selecciona mostrar los resultados y se visualiza los valores que se obtuvo del modelo: cantidad de rollos, cantidad de particiones por rollo con sus respectivos anchos y el porcentaje del desperdicio a tener si se aplica el modelo. El objetivo es que se tenga una mejor visualización para el cliente.

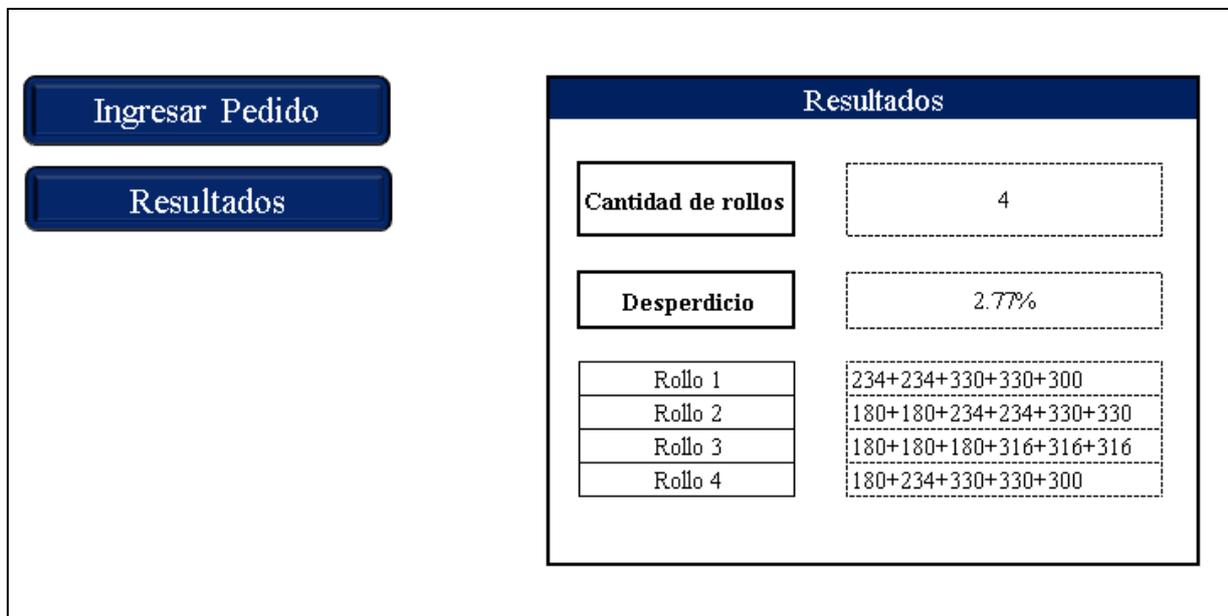


Figura 3.19 Tabla de resultados del modelo de optimización en Excel (Chamba-Medina, 2021).

3.3 Tercera Solución Propuesta

Crear un formato de reporte post producción que incluya los valores exactos que se utilizó de materia prima en la producción

Para esta tercera solución propuesta se desarrolló un formato con todas las variables de interés para el cliente, con el fin de obtener los valores reales utilizados de materia prima y, por ende, obtener la cantidad del material sobrante. Primero para poder establecer en qué paso de la producción de las etiquetas adhesivas adjuntar este formato, se realizó un Operin del proceso netamente producción desde que se realiza la partición de materia prima.

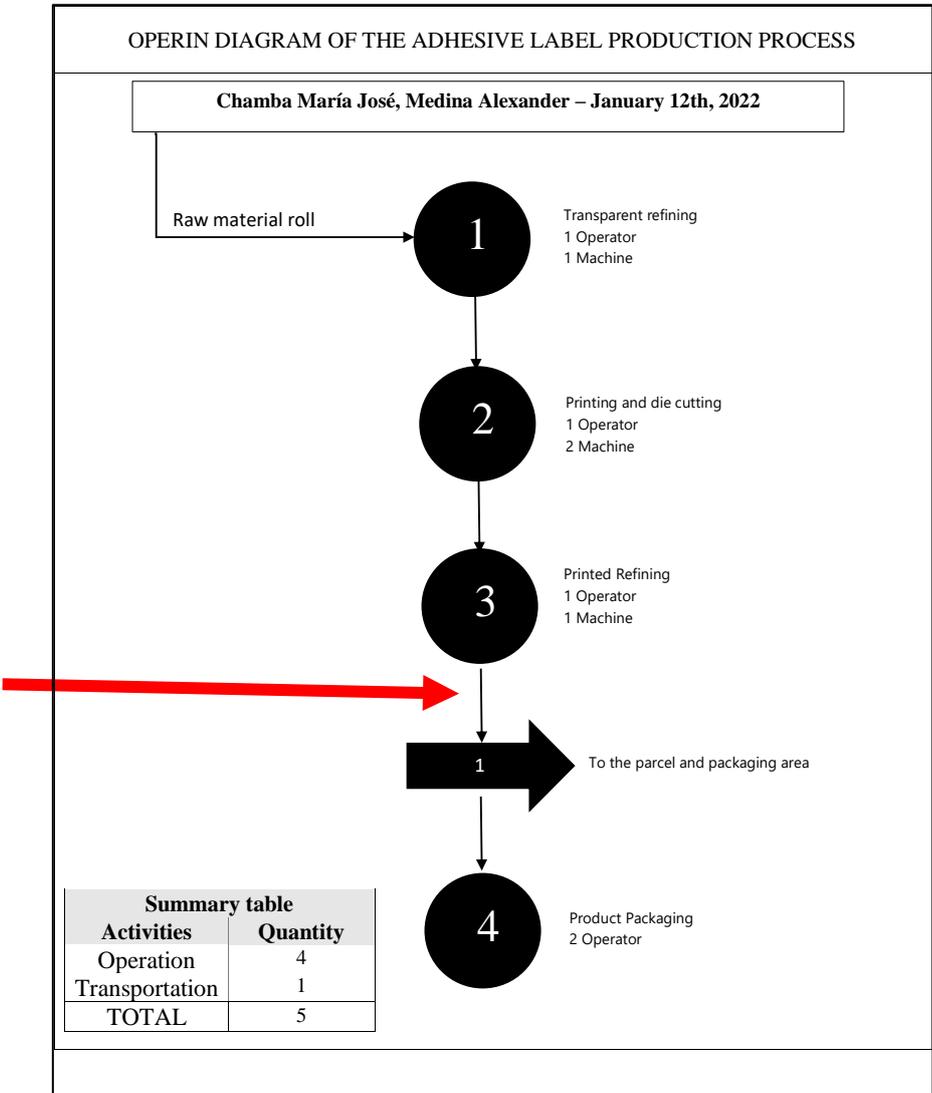


Figura 3.20 Diagrama Operin del proceso de etiquetas adhesivas (Chamba-Medina, 2021)

Con respecto al diagrama, establece que el formato debería introducirse entre la última operación del proceso y antes de que el operario se traslade al área de empaque, ya que durante este lapso ya se tienen los valores de kilogramos producidos y el desperdicio asociado de la orden. El formato fue realizado en conjunto con el equipo de trabajo de la empresa y se detalla como se muestra en la figura 3.21.

Tabla 3.22 Reporte Postproducción (Chamba-Medina, 2021)

FECHA:	TURNO:		OPERARIO:	
	SUPERVISOR:			
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producidos:				
Tipo de materia prima:				
Dimensión del ancho de la materia prima:				
Número de rollos utilizados:				
Metros impresos:				
Kg de desperdicio de materia prima:				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
HS&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Novedades
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07			
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos ingresados a bodega:				
Total de kg de materia prima ingresados a bodega:				

Los campos que son obligatorios a completar y el cual se debe posteriormente actualizar en el sistema son:

- Total de rollos ingresados a bodega
- Total de Kilogramos de materia prima ingresados a bodega

Ya que con estos valores se lleva el control de lo que se tiene en el inventario, y que posiblemente se pueda volver a utilizar para otras producciones. Además, es importante poder actualizar la información, dado que después de producción por lo general no se lo realiza, conforme a la causa raíz de esta solución.

3.4 Análisis de las soluciones propuestas

Comparación del antes y la situación actual con la implementación

3.4.1 Propuesta de la solución 1

La tabla 3.23 muestra la recolección de datos que se elaboró en el año 2019, en donde para cada unidad de medición, se recolectó el costo asociado del desperdicio de materia prima y su desperdicio asociado; esto debido a que se hizo trazabilidad de aquellas órdenes de producción en dicho año para determinar el impacto en cuanto al costo incurrido por parte de la empresa, y a su vez, el desperdicio generado.

Tabla 3.23 Análisis de costo del desperdicio de materia prima antes (Chamba-Medina, 2021)

1/1/2019		3/1/2019		4/1/2019		5/1/2019		6/1/2019	
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP
\$0,73	61,9 kg	\$1,56	20,4 kg	\$0,49	23 kg	\$0,47	35,94 kg	\$0,57	44 kg
Promedio costo desperdicio materia prima					\$ 0,77				
Promedio desperdicio materia prima					37,05 kg				

En consecuencia, se evidenció que, en promedio se tuvo un costo en cuanto al desperdicio de insumo de aproximadamente \$0,77 cuando se tuvo un desperdicio de materia prima de 37,05 kg en el año 2019.

Se muestra en la tabla 3.24 la tabulación de valores del costo de desperdicio de materia prima y el desperdicio asociado en órdenes de producción en el año 2022. Esto debido a que se desea determinar el impacto económico y el valor del costo y desperdicio de materia prima respectivamente. No obstante, se debe determinar en primera instancia si hubo reducción o incremento en la variable de interés, la misma que se sujeta a la definición del costo del desperdicio de materia prima.

Tabla 3.24 Análisis de costo del desperdicio de materia prima actual (Chamba-Medina, 2021)

18/1/2022		19/1/2022		20/1/2022		21/1/2022		25/1/2022	
Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP	Costo Desp. MP	Desp. MP
\$0,61	53,1kg	\$1,12	16 kg	\$0,26	12,15 kg	\$0,37	27 kg	\$0,27	19,7 kg
Promedio costo desperdicio materia prima					\$0,53				
Promedio desperdicio materia prima					25,59				

Por lo tanto, se evidenció que, en promedio se tuvo un costo en cuanto al desperdicio de insumo de aproximadamente \$0,53 cuando se tuvo un desperdicio de materia prima de 25,59 kg en el año 2022.

Mediante la ecuación 3.11, se comprobó que se tuvo una reducción en cuanto al costo del desperdicio de materia prima de aproximadamente 31 %. Además, se lo calculó de la siguiente manera:

(3.11)

$$\begin{aligned}
 \text{Porcentaje de reducción} &= \frac{(\text{valor inicial} - \text{valor final})}{\text{valor inicial}} * 100 \\
 \text{Porcentaje de reducción} &= \frac{(0,77 - 0,53)}{0,77} * 100 = 31,17 \%
 \end{aligned}$$

Mediante la misma ecuación descrita, se procedió a calcular el porcentaje de reducción de desperdicio del insumo debido a que se ha realizado un análisis en su costo asociado. De esta forma, no solo se tuvo trazabilidad del costo del desperdicio de insumo, sino

también del propio desperdicio de materia prima. Por esa razón, gracias a la ecuación 3.11 nos indicó que se redujo el desperdicio en aproximadamente un 31 %.

(3.11)

$$\text{Porcentaje de reducción} = \frac{(\text{valor inicial} - \text{valor final})}{\text{valor inicial}} * 100$$

$$\text{Porcentaje de reducción} = \frac{(37,05 - 25,59)}{37,05} * 100 = 30,93 \% \approx 31 \%$$

De esta forma, se evidenció que efectivamente hubo una reducción en cuanto al costo del desperdicio de materia prima a \$0,53, y a su vez hubo una reducción del desperdicio asociado de 37,05 a 25,59. Logrando evidenciar que efectivamente se cumplió con el objetivo inicial por parte de la compañía en reducir a un costo de aproximadamente \$0,5.

Tras haber realizado el análisis del antes y el después, se procedió a elaborar de forma tabular la comparación de las variables asociadas como objetos de estudio, de tal forma que se diferencien los valores del antes y después de la implementación de la solución propuesta.

Tabla 3.25 Comparación de variables de interés en escenario antes y después (Chamba-Medina, 2021)

Variable	Producto sin ancho propuesto	Situación actual con anchos propuestos
Costo del desperdicio de materia prima	\$0,77	\$0,53
Desperdicio de materia prima	37,05	25,59

Esta representación tabular que tuvo gracias a la tabla 3.25 facilita el análisis a priori que se realiza puesto que se observan los valores descritos para cada variable por escenario, es decir, se tuvo un valor de \$0,77 para la variable de interés costo cuando se produjo sin los anchos propuestos; por otro lado, se tuvo un valor de \$0,53 para la misma variable cuando se produjo con los anchos propuestos. De manera similar con la segunda variable de interés que es el desperdicio de materia prima.

3.4.2 Propuesta de la solución 2

Antes

Para el ejemplo del pedido frecuente otorgado por el cliente en la figura 3.14, se observa que se compró 10 rollos de 750 mm para cumplir con los metros que se requerían por medida de ancho. Cada rollo madre de 750 mm cuesta \$150 para este material, por lo tanto, el costo de materia prima de este pedido fue de \$1500.

Tabla 3.26 Desperdicio en excedente de pedido 2019 (Impresiones-S.A, 2019)

ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g				
Cant de rollos	Anchos	Metros	Consumo	Desp x pedido
2	180	6000	1080	420
2	234	5000	1170	330
2	316	3000	948	552
4	330	8000	2640	360
10	750		mm de desperdicio:	1662
7500	m2			

En base a los datos obtenidos del pedido, se pudo calcular el consumo por rollo madre y el desperdicio obtenido por cada uno de ellos, es decir el excedente al particionar el rollo en la cantidad de anchos que requiere el pedido, del cual se obtuvo 1662 mm de desperdicio de ancho de materia prima.

$$\% \text{ Desperdicio} = \frac{\text{Cantidad del excedente}}{\text{Metros cuadrados total de los N rollos madre utilizados}} \quad (3.12)$$

$$\% \text{ Desperdicio} = \frac{1662 \text{ mm}}{7500 \text{ mm}^2}$$

$$\% \text{ Desperdicio} = 22.16 \%$$

Por lo tanto, el desperdicio que se obtuvo para este pedido en este tiempo fue de 22.16 %. Este mismo análisis fue aplicado para 4 pedidos más de ejemplo otorgados por el cliente, del cual se obtuvo:

Tabla 3.27 Resultados de análisis de pedidos 2019 (Chamba-Medina, 2021)

Pedido	Excedente	% Desperdicio	Cantidad de rollos pedidos	Costo de materia prima por pedido
Pedido 2	2264	33.54	9	1350
Pedido 3	1584	17.60	12	1800
Pedido 4	1736	23.15	10	1500
Pedido 5	1700	22.67	10	1500

Considerando los resultados de los 5 pedidos se obtiene:

Tabla 3.28 Resultados promedio de análisis de pedidos 2019 (Chamba-Medina, 2021)

Promedio de Excedente	1789.2 mm
Promedio de % Desperdicio	24%
Cantidad promedio de rollos que se usaron	10.2
Promedio del Costo de materia prima por pedido	\$1530

Situación Actual

En base a los resultados obtenidos del modelo de optimización aplicado en la Sección 3.2, se puede establecer que para este mismo pedido:

- ✓ El costo por el material de rollo madre de 1500 mm es de \$200, el modelo indica que se necesita 4 rollos para particionar a los anchos que se requiere, por ende, el costo de materia prima para este pedido es de \$800.
- ✓ En relación con el desperdicio, se obtuvo un excedente de 162 mm considerando todos los rollos a utilizar, generando un 2.70 % de desperdicio total para este pedido.
- ✓ Además, el modelo te indica el número de particiones con su medición de ancho correspondiente por cada rollo madre a comprar.

Así mismo, se realiza el mismo análisis para los otros pedidos 2,3,4 y 5, pero utilizando el modelo de optimización, del cual se obtiene que:

**Tabla 3.29 Resultados de análisis de pedidos aplicando modelo de optimización
(Chamba-Medina, 2021)**

Pedido	Excedente	% Desperdicio	Cantidad de rollos pedidos	Costo de materia prima por pedido
Pedido 2	14	0.31%	3	\$600
Pedido 3	84	1.13%	5	\$1000
Pedido 4	236	4.09%	4	\$800
Pedido 5	200	3.45%	4	\$800

Considerando los resultados de los 5 pedidos, se puede comparar los resultados con la situación actual.

**Tabla 3.30 Comparación de variables antes/después de implementación
(Chamba-Medina, 2021)**

Variable	Resultados sin modelo de optimización	Situación actual con el modelo de optimización
Cantidad promedio de excedente del ancho de materia prima	1789.2 mm	139.20
Porcentaje promedio de desperdicio de materia prima	24%	2.34%
Cantidad promedio de rollos a usar	10.2	4
Costo total promedio de materia prima	\$1530	\$800

Se puede observar que después de la implementación se obtuvo una reducción del excedente en promedio de 1789.2 mm de ancho a 162 mm, obteniendo un 91,05% de reducción al valor inicial.

En cuanto al porcentaje del desperdicio se obtuvo una reducción del 90.25% de desperdicio con la implementación del modelo de optimización, en esto influye también la reducción de la cantidad de rollos a utilizarse, el cual la diferencia fue de 6.2 entre ambas situaciones, por otro lado, el valor del costo de materia prima por el pedido se redujo a \$800 considerando que se compra rollos madre de 1500 mm a un valor de \$200, obteniendo un 47.71 % de disminución en los costos de materia prima en promedio por pedido.

3.4.3 Propuesta de la solución 3

Para la implementación de esta solución, se realizó primero una capacitación a los operarios que están relacionados en el proceso de la producción de las etiquetas adhesivas, sobre cómo llenar el reporte y a quién entregárselo, por el momento para la implementación se tuvo esa responsabilidad de controlar que se registre correctamente los valores, sin embargo, para las próximas revisiones se propuso que el supervisor de planta fuera el encargado de controlar y recolectar las muestras al final del día, no obstante, los operarios deben actualizar la información del reporte en el sistema, el operario que tiene la responsabilidad del último paso de la operación, tiene que completar el reporte e ir a actualizar los valores al sistema.



Figura 3.21 Capacitación a los operarios sobre el reporte Postproducción (Chamba-Medina, 2021)

Se recolectó 6 muestras durante 1 semana, incluido el día de la capacitación, del cual, al final de la semana se comparó los valores que se obtuvieron de los reportes con los valores registrados en el sistema, como se muestra en la figura 3.22:

448928	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80g - 904 EAP - KW60g/ 300 mm	65.050,0
505206	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 300mm	20.000,0
509975	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 903 EAP - KW60g/ 200 mm	30.000,0
498600	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 300 mm	507,9
507105	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 219 mm	554,8
511273	PAPEL LAM PE C1S40-12PE/ 207 mm	22,45
509377	PAPEL LAM PE C1S50-12PE/ 175 mm	19,7
493844	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 256 mm	850,0
502830	PAPEL LAM PE C1S50-12PE/ 335 mm	12,0
493107	PAPEL LAM PE C1S50-12PE/ 335 mm	20,44
456280	ADH PAPEL MAXFLEX SILVER/C2500/40#CK/ 192 mm	187,5
469089	ADH FILM SF 2.6M WH BOPP-S692N-40#/ 245 mm	318,5
507151	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 337 mm	226,4
452094	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 300 mm	293,8

En la tabla 3.31 se observa un registro manual que se llevaba a cabo en el departamento de producción donde se evidencia el código del material, SKU, la descripción que era el tipo de material; y aquella cantidad que no se encontraba registrada en el sistema o también conocida como no inventariada. Entonces, se procedió a realizar un análisis de la situación actual en comparación a la situación después de la implementación; en consecuencia, se obtuvo como resultado lo siguiente:

Tabla 3.32 Situación actual del material registrado en sistema (Chamba-Medina, 2021)

Situación Actual								
Fecha: 10 - 14 enero 2022								
SKU	Material	Cantidad Sistema	Unidad	Cantidad no inventariada	Total material	Total	Porcentaje Cantidad Sistema	Porcentaje Cantidad no inventariada
510011	LAM PET NATURALSU-272 40/ 317 mm	23094,4	m	20000	43094,4	256132,4	64%	36%
496089	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 270 mm	24988	m	20000	44988			
507159	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80g - 904 EAP - KW60g/ 300 mm	65050	m	50000	115050			
509304	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 300mm	20000	m	2000	22000			
390956	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 903 EAP - KW60g/ 200 mm	30000	m	1000	31000			
Total		163132,4	m	93000				

La tabla 3.32 mostró la situación actual de la compañía antes de implementar la solución propuesta, de tal forma que se evidencia la cantidad que se encuentra registrada en el sistema y la cantidad no inventariada del material, es decir, la que solo se encuentra en bodega, pero no en el sistema; esto a su vez, indicó un porcentaje de registro en el sistema de aproximadamente 64 %; así como un porcentaje de cantidad no inventariada de aproximadamente 36 %. Además, se constató que la compañía no mantenía un registro de sus insumos en el sistema, provocando así una desactualización del material que tenía en físico versus el material que mantenía en el sistema.

Los valores que se mostraron en la tabla 3.32 acorde a la cantidad en el sistema son aquellos valores o datos que se encuentran registrados en el software de la compañía CERM como se muestra en la siguiente figura.

Substrate																																							
General																																							
Image	Keyword	Supplier	Description 1	Gamma	Color	Width	Grain director	ID	Unit	In stock																													
Substrate : ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g (1 record(s))																																							
	ADH PAPEL T ANDIPA	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - K	140,00	270 mm		109757	meter			24.988																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>109757</th> <th>ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 270 mm</th> <th>Supplier</th> <th>ANDIPAPEL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>ADH PAPEL TT 904E</td> <td>ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										ID	109757	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 270 mm	Supplier	ANDIPAPEL		ADH PAPEL TT 904E	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g																						
ID	109757	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 270 mm	Supplier	ANDIPAPEL																																			
	ADH PAPEL TT 904E	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SKU</th> <th>Ref. at supplie</th> <th>Stock</th> <th>Stock local</th> <th>Delivery date</th> <th>Comment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>496089</td> <td>496089</td> <td>1.000,00 m</td> <td>BODEGA</td> <td>13/10/2021</td> <td>14626-221181</td> </tr> <tr> <td>496090</td> <td>496090</td> <td>1.000,00 m</td> <td>BODEGA</td> <td>13/10/2021</td> <td>14626-221181</td> </tr> <tr> <td>496091</td> <td>496091</td> <td>1.000,00 m</td> <td>BODEGA</td> <td>13/10/2021</td> <td>14626-221181</td> </tr> <tr> <td>496092</td> <td>496092</td> <td>1.000,00 m</td> <td>BODEGA</td> <td>13/10/2021</td> <td>14626-221181</td> </tr> </tbody> </table>										SKU	Ref. at supplie	Stock	Stock local	Delivery date	Comment	496089	496089	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181	496090	496090	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181	496091	496091	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181	496092	496092	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181
SKU	Ref. at supplie	Stock	Stock local	Delivery date	Comment																																		
496089	496089	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181																																		
496090	496090	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181																																		
496091	496091	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181																																		
496092	496092	1.000,00 m	BODEGA	13/10/2021	14626-221181																																		

Figura 3.23 Cantidad de material registrado en el sistema – situación actual (Impresiones-S.A, 2019)

Se tomó en consideración la data de registro de la tabla 3.31 a fin de tener trazabilidad de los materiales que se consumen de manera semanal de tal forma que se tenga la siguiente tabla.

Tabla 3.33 Registro de material no inventariado a posteriori (Impresiones-S.A, 2019)

Registro del inventario de la semana del 17 al 21 de enero 2022		
SKU	Descripción	Cantidad no inventariada (m)
446578	ADH FILM PPBB65-P4-G62/ 230 mm	463,5
468587	ADH PAPEL T77 - P4 - G62/ 250 mm	382,2
510841	ADH FILM GLOBAL MDO CL TC/S692N/PET23/ 290 mm	750,0
489278	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 360 mm	726,2
487544	LAM PET NATURALSU-272 40/ 330 mm	25.559,0
450327	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 360 mm	14.726,2
493148	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80g - 904 EAP - KW60g/ 363 mm	48.407,0
496125	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 180mm	10.638,9
493885	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 903 EAP - KW60g/ 200 mm	160.252,7

489021	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 250 mm	900,0
500155	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80G-904EAP- KW60G/ 280 mm	800,0
478570	ADH FILM PP MATT WHITE TTR -AP903 - WG62/ 210 mm	485,3
500307	ADH PAPEL TT TTC-S2501-40#CK/ 276 mm	446,9
465415	ADH PAPEL TT TTC-S2501-40#CK/ 236 mm	615,8
480214	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 276 mm	938,2
501770	ADH FILM PPT50-P1-G62/ 180 mm	434,2
480769	ADH FILM SF 2.6M WH BOPP-S692N-40#/ 165 mm	500,0
492397	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 901 EAP - KW60g/ 181 mm	750,0
473625	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 903 EAP - KW60g/ 210 mm	767,5
480204	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 270 mm	895,2

Adicional a ello, se evidenció un registro en el software de la compañía conocido como CERM en cuanto al material que se encontraba registrado en el sistema.

Substrate											
General											
Image	Keyword	Supplier	Description 1	Gramma	Color	Width	Grain director	ID	Unit	In stock	
	ADH PAPEL T ANDIPAI	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - K		140,00		347 mr		109861	meter	0	
	ADH PAPEL T ANDIPAI	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - K		140,00		350 mr		109870	meter	0	
	ADH PAPEL T ANDIPAI	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - K		140,00		360 mr		110595	meter	14.726,2	
ID		110824		ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 337 mm				Supplier ANDIPAPEL			
		ADH PAPEL TT 904E		ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g							
Image Stock											
SKU	Ref. at supplie	Stock	Stock local	Delivery date	Comment						
511203	511203	1.000,00 m	BODEGA	24/1/2022	Fact.15162						
511204	511204	1.000,00 m	BODEGA	24/1/2022	Fact.15162						
511205	511205	1.000,00 m	BODEGA	24/1/2022	Fact.15162						
511206	511206	1.000,00 m	BODEGA	24/1/2022	Fact.15162						

Figura 3.24 Cantidad de material registrado en el sistema – situación después de la implementación (Impresiones-S.A, 2019)

Una vez implementada el formato post producción, se evidenció una mejora a nivel sistema del consumo de material cuyas unidades están en metros donde se dio como resultado la siguiente tabla de la situación después de la implementación.

Tabla 3.34 Situación después de la implementación del material registrado en sistema (Chamba-Medina, 2021)

Situación después de la Implementación								
Fecha: 17 - 25 enero 2022								
SKU	Material	Cantidad Sistema	Unidad	Cantidad no inventariada	Total material	Total	Porcentaje Cantidad Sistema	Porcentaje Cantidad no inventariada
510302	LAM PET NATURALSU-272 40/ 330 mm	25559	m	2500	28059	325083,8	80%	20%
511203	ADH PAPEL TT TOP 70g - 904 EAP - KW60g/ 360 mm	14726,2	m	8000	22726,2			
469261	ADH PAPEL SEMIBRILLO 80g - 904 EAP - KW60g/ 363 mm	48407	m	4000	52407			
448933	ADH FILM PPMP50-P1-G62/ 180mm	10638,9	m	1000	11638,9			
390956	ADH PPBB CAVITADO TOP 60u - 903 EAP - KW60g/ 200 mm	160252,7	m	50000	210252,7			
Total		259583,8	m	65500				

La tabla 3.34 muestra la situación a posteriori tras haber implementado la solución propuesta donde se evidenció un porcentaje en cuanto al registro del material en el sistema de aproximadamente el 80%, no obstante, el porcentaje de cantidad no inventariada fue de aproximadamente 20%. Por lo tanto, se observa que se mejoró la actualización del sistema en un 25%, provocando a su vez una reducción en el material no inventariado en un 44,44 % aproximadamente.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Al determinar un ancho frecuente que cumple con las especificaciones del cliente y que se ajusta a las configuraciones del material en la máquina, se reduce el desperdicio de su utilización en la producción, obteniendo un 31% menos del costo del desperdicio de materia prima por kilogramo producido.
- Ya que, al tener la asignación de cortes para el rollo madre por pedido, mediante el modelo de optimización propuesto, se redujo el desperdicio del excedente promedio por rollo a un 91.05%, el impacto es grande debido a que, al aplicar el modelo, por consecuente se reduce la cantidad de rollos a usarse, por ende, también el costo promedio de materia prima disminuye un 47,71%.
- Al mantener un control de la cantidad de material que realmente se utiliza después de cada orden de producción, incita al operario a actualizar estos valores en el sistema, después de la implementación se reflejó un aumento del 25% de registros actualizados de materia prima en bodega.

4.2 Recomendaciones

- Los anchos estándar deben estar actualizados en base a la fluctuación de los anchos más usados acorde a una demanda altamente variable de tal forma que se tengan nuevos anchos propuestos para ayudar a reducir el desperdicio descrito.
- Se propone mejorar el modelo de optimización empleando los lenguajes de programación RStudio o Python con el fin de ampliar la utilización del modelo en su totalidad, adicional a ello, analizar la mayoría de los datos posibles.
- Se recomienda entrenar a los operadores constantemente debido a que muchas de las operaciones e inclusive decisiones son hechas en planta de tal forma que, la elaboración de las diferentes familias de productos depende de ellos. Así mismos, se propone utilizar la metodología Six Sigma para futuros proyectos en la organización del espacio del inventario.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbey, K. J., & Zalucha, D. J. (2017). The chemistry of structural adhesives: epoxy, urethane, and acrylic adhesives. In Riegel's Handbook of Industrial Chemistry (pp. 726–754). Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-0-387-27843-8_14
- Abbey, K. J., & Zalucha, D. J. (2017). The chemistry of structural adhesives: epoxy, urethane, and acrylic adhesives. In Riegel's Handbook of Industrial Chemistry (pp. 726–754). Retrieved from: https://doi.org/10.1007/978-0-387-27843-8_14
- American Chemistry Council. (2022). ACC. Retrieved from: <https://www.americanchemistry.com/>
- Griffin, A. and Hauser, J.R. (1993) The voice of the customer. *Marketing Science*, 12 (3), 1–27.
- Máxima, S. (2021). Materia prima. Significados. Retrieved from: <https://www.significados.com/materia-prima/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2004). Guía ambiental sector plásticos, Bogotá, Colombia.
- Packsys Academy (2013). Película Termoencogible: Conceptos Básicos - Packsys Academy. Retrieved from: <http://www.packsys.com/blog/pelicula-termoencogible-conceptos-basicos/>
- White, A. (2012). Labels for packaging. *Packaging Technology*, 1, 395–407. Retrieved from: <https://doi.org/10.1533/9780857095701.2.395>

APÉNDICES



Apéndice A Aplicación de Gemba para la solución propuesta 1

SANTA PAISCILA
DEF 191862

FECHA:	TORNOS:	OPERARIO:		
10/01/2023	SUPERVISOR	Luis Choce / Alas Choque L. Choce / Alas Choque		
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Eg. Producción:				
Etiquetas de muestra prima:				
Dimensión del ancho de la materia prima:				
Número de rollos utilizados:				
Máquina Impresora:				
Código de identificación de muestra prima:				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
HSW				
Calidad				
Desempeño				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Novedades
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 02			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07	7.800	F. B. DAVO L. CHOCE	
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 03			
OBSERVACIONES				
SOLICITUD DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos ingresados a bodega:		S/N 2.000 UN		
Total de kg de materia prima ingresados a bodega:		S/N 70.600 CLG		
		P9		

Apéndice B Muestra 1 de la implementación del reporte Post-Producción.

OHARSA S.A
OF # 191873

FECHA	TURNO	SUPERVISOR	OPERARIO	
11/11/2012	3	L. FERNANDEZ	L. VARELA	
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producción:				
Tipo de materia prima:				
Dimensión del ancho de la materia prima:				
Número de rollos utilizados:				
Metros impresos:				
Kg de desperdicio de materia prima:				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
H&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Notas
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07	17.000	L. VARELA	
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos ingresados a bodega:				
Total de kg de materia prima ingresados a bodega:				

Apéndice C Muestra 2 de la implementación del reporte Post-Producción.

Santa Piedad.
OF 191873

L. VARELA

FECHA	TURNO	SUPERVISOR	OPERARIO	
11/09/2012	3	L. FERNANDEZ	LUIS PEREZ	
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producción:				
Tipo de materia prima:				
Dimensión del ancho de la materia prima:				
Número de rollos utilizados:				
Metros impresos:				
Kg de desperdicio de materia prima:				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
H&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Notas
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04	30000	LUIS PEREZ	
	IMPRESORA 09			
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos ingresados a bodega:				
Total de kg de materia prima ingresados a bodega:				

Apéndice D Muestra 3 de la implementación del reporte Post-Producción.

OF. 192764

FECHA:	TURNO:	OPERARIO:		
24/1/23	1	R. Nappa		
SUPERVISOR: C. Nogue				
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producidos: 863,30				
Tipo de materia prima: 201104 "MATT WHITE AP403 DT"				
Dimensión del ancho de la materia prima: 230-330				
Número de rollos utilizados: 89 Rollos				
Metros impresos: 23.250				
Kg de desperdicio de materia prima: 33,00 Estruct. 6,90 → TOTAL 39,90				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
HS&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Novedades
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07	23.250	R.N.	
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos Ingresados a bodega:				
Total de kg de materia prima Ingresados a bodega:				

Apéndice E Muestra 4 de la implementación del reporte Post-Producción.

FECHA:	TURNO:	OPERARIO:		
28/01/2023	1	L. Choc		
SUPERVISOR: F. ESTRELLA				
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producidos: 537				
Tipo de materia prima: PAPER TT TOP 706-904EAP				
Dimensión del ancho de la materia prima: 3,33				
Número de rollos utilizados: 1700				
Metros impresos: 200 PROCESO ESTRUCTURAL 5,65				
Kg de desperdicio de materia prima:				
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
HS&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Novedades
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07	1700	L. Choc	S/N
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos Ingresados a bodega:				
Total de kg de materia prima Ingresados a bodega: 533,87 METROS				

Apéndice F Muestra 5 de la implementación del reporte Post-Producción

FECHA:	TURNO:	II	OPERARIO:	L.CHOEZ
25/01/2022	SUPERVISOR:	E. BUSTAMANTE		
REPORTE POST-PRODUCCIÓN				
Kg. Producidos:		6.850 KG		
Tipo de materia prima:		Papel II TOP 706-904 EDP		
Dimensión del ancho de la materia prima:		337		
Número de rollos utilizados:		2 Rollos		
Metros impresos:		3600 Metros		
Kg de desperdicio de materia prima:		5.00 ESTRUCTURAL	2.00 PROCESO	
NOVEDADES DE DEPARTAMENTO				
HS&W				
Calidad				
Desarrollo				
Proceso	Máquina	Metros producidos por máquina	Operario	Novedades
REFILADO TRANSPARENTE	REFILADORA 01			
IMPRESIÓN Y TROQUELADO	IMPRESORA 04			
	IMPRESORA 07	3600	L.CHOEZ	S/N
REFILADO IMPRESO	REFILADORA 02			
OBSERVACIONES				
SOBRANTE DE MATERIA PRIMA				
Total de rollos ingresados a bodega:		263.26 METROS		
Total de kg de materia prima ingresados a bodega:				

Apéndice G Muestra 6 de la implementación del reporte Postproducción