

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN UNA EMPRESA DE
SERVICIOS DE DECORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE TEXTILES
UTILITARIOS APLICANDO HERRAMIENTAS DE LEAN SIX SIGMA
Y GESTIÓN DE INVENTARIOS**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial que presentan los
bachilleres:

Carlos Salvador Trujillo Delgado
Andrea Caballero Castillo

Asesor: Mg. Eduardo Carbajal López

Lima, Noviembre del 2020

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo diagnosticar y brindar propuestas de mejora para los procesos de fabricación y almacenamiento de *rollers* en una empresa de servicios de decoración y producción de textiles utilitarios aplicando la metodología de *Lean Six Sigma* e implementando una adecuada Gestión de Inventarios, para finalmente determinar la viabilidad técnica y económica de dichas contramedidas. En el diagnóstico de la situación inicial, se evidenciaron tres problemas que generaban el impacto económico más significativo.

El primer problema era la baja productividad por hora-hombre, a raíz de la existencia de demoras prolongadas en tres procesos relevantes que generaba que no se satisfaga el *takt time* requerido. Por lo tanto, se estimó conveniente recurrir a la metodología *Lean Manufacturing* en base a su marco de referencia de supresión de *mudas*. Se desarrolló el Mapa de flujo de valor actual ya que, a partir de este, se detectaron cuatro *mudas* generadas en las operaciones y, además, se aplicaron las 5S y la estandarización del proceso de corte de accesorios. En el caso de las 5S, se abarcó tres áreas del taller e impactó directamente en la disminución de los tiempos de *change over* de dos operaciones en 44% respecto a su valor inicial. Por otro lado, la estandarización de la operación de corte generó una mejora en el tiempo de ciclo y *change over*, a razón del 26% y 11% respectivamente en comparación al valor base.

El segundo problema era que el abastecimiento reactivo de accesorios generaba roturas de stock de dichos componentes, lo cual origina una desviación considerable en las existencias de la empresa. Para contrarrestar esta problemática, se desarrolló un modelo predictivo de demanda bajo el método Holt Winter, que permitió proyectar la demanda del 2022, año en que se iniciaría la producción con todas las propuestas implementadas. Asimismo, se realizó la clasificación ABC de los accesorios y se optó por utilizar la revisión periódica para su abastecimiento en base a dicha clasificación. Por otra parte, para mejorar el indicador ERI, se vio conveniente la puesta en práctica del conteo cíclico mediante un sistema de tolerancias y el uso de un formato de control, lo cual conduciría a que el indicador alcance el 99%.

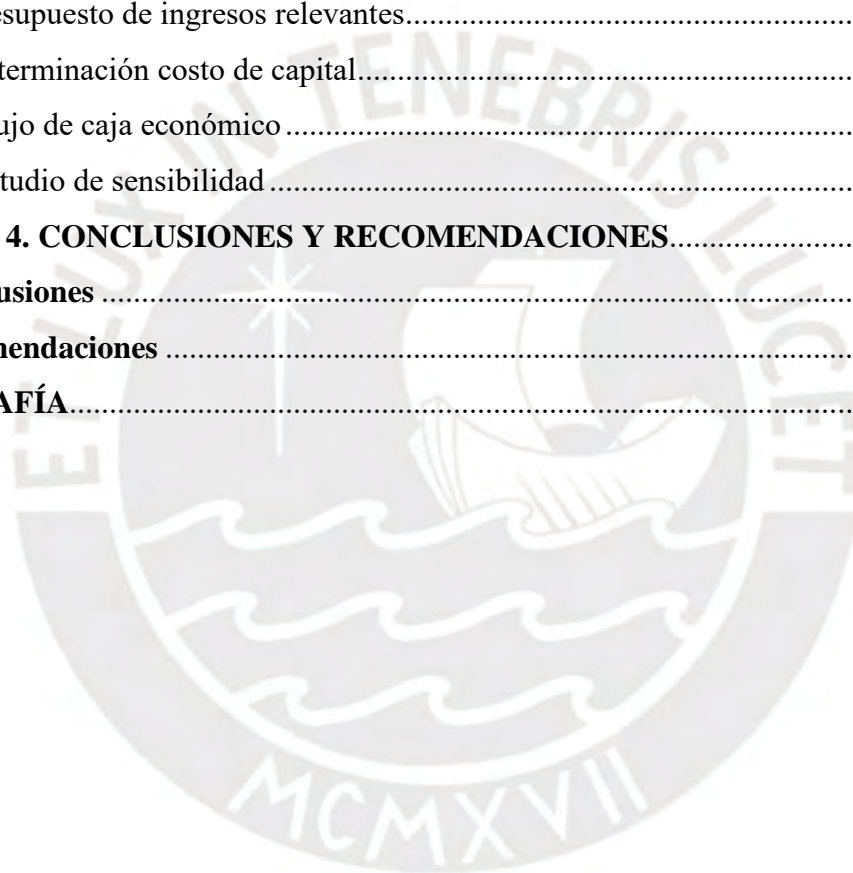
El último problema relevante identificado era el desperdicio de tela en la fabricación. A fin de incrementar el nivel de eficiencia en su consumo, se hizo uso del ciclo de mejora continua DMAIC. Las fases de mejora y control contribuyeron a arribar a las siguientes medidas: desarrollo de una base de datos para monitorear los pedidos y consumo en planta, establecimiento de un plan de capacitación en estrategias para optimizar el aprovechamiento, decisión de maquilar ítems con características poco frecuentes y el control iterativo de estas medidas mediante cartas de control. Como resultado de su aplicación, se espera un incremento de 14% en la eficiencia del uso de la tela.

Finalmente, para la evaluación económica, se estimaron los flujos de ingresos y egresos para un horizonte de cinco años, considerando que estos últimos tendrán un financiamiento sustentado totalmente en capital propio. Es así que, con una inversión inicial de S/. 26,480, se obtiene un beneficio total de S/.50,557 y una tasa interna de retorno de 85%. Adicionalmente, mediante la simulación de Montecarlo, se validó que, para cualquier escenario evaluado al alterar cinco variables influyentes, el VAN y la TIR garantizan la viabilidad del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.1.1 La empresa.....	1
1.1.2 Productos y servicios.....	2
1.1.3 Los clientes.....	3
1.1.4 Los proveedores.....	4
1.1.5 Estructura Organizacional.....	4
1.1.6 Análisis coyuntural.....	5
1.2 Diagnóstico.....	6
1.2.1 Mapeo de procesos.....	7
1.2.2 Gestión de indicadores.....	13
1.2.3 Priorización de problemas.....	18
1.2.4 Análisis de causas.....	19
1.2.5 Selección de contramedidas.....	25
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE MEJORA.....	27
2.1. Propuesta 1: Implementación de herramientas propias de la filosofía Lean Manufacturing para asegurar la estabilidad operacional.....	27
2.1.1. Mapa de flujo de valor actual.....	27
2.1.2. Identificación de mudas.....	28
2.1.3. Selección de herramientas.....	29
2.1.4. Aplicación de herramientas.....	30
2.1.5. Mapa de flujo de valor futuro.....	49
2.2. Propuesta 2: Aplicación de técnicas de gestión de inventarios para optimizar el abastecimiento y almacenamiento.....	50
2.3. Propuesta 3: Uso del ciclo de mejora DMAIC de la metodología Six Sigma para optimizar el aprovechamiento de recursos.....	61
2.3.1. Definir.....	61
2.3.2. Medir.....	65
2.3.3. Analizar.....	69
2.3.4. Mejorar.....	71

2.3.5. Controlar.....	77
2.4. Cronograma de implementación de propuestas.....	79
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	81
3.1 Evaluación técnica.....	81
3.1.1. Propuesta de mejora: Lean Manufacturing.....	81
3.1.2. Propuesta de mejora: Gestión de Inventarios.....	82
3.1.3. Propuesta de mejora: Six Sigma.....	84
3.2 Evaluación económica.....	85
3.2.1 Presupuesto de egresos relevantes.....	85
3.2.2 Presupuesto de ingresos relevantes.....	88
3.2.3 Determinación costo de capital.....	90
3.2.4. Flujo de caja económico.....	92
3.2.5. Estudio de sensibilidad.....	93
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1. Conclusiones.....	95
4.2. Recomendaciones.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cadena de Suministro de la empresa.....	2
Figura 1.2. Estor, Roller y Mantenimiento de Persianas (de izquierda a derecha)	3
Figura 1.3 Matriz de posicionamiento	3
Figura 1.4. Segmentación	4
Figura 1.5. Organigrama general de la empresa	4
Figura 1.6. Nivel anual de ventas en el periodo 2015-2018.....	5
Figura 1.7. Impactos sobre el EBITDA al 2018.....	5
Figura 1.8. Evolución del Gasto en Textiles para el Hogar	6
Figura 1.9. Mapa de Macroprocesos.....	7
Figura 1.10. Mapa de nivel 1 del proceso de Producción.	9
Figura 1.11. Participación relativa en Ventas del Macroproceso de Producción.....	9
Figura 1.12. Mapa de nivel 1 del proceso de Gestión de Compras y Almacenamiento.....	10
Figura 1.13. Flujograma del Proceso de Elaboración de Rollers.	12
Figura 1.14. Flujograma del proceso de Planificación de Compras y Almacenamiento	13
Figura 1.15. Evolución del FPY en la fabricación de rollers.	15
Figura 1.16. Evolución de la productividad por hora-hombre.	16
Figura 1.17. Evolución del takt time.....	16
Figura 1.18. Evolución de las roturas de stock.	17
Figura 1.19. Diagrama de Pareto de los problemas valorizados.	19
Figura 1.20. Diagrama de Ishikawa del problema debido a la ineficiencia de telas.	20
Figura 1.21. Diagrama de Ishikawa del problema debido a las roturas de stock.	20
Figura 1.22. Diagrama de Ishikawa del problema debido a la baja productividad.	21
Figura 1.23. Análisis de 5 porqués para la causa del desperdicio de telas.....	22
Figura 1.24. Análisis de 5 porqués para la causa de las roturas de stock.....	23
Figura 1.25. Análisis de 5 porqués para la causa de las roturas de stock.....	23
Figura 1.26. Análisis de 5 porqués para la causa de la baja productividad.....	24
Figura 1.27. Análisis de 5 porqués para la causa de la baja productividad.....	24
Figura 2.1. Mapa de flujo de valor actual de la empresa DDM	28
Figura 2.2. Radar de cumplimiento de principios 5S.....	32
Figura 2.3. Rotulado	33
Figura 2.4. Distribución inicial y planteada para luminarias.	34
Figura 2.5. Pautas para organización de objetos necesarios	34
Figura 2.6. Ubicación planteada para Máquina de Coser y Accesorios.....	35
Figura 2.7. Ubicación planteada para Remalladora y Accesorios.	35
Figura 2.8. Disposición de objetos en Armario con Niveles.....	35
Figura 2.9. Disposición de objetos en Mueble con Niveles.	36
Figura 2.10. Disposición de objetos en Estante.	36
Figura 2.11. Disposición de objetos en Estante.	36
Figura 2.12. Disposición de objetos en Mueble.....	37
Figura 2.13. Disposición de tela sobrante.	37
Figura 2.14. Disposición de escaleras, estantes y cortadora del Patio.	37
Figura 2.15. Carretilla elevadora manual.....	38
Figura 2.16. Disposición de contenedores y recipientes para residuos sólidos.....	39
Figura 2.17. Localización inicial y propuesta de enchufes.	40

Figura 2.18. Gantt de auditorías 5S.....	40
Figura 2.19. Radar de cumplimiento de principios 5S post-implementación.	42
Figura 2.20. Diagrama de Operaciones Inicial.....	43
Figura 2.21. Señalética a implementar.....	45
Figura 2.22. Estructura de Mecanismo/ Guía para la barabaja, tubo y vena (de izquierda a derecha) .	45
Figura 2.23. Depósito de Viruta.....	45
Figura 2.24. Manual de Uso Operativo de Cortadora Eléctrica	46
Figura 2.25. Diagrama de Operaciones Final	47
Figura 2.26. Mapa de flujo de valor futuro de la empresa DDM.....	49
Figura 2.27. Gráfico del comportamiento de la Demanda.	50
Figura 2.28. Gráfico de dispersión de la demanda desestacionalizada.	52
Figura 2.29. Curva de Ítems vs % del Valor de Uso acumulado.	54
Figura 2.30. Formato de conteo cíclico.....	60
Figura 2.31. Diagrama SIPOC del proceso de trazado	62
Figura 2.32. Diagrama del proceso de trazado.....	63
Figura 2.33. Diagrama CTQ del proceso de trazado.....	63
Figura 2.34. Diagrama SIPOC del proceso de corte	63
Figura 2.35. Diagrama del proceso de corte	64
Figura 2.36. Diagrama CTQ del proceso de corte	65
Figura 2.37. Prueba de Normalidad del Ancho de los Rollers.....	65
Figura 2.38. Prueba de Normalidad del Ratio de Aprovechamiento de Tela.....	66
Figura 2.39. Carta de control X-R para ratio de aprovechamiento de tela.....	67
Figura 2.40. Pareto de Causas de Desaprovechamiento de Tela.....	67
Figura 2.41. Carta de control X-R en estado estable.....	68
Figura 2.42. Diagrama de Ishikawa	69
Figura 2.43. Registro de rollos y excedentes.	72
Figura 2.44. Formulario para registro de órdenes de producción.	72
Figura 2.45. Esbozo de orden de producción.	72
Figura 2.46. Tablero de control de la Eficiencia.....	73
Figura 2.47. Stickers de fondo blanco con código de rollo.....	73
Figura 2.48. Stickers de fondo blanco con largo disponible y ancho del rollo	74
Figura 2.49. Embolsado de excedente	74
Figura 2.50. Stickers de fondo blanco con código de excedente	75
Figura 2.51. Formato de registro de excedentes	75
Figura 2.52. Formato de órdenes de rollers	75
Figura 2.53. Histograma de Anchos Simulados.....	76
Figura 2.54. Comparación de cartas de control: inicial (superior) y post-implementación (inferior) ..	78
Figura 2.55. Curva de operación característica.....	78
Figura 2.56. Cronograma de implementación.....	80
Figura 3.1. Curva de Intercambio: nivel de inventario vs cantidad de órdenes	83
Figura 3.2. Histograma de resultados para el VAN del proyecto.	93
Figura 3.3. Histograma de resultados para la TIR del proyecto.....	94
Figura 3.4. Coeficientes de correlación de cada factor respecto a los indicadores.	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Escala para cuantificar relación con criterios.	8
Tabla 1.2. Matriz de Priorización de Macroprocesos.	8
Tabla 1.3. Matriz de Priorización de Subprocesos.....	10
Tabla 1.4. Materiales consumidos para la fabricación de rollers.	11
Tabla 1.5. Tabla de indicadores propuestos en los procesos priorizados.....	14
Tabla 1.6. Problemas identificados.	17
Tabla 1.7. Variables valorizadas.	18
Tabla 1.8. Matriz de priorización de causas para el problema de desperdicio de telas.....	21
Tabla 1.9. Matriz de priorización de causas para el problema de rotura de stock.	21
Tabla 1.10. Matriz de priorización de causas para el problema de rechazos del cliente.....	22
Tabla 1.11. Resumen de causas raíces.	24
Tabla 1.12. Ranking de factores FACTIS.....	26
Tabla 1.13. Matriz de valoración de factores.....	26
Tabla 2.1. Contramedidas propuestas.	27
Tabla 2.2. Costo de oportunidad por MUDA.....	29
Tabla 2.3. Matriz de cruces.	30
Tabla 2.4. Auditoría 5S.....	31
Tabla 2.5. Clasificación de objetos.	33
Tabla 2.6. Matriz de responsabilidades de la Sección 1.	38
Tabla 2.7. Matriz de responsabilidades de la Sección 2.	38
Tabla 2.8. Matriz de responsabilidades del Patio.....	39
Tabla 2.9. Colores por tipo de residuo.	39
Tabla 2.10. Auditoría 5S post-implementación.	41
Tabla 2.11. Estimación de demanda.	44
Tabla 2.12. Cálculo del Takt Time.	44
Tabla 2.13. Tiempo estándar de cada tarea antes y después de la estandarización.....	48
Tabla 2.14. Cuadro de resultados antes y después de la implementación de Lean.	49
Tabla 2.15. Demanda histórica mensualizada de rollers.....	50
Tabla 2.16. Parámetros y estadísticos de eficacia de cada modelo.....	51
Tabla 2.17. Factores estacionales por mes del set de Inicialización.	51
Tabla 2.18. Entrenamiento del modelo y cálculo de error.	52
Tabla 2.19. Costo Unitario y equivalencia del Producto Terminado.....	53
Tabla 2.20. Demanda proyectada del 2022.....	53
Tabla 2.21. Consumo y Valor de Uso de cada ítem.....	54
Tabla 2.22. Clasificación ABC.	54
Tabla 2.23. Parámetros para cálculo del Lote Económico de Compra.	55
Tabla 2.24. Cálculo del EOQ por ítem.....	56
Tabla 2.25. Cálculo del periodo entre órdenes.....	56
Tabla 2.26. Cálculo de periodo entre órdenes de Política PO2.....	57
Tabla 2.27. Cálculo del costo relevante para la política PO2.	57
Tabla 2.28. Punto de reorden para un sistema continuo.	58
Tabla 2.29. Cálculo de parámetros para el Sistema Periódico.....	59
Tabla 2.30. Costo Relevante Anual para Sistema Adoptado.	59
Tabla 2.31. Tolerancias por clase de artículo.....	60
Tabla 2.32. Tolerancias y Periodicidad de Conteo por Accesorio.....	60

Tabla 2.33. Formato Adaptado para Contabilización de Inventario.	61
Tabla 2.34. Matriz de priorización de causas.....	71
Tabla 2.35. Largo promedio de excedentes con ancho menor a 1 metro.....	74
Tabla 2.36. Sobrecosto generado al fabricar los <i>rollers</i> especificados.....	76
Tabla 2.37. Sobrecosto generado al maquilar los <i>rollers</i> especificados.....	77
Tabla 2.38. Lista de verificación a utilizar.....	79
Tabla 3.1. Porcentaje de madurez alcanzado por cada S.	81
Tabla 3.2. Variación del tiempo de C/O en el Trazado y Ensamblaje.....	81
Tabla 3.3. Variación del tiempo de CT y C/O en el Corte de accesorios.	82
Tabla 3.4. Métricas de pronóstico.....	82
Tabla 3.5. Porcentaje de ERI post-implementación de conteo cíclico.....	83
Tabla 3.6. Valores de inventario anual.	84
Tabla 3.7. Generación de capacidad adicional.....	84
Tabla 3.8. Cálculo del valor esperado de la Eficiencia.....	85
Tabla 3.9. Cálculo del ahorro de tela.	85
Tabla 3.10. Presupuesto de egresos por implementación de 5S.	86
Tabla 3.11. Presupuesto de egresos por la estandarización del proceso de corte.....	87
Tabla 3.12. Presupuesto de egresos por implementación de la Gestión de inventarios.....	87
Tabla 3.13. Presupuesto de egresos por implementación de Six Sigma.....	88
Tabla 3.14. Presupuesto de egresos por cinco años.....	88
Tabla 3.15. Ahorros obtenidos por la implementación de 5S y Estandarización.....	89
Tabla 3.16. Escudo tributario generado por la depreciación de carretilla elevadora.....	89
Tabla 3.17. Ahorros en costo logístico.....	89
Tabla 3.18. Ahorro por el incremento de la eficiencia de Telas.....	90
Tabla 3.19. Potencial ahorro e ingresos consolidados por año.....	90
Tabla 3.20. Proporción de caja respecto al valor de la empresa.....	91
Tabla 3.21. Beta con ajuste por caja.....	91
Tabla 3.22. Parámetros de prima de riesgo y riesgo país.....	92
Tabla 3.23. Flujo de caja del proyecto.....	92
Tabla 3.24. Indicadores financieros del proyecto.....	92

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO

En el capítulo 1 se realizará la descripción de la empresa en estudio para entender sus componentes internos y entorno. Posteriormente, se dará a conocer, a través de un diagnóstico, los procesos determinados a estar afectos a las mejoras que se plantearán en la siguiente sección.

1.1. Descripción

A continuación, se ahondará en la descripción de la empresa, incluyendo la historia de la misma, su perfil organizacional, y el detalle de los productos y servicios que ofrecen. Adicionalmente, se describirán a los actores con los que interactúa la empresa y la situación actual por la que atraviesa incluyendo su participación de mercado y nivel de ventas.

1.1.1 La empresa

El presente estudio será realizado en una pequeña empresa que ofrece una gama de bienes y servicios que incluyen la venta de cortinas y alfombras, mantenimiento de muebles, tapizados y pintura en general. Además, se dedican a la fabricación y venta de *rollers* (cortinas enrollables) con control manual o sistema inteligente a control remoto y estores (cortinas plegables) de control manual. El taller de manufactura se encuentra ubicado en el distrito de Chorrillos y dispone de un área de aproximadamente 282 metros cuadrados; y, adicionalmente, cuentan con un *showroom* en el que comercializan sus productos, el cual se encuentra ubicado en el distrito de San Borja, Lima.

La empresa inició sus operaciones bajo otra razón social el 22 de agosto de 1997 y se dedicaba principalmente al lavado de uniformes y alfombras; sin embargo, a medida que pasaron los años, dejaron ese negocio y vieron la oportunidad de incursionar en el mantenimiento de muebles. Debido a su éxito, ampliaron su oferta de servicios y comenzaron a fabricar sus propios productos: *rollers* y estores. Finalmente, el 12 de agosto del 2014 cambiaron de razón social a una que se adecuara al nuevo concepto que tenían como empresa.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), publicada por la División de Estadística del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, el giro de negocio de la empresa se asocia a los siguientes códigos:

- 1721: “Fabricación de artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir” bajo el subgrupo de accesorios para el hogar.
- 5239: “Venta al por menor de otros productos en almacenes especializados”.
- 7499: “Otras actividades empresariales n.c.p.” bajo el subgrupo de actividades de decoración de interiores.
- 9301: “Lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, incluso la limpieza en seco”.

Asimismo, debido a su tamaño actual, no se ha realizado la segregación de sus actividades en Unidades Estratégicas de Negocio (UEN) con objetivos diferenciados, por lo que su planeamiento y gestión estratégicos son aplicados a nivel general.

Como se muestra en la Figura 1.1., la empresa cuenta con una cadena de suministro tradicional, pues el flujo de información para su funcionamiento es directo, no se evidencia una integración vertical y el proceso de transición entre el abastecimiento, fabricación y distribución no es complejo.



Figura 1.1. Cadena de Suministro de la empresa

El perfil de la empresa consta de la misión, que busca describir el fin que persigue la empresa de cara al cliente, y la visión, que brinda a sus trabajadores la visibilidad de lo que buscan alcanzar; ambas se detallan a continuación.

a) Misión

“Otorgar satisfacción y comodidad a nuestros clientes a través de una atención minuciosa. Enfocarnos en el servicio y en brindar al cliente una experiencia distinta y más participativa a través de una mayor calidez interpersonal”.

La empresa busca trabajar de la mano con el cliente para brindarle exactamente lo que requiere, de esta manera la relación empresa-cliente se construye y se mantiene. Esta forma de trabajar ha sido clave en la empresa a lo largo de los años que tiene en funcionamiento, pues le ha permitido generar una cartera con alta fidelización.

b) Visión

“Ser reconocida como una empresa líder en el mercado peruano de diseño, acabados y mobiliario para interiores de todo tipo de ambientes. Brindar soluciones y productos diferenciados que ofrezcan funcionalidad y confort.”

Con la ampliación de sus canales de contacto con clientes, la empresa apunta a alcanzar un mejor posicionamiento en el mercado. Sin embargo, en la actualidad, la competencia del sector incrementa cada vez más siendo el mayor riesgo las importaciones asiáticas de productos de confección a bajo precio; por lo cual, la empresa se verá en la necesidad de generar estrategias que le permitan afrontar esta situación y continuar persiguiendo su visión.

A fin de comprender sus actividades, se brindará un mayor grado de detalle acerca de su cartera de productos y servicios, clientes, proveedores, estructura organizacional y situación actual.

1.1.2 Productos y servicios

A continuación, se brindará una descripción de los principales productos y servicios que la empresa ofrece:

a) Productos:

- **Roller:** Los *rollers* son un tipo de cortina enrollable de manera vertical mediante un mecanismo que puede ser utilizado de manera manual o automática con un motor, de acuerdo a lo solicitado. Las medidas serán también especificadas por el cliente, así como el tipo de tela a emplear, la cual puede ser *screen*, compacta o *blackout* (con un factor de opacidad del 100%). Su instalación puede realizarse directamente en el techo o en la pared según sea necesario.
- **Estor:** El estor es un tipo de cortina plegable de manera vertical mediante un mecanismo de cuerdas y con varillas horizontales. El tipo de tela a utilizar dependerá de las especificaciones solicitadas por el cliente y se contemplan 2 posibilidades: tejido tapasol y *blackout*.

b) Servicios:

- **Mantenimiento de cortinas:** Consta del mantenimiento de todo tipo de cortinas, incluidas las mencionadas anteriormente. En cuanto a la frecuencia de los pedidos, tienden a producirse en 2 ocasiones por año y las principales causas para su ejecución son la humedad e imperfecciones propias del material del cual están hechas.
- **Mantenimiento de persianas:** Limpieza y cambio de componentes defectuosos en las persianas. Se trabaja con persianas verticales y horizontales.

Los productos y servicios, que brinda la empresa, descritos anteriormente son los que se muestran en la Figura 1.2.



Figura 1.2. Estor, Roller y Mantenimiento de Persianas (de izquierda a derecha)

1.1.3 Los clientes

El posicionamiento definido por la empresa, que la diferencia de su competencia, tiene como pilares la calidad y el precio siendo estos directamente proporcionales, como se muestra en la Figura 1.3.



Figura 1.3 Matriz de posicionamiento

En base a esto, la empresa ha definido su mercado meta teniendo en cuenta, para su segmentación, los siguientes factores: edad, nivel socioeconómico, estilo de vida, de acuerdo a como se muestra en el cuadro de la Figura 1.4.

NSE	Niñez (0-14 años)		Juventud (14-26 años)		Adulthood (27-59 años)		Vejez (60+ años)	
	Estilo Sofisticado	Austero	Sofisticado	Austero	Sofisticado	Austero	Sofisticado	Austero
A								
B								
C								
D								
E								

Figura 1.4. Segmentación

Es así, que el mercado meta que han definido son aquellas personas que se encuentran en la etapa de adultez, tienen un estilo de vida sofisticado y pertenecen a los niveles socioeconómicos A o B. Cabe resaltar, adicionalmente, que se limitan a Lima Metropolitana.

Para analizar sus clientes cuentan, a la fecha, con canales directos (publicidad a través de volantes y merchandising) y con canales web (página *web* y redes sociales). Sin embargo, hasta el año pasado solo contaban con canales directos ya que más del 50% de sus clientes contactaba a la empresa por recomendación de un cliente anterior; es por ello, que una de las principales fortalezas de la empresa es la capacidad de fidelización de su clientela.

1.1.4 Los proveedores

El portafolio de proveedores es amplio debido a la variedad de servicios que ofrecen además de los dos tipos de productos que fabrican. Para estos últimos, en el caso de los estores, cuentan con proveedores de telas (empresas como Deco Interiors S.A.C, Nevaluz Perú S.A.C. y Deco Blinds E.I.R.L.); y, para los *rollers* cuentan con un proveedor principal que abastece a la empresa tanto de telas como de los accesorios que requiere el producto (Cia Alex S.A.C.). Para los servicios que ofrece, cuentan con proveedores de telas, tapices, artículos de limpieza, artículos de iluminación, artículos de ferretería, alfombras, cuadros y otros con menor frecuencia de compra.

Cabe resaltar que para servicios que incluyen trabajos en madera, acero, mayólica, vidrio, de pintura, fabricación de muebles y lavado de alfombras recurren a la subcontratación (a empresas como Carpintería Ebanistería Barreto S.A.C. para trabajos en madera, Corporación Lugo Decor E.I.R.L. para trabajos en acero, Sanihold S.A.C. para trabajos en mayólica).

1.1.5 Estructura Organizacional

Se muestra el organigrama de la empresa en la Figura 1.5, la cual evidencia una estructura vertical (organización alta) y funcional dado que se organiza en áreas que tienen a la cabeza al administrador, a quien canalizan requerimientos mayores que no puedan resolver en su línea de mando.

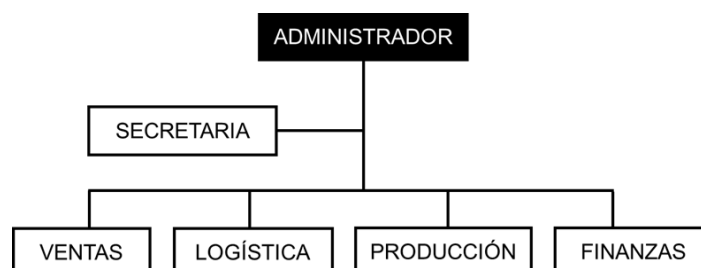


Figura 1.5. Organigrama general de la empresa

1.1.6 Análisis coyuntural

El nivel de ventas de la empresa ha mostrado un progresivo ascenso pues la tasa de crecimiento interanual desde el 2015 es del 19,59% hasta alcanzar un valor de S/. 1,89 millones en el 2018, como se muestra en la Figura 1.6. Por ello, según la información recabada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el estudio “Perú: Características Económicas y Financieras de las Empresas Comerciales” (2016), dicho valor no dista en demasía del importe promedio para las empresas de clasificación similar, el cual asciende a S/. 2,20 millones anuales y, por consiguiente, es 16,40% superior al de la empresa en estudio.



Figura 1.6. Nivel anual de ventas en el periodo 2015-2018

Fuente: Estado de Resultados de Empresa

Sin embargo, el margen EBITDA (*Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*) resultó igual al 1,58% sobre las ventas, lo cual representa una reducción de 1,91 puntos porcentuales respecto al obtenido en el 2017. A fin de ilustrar las causas de dicha disminución en las ganancias operativas, se presentan las variaciones por cuenta del Estado de Resultados de la empresa en la Figura 1.7. En base a ella, se evidencia que el incremento de los gastos de venta y administrativos resultaron más significativos que el alza en ventas y la optimización del costo de fabricación. Por ende, los intentos por contar con una mayor cuota de mercado resultaron perjudiciales en el 2018, pero se cuenta con expectativas de recuperación en el presente año.

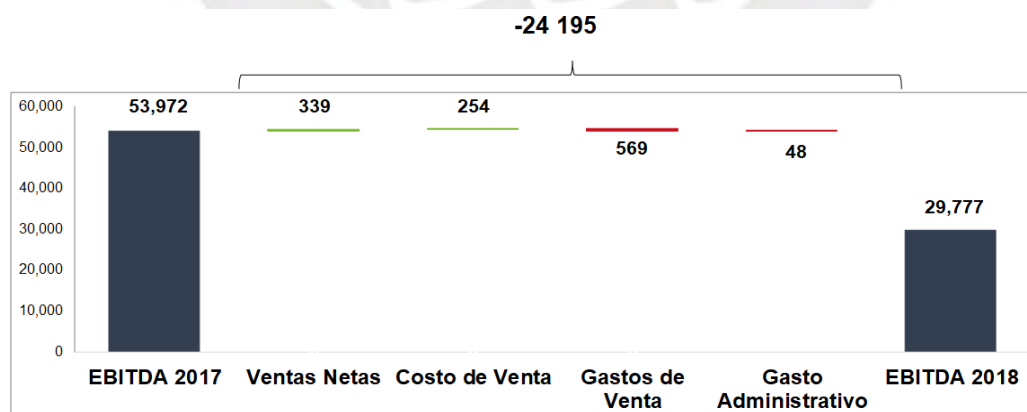


Figura 1.7. Impactos sobre el EBITDA al 2018.

Fuente: Estado de Resultados de Empresa

Por otro lado, tal como se aprecia en la Figura 1.8, el gasto de los consumidores peruanos en artículos textiles para el hogar ha decrecido a un ritmo promedio del 3,23% (Euromonitor International, 2019) en los últimos 5 años, en los cuales se evidencia una caída sostenida en los 4 primeros a una tasa del 6,18% y un alza en los últimos 2 con una variación anual del 1,38%. En base al gasto efectuado en el último año, se puede estimar que la empresa en análisis cuenta con una participación de mercado equivalente al 0,48%. No obstante, dado que el grupo de artículos que dicha clasificación comprende es amplio, se estimó la venta de textiles utilitarios, pues dicha agrupación resulta más específica y vinculada a los productos comercializados por la empresa. Los principales *inputs* fueron el PBI, Importaciones y Exportaciones del sector textil según el Estudio de Investigación del Sector Textil y Confecciones del Ministerio de Producción (2017), el *ratio* entre exportaciones y consumo del mercado interno para el sector y las exportaciones de textiles utilitarios a EE.UU., el cual tiene un 49% de participación en la exportación de dichos productos (Diario Gestión, 2019). En consecuencia, dicho valor es equivalente a S/. 73,80 millones, por lo que la empresa en análisis cuenta con un *market share* del 2,56%.



Figura 1.8. Evolución del Gasto en Textiles para el Hogar
Fuente: Euromonitor International (2019)

El crecimiento apreciado en la empresa muestra una tendencia opuesta a la evolución del PBI asociado al sector, ya que este ha sufrido una disminución sostenida a lo largo de los últimos 5 años a una tasa promedio del 3,92% según la Gerencia Central de Estudios Económicos del Banco Central de Reserva del Perú (2019). A pesar de ello, los procesos llevados a cabo en ella no se encuentran estandarizados y se evidencia la ausencia de sistemas que brinden soporte a la toma de decisiones, por lo que la gestión de la misma es empírica y carece de visibilidad sobre indicadores clave de *performance*. Por ende, a fin de mantener un crecimiento sostenible y generar una ventaja competitiva sólida, resulta vital efectuar cambios en ella y emprender esfuerzos transformacionales.

1.2 Diagnóstico

En busca de la elaboración de propuestas de mejora para los procesos más críticos de la empresa en estudio, se estima conveniente realizar un diagnóstico general de la misma con el objetivo de comprender e identificar las principales problemáticas que la aquejan y los factores que las originan para efectuar su posterior análisis en base a los indicadores afectados.

1.2.1 Mapeo de procesos

Se presentará el análisis de los macroprocesos, procesos y actividades específicas ejecutadas por la empresa, cuya priorización será fundamentada por determinados criterios.

a) Macroprocesos (Nivel 0)

El mapa de macroprocesos se sitúa en la Figura 1.9. Dicha herramienta contribuye a la visualización de los procesos bajo un enfoque sistémico, es decir, como elementos interdependientes que cooperan mutuamente para alcanzar las metas organizacionales propuestas.

Cabe recalcar que los macroprocesos se clasificarán en 3 grupos: procesos estratégicos, los cuales definen cómo operará el negocio y cómo creará valor; procesos operacionales, cuyos resultados son percibidos directamente por los clientes y están directamente vinculados a los productos y servicios ofrecidos; y, procesos de soporte, los cuales aseguran el cumplimiento de los objetivos de los procesos operacionales a fin de mantener un nivel de conformidad estable en los clientes y calidad uniforme.

Asimismo, los procesos operacionales a describir son ejecutados en su totalidad por la empresa, pues, tal como se mencionó anteriormente, el trabajo no se focalizará en las actividades realizadas por terceros.

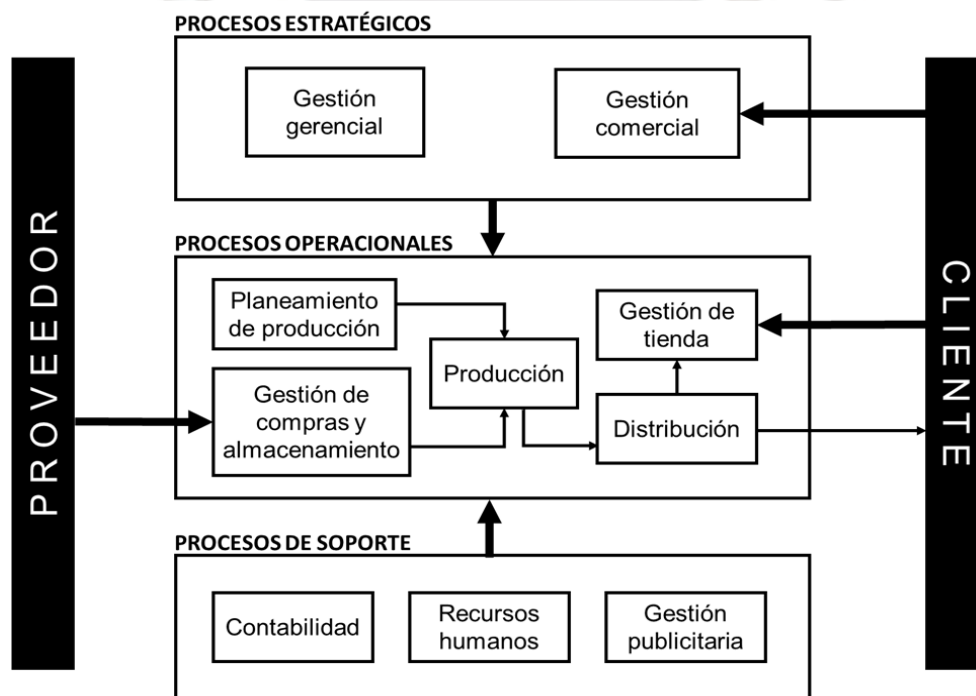


Figura 1.9. Mapa de Macroprocesos

Se efectuará un análisis de los macroprocesos mostrados para proseguir con el estudio de los más críticos y descomponerlo hasta alcanzar el mínimo nivel de detalle requerido a través de diagramas de nivel uno y tres..

A partir de una matriz de priorización, se definirá la criticidad de cada macroproceso a fin de seleccionar aquellos con mayor influencia sobre las variables de decisión planteadas, cuya definición y ponderación se realizó en base al perfil organizacional de la empresa y los objetivos que tienen planteados.

Por otra parte, la puntuación que los macroprocesos recibirán en cada casilla depende de su relación con cada criterio y su cuantificación se realizará al tener en cuenta las pautas de asignación de la Tabla 1.1.

Valor	Vínculo entre macroproceso y criterio
1	Relación débil
3	Relación media
5	Relación fuerte

Tabla 1.1. Escala para cuantificar relación con criterios.

Por lo tanto, se elaboró la matriz requerida al considerar los parámetros establecidos y el resultado se presenta en la Tabla 1.2.

Criterios Macroprocesos	Impacto en ventas	Impacto en costos	Impacto en satisfacción del cliente	Efecto en calidad del producto	Influencia en el lead time	Involucramiento de trabajadores	PONDERACIÓN	NIVEL DE IMPORTANCIA
	27%	24%	17%	16%	11%	6%		
Gestión Gerencial	5	3	1	1	1	1	2.54	10.13%
Gestión Comercial	5	3	1	1	1	1	2.54	10.13%
Planeamiento de Producción	1	3	1	3	3	1	2.01	8.01%
Gestión de Compras y Almacenamiento	3	5	1	5	5	3	3.66	14.61%
Producción	3	5	3	5	5	5	4.12	16.44%
Distribución	3	3	3	3	5	3	3.21	12.81%
Gestión de Tienda	5	1	3	1	1	1	2.41	9.60%
Contabilidad	1	3	1	1	1	1	1.48	5.89%
Recursos Humanos	1	1	1	1	1	5	1.23	4.90%
Gestión Publicitaria	3	1	3	1	1	1	1.88	7.48%
TOTAL							25.08	100.00%

Tabla 1.2. Matriz de Priorización de Macroprocesos.

Según los resultados obtenidos, se evidencia la preponderancia de dos macroprocesos: la gestión de compras y almacenamiento y la producción, ya que guardan una estrecha relación con los criterios de decisión. En consecuencia, se determinarán sus procesos más críticos tras realizar los mapas de procesos respectivos y fundamentar una anteposición.

b) Procesos (Nivel 1)

Los procesos que engloba cada macroproceso resaltado anteriormente se describirán en esta sección.

i. Producción

A continuación, se presenta el detalle del primer macroproceso seleccionado en la Figura 1.10.

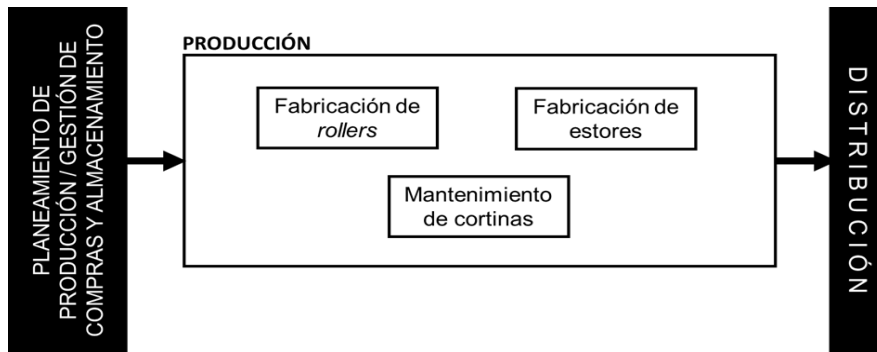


Figura 1.10. Mapa de nivel 1 del proceso de Producción.

En cuanto a los subprocesos que contiene, se pueden mencionar a la fabricación de *rollers*, fabricación de estores y mantenimiento de cortinas. Respecto a la priorización y distinción de la criticidad de cada uno de ellos, se empleará como factor de contraste a la participación relativa en las ventas de la empresa, ya que es un indicador claro del tiempo y esfuerzo dedicados a su ejecución. Por lo tanto, los valores asociados a cada subproceso se presentan en la Figura 1.11.

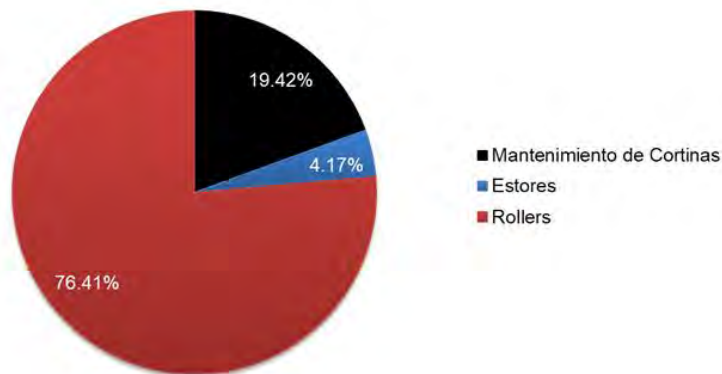


Figura 1.11. Participación relativa en Ventas del Macroproceso de Producción.

Se aprecia que la participación relativa de los *rollers* respecto a los estores y mantenimiento de cortinas resulta más representativa por un amplio margen (aproximadamente 60,00% superior a su predecesor inmediato) y, por ende, requiere de mayor énfasis en su análisis a fin de generar un mayor impacto en los resultados operativos de la empresa. Para finalizar, el desglose específico de dicho proceso se realizará con mayor precisión al elaborar un diagrama de nivel tres.

ii. Gestión de Compras y Almacenamiento

A continuación, se presenta el detalle del segundo macroproceso seleccionado en la Figura 1.12.

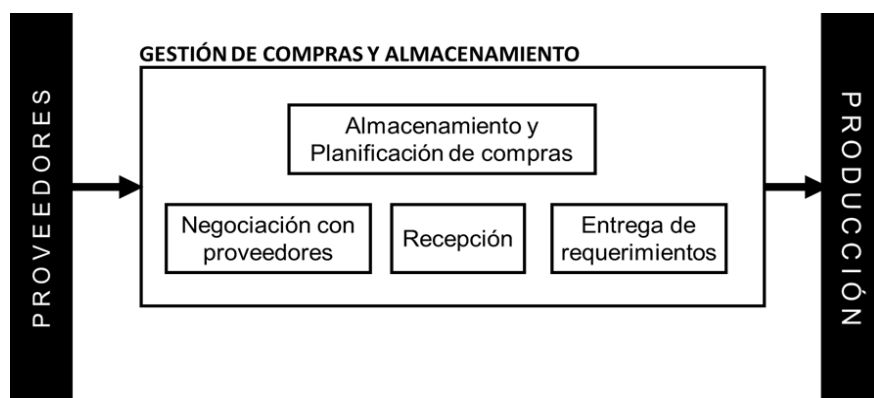


Figura 1.12. Mapa de nivel 1 del proceso de Gestión de Compras y Almacenamiento.

De acuerdo al mapa de proceso presentado, se observa la existencia de 4 subprocesos, cuya criticidad será obtenida mediante una matriz de priorización en la Tabla 1.3. El factor de ponderación para cada criterio se determinó mediante una matriz de comparación pareada situada en el Anexo N° 1. En base a ella, se concluye que el proceso de almacenamiento y planificación de compras obtuvo el primer lugar por un margen de 1,95 puntos porcentuales respecto a la negociación con proveedores. Dicho proceso se encuentra vinculado a la política de abastecimiento y gestión de inventarios, por lo que cuenta con una notable relevancia al permitir el aprovisionamiento de materiales a consumir durante la producción. Finalmente, se realizará un análisis detallado del mismo a través del respectivo diagrama de nivel 3.

Criterios	Impacto en costos	Influencia en el lead time	Efecto en calidad del producto	Involucramiento de trabajadores	PONDERACIÓN	NIVEL DE IMPORTANCIA
	36%	29%	25%	11%		
Negociación con proveedores	5	3	5	1	4.00	27.32%
Almacenamiento y Planificación de Compras	5	5	3	3	4.29	29.27%
Recepción	3	3	3	1	2.79	19.02%
Entrega de requerimientos	3	5	3	3	3.57	24.39%
TOTAL					14.64	100.00%





Tabla 1.3. Matriz de Priorización de Subprocesos.

c) Actividades (Nivel 3)

Tal como se mencionó anteriormente, los procesos que serán empleados como focos de indagación por su criticidad son dos: la fabricación de *rollers* y el almacenamiento y planificación de las compras.

i. Fabricación de *rollers*

Según lo mencionado en el inciso 1.1, un *roller* es una cortina enrollable con accionamiento manual o automático con un motor y es el producto manufacturado en la empresa con mayor participación en sus ventas. Los materiales requeridos para su elaboración son detallados en la Tabla 1.4.

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	VARIEDAD
TUBOS		Tubos de aluminio que sirven como "columna" del roller. Son la base donde se han de enrollar los pliegos de tela.	- Tubo grueso - Tubo delgado
TELAS		El componente principal de los rollers es la tela. Cumple la función de protección y ornamentación. Esta cubre la totalidad de la ventana y puede ser regulada de acuerdo al gusto del cliente.	- Screen - Blackout - Compacto
BARABAJAS CON TAPA		Topé que delimita la longitud inferior de la tela del roller. Posee dos tapas, una en cada extremo de este para cubrir la vena y por motivos estéticos.	- Modelo único cuya longitud es cortada a medida
CADENA		Son cadenas livianas con eslabones redondos de plástico. Estas son almacenadas en rollos y funcionan como el accionador para enrollar la tela del roller.	- Color blanco - Color crema





NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	VARIEDAD
ROTORES (PACK)		Bolsa hermética que contiene un rotor, un tope que se ubica al otro extremo del tubo durante la instalación y algunos pequeños componentes para asegurar el elemento al producto.	- Pack de rotor grueso - Pack de rotor delgado
VENA		Son varillas de diámetro pequeño que ofrecen soporte a la barabaja pues se ubican dentro de ella.	- Modelo único cuya longitud es cortada a medida
TOPE		Elementos plásticos de forma esférica y más grande que los eslabones de la cadena que representan el límite de la cadena al momento del enrollamiento de la tela.	- Color blanco - Color crema
UNIÓN		Elementos plásticos que cierran la cadena de manera que esta pueda ser instalada con los rotores para el enrollamiento de los rollers.	- Color blanco - Color crema

Tabla 1.4. Materiales consumidos para la fabricación de rollers.

Las operaciones llevadas a cabo durante su fabricación serán definidas y presentadas en un flujograma mostrado en la Figura 1.13.

- 1) Corte de varilla: Se dirige a la zona de corte y se corta, mediante el uso de una sierra la tira que brindará soporte en la parte inferior.
- 2) Trazado y corte de tela: Se regresa a la zona de trabajo y se procede a trazar las medidas teniendo en cuenta que se debe contar con cierto margen excedente en el largo.
- 3) Pegado: Se dirige a la zona de colocación de cinta de doble contacto y se pega la parte superior de la tela con el tubo en el que se enrolla.
- 4) Ensamble de accesorios: Se procede a situar el tope que delimita la longitud inferior de la tela del roller con la longitud (denominado barabaja) con 2 tapas y las venas de soporte. Adicionalmente, se unen los extremos con el tubo donde ha sido enrollado (en caso sea automático, estos contienen un motor).
- 5) Inspección: Se prueba el correcto ascenso y descenso del roller, ya sea de forma manual o mediante control remoto.
- 6) Embolsado: Se enrolla y verifica la rectitud del producto para luego depositarlo en una bolsa de plástico.
- 7) Almacenamiento: El producto terminado es colocado en un recinto de madera de manera vertical para ser luego ser entregados.

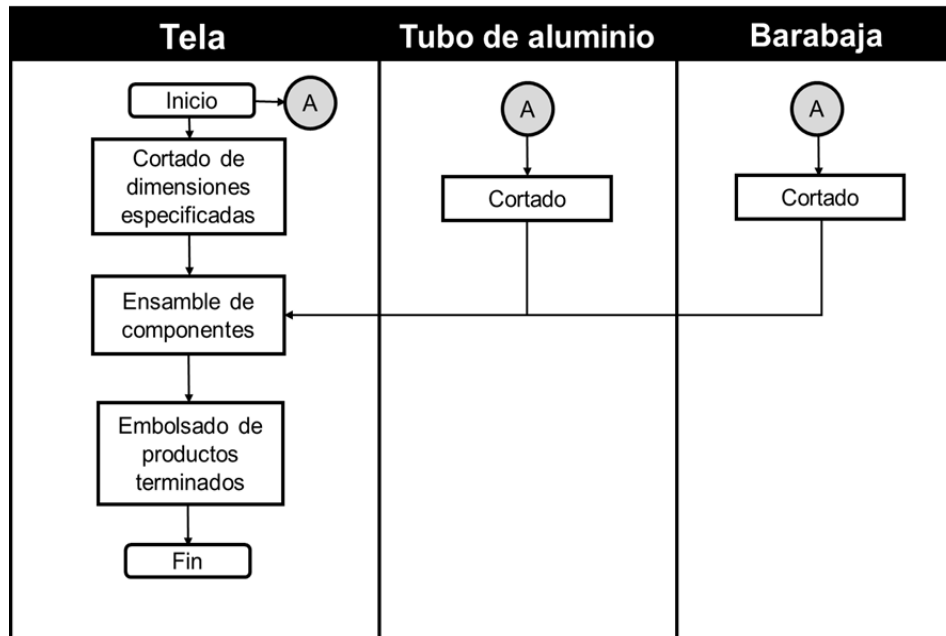


Figura 1.13. Flujograma del Proceso de Elaboración de Rollers.

ii. Almacenamiento y Planificación de Compras

El proceso de almacenamiento inicia tras la recepción de los materiales adquiridos, cuyo destino varía en función del tipo de insumo. En el caso de las telas, estas son trasladadas al taller de manufactura situado en el tercer piso del edificio, mientras que los accesorios y componentes adicionales son trasladados al almacén de la primera planta. Las revisiones y contabilizaciones de inventario no tienen una periodicidad definida y constan de la colocación de cartillas con la cantidad en *stock* en las ubicaciones de cada material y la validación de la cercanía al punto de reabastecimiento por material con el objetivo de anticipar el aprovisionamiento para efectuarlo sin inconvenientes.

Cabe recalcar que no se dispone de un sistema de soporte como, por ejemplo, un *Warehouse Management System* (WMS) ni se constata el uso de hojas de cálculo. En consecuencia, no se registra el Kardex por componente y no se cuenta con una metodología para la previsión de los consumos en producción, por lo que la exactitud en el registro de inventarios (ERI) es mínima.

Asimismo, la planificación de compras define la cantidad a consumir en base a las expectativas en el volumen de ventas y la fecha en la cual se llevarán a cabo las órdenes de compra correspondientes. En la actualidad, no se ha definido una política de abastecimiento de control continuo o periódico ya que se adopta un comportamiento reactivo y se genera una alta dependencia del *lead time* de sus proveedores. Dicha situación no permite que la empresa pueda surtir de materiales a precios más bajos y, por lo tanto, afecta su costo de producción. El flujograma asociado al proceso se encuentra en la Figura 1.14.

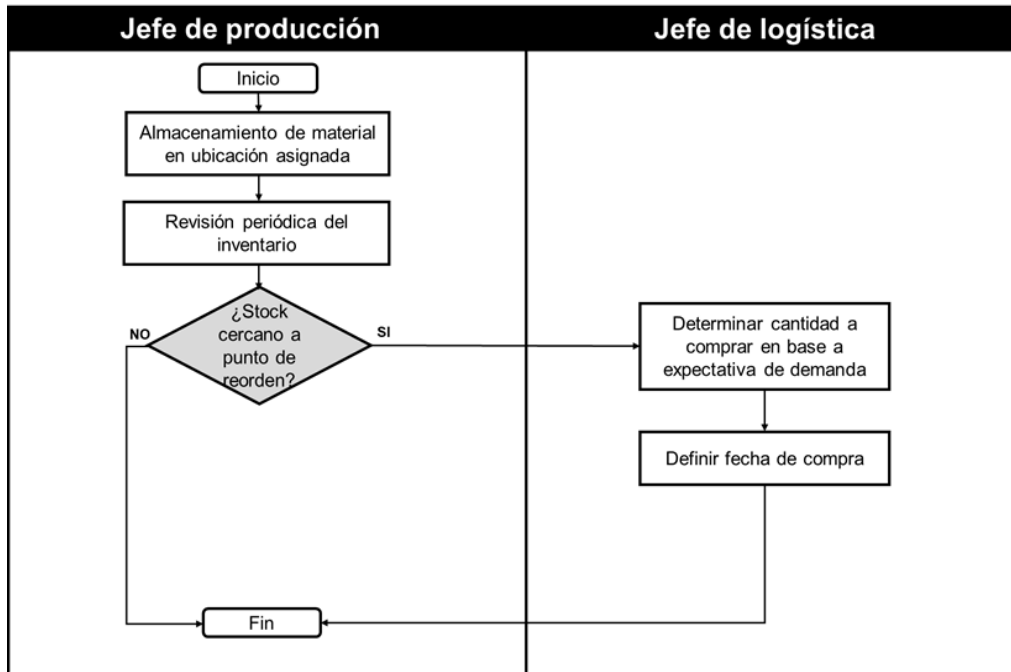


Figura 1.14. Flujograma del proceso de Planificación de Compras y Almacenamiento

1.2.2 Gestión de indicadores

Con el objetivo de evaluar las oportunidades de mejora en los procesos mencionados en la sección anterior, se estima conveniente definir indicadores para las actividades que contienen, pues, en la actualidad, no se controlan desviaciones que podrían generar un impacto económico y operativo durante su ejecución. Se indaga acerca de la gestión y resultados históricos de los 3 procesos y se presenta cada actividad con sus respectivos indicadores claves de *performance* y la meta estipulada para el mediano plazo en la Tabla 1.5. Cabe recalcar que se presentarán valores puntuales de algunos de ellos debido a que no se dispone de la información necesaria para un estudio con mayor horizonte retrospectivo.

Proceso	Actividad	Necesidad	Indicador	Fórmula	Indicador Meta
Fabricación de rollers	Cortado de dimensiones especificadas	Aprovechamiento óptimo del recurso para cumplir con las medidas pactadas	% Eficiencia de telas	$(m^2 \text{ de tela en PT}) / (m^2 \text{ de tela utilizada})$	90%
	Cortado de tubo de aluminio	Brindar soporte a estructura sin incurrir en sobrecosto	% Eficiencia de tubos de aluminio	$(m \text{ de tubo de aluminio en PT}) / (m \text{ de tubo de aluminio utilizado})$	97%
	Cortado de barabaja	Proteger el extremo visible del roller evitando la generación de desperdicios	% Eficiencia de barabaja	$(m \text{ de barabaja en PT}) / (m \text{ de barabaja utilizado})$	97%
	Ensamble de componentes	Generar producto terminado con un elevado nivel de calidad	% First Pass Yield (FPY)	$(\text{Cantidad de rollers no rechazados}) / (\text{Cantidad de rollers entregados})$	97%
	Embolsado de productos terminados	Obtener una cadencia de fabricación acorde a la demanda de rollers	Productividad	$(\text{Cantidad de rollers producidos}) / (\text{Total horas-hombre})$	1,82
Almacenamiento y Planificación de Compras	Almacenamiento de material en ubicación asignada	Optimizar el uso del espacio cúbico en el almacén	% Utilización de m ³	$(m^3 \text{ ocupado}) / (m^3 \text{ disponible})$	27%
	Revisión periódica del inventario	Validar conformidad de registros respecto a la cantidad física en almacén	Exactitud en el registro de inventarios (ERI)	$(\text{Inventario observado}) / (\text{Inventario registrado})$	90%
	Determinar cantidad a comprar	Prever la compra de materiales en base a la expectativa de demanda	% Error en la previsión de la demanda	$(\text{Cantidad real} - \text{Cantidad pronosticada}) / (\text{Cantidad real})$	10%
	Definir fecha de compra	Planificar la compra para evitar la rotura de stock	Roturas de stock	Cantidad de ocasiones en las que no se ha tenido stock de un material cuando se ha requerido	0

Tabla 1.5. Tabla de indicadores propuestos en los procesos priorizados.

Seguidamente, se procede a detallar el análisis evolutivo de los ocho indicadores planteados de manera conjunta con la interpretación de su rendimiento y reconocimiento de problemáticas que los afectan en caso se encuentren por debajo de la meta establecida.

a) Eficiencia de Telas

Dado que no se dispone de un Kardex de los componentes consumidos en el taller de manufactura, se imposibilita la cuantificación de la evolución histórica de la eficiencia de las telas empleadas. No obstante, se procedió a recolectar los desperdicios generados de las 3 variedades empleadas (*Screen*, *Blackout* y *Compacta*) y se estimó una eficiencia de 79,17% en su utilización, cuyo impacto económico anualizado es equivalente a S/. 23 690 y representa un 14,70% del costo de producción actual. Por ende, se propone el cálculo y análisis del indicador en mención y se define un valor meta del 90% a fin de aminorar los sobrecostos originados.

b) Eficiencia de Tubos de Aluminio

Un componente importante en el armado de un *roller* es el tubo de aluminio que sostendrá la tela y es requerido en base al tamaño de la misma. Es por ello que se propuso a la empresa medir los desperdicios de tubos que generan, para lo que se tuvo que realizar una segmentación de residuos. Con esta información, se estimó que el porcentaje de eficiencia alcanzado fue de 97.41%. Dado que este valor supera al indicador meta definido anteriormente, la medición de la eficiencia de los tubos de aluminio no se contemplará en el presente trabajo de investigación.

c) Eficiencia de Barabaja

La barabaja es un componente del *roller* que tiene como fin cubrir todo el ancho del extremo de la tela que no se enrolla y, además, proveer de peso adicional para que la tela del *roller* no se curve al encontrarse desenrollado. Dada su importancia, se consideró necesario conocer la cantidad de desperdicio que genera este componente. Al igual que con los tubos de aluminio, se realizó una segmentación para obtener los restos de barabaja y, con esto, se calculó que la eficiencia de su uso es 98,11%. Este valor supera a la meta definida anteriormente, por lo que tampoco se contemplará en la presente investigación.

d) First Pass Yield (FPY)

En la Figura 1.16 se observa que el rendimiento en la primera pasada, el cual se define como el cociente entre las unidades no defectuosas y la producción total, no cumple ni excede a la meta en los meses mostrados. El valor medio de este indicador es del 93,83%, por lo que se presenta una brecha de 3,17% por subsanar. Asimismo, las principales fuentes de disconformidades son las dimensiones del producto en caso no sean acordes a las especificaciones brindadas y características de las telas empleadas (color o textura), por lo que ello perjudica la imagen proyectada por la empresa y actúa en desmedro de la fidelización de su cartera de clientes.

Por consiguiente, resulta necesario contar con un mínimo nivel de defectos, lo cual contribuirá a reducir el nivel de reprocesos.

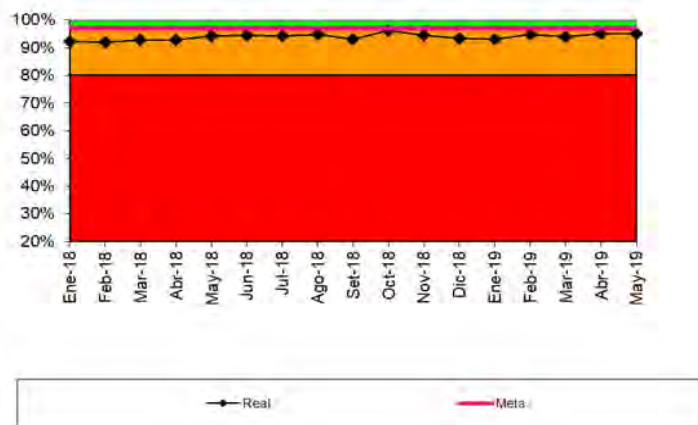


Figura 1.15. Evolución del FPY en la fabricación de rollers.

e) Productividad por Hora-Hombre (*Rollers/H-H*)

Tal como se aprecia en la Figura 1.17, el *ratio* ha alcanzado la región verde en una sola ocasión y a la meta en dos oportunidades de un total de 19 meses presentados. Esto se debe a la falta de estandarización en el proceso, deficientes condiciones del espacio asignado para la fabricación de los rollers agravadas por recorridos innecesarios para la obtención de recursos y la elevada carga de trabajo de los operarios, quienes deben ser capaces de ejecutar, de manera adicional, la elaboración de estores y el mantenimiento de cortinas. El valor promedio actual asciende a 1,49 *rollers*/hora-hombre y el valor *target* es igual a 1,82 *rollers*/hora-hombre, por lo que se evidencia una brecha de -18,11%.

En consecuencia, a pesar de que los *rollers* representan el 29,21% de todo el volumen de ventas de la empresa, su fabricación no se encuentra optimizada y el cumplimiento de la demanda conlleva a incurrir en sobreesfuerzos.

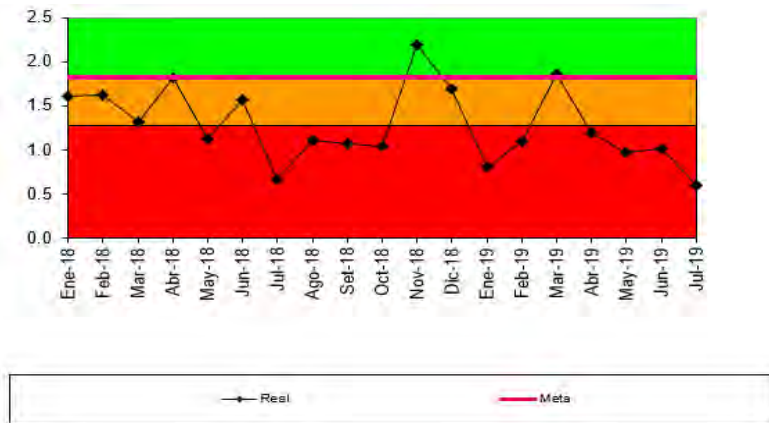


Figura 1.16. Evolución de la productividad por hora-hombre.

Una métrica relacionada a la productividad es el *takt time* dado que indica la cantidad de tiempo a emplear en la fabricación de un *roller* de acuerdo a la demanda. El valor *target* para este indicador se obtiene definiendo la cantidad de minutos disponibles, considerando una jornada laboral neta de siete horas, y estableciendo un valor de demanda en un escenario optimista (alta demanda). Con dicha información, se calculó un valor *target* de 23,25 minutos por *roller*. El comportamiento de los valores de *takt time* obtenido de enero 2018 a julio 2019 se observan en la Figura 1.18.

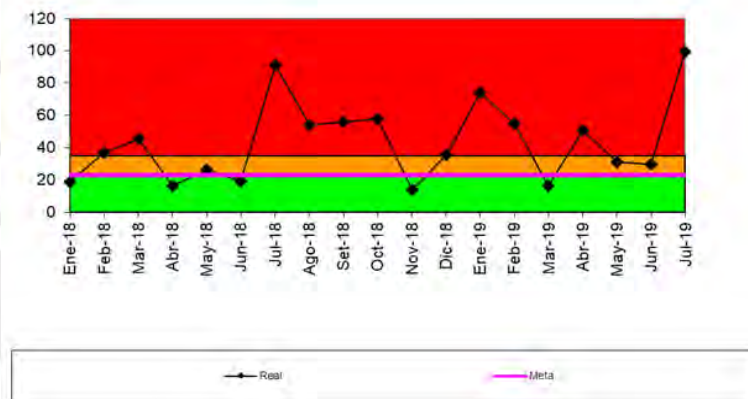


Figura 1.17. Evolución del takt time.

f) Utilización de m³ en almacén

Al ser el espacio el recurso de mayor relevancia en el almacenamiento al determinar su capacidad, se propuso a la empresa considerar el indicador de utilización cúbica; sin embargo, el valor obtenido es de 39,35% y supera el intervalo típico de entre 22% y 27% (Benson D., 2014). Asimismo, dicho valor proviene de una utilización de la superficie de 41,02% y del 95,93% sobre la altura del espacio asignado. Esto se debe a que, en el almacén, se aprovecha no solo el espacio plano, dado que, además de los racks pegados a la pared y los que han habilitado en el medio del espacio formando pasillos, han utilizado la altura pues cuentan con siete niveles. Por ende, se demuestra la inexistencia de una brecha en la métrica analizada.

g) Exactitud en el Registro de Inventario (ERI)

No se dispone de una periodicidad definida para la contabilización de existencias ni una metodología de segmentación, por lo que se procedió a contrastar el inventario actual de accesorios con el indicado en el último conteo efectuado. El valor puntual obtenido para el ERI fue igual al 38,53%, lo cual implica el desconocimiento de la cantidad que se posee de cada uno ante las fluctuaciones en las unidades

producidas e incrementa el riesgo de roturas de stock, las cuales perjudican al *lead time* de entrega al cliente. En consecuencia, resulta indispensable mantener un control exacto de los recursos involucrados en la obtención de los *rollers* y se define una meta del 90% para dicho indicador.

h) Error en la previsión de la demanda

Actualmente la empresa no cuenta con herramientas para realizar el pronóstico de su demanda ni la validación del mismo, lo que además les impide conocer anticipadamente la cantidad de materiales que necesitarán en el mes para satisfacer a sus demandantes y es agravada por su coeficiente de variabilidad del 59,93%. Dada la importancia de dicho conocimiento previo, se propone adicionar la función de pronosticar la demanda al proceso de Planificación de Compras, así como un indicador que mida la exactitud de este pronóstico frente a la demanda real y la consolidación histórica del mismo a través del *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

i) Roturas de Stock

En la Figura 1.19 se aprecia la cantidad de roturas de *stock* de accesorios por mes, es decir, el número de ocasiones en las que se agotó alguno de los insumos requeridos para la fabricación de *rollers*. Tal como se mencionó anteriormente, la mínima exactitud de los inventarios y una previsión de demanda inexistente generan una falta de capacidad de respuesta inmediata ante ellas, lo cual genera que solo se haya cumplido con la meta establecida en un mes y ocasiona un alto nivel de dependencia del *lead time* de aprovisionamiento por parte de los proveedores.

Por lo tanto, se considera apropiado el control de este indicador con un nivel meta de 0 roturas para evitar recurrir a mayores precios de compra de insumos y satisfacer el plazo de entrega del producto terminado sin contratiempos.

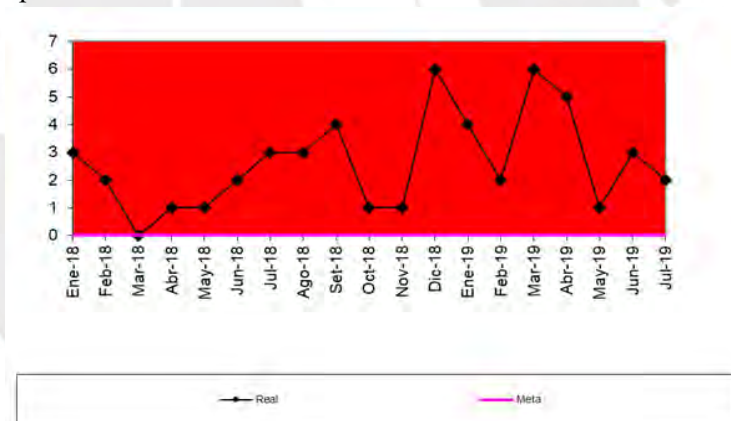


Figura 1.18. Evolución de las roturas de stock.

Para finalizar, se presenta la Tabla 1.6 que contiene los problemas a los cuales se atribuyen las brechas encontradas en los indicadores clave establecidos. Es preciso destacar que la evaluación de cada problemática se puntualizará en la siguiente sección.

Indicador	Problema
% Eficiencia de telas	Se desperdicia una cantidad de tela significativa en la producción de <i>rollers</i> .
% First Pass Yield (FPY)	Se generan rechazos del producto por parte de los clientes.
Productividad	El recurso hora-hombre no es aprovechado para producir más <i>rollers</i> .
Exactitud en el registro de inventarios (ERI)	Existe una diferencia significativa entre los registrados y lo contabilizado manualmente en el almacén.
Rotura de stock	No se cuenta con stock de materiales cuando se requieren.
% Error en la previsión de la demanda	No se anticipan la demanda ni las compras de materiales.

Tabla 1.6. Problemas identificados.

1.2.3 Priorización de problemas

Si bien los problemas mencionados en el punto anterior, con sustento en los indicadores presentados, deben ser erradicados en su totalidad dado que perjudican el *performance* de la empresa tanto operacional como comercialmente, no es posible analizar todos en un solo estudio; es por ello que se priorizarán aquellos cuyo impacto a la empresa sea más significativo.

Para esto, primero se definieron las consecuencias (posteriormente, variables) que conlleva un bajo valor en cada uno de los indicadores:

- a) **Eficiencia de Telas**
 - i. Rollers que no llegan a ser fabricados dado el desperdicio de tela.
 - ii. Existe un mayor volumen de compras de telas, dado que se debe considerar que una parte se convertirá en desperdicio.
- b) **First Pass Yield**
 - i. Reprocesos generados a partir del rechazo del producto por parte del cliente.
- c) **Productividad**
 - i. Se da un menor volumen de producción al esperado con el tiempo disponible.
 - ii. Mayor empleo de mano de obra de la necesaria, dado que se espera lograr el mismo trabajo en menor tiempo.
- d) **Exactitud en el registro de inventarios**
 - i. Se genera un desperdicio de tiempo en traslado del taller al almacén en el trayecto de ida y vuelta para verificar si la información es acorde a lo contabilizado.
- e) **Rotura de stock de materiales**
 - i. Dado que no hay un abastecimiento oportuno de los materiales, se genera un menor volumen de producción.
- f) **Error en la previsión de la demanda**
 - i. Al no tener un pronóstico de demanda adecuado, se hace uso de la media histórica considerando una desviación que no refleja la variabilidad de la demanda y se generan pedidos no contemplados.

Con la información anterior y valorizando cada una de las variables que desencadenan los problemas, se realizó la Tabla 1.7 en la que se evidencia el código asignado a la variable y su costo de oportunidad anual en soles.

Problema	Código	Variable	Cantidad (anual)	Unidad	Ahorro o ingreso (S/.)	Costo de oportunidad (S/.)
Se desperdicia una cantidad de tela significativa en la producción de rollers.	A1	Rollers no fabricados	322	rollers	S/ 410.52	S/ 132,186.80
	A2	Mayor volumen de compras	1009	m ² de tela	S/ 19.69	S/ 19,874.83
Se generan rechazos del producto por parte de los clientes.	B	Reprocesos generados	83	rollers	S/ 529.13	S/ 43,917.62
El recurso hora-hombre no es aprovechado para producir más rollers.	C1	Menor volumen de producción	210	rollers	S/ 410.52	S/ 86,431.78
	C2	Mayor empleo de M.O.D.	149	horas hombre	S/ 6.04	S/ 899.50
Existe una diferencia significativa entre los registrado y lo contabilizado manualmente en el almacén.	D	Desperdicio de tiempo en traslado taller-almacén	1121	minutos	S/ 12.71	S/ 14,237.99
No se cuenta con stock de materiales cuando se requieren.	E	Menor volumen de producción	240	rollers	S/ 410.52	S/ 98,464.09
No se anticipan la demanda ni las compras de materiales.	F	Demanda no contemplada en expectativas	103	rollers	S/ 410.52	S/ 42,283.35

Tabla 1.7. Variables valorizadas.

Con los costos calculados, se procedió a elaborar un diagrama de Pareto, que se observa en la Figura 1.20, y utilizando la regla del 80/20, se determinó que las variables A1, E y C1 son las que generan mayor impacto a la empresa (72,34% del costo de oportunidad total). Es así que los problemas a analizar en los puntos posteriores del presente estudio serán el desperdicio de tela para rollers, el stock insuficiente o no oportuno de materiales para las operaciones y la productividad respecto a la mano de obra directa. Finalmente, la captación total del costo de oportunidad asociado a dichas variables es equivalente a S/. 317 mil soles, lo cual representaría un ahorro o potencial fuente de ingresos adicionales del 56,68% respecto al volumen de ventas de la línea de productos en el 2018 y un alza del 16,80% en el margen operativo de la organización.



Figura 1.19. Diagrama de Pareto de los problemas valorizados.

1.2.4 Análisis de causas

La finalidad del análisis a realizar a continuación es determinar la causa raíz que origina cada problema identificado en los procesos de fabricación de *rollers* y de almacenamiento y planificación de compras. Para ello, primero, se definirán causas generales cuya influencia se cuantificará con la ayuda de una matriz de ponderación y, finalmente, aplicando los 5 porqués.

a) Determinación de las causas

A continuación, se muestra el desglose de causas vinculadas a cada problema identificado en la sección anterior al utilizar un diagrama de Ishikawa. Para su clasificación, se sitúan en las dimensiones de organización, mano de obra, método y materiales, con el objetivo de presentar una perspectiva holística del curso actual de las operaciones realizadas por la empresa y los actores internos que la componen. En consecuencia, se define cada una de las dimensiones contempladas:

- i. Organización: Planes de acción estratégicos o tácticos de la empresa, políticas o pasividad ante problemáticas estudiadas.
- ii. Mano de Obra: Aptitudes y capacidades del capital humano dedicado a la ejecución de los procesos internos asociadas a cada problemática analizada.
- iii. Método: Etapas del procedimiento estipulado para la elaboración de los *rollers* y el almacenamiento y planificación de compras y sus implicancias e impacto sobre el problema relacionado.
- iv. Materiales: Características de los *inputs* requeridos para su transformación en el producto terminado y parámetros relacionados con su obtención que influyen de manera significativa sobre cada problema mencionado.

Se aprecia en la Figura 1.21 el diagrama de causa-efecto del problema de desperdicio de tela en el taller de manufactura de *rollers*.

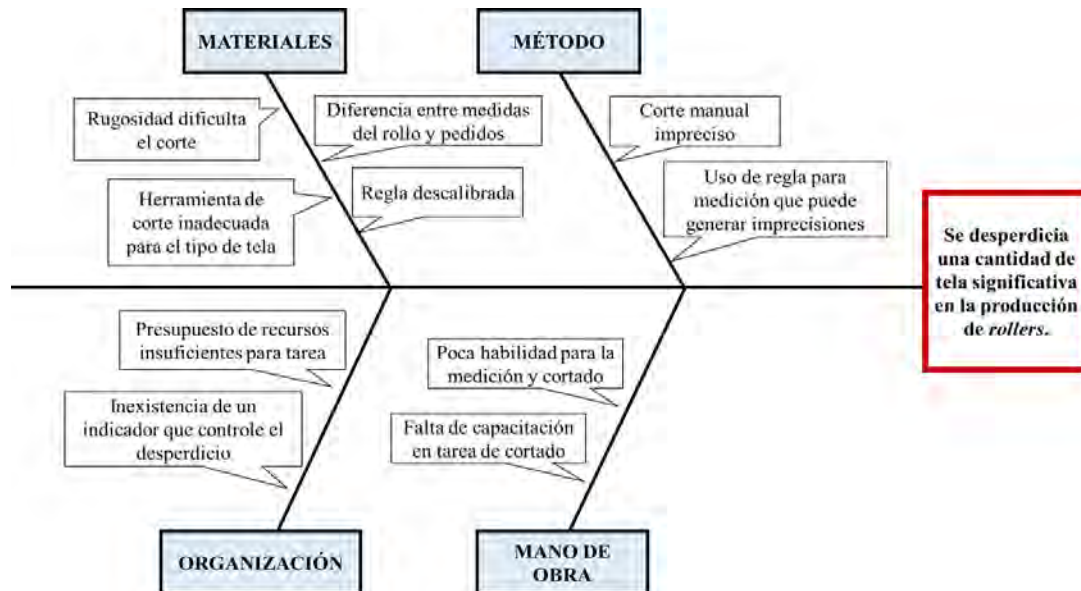


Figura 1.20. Diagrama de Ishikawa del problema debido a la ineficiencia de telas.

Asimismo, se observa en la Figura 1.22 el diagrama de causa-efecto del problema de la insuficiencia de inventario de componentes (específicamente accesorios) cuando se requieren para la fabricación.

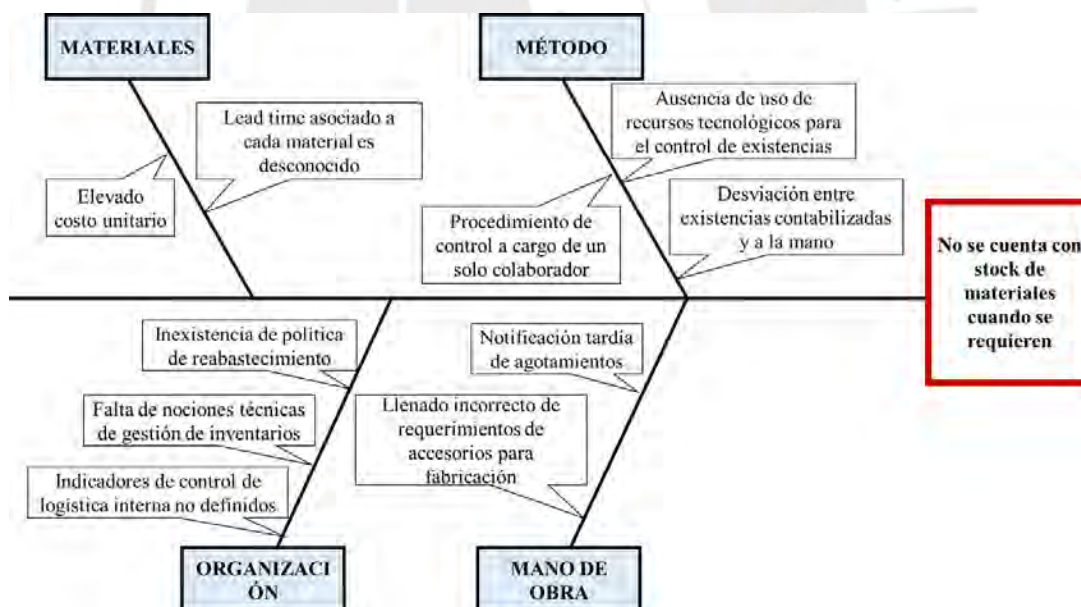


Figura 1.21. Diagrama de Ishikawa del problema debido a las roturas de stock.

Para finalizar, se presenta en la Figura 1.23 el diagrama de causa-efecto del problema del bajo grado de aprovechamiento del recurso hora-hombre en la producción de *rollers* respecto al valor *target* especificado anteriormente para asegurar el cumplimiento de la demanda.

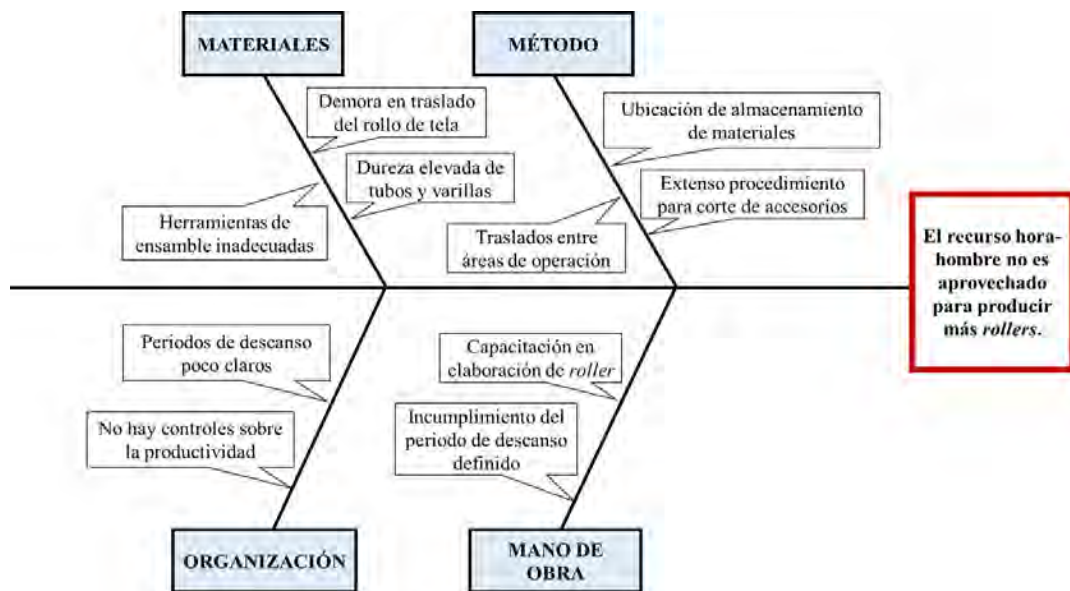


Figura 1.22. Diagrama de Ishikawa del problema debido a la baja productividad.

b) Matriz de ponderación de causas

En busca de la identificación de las causas con mayor relevancia para cada problemática analizada, se realizaron 4 matrices de ponderación, las cuales asignan un puntaje a cada una de ellas en base a su probabilidad de ocurrencia y el grado del impacto que generarían.

La Tabla 1.8 determina la preponderancia de la diferencia entre las medidas del rollo de tela y los pedidos al originar una menor eficiencia en el consumo de dicho recurso.

Causa	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Puntaje (1-25)
Diferencia entre medidas del rollo y pedidos	5	5	25
Corte manual impreciso	4	4	16
Poca habilidad para la medición y cortado	4	4	16
Inexistencia de un indicador que controle el desperdicio	4	4	16
Regla descalibrada	3	5	15
Uso de regla para medición que puede generar imprecisiones	3	5	15
Falta de capacitación en tarea de cortado	3	5	15
Rugosidad dificulta el corte	3	5	15
Herramienta de corte inadecuada para el tipo de tela	2	4	8
Presupuesto de recursos insuficiente para tarea	1	5	5

Tabla 1.8. Matriz de priorización de causas para el problema de desperdicio de telas.

Por otra parte, la Tabla 1.9 determina la importancia de la desviación entre las existencias contabilizadas y a la mano y el carácter reactivo del reabastecimiento al generar roturas de stock de componentes.

Causa	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Puntaje (1-25)
Desviación entre existencias contabilizadas y a la mano	5	5	25
Reabastecimiento es reactivo	5	5	25
Lead time asociado a cada material es desconocido	4	4	16
Procedimiento de control a cargo de un solo colaborador	4	4	16
No se realiza seguimiento a la efectividad de la logística interna	4	4	16
Falta de nociones técnicas de gestión de inventarios	5	3	15
Ausencia de uso de recursos tecnológicos para el control de existencias	4	3	12
Notificación tardía de agotamientos	2	5	10
Llenado incorrecto de requerimientos de accesorios para fabricación	1	5	5
Elevado costo unitario	1	4	4

Tabla 1.9. Matriz de priorización de causas para el problema de rotura de stock.

Finalmente, la Tabla 1.10 determina la relevancia del extenso procedimiento para el corte de accesorios y la demora en el traslado del rollo de tela al actuar como factores desencadenantes de la baja productividad por hora-hombre.

Causa	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Puntaje (1-25)
Demora en el traslado del rollo de tela	5	5	25
Extenso procedimiento para corte de accesorios	5	4	20
Ubicación de almacenamiento de materiales	4	4	16
Dureza elevada de tubos y varillas	4	4	16
No hay controles sobre la productividad	4	4	16
Traslados entre áreas de operación	4	4	16
Capacitación en elaboración de roller	3	5	15
Herramientas de ensamble inadecuadas	3	5	15
Periodos de descanso poco claros	3	4	12
Incumplimiento de periodo de descanso definido	3	4	12

Tabla 1.10. Matriz de priorización de causas para el problema de rechazos del cliente.

c) Análisis de causa raíz

Al profundizar sobre las causas asociadas a cada problemática, se estima conveniente la aplicación de la técnica de los cinco porqués para determinar la causa raíz de aquellas con mayor significancia.

En primer lugar, la Figura 1.24 indica la descomposición de causas que originan la diferencia entre las medidas del rollo de tela y la especificada para cada pedido. Ello conduce a afirmar que cuenta con 2 causas raíces: el tamaño acordado con el proveedor para la adquisición de los rollos y el desconocimiento de la dimensión óptima para su compra, ya que se dispone de 3 tamaños (con un ancho de 2, 2,5 y 3 metros) y el 31,60% de los *rollers* comercializados presentan un ancho comprendido entre 2 y 2,25 metros.

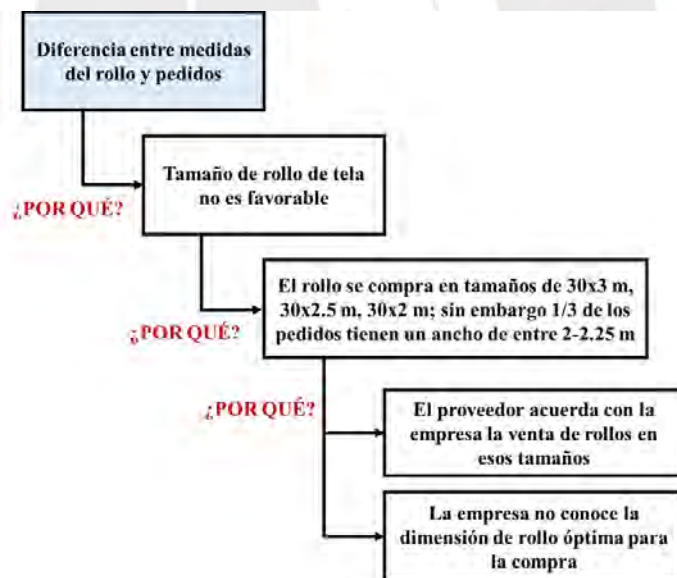


Figura 1.23. Análisis de 5 porqués para la causa del desperdicio de telas.

Seguidamente, la Figura 1.25 indica el desglose de causas que originan la desviación entre las existencias contabilizadas y a la mano. Se concluye que la causa raíz vinculada es la periodicidad indefinida para el conteo de inventario, lo cual implica una precisión mínima en base a las fluctuaciones en el volumen de producción, cuya variabilidad es elevada y, por ende, requiere de herramientas de control que se adapten a ello para monitorear las entradas y salidas del almacén.

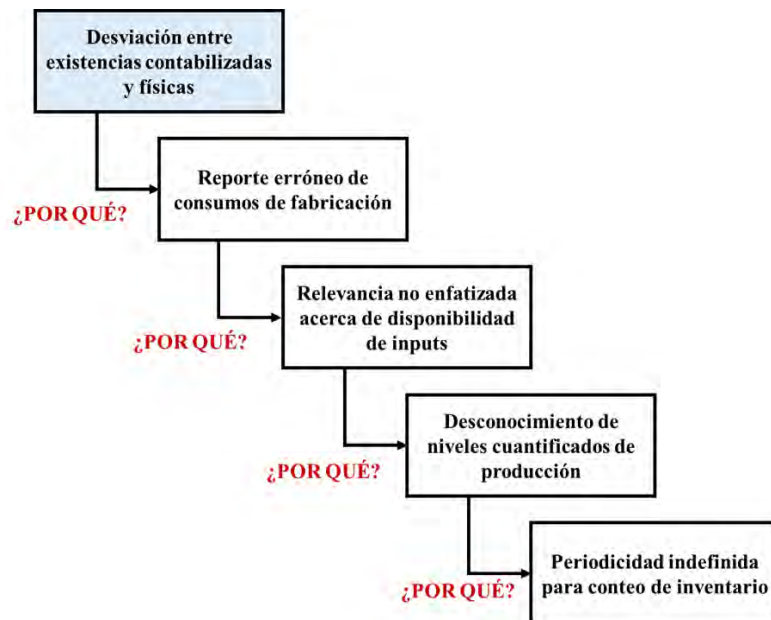


Figura 1.24. Análisis de 5 porqués para la causa de las roturas de stock.

De manera análoga, la Figura 1.26 indica el análisis de causas implícitas que generan el comportamiento reactivo del reabastecimiento. La herramienta permite sintetizar que la causa raíz asociada es el hecho de que la empresa no cuente con procedimientos y políticas de control definidos, lo cual evita que las adquisiciones se planifiquen con una anticipación prudente ya que, al tratarse de un proceso estrechamente relacionado con el departamento de producción como fase previa en la cadena de suministro, podría impactar sobre el cumplimiento de las órdenes programadas y, por consiguiente, el nivel de servicio otorgado a la cartera de clientes.

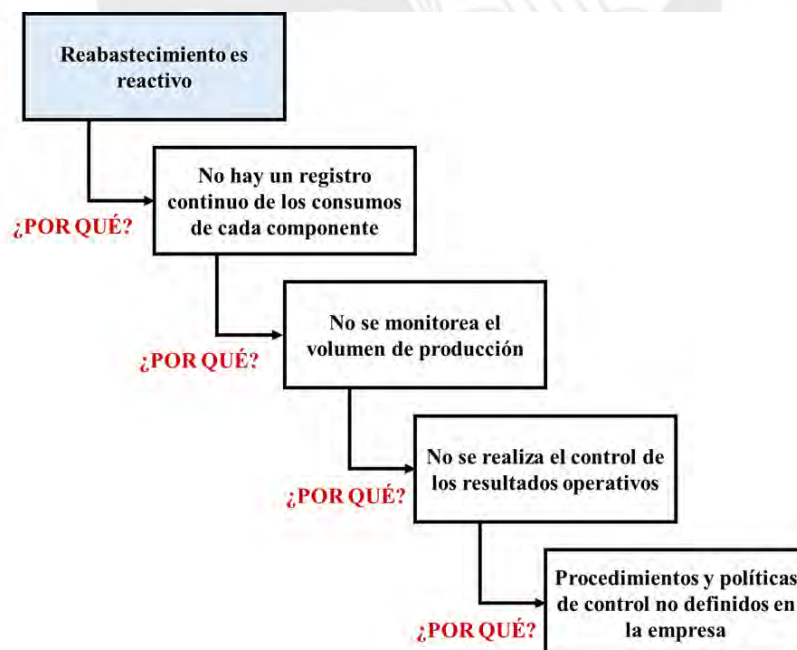


Figura 1.25. Análisis de 5 porqués para la causa de las roturas de stock.

Asimismo, la Figura 1.27 muestra el análisis de causas que originan la demora en el traslado de los rollos de tela, cuya causa raíz es su elevado peso y tamaño que obligan a colocarlo debajo de la mesa de trabajo. Ello conlleva a la aparición de factores disergonómicos y afectan el recorrido a seguir durante

el proceso de fabricación, lo cual implica la existencia de tiempos muertos que perjudican al nivel de productividad.

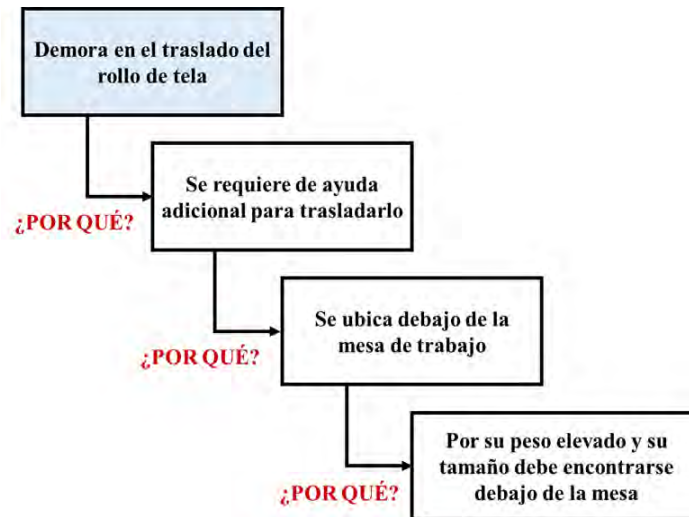


Figura 1.26. Análisis de 5 porqués para la causa de la baja productividad.

Para finalizar la Figura 1.28 presenta el estudio de causas de la extensión del procedimiento de corte de accesorios. Se concluye que la causa raíz asociada es la falta de estandarización en el proceso que origina desorden en el desplazamiento hacia la sierra eléctrica utilizada para el corte sin un método predefinido para su ejecución y, por lo tanto, influye negativamente sobre el flujo de los recursos directos e indirectos empleados en la fabricación.

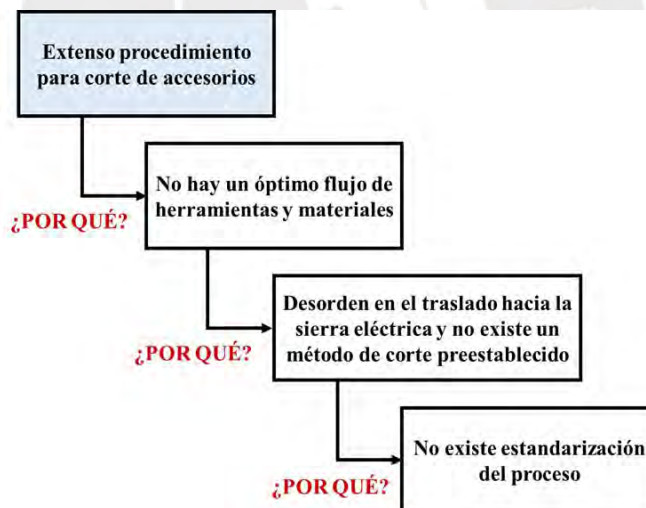


Figura 1.27. Análisis de 5 porqués para la causa de la baja productividad.

La Tabla 1.11 sintetiza el análisis realizado anteriormente para cada causa general, especificando su causa raíz correspondiente.

Causa general	Causa raíz
A) Diferencia entre medidas del rollo y pedidos	A.1) El proveedor acuerda con la empresa la venta de rollos en esos tamaños A.2) La empresa no conoce la dimensión de rollo óptima para la compra
B) Demora en el traslado del rollo de tela	B.1) Por su peso elevado y su tamaño debe encontrarse debajo de la mesa
C) Extenso procedimiento para corte de accesorios	C.1) No existe estandarización del proceso
D) Desviación entre existencias contabilizadas y físicas	D.1) Periodicidad indefinida para conteo de inventario
E) Reabastecimiento es reactivo	E.1) Procedimientos y políticas de control no definidos en la empresa

Tabla 1.11. Resumen de causas raíces.

1.2.5 Selección de contramedidas

A continuación, se determinarán las posibles contramedidas a evaluar que permitirán aprovechar el costo oportunidad de cada problema mencionado anteriormente.

En primer lugar, para disminuir el nivel de residuos de tela generado actualmente a partir del tamaño de rollos acordado con el proveedor y el desconocimiento del tamaño óptimo para este, se plantea el uso del ciclo de mejora continua DMAIC, bajo la metodología híbrida *Six Sigma*. De esta manera, se pretende definir la problemática de manera certera; medirla a través de métricas clave como línea base (*year-to-date*) y, a la vez, definir los resultados esperados; analizarla bajo un enfoque *data-driven* mediante herramientas como *problem solving* que brinden respaldo a las hipótesis planteadas y permitan profundizar en la indagación acerca de la causa raíz, es decir, las principales fuentes de desperdicio; implementar medidas de prevención y control para su mitigación; y, establecer un sistema de control de indicadores de eficiencia y validación de la incorporación de las propuestas de mejora mediante métodos como el control estadístico de procesos (SPC). En consecuencia, dicha metodología debe ejecutarse de manera iterativa y aportará a la obtención de un mayor grado de aprovechamiento del recurso.

Con la finalidad de aumentar la productividad y alcanzar el valor *target* definido anteriormente, se considerará la implementación de herramientas propias de la metodología de *Lean Manufacturing*. Estas buscarían brindar estabilidad operacional a la producción. La puesta en marcha de esta metodología en el taller eliminaría los objetos innecesarios en el espacio de trabajo, fuentes de suciedad y organizará los elementos que son esenciales de forma que permita un óptimo flujo de material dentro del área de trabajo. Lo último constituye un punto clave para disminuir el tiempo de traslado del rollo de tela. Asimismo, se crearían estándares de proceso a través de controles visuales que permitan al personal contar con una guía del procedimiento de corte de accesorios y las precauciones con las que deben contar para su realización. Se espera la disminución del tiempo del proceso de corte de accesorios y un mayor aseguramiento tanto de la seguridad del personal operativo como de la calidad de los *outputs* del proceso.

De forma similar, a fin de incrementar la exactitud de los inventarios registrados, se estima conveniente la implementación de un sistema de conteo cíclico que otorgue mayor fiabilidad al establecer una frecuencia determinada de contabilización en base a una metodología de segmentación ABC multicriterio que distinga la importancia de cada componente en estudio y contemple la estacionalidad del nivel de demanda para asegurar su disponibilidad. Asimismo, en busca de la transformación del carácter reactivo del reabastecimiento en uno predictivo se requiere un análisis de factibilidad de un sistema de aprovisionamiento de control continuo o periódico, los cuales se basan en la definición de un punto de reorden o un periodo de revisión y el *lead time* por componente (aleatorio o determinístico), respectivamente. Asimismo, implica el análisis de lotes económicos de compra (EOQ) bajo restricciones inherentes a cada proveedor. Por ende, la implementación de la alternativa que se adecúe de forma idónea a la empresa permitirá contar con una política de adquisiciones definida y que contribuya a la reducción de las roturas de *stock*.

Como contramedida al problema de la demora por traslados debido al tamaño y peso de los materiales, se propone la redistribución del taller junto con sus almacenes dado que, actualmente, la ubicación de un área de trabajo respecto de otra es distante. Por ende, la modelación matemática en base a variables de decisión como las dimensiones de cada puesto permitirían obtener una solución al problema de *layout*

de bloques y optimizar el *ratio* de cercanía total bajo un enfoque heurístico o la aplicación de programación lineal.

Finalmente, con el fin de minimizar el desperdicio de tela y dar solución al problema de la falta de procedimientos estandarizados, se plantea elaborar un plan de automatización del proceso de fabricación de *rollers* mediante un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA) que permitiría optimizar el tiempo de ciclo de la producción e incrementar la eficiencia en el uso de recursos.

Para definir el orden de implementación de las contramedidas de cada causa raíz, se hizo uso de una matriz de ponderación (FACTIS) en la que se evidencian seis criterios de evaluación, cada uno con tres niveles de puntaje. Estos criterios tienen, además, un peso de acuerdo a la empresa y el tipo de mejora que esperan que va del 1 al 6, siendo 6 el criterio más importante, como se muestra en la Tabla 1.12.

Criterios			Factor de ponderación	
F	Facilidad de implementación			3
	1. Muy difícil	2. Difícil	3. Fácil	
A	Afecta con su implementación a otras áreas			2
	1. Si	2. Medio	3. Nada	
C	Mejora de la calidad			5
	1. Poco	2. Medio	3. Mucho	
T	Tiempo de implementación			4
	1. Largo Plazo	2. Medio Plazo	3. Corto plazo	
I	Inversión requerida			6
	1. Mucha	2. Media	3. Poca	
S	Nivel de seguridad en el servicio			1
	1. Poco	2. Medio	3. Alta	

Tabla 1.12. Ranking de factores FACTIS.

Para finalizar, la Tabla 1.13 muestra la matriz de valoración de los factores y se concluye que las contramedidas a implementar serían las 3 primeras, lo cual implica la incorporación de la metodología *Lean Six Sigma* y técnicas de Gestión de Inventarios a la empresa en análisis.

Causa Raíz	Contramedidas	Facilidad de implementación	Afecta con su implementación a otras áreas	Mejora de la calidad	Tiempo de implementación	Inversión requerida	Seguridad	Puntaje
D.1 E.1	Aplicación de técnicas de gestión de inventarios para optimizar el abastecimiento y almacenamiento	3	3	1	3	3	2	2.476
A.1 A.2	Uso del ciclo de mejora DMAIC de la metodología Six Sigma para optimizar el aprovechamiento de recursos	2	1	3	2	2	3	2.190
B.1 C.1	Implementación de herramientas de propias de la filosofía de Lean Manufacturing para asegurar la estabilidad operacional	2	3	2	1	3	2	2.190
A.1 A.2 C.1	Plan de automatización para optimizar el tiempo de ciclo de fabricación de <i>rollers</i>	1	2	2	1	1	3	1.429
B.1	Redistribución de la planta mediante modelación matemática de <i>layout</i> de bloques	1	1	1	1	2	3	1.381

Tabla 1.13. Matriz de valoración de factores.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE MEJORA

A lo largo del presente capítulo se presentarán las propuestas de mejora que buscan resolver las causas raíces de las principales problemáticas evidenciadas en el Capítulo 1. Para cada una de ellas se establecieron contramedidas en pos de obtener el mayor beneficio posible para la empresa en análisis mediante la incorporación de la metodología *Lean Six Sigma* y técnicas de Gestión de Inventarios. La Tabla 2.1 lista las contramedidas propuestas.

Contramedidas
Implementación de herramientas propias de la filosofía de Lean Manufacturing para asegurar la estabilidad operacional.
Aplicación de técnicas de gestión de inventarios para optimizar el abastecimiento y almacenamiento
Uso del ciclo de mejora DMAIC de la metodología Six Sigma para optimizar el aprovechamiento de recursos.

Tabla 2.1. Contramedidas propuestas.

A continuación se describe el procedimiento seguido durante la implementación de cada propuesta.

2.1. Propuesta 1: Implementación de herramientas propias de la filosofía Lean Manufacturing para asegurar la estabilidad operacional

De acuerdo a lo determinado en el Capítulo 1, el nivel de rendimiento a la primera pasada presenta un *gap* de 3,17% respecto al valor *target* del 97% y una brecha de -18,11% en cuanto a productividad de la fuerza laboral, por lo que origina la pérdida de retorno por reprocesos e implica un menor volumen de producción en detrimento del nivel de servicio adecuado para cumplir con la demanda. Esto impacta en S/. 130 350 anuales, lo cual implicaría un alza en el margen operativo de 6,91%. Por ende, con el propósito de incentivar la mejora en ambos *ratios*, se estimó conveniente la aplicación de herramientas de la filosofía *Lean Manufacturing*.

2.1.1. Mapa de flujo de valor actual

Con la finalidad de identificar los desperdicios o MUDAS que se generan en el proceso de producción de *rollers*, se vio conveniente la elaboración del Mapa de flujo de valor o *Value Stream Map* que sigue actualmente el producto en estudio desde que la empresa recibe el pedido por parte del cliente hasta que se realiza el envío del producto terminado. Este se muestra en la Figura 2.1.

La empresa sigue un sistema de cadena de suministro *pull* dado que los procesos inician cuando se genera un pedido. Solo se solicita la compra de materiales si no existe suficiente *stock* para cumplir dicho pedido. La planificación de producción se hace diariamente al inicio de la jornada laboral, al igual que el envío de los pedidos acumulados de un día anterior.

La materia prima pasa por cinco estaciones para completar la fabricación del *roller*: trazado, corte de tela, corte de accesorios, ensamblaje y embolsado. Al realizar la toma de tiempos a cada estación se obtuvo el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio y se consideró una disponibilidad de 100% para cada una dado que el proceso se realiza de manera secuencial. Asimismo, en cada estación hay un operario que completa el proceso.

En el mapa se evidencia que existe inventario en dos momentos: previo a la estación de trazado se genera un inventario de tres *rollers* y al finalizar la estación de embolsado se acumulan cinco *rollers*. Al convertir este inventario en días, suma en total dos días que es el *lead time* de producción o tiempo

que no genera valor. Por otro lado, la suma de los tiempos de ciclo es de 21,9 minutos que es el tiempo de proceso o tiempo que genera valor.

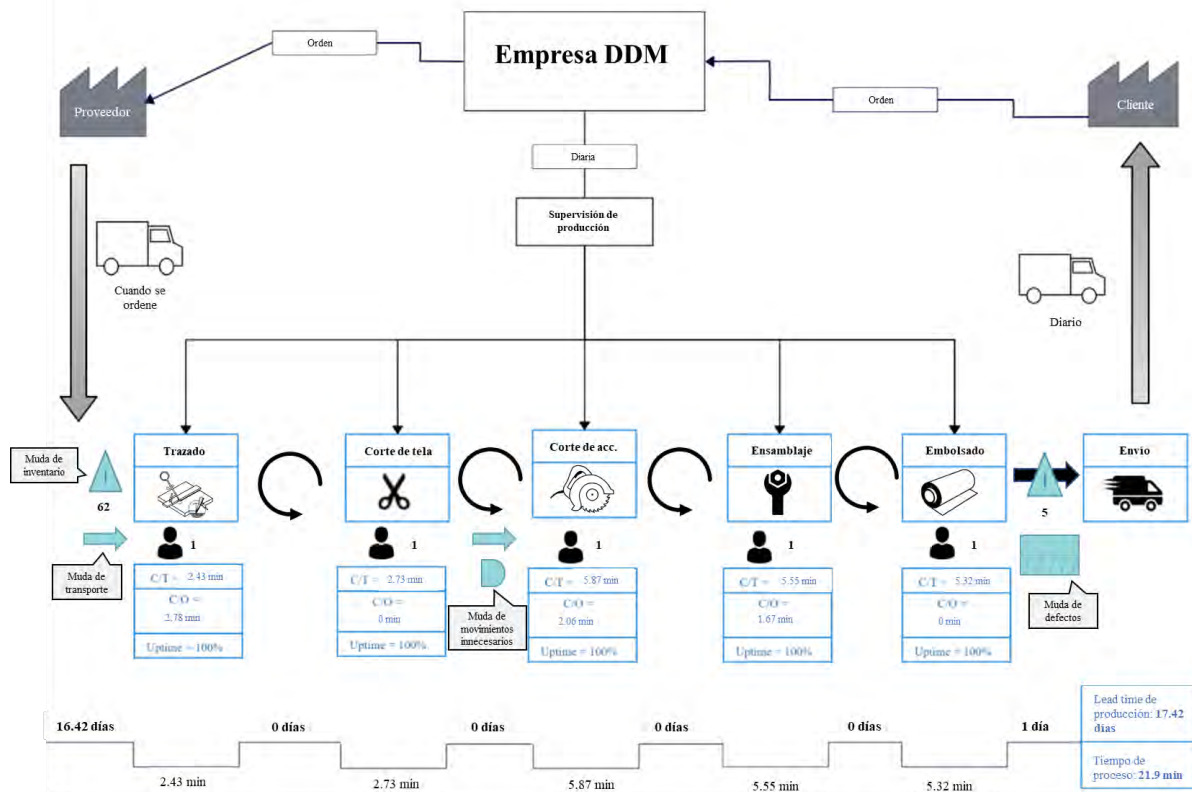


Figura 2.1. Mapa de flujo de valor actual de la empresa DDM

2.1.2. Identificación de mudas

De acuerdo a lo definido anteriormente, la metodología *Lean Manufacturing* pretende propiciar la eliminación de todo tipo de desperdicio, cuya presencia no agrega valor al proceso mas sí constituye una fuente de consumo de trabajo y recursos económicos.

El análisis de aquellos factores que merman la *performance* del sistema productivo se realizará a través del reconocimiento de principales MUDAS en la fabricación de *rollers*, las cuales pueden clasificarse de la siguiente manera: sobreproducción, espera o demora, transporte, sobreprocesamiento, inventario, movimientos innecesarios y defectos.

A continuación se detallan los principales desperdicios hallados en la empresa en análisis:

a) Transporte

Los rollos de tela almacenados en la zona de trabajo presentan dimensiones considerables (largo en torno a los 30 metros y ancho en presentaciones de 2, 2,5 y 3 metros), lo cual dificulta su desplazamiento hacia la zona de trabajo para la ejecución del trazado y corte de los mismos. El elevado peso, el cuidado que se debe tener para evitar daños, el flujo deficiente por la falta de organización y limpieza en el ambiente productivo y el hecho de que no se cuente con equipos de soporte para realizar esta labor incrementan la frecuencia de tiempos muertos que disminuyen la productividad del recurso.

b) Inventario

La acumulación de inventario de los 3 tipos de tela y accesorios empleados excede lo estrictamente necesario para abastecer la demanda de la cartera de clientes y utiliza espacio que podría ser aprovechado por otras labores. En el escenario actual, se manejan 16,42 días equivalentes de demanda

en el *stock* de ciclo de dichos materiales y 1 día de productos terminados (previo al envío) sin una justificación vinculada a la cobertura ante la volatilidad de precios o pedidos. Ello implica una gestión inadecuada de los mismos, agravada por una exactitud en su registro del 38,53%, lo cual podría conducir a su sobredimensionamiento.

c) Movimientos innecesarios

El procedimiento de corte de accesorios representa un 28% del tiempo de ciclo del proceso de fabricación. La generación de un cuello de botella en dicha etapa se debe, principalmente, a la necesidad de habilitar la sierra eléctrica a utilizar con anticipación por la acumulación de viruta a su alrededor y las complicaciones al trazar la medida especificada en los 3 accesorios a cortar: tubo, barabaja y vena. Por ende, se generan movimientos innecesarios que no agregan valor ya que, en conjunción con lo anterior, no se cuenta con un método predefinido para el corte.

d) Defectos

Si bien el rendimiento a la primera pasada de los *rollers* es elevado, *este* dista en 3,17% del valor *target*, lo cual se origina por la discrepancia entre las especificaciones y las medidas obtenidas en cada producto terminado. Ello conlleva a generar reprocesos, quejas, insatisfacción de la clientela, sobrecostos (por la logística inversa involucrada) e incluso desmedros.

A fin de cuantificar el impacto generado por las MUDAS en los resultados financieros de la empresa y reforzar la relevancia de la aplicación de la filosofía Lean para su eliminación, se presenta la Tabla 2.2 con el costo de oportunidad identificado en el Capítulo 1 por cada problemática.

MUDA	Costo de oportunidad	Porcentaje
Defectos	S/.152,062	51.3%
Movimiento	S/.86,432	29.1%
Transporte	S/.43,918	14.8%
Inventario	S/.14,238	4.8%
TOTAL	S/.296,649	100.0%

Tabla 2.2. Costo de oportunidad por MUDA

2.1.3. Selección de herramientas

Posterior a la identificación de las MUDAS presentes en el proceso de fabricación, se pretende determinar aquellas herramientas que se implementarán mediante una matriz de cruces con puntajes del 1 al 5. En dicha matriz se define qué MUDA se genera para cada actividad según lo descrito en el punto anterior. La puntuación se realizó en base a la literatura expuesta en el marco teórico. Los resultados se muestran en la Tabla 2.3, por lo que, tras la selección, las herramientas a utilizar serán 5S y Estandarización.

Para la selección no se tomó en consideración la herramienta JIT, dado que la empresa trabaja bajo el sistema PULL casi en su totalidad, ni la herramienta TPM (Mantenimiento Productivo Total) dado que esta busca optimizar la efectividad de una máquina, eliminar averías y promover el mantenimiento autónomo por parte de los operadores, como definen I.P.S. Ahuja and J.S. Khamba (2008); sin embargo, solo se aplicaría para la herramienta de corte eléctrico que, hasta la fecha, no ha generado ningún retraso en la producción.

Actividad	Desperdicio	Tipo de muda	Puntaje por herramienta <i>Lean</i>					
			5S	Estandarización	Kaizen	Kanban	Poka Yoke	SMED
Trazado	Traslado de rollo de tela desde el lugar de almacenamiento hasta la mesa	Transporte	5	2	3	2	0	2
	Excesiva cantidad de rollos de tela almacenados	Inventario	4	0	0	3	0	0
	Producto terminado no conforme por diferencia en medidas	Defectos	0	4	3	0	4	0
Corte de tela	Traslado de rollo de tela sobre mesa para efectuar corte	Transporte	5	2	3	2	0	2
	Producto terminado no conforme por diferencia en medidas	Defectos	0	4	3	0	4	0
Corte de accesorios	Alto volumen de accesorios acumulados	Inventario	4	0	0	3	0	0
	Procedimiento consume tiempo en exceso y no tiene pautas	Movimientos innecesarios	0	5	3	0	3	2
Ensamblaje	Alto volumen de accesorios acumulados	Inventario	4	0	0	3	0	0
TOTALES			22	17	15	13	11	6

Tabla 2.3. Matriz de cruces.

En primer lugar, la puesta en marcha de las 5S en el taller eliminaría los objetos innecesarios en el espacio de trabajo, fuentes de suciedad y organizará los elementos que son esenciales de forma que permita un óptimo flujo de material dentro del área de trabajo. Lo último constituye un punto clave para disminuir el tiempo de traslado del rollo de tela, considerando además que las telas pueden ser dañadas debido a la poca practicidad del método actual a causa de la ubicación de la zona de almacenamiento.

Por otra parte, con la segunda herramienta de *Lean* seleccionada, se crearían estándares de proceso a través de controles visuales que permitan al personal contar con una guía del procedimiento de corte de accesorios, las precauciones con las que deben contar para su realización y funcionará como alerta ante cualquier desviación de dicho estándar. Por consiguiente, se propone un método de trabajo con patrones pre-establecidos para la secuencia a seguir y la correcta documentación del mismo para impactar de manera favorable sobre la eficiencia de los operarios, cuya consecución es reforzada por el mayor orden, limpieza y organización originados por la aplicación de las 5S. Con la estandarización se espera la disminución del tiempo del proceso de corte de accesorios y un mayor aseguramiento tanto de la seguridad del personal operativo como de la calidad de los *outputs* del proceso.

2.1.4. Aplicación de herramientas

En los siguientes acápites se desarrollarán las fases que engloba cada herramienta a usar para aprovechar las oportunidades de mejora halladas.

a) Metodología 5S

La aplicación de estos 5 principios al entorno laboral generará transformaciones físicas que favorecerán la productividad de las operaciones que se ejecutan en él y se considera como un factor esencial la sensibilización a la administración de la empresa acerca de los requerimientos y beneficios de esta técnica.

Esta metodología se aplicará a los 3 ambientes del área productiva, los cuales serán denominados: Sección 1, Sección 2 y Patio, cuyo análisis será segmentado en cada etapa.

Como parte de un diagnóstico previo, se realizó una auditoría en cada uno de los criterios de relevancia para la incorporación de la cultura Lean en la empresa en estudio. El formato utilizado se presenta en la Tabla 2.4.

Artículos de evaluación del Diagnóstico			Escala	Evaluación
1. Política de la Empresa				
Política	(1) Existe un organigrama de trabajo		1	0
	(2) Política de seguridad		2	2
	(3) Existe misión, visión y políticas de calidad		1	0
	(4) Existe análisis de satisfacción de los clientes		1	0
	(5) Existe un responsable para 5S y Kaizen		2	0
		SUBTOTAL	7	2
2. Clasificar				
Seiri	(1) Existen materiales, productos en proceso o productos innecesarios		1	0
	(2) Existen máquinas o equipos innecesarios		1	0
	(3) Existe dispositivos, herramientas, plantillas o mobiliario innecesario		1	0
	(4) Está ubicado lo innecesario en un solo lugar		2	0
	(5) Existen reglas o normas para separar las cosas innecesarias		1	0
		SUBTOTAL	6	0
3. Ordenar				
Seiton	(1) Está indicado o señalado el lugar donde se ubican las cosas (como herramientas y equipos)		1	0
	(2) Se encuentra indicado o señalado (rotulado) el nombre de las cosas (máquinas/herramientas/equipos/módulos)		2	0
	(3) Se identifican o están señalizados las cantidades o volúmenes máximos y mínimos		1	0
	(4) Están pintadas las líneas que separan los espacios correspondientes a pasillos y estaciones de trabajo		3	0
	(5) Existe la costumbre o norma de devolver las cosas a su lugar de origen		1	0
		SUBTOTAL	8	0
4. Limpiar				
Seiso	(1) Existen desperdicios, viruta, cartón, aserrín, cuero, tela, hilo u otros materiales en el suelo		1	0
	(2) Las máquinas y muebles se encuentran limpias (goteo de aceite, cables sueltos, pegamento, pintura)		1	1
	(3) Cada trabajador realiza la limpieza de su lugar de trabajo asignado		2	1
	(4) La iluminación de las áreas de trabajo es buena		1	0
	(5) Se tienen los implementos para realizar limpieza y aseo personal suficientes y en buen estado		1	1
	(6) El trabajador tiene uniforme o ropa de trabajo limpio		3	3
		SUBTOTAL	9	6
5. Mantener				
Seiketsu	(1) Mantener los pasillos limpios		4	2
	(2) Mantener las áreas de trabajo, herramientas y máquinas limpias y en orden		1	0
	(3) Mantener los baños limpios y en orden		1	1
	(4) Mantener las oficinas limpias y en orden		2	2
	(5) Mantienen los almacenes limpios y en orden		1	1
		SUBTOTAL	9	6
6. Disciplina				
Shitsuke	(1) Existe el saludo y compañerismo entre trabajadores		1	1
	(2) El trabajador utiliza implementos de seguridad y ropa adecuada		1	1
	(3) Se cumplen los horarios de trabajo		1	1
	(4) Existe tiempo para educar a los trabajadores en reglas y maneras de trabajo (ejm: reunión por la mañana)		1	0
	(5) Se observan normas de trabajo en la empresa		2	1
		SUBTOTAL	6	4
			45	18

Tabla 2.4. Auditoría 5S.

De acuerdo a lo obtenido, se puede afirmar que el puntaje obtenido es del 40% del valor máximo, lo cual denota la ausencia de estos principios, de entre los cuales resalta el desinterés mostrado en cuanto a clasificación y organización, es decir, respecto a la presencia de objetos innecesarios y facilidad de acceso y retorno a la posición original de cada artículo. Además, se evidencia la ausencia de políticas y directrices relacionados a estándares de calidad y excelencia operacional.

Adicionalmente, la Figura 2.2 presenta un radar de cumplimiento de los criterios examinados, en busca de considerarlo como un antecedente para elaborar un contraste objetivo tras la implementación de las contramedidas.

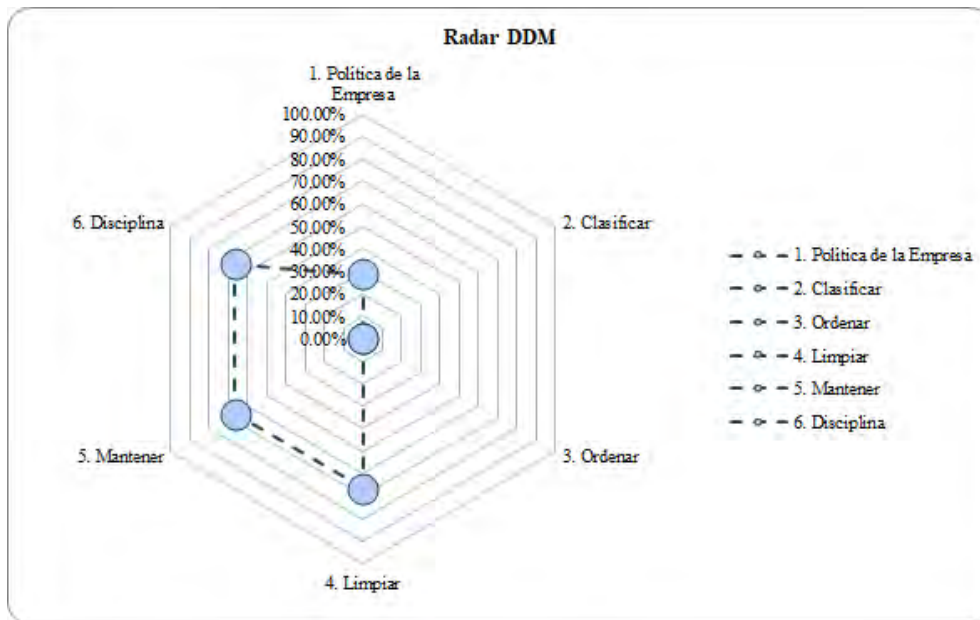


Figura 2.2. Radar de cumplimiento de principios 5S.

Las etapas comprendidas en el desarrollo de la metodología son descritas a continuación:

i. Seiri (Clasificar)

A fin de descartar aquellos objetos innecesarios del área de trabajo, de acuerdo a lo propuesto por V. Cardozo (2016), se estipuló cumplir con las siguientes tareas tras la identificación de las áreas críticas:

i. Toma de inventario:

Esta tarea consistió en la elaboración de un listado de los artículos, equipos, herramientas y materiales presentes en la zona de trabajo, la cual, de acuerdo a lo mencionado anteriormente, se dividió en 3 ambientes. Ello incluyó una descripción breve, documentación en imágenes y detalle de la cantidad presente de cada uno.

En el Anexo 3 se puede visualizar el listado elaborado para la Sección 1 con un total de 85 objetos; en el Anexo 4, el listado para la Sección 2 con un total de 52 objetos; y en el Anexo 5, el patio con 28 objetos.

ii. Establecimiento de criterios para descartar artículos innecesarios:

De acuerdo a la frecuencia de uso de cada objeto en el ambiente en el cual yacía, vínculo con el proceso productivo y peligro en materia de seguridad ocupacional que cada uno implica, se definió un veredicto para cada objeto con el propósito de definir si permanecía en la sección o se retiraba. La Tabla 2.5 permite sintetizar los resultados obtenidos.

Ambiente	Cantidades		Porcentaje	
	Se queda	Se retira	Se queda	Se retira
Sección 1	46	39	54.12%	45.88%
Sección 2	28	24	53.85%	46.15%
Patio	13	15	46.43%	53.57%
TOTAL	87	78	52.73%	47.27%

Tabla 2.5. Clasificación de objetos.

Tal como se puede apreciar, se descarta el 47,27% de los objetos presentes durante el momento del estudio preliminar, lo cual reduciría significativamente la congestión de cada área y contribuiría al orden de cada una con el objetivo de disminuir el recorrido ejecutado por los operarios y condiciones inseguras para mitigar potenciales riesgos.

iii. Seiton (Organizar)

Tras el establecimiento de objetos por descartar dado su mínimo o nulo aporte a las labores llevadas a cabo en cada ambiente, se tuvo en cuenta que la frecuencia y secuencia de uso son relevantes para la disposición de las herramientas, materiales, equipos y artículos que permanecerán en cada uno. Por consiguiente, la facilidad de visualización, acceso y retorno a posición original son criterios oportunos para una distribución óptima.

En primer lugar, se estimó conveniente que cada clase de artículo tenga un nombre y lugar identificados mediante la aplicación de elementos de control visual como el rotulado y señalización de áreas. La Figura 2.3 presenta el formato estándar para los rótulos elaborados, los cuales son diferenciados en base a un nombre, código y color particular.

Cuarto 1	Cuarto 2	Patio
Estante	Herramientas de trabajo	Tubos de PVC
Zona de prueba	Estante	Rollos de tela
Material de empaque	Utiles de oficina	Sierra de corte
Accesorios	EPPs	Barabajas
Utiles de oficina	Insumos de limpieza	Residuos
Herramientas de trabajo	Rollos de tela	
Remalladora	Tela usada	
Accesorios	Mesa de corte	
Cinta	Hojas de Control	
Máquina de costura	Extintor	
EPPs		
Tela sobrante		
Insumos de limpieza		
Rollos de tela		
Extintor		

Figura 2.3. Rotulado

Se identificó la presencia de 2 extintores de clase A en las instalaciones, los cuales, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 350.043-1 (2011), deben situarse a una distancia máxima de recorrido de 22,86 metros. El cumplimiento de dicho estándar fue verificado ya que la distancia a recorrer desde el centroide de cada sección al extintor más cercano es la siguiente: 8,74 metros desde la Sección 1, 10,80 metros desde la Sección 2 y 11,90 metros desde el Patio.

Por otra parte, en cuanto a la iluminación del ambiente de trabajo, se contrastó el nivel actual, el cual fue equivalente a 452 lux en la Sección 1 y 506 lux en la Sección 2 con los niveles establecidos en el Reglamento de Condiciones de Iluminación en Ambientes de Trabajo (2015) para tareas con exigencias visuales, los cuales ascienden a un mínimo de 500, medio de 750 y máximo de 1000. Por consiguiente, se requiere incrementar la iluminación hasta el nivel medio para propiciar condiciones saludables para los operarios y evitar la presencia de factores de riesgo disergonómicos. Esto se logrará a través de la redistribución de los fluorescentes instalados, ya que se encuentran situados en la parte central de cada habitación, de acuerdo a lo presentado en la Figura 2.4.

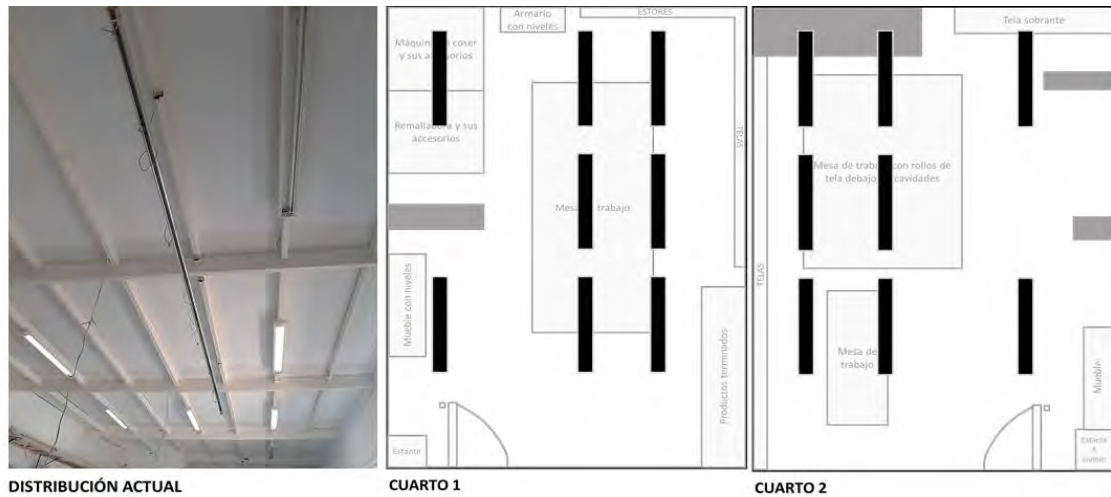


Figura 2.4. Distribución inicial y planteada para luminarias.

Se definió la reubicación de los objetos de manera sistemática a fin de asegurar un flujo de trabajo constante y estable, mediante la consideración de las pautas presentes en la Figura 2.5.

Frecuencia de Uso	Colocar
Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Varias veces al día	Colocar cerca del usuario
Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en almacén o en archivos
No se usa, pero podría usarse	Guardar etiquetado en archivo muerto o área para tales fines

Figura 2.5. Pautas para organización de objetos necesarios

Dentro de la Sección 1, se plantea la reorganización de los puestos de trabajo de las 2 máquinas que se poseen en este ambiente: la máquina de coser y la remalladora. A fin de eliminar las fuentes de suciedad de la primera de ellas, en la Figura 2.6 se presenta el orden a implementar para contar con condiciones propicias

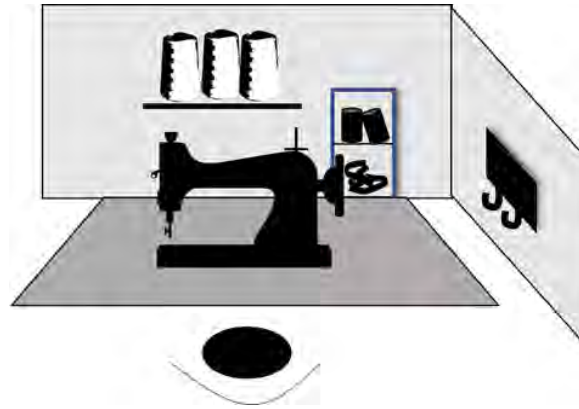


Figura 2.6. Ubicación planteada para Máquina de Coser y Accesorios.

De igual modo, la Figura 2.7 permite visualizar la ubicación idónea de los accesorios requeridos por la remalladora para facilitar los movimientos del operario durante la ejecución de sus labores.

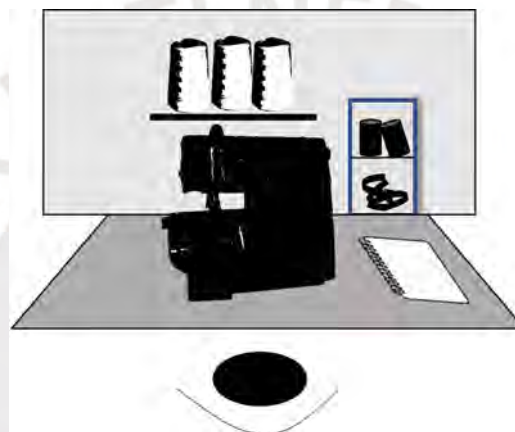


Figura 2.7. Ubicación planteada para Remalladora y Accesorios.

En cuanto al mobiliario presente en la primera habitación, se relocizaron los artículos, materiales y objetos que contenía cada uno en función de su utilidad. A modo de ejemplo, la Figura 2.8 presenta la disposición idónea para el armario con niveles.



Figura 2.8. Disposición de objetos en Armario con Niveles.

En cuanto al mueble con niveles, este será organizado de acuerdo a lo estipulado en la Figura 2.9.

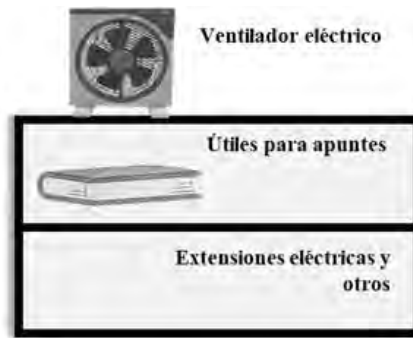


Figura 2.9. Disposición de objetos en Mueble con Niveles.

Respecto al estante de la primera habitación, se ordenarán sus elementos en base a lo planteado en la Figura 2.10.



Figura 2.10. Disposición de objetos en Estante.

Respecto a los elementos que se encuentran dentro de la Sección 2, se procedió a redistribuir los objetos a colocar en el mobiliario. A modo de ejemplo, se presenta la reorganización de los objetos que contiene en la Figura 2.11.



Figura 2.11. Disposición de objetos en Estante.

En cuanto al mueble situado en este ambiente, se organizará sus elementos en base a lo propuesto en la Figura 2.12.

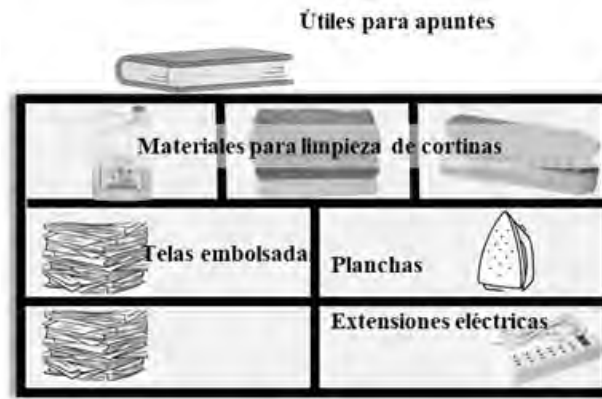


Figura 2.12. Disposición de objetos en Mueble.

En relación con los excedentes de tela generados por el proceso de fabricación de *rollers*, estos se ordenarán según lo planteado en la Figura 2.13 a fin de favorecer su reutilización.

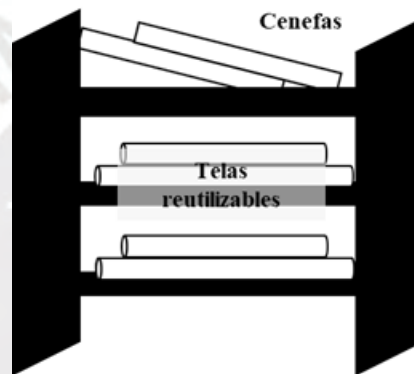


Figura 2.13. Disposición de tela sobrante.

Por otra parte, en el Patio, las escaleras, estantes y cortadora serán redistribuidos de acuerdo a lo descrito por la Figura 2.14. Cabe recalcar que la cortadora contará con un depósito para viruta dado que este residuo se acumulaba en la mesa de trabajo y, mediante la adición de este accesorio, se evita la generación de suciedad alrededor de esta zona.

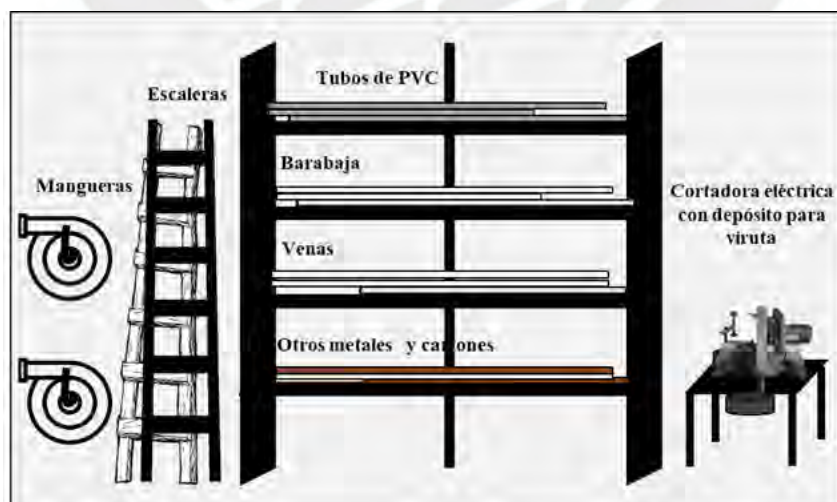


Figura 2.14. Disposición de escaleras, estantes y cortadora del Patio.

Finalmente, a fin de aminorar las demoras por las complicaciones en el traslado de los rollos de tela, cuyo peso y medidas son considerables, se propone la adquisición y uso de un apilador manual ligero

de carga con un alcance vertical de hasta 1,10 metros, lo cual supera la altura de ambas mesas situadas en la zona de trabajo. Asimismo, este equipo no ocupará un espacio excesivo ya que sus dimensiones son mínimas: 74,2 cm de largo y 58,0 cm de ancho. En la Figura 2.15 se muestra la imagen de la carretilla.



Figura 2.15. Carretilla elevadora manual.

iv. Seiso (Limpieza)

La tercera etapa de esta metodología, de acuerdo a F. C. Filip y V. Marascu-Klei (2015), implica realizar y mantener una limpieza profunda, eliminar fuentes de suciedad y simplificar dicho proceso. Por ende, se requiere la elaboración de una matriz de asignación de responsabilidades, el cual debe ser colocado en una ubicación visible por la fuerza laboral.

En consecuencia, en la Tabla 2.6 se presenta la tabla de responsables para la Sección 1 y las máquinas, equipos y mobiliario del cual se encargarán.

Sección 1					
Día	Responsable	Máq. de Coser	Remalladora	Armario y mesa	Mueble y estantes
Lunes	Operador 1	X	X		
Martes	Operador 2			X	X
Miércoles	Operador 3	X	X		
Jueves	Operador 4			X	X
Viernes	Operador 5	X	X		
Sábado	Operador 6			X	X

Tabla 2.6. Matriz de responsabilidades de la Sección 1.

Adicionalmente, se designó a los responsables de limpieza en la Sección 2 de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 2.7.

Sección 2					
Día	Responsable	Mueble	Mesas	Zona de sobrantes	Estantes
Lunes	Operador 1		X	X	
Martes	Operador 2	X			X
Miércoles	Operador 3		X	X	
Jueves	Operador 4	X			X
Viernes	Operador 5		X	X	
Sábado	Operador 6	X			X

Tabla 2.7. Matriz de responsabilidades de la Sección 2.

Por otra parte, la matriz de responsabilidades de limpieza en el Patio se muestra en la Tabla 2.8.

Patio					
Día	Responsable	Máq. de Corte	Contenedores	Mesas y mangueras	Estantes
Lunes	Operador 1	X			X
Martes	Operador 2		X	X	
Miércoles	Operador 3	X			X
Jueves	Operador 4		X	X	
Viernes	Operador 5	X			X
Sábado	Operador 6		X	X	

Tabla 2.8. Matriz de responsabilidades del Patio.

Asimismo, se estableció la distinción de los recipientes para el almacenamiento de los residuos sólidos por colores al tomar como referencia lo dispuesto por la Norma Técnica Peruana 900.058 (2011). Esta medida permite segregar los restos adecuadamente con el objetivo de reducirlos, reciclarlos y reutilizarlos, pues reciben un tratamiento específico. Por consiguiente, la Tabla 2.9 presenta la relación de colores planteada por cada tipo de residuo:

Tipo de residuo	Color
Papel y cartón	Azul
Plástico	Blanco
Metales	Amarillo
Tela	Verde
Orgánicos	Marrón
Vidrio	Plomo
Peligrosos	Rojo
No aprovechables	Negro

Tabla 2.9. Colores por tipo de residuo.

Respecto a la distribución para los contenedores y recipientes para residuos, los cuales se localizarán en el Patio y serán dispuestos de acuerdo a lo mostrado en la Figura 2.16.

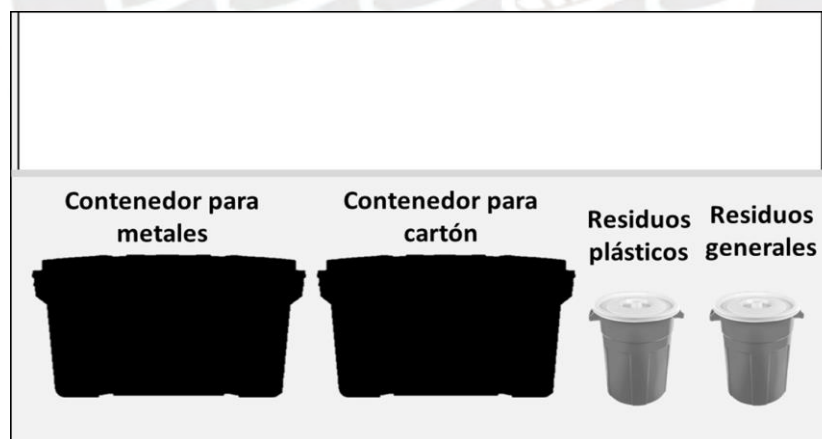


Figura 2.16. Disposición de contenedores y recipientes para residuos sólidos.

Para finalizar, se identificó la presencia de enchufes en una posición inadecuada en la Sección 1, por lo que ello podría conducir a riesgos eléctricos por contacto directo y al hecho de que los operarios adopten posiciones disergonómicas. Por lo tanto, se recomienda agregar conexiones múltiples a los bordes de la mesa de trabajo, las cuales deben disponerse de acuerdo a lo expuesto en la Figura 2.17.



Figura 2.17. Localización inicial y propuesta de enchufes.

v. Seiketsu (Estandarizar)

Se elaboró un *layout* final de cada zona de trabajo que permita cumplir con los criterios expuestos. Se presenta la distribución planteada para la Sección 1 en el Anexo 6. Por otra parte, se presenta la distribución planteada para la Sección 2 en el Anexo 7. Finalmente, se presenta la distribución planteada para el Patio en el Anexo 8.

vi. Shitsuke (Disciplina)

Con el fin de asegurar la sostenibilidad de la implementación de las 5S, se plantea la realización de auditorías internas, las cuales consistirán en recorridos por los ambientes mencionados anteriormente para evaluar la ejecución y eficacia de la mejora. La documentación se realizará mediante el informe de auditoría que consiste en un *check list* como el de la Tabla 2.4.

Se propone, además, realizar dichas auditorías de manera mensual y aleatoria, lo último con la finalidad de verificar el cumplimiento de las 5S a lo largo del mes. Cada uno de los 3 ambientes será auditado con diferente periodicidad. En la Figura 2.18. se presenta el Gantt con la programación, según ambiente, para los próximos 6 meses.

#	Responsable	Ambiente	M1				M2				M3				M4				M5				M6			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Auditor 5S	Sección 1																								
2	Auditor 5S	Sección 2																								
3	Auditor 5S	Patio																								

Figura 2.18. Gantt de auditorías 5S.

En consecuencia, las expectativas en torno a la aplicación de la cultura *Lean* mediante la metodología 5S podrían ser cuantificadas mediante una revisión de la evaluación planteada inicialmente al considerar las modificaciones a implementar a fin de cumplir con las cinco directrices de esta técnica. Por ende, la Tabla 2.10 muestra los resultados esperados tras la puesta en marcha.

Artículos de evaluación del Diagnóstico			
1. Política de la Empresa		Escala	Evaluación
Política	(1) Existe un organigrama de trabajo	1	0
	(2) Política de seguridad	2	2
	(3) Existe misión, visión y políticas de calidad	1	0
	(4) Existe análisis de satisfacción de los clientes	1	0
	(5) Existe un responsable para 5S y Kaizen	2	1
SUBTOTAL		7	3
2. Clasificar			
Seiri	(1) Existen materiales, productos en proceso o productos innecesarios	1	1
	(2) Existen máquinas o equipos innecesarios	1	1
	(3) Existe dispositivos, herramientas, plantillas o mobiliario innecesario	1	1
	(4) Está ubicado lo innecesario en un solo lugar	2	2
	(5) Existen reglas o normas para separar las cosas innecesarias	1	1
SUBTOTAL		6	6
3. Ordenar			
Seiton	(1) Está indicado o señalado el lugar donde se ubican las cosas (como herramientas y equipos)	1	1
	(2) Se encuentra indicado o señalado (rotulado) el nombre de las cosas (máquinas/herramientas/equipos/módulos)	2	2
	(3) Se identifican o están señalizados las cantidades o volúmenes máximos y mínimos	1	0
	(4) Están pintadas las líneas que separan los espacios correspondientes a pasillos y estaciones de trabajo	3	3
	(5) Existe la costumbre o norma de devolver las cosas a su lugar de origen	1	1
SUBTOTAL		8	7
4. Limpiar			
Seiso	(1) Existen desperdicios, viruta, cartón, aserrín, cuero, tela, hilo u otros materiales en el suelo	1	1
	(2) Las máquinas y muebles se encuentran limpias (goteo de aceite, cables sueltos, pegamento, pintura)	1	1
	(3) Cada trabajador realiza la limpieza de su lugar de trabajo asignado	2	2
	(4) La iluminación de las áreas de trabajo es buena	1	1
	(5) Se tienen los implementos para realizar limpieza y aseo personal suficientes y en buen estado	1	1
	(6) El trabajador tiene uniforme o ropa de trabajo limpio	3	3
SUBTOTAL		9	9
5. Mantener			
Seiketsu	(1) Mantener los pasillos limpios	4	2
	(2) Mantener las áreas de trabajo, herramientas y máquinas limpias y en orden	1	1
	(3) Mantener los baños limpios y en orden	1	1
	(4) Mantener las oficinas limpias y en orden	2	2
	(5) Mantienen los almacenes limpios y en orden	1	1
SUBTOTAL		9	7
6. Disciplina			
Shizukae	(1) Existe el saludo y compañerismo entre trabajadores	1	1
	(2) El trabajador utiliza implementos de seguridad y ropa adecuada	1	1
	(3) Se cumplen los horarios de trabajo	1	1
	(4) Existe tiempo para educar a los trabajadores en reglas y maneras de trabajo (ejm: reunión por la mañana)	1	0
	(5) Se observan normas de trabajo en la empresa	2	1
SUBTOTAL		6	4
		45	36

Tabla 2.10. Auditoría 5S post-implementación.

Conforme a lo apreciado, el puntaje obtenido es del 80% del valor máximo, lo cual demuestra una notoria progreso en cuanto a Clasificación y Organización al mantener los objetos estrictamente necesarios y proponer un mayor grado de orden a través de los cambios y redistribuciones planteados. Asimismo, se observa una mejora en cuanto a Limpieza y Estandarización, mas se precisa de un mayor énfasis en las Políticas de la empresa, la cual será tratada mediante las herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma a desarrollar.

Adicionalmente, la Figura 2.19 presenta el radar actualizado de cumplimiento de los criterios expuestos con el objetivo de ilustrar su evolución favorable.

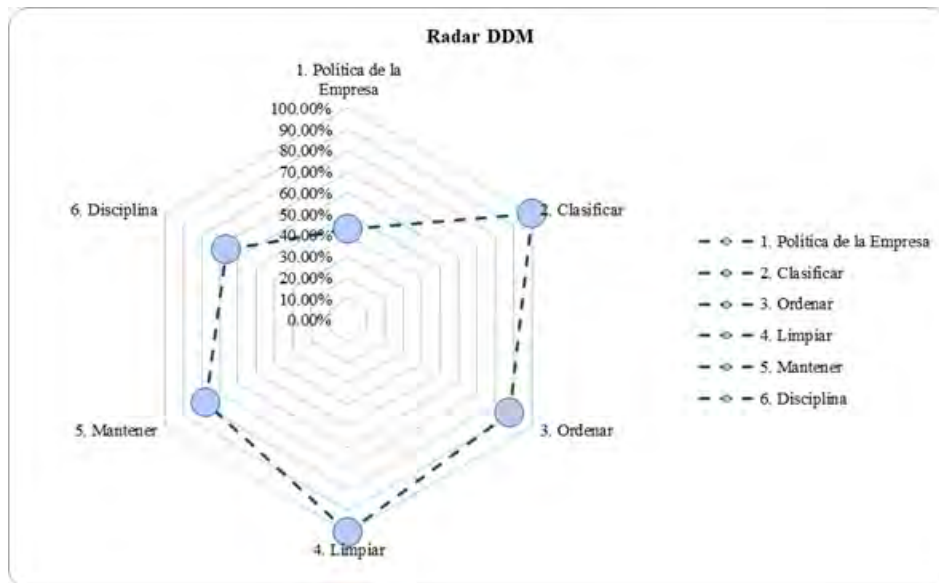


Figura 2.19. Radar de cumplimiento de principios 5S post-implementación.

b) Estandarización de Procesos

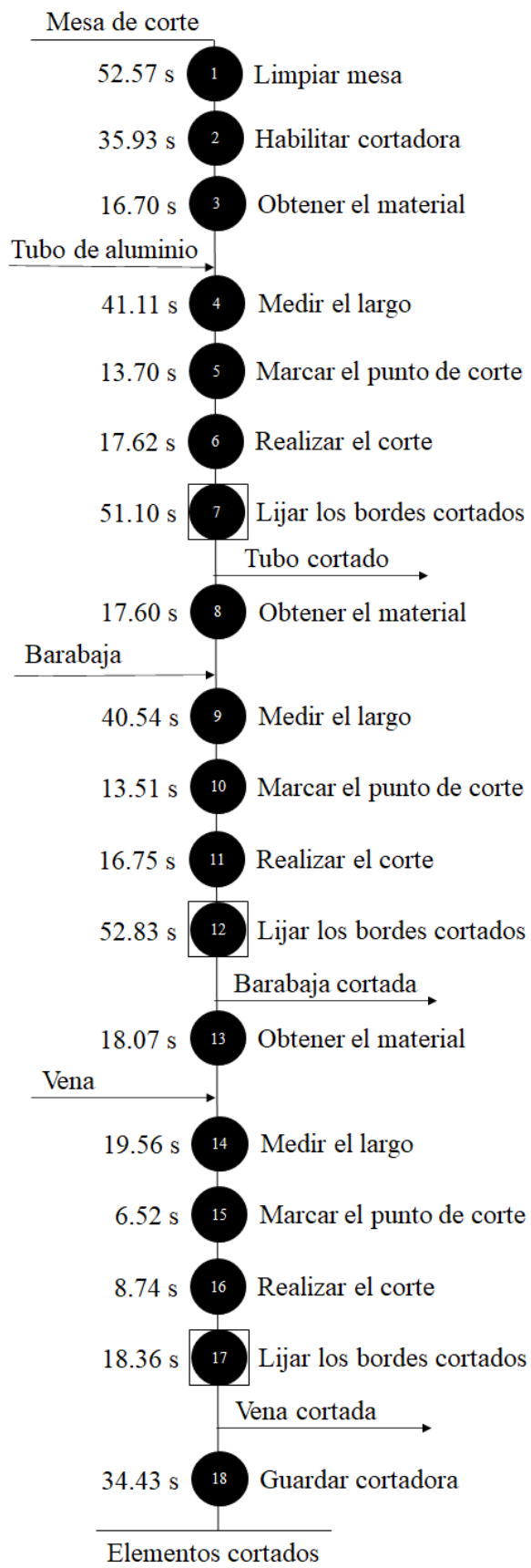
El procedimiento de corte de accesorios (tubos, venas y barabajas) para su inserción en el producto terminado carece de pautas preestablecidas y se evidenció un alto nivel de desorden en el traslado hacia la sierra eléctrica utilizada como maquinaria para su ejecución. Por ende, esto conlleva a que el tiempo estándar de esta operación sea el más representativo de entre las llevadas a cabo durante el proceso de fabricación.

Por lo tanto, la implementación la Estandarización de este procedimiento permitirá documentar la secuencia de tareas que los operarios deben seguir, así como optimizar sus movimientos y el *set-up* y trabajo de la máquina, mientras se propicie la reducción de no conformidades.

Las etapas comprendidas en la aplicación de esta herramienta serán descritas a continuación:

i. Análisis de la ruta del proceso

A partir del mapeo de todas las tareas involucradas en el corte de accesorios, se procedió a esbozar un diagrama de operaciones (DOP), el cual se presenta en la Figura 2.20. Tal como se comentó anteriormente, se comprueba el extenso procedimiento implicado, el cual se compone de 18 operaciones y 3 operaciones/inspecciones. Este es complementado, a su vez, por los tiempos (en segundos) asignados a cada una.



CUADRO RESUMEN	
●	18
◻	3

Figura 2.20. Diagrama de Operaciones Inicial

ii. Determinación del *takt time*

A fin de calcular la tasa de requerimiento por parte de los clientes, la cual debe coincidir con la tasa de salida del producto, se utilizó como *inputs* a la demanda promedio mensual y el tiempo disponible y efectivo de la mano de obra directa.

Dado que la demanda promedio mensual para los últimos 19 meses resultó equivalente a 102 *rollers* con una desviación estándar de $\pm 62,29$ unidades, se estimó conveniente usar el límite superior del intervalo de confianza de esta variable ya que muestra un comportamiento notoriamente aleatorio. Por ende, a un nivel de confianza del 95%, este ascendió a 137 *rollers* tal como se aprecia en la Tabla 2.11.

<i>T student</i>	2,46
Promedio	102,00
Desviación Estándar	62,29
LI	66,79
LS	137,21

Tabla 2.11. Estimación de demanda.

Por consiguiente, el *Takt Time* vinculado al proceso de fabricación de *rollers* asciende a 23,25 minutos por unidad al considerar la participación en las ventas como *driver* para estimar la cantidad de tiempo disponible durante el mes para esta actividad. El cálculo se encuentra desglosado en la Tabla 2.12.

Participación en ventas	29,21%
Tiempo disponible en el mes (H)	182,00
Demanda a satisfacer	137,21
Takt time (min/und)	23,25

Tabla 2.12. Cálculo del *Takt Time*.

En consecuencia, dado que se conoce que el 27,91% del tiempo empleado en el proceso es consumido en el procedimiento de corte, se estima que la tasa de salida máxima para esta etapa es equivalente a 6,49 minutos, lo cual dista en 1,44 minutos respecto a la tasa de 7,93 minutos que se maneja actualmente, es decir, presenta una brecha del 22,15% respecto al *target*.

iii. Determinar la rutina de operación estándar

A partir del estudio de las limitaciones del proceso, se estimó conveniente emprende esfuerzos transformacionales para modificar la rutina inicial.

En primer lugar, se propone la colocación de señalética como parte de una correcta gestión visual que ayude con la estandarización a través de medios de comunicación atractivos a la vista y de fácil comprensión. Esta señalética permitirá la mitigación de riesgos asociados al uso de la sierra eléctrica al emplear equipos de protección personal (de los cuales ya disponen en sus instalaciones) y es presentada en la Figura 2.21.

USO OBLIGATORIO



Figura 2.21. Señalética a implementar

Por otro lado, se hizo uso de la herramienta Poka-Yoke como estrategia de mejora a prueba de errores y medida preventiva ante defectos, de acuerdo a lo planteado por Parikshit S. Patil, Sangappa P. Parit y Y.N. Burali (2013). Este tipo de solución se enfoca en la construcción de un mecanismo en forma de guía con 3 variedades, las cuales deben ser empleadas de acuerdo al material a cortar. Esta guía se situará en una posición transversal a la cuchilla rotatoria de la sierra y contendrá una regleta que permite regular la medida de la cizalladura. Ello conlleva a reducir la variación en las medidas de los accesorios respecto a las especificaciones y aminorar el esfuerzo y tiempo requerido para su desarrollo. La estructura se ilustra con un mayor nivel de detalle en la Figura 2.22.

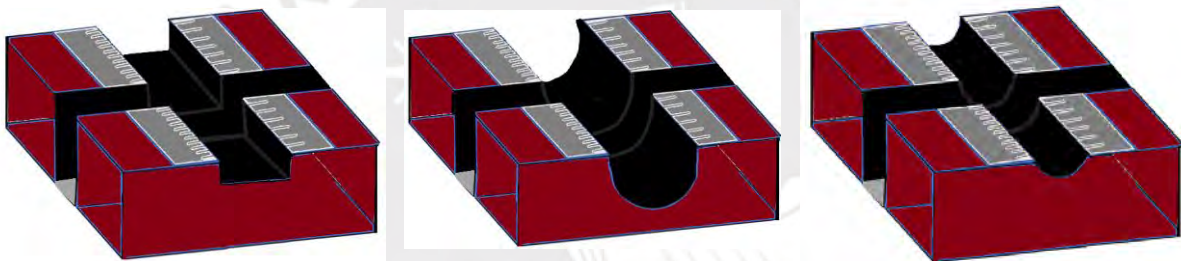


Figura 2.22. Estructura de Mecanismo/ Guía para la barabaja, tubo y vena (de izquierda a derecha)

Asimismo, para acelerar la remoción de viruta como residuo del procedimiento y disminuir el tiempo invertido en la limpieza de la zona de trabajo, se recomienda instalar un depósito empotrado en la mesa para su acumulación. Este se describe gráficamente en la Figura 2.23.

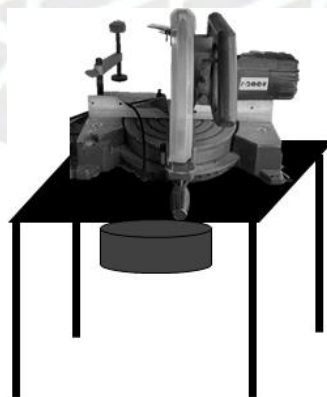


Figura 2.23. Depósito de Viruta

En base a estas modificaciones, se elaboró un manual de uso operativo de la cortadora eléctrica con el objetivo de facilitar su entendimiento y asegurar el correcto desarrollo de las tareas por parte de la fuerza laboral. Este manual emplea un lenguaje simple y consta de 10 directrices, las cuales se muestran en la Figura 2.24.



Figura 2.24. Manual de Uso Operativo de Cortadora Eléctrica

Para finalizar, se elaboró el diagrama de operaciones (DOP) actualizado de acuerdo a las soluciones planteadas, cuyo efecto sobre los resultados operativos del proceso serán verificados posteriormente. Tal como se puede apreciar, esto generó la eliminación de la actividad de marcado para cada accesorio y un menor tiempo estándar en la limpieza de la zona de trabajo, la medición y cortado de cada material. El diagrama se presenta en la Figura 2.25.

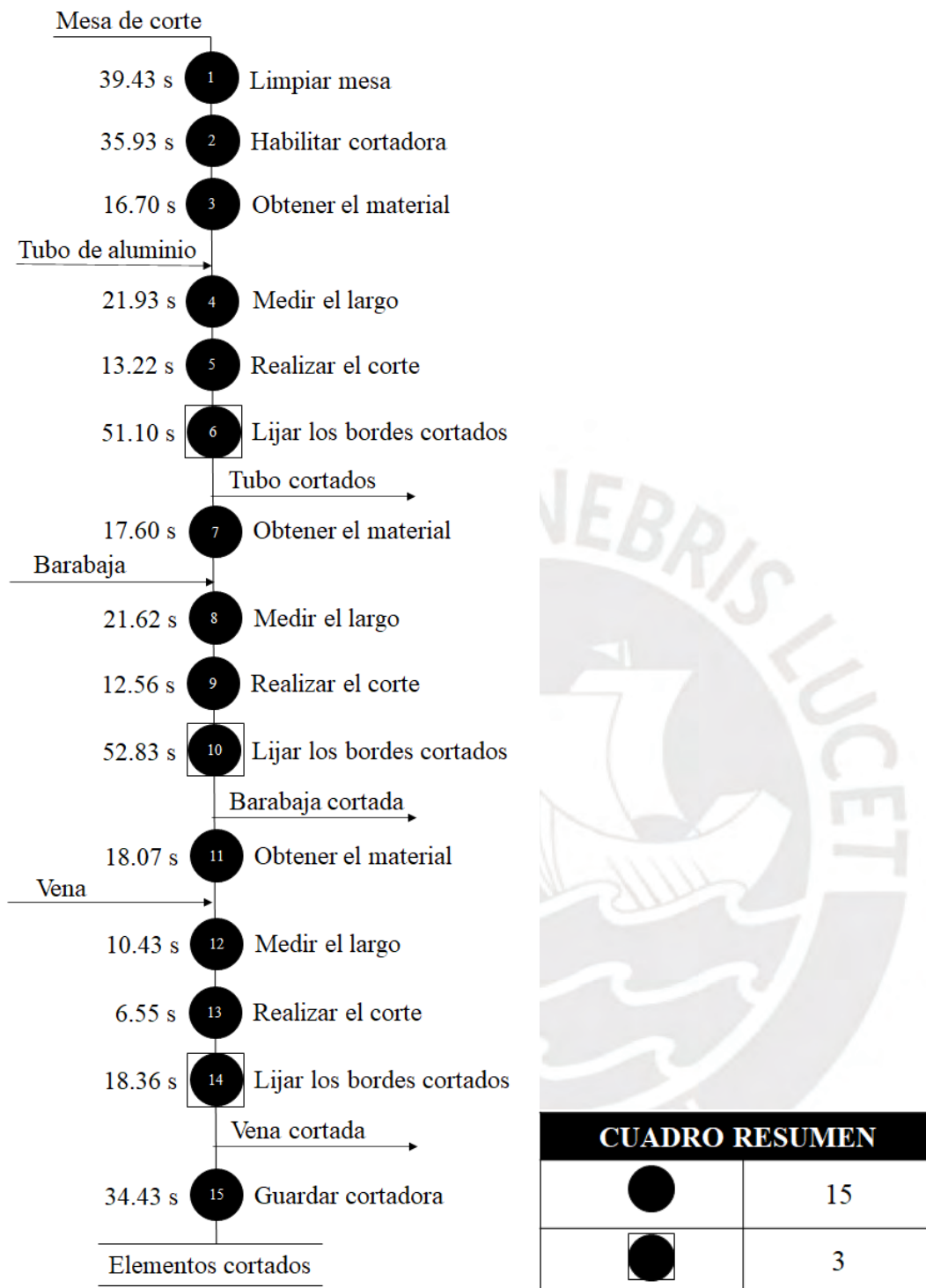


Figura 2.25. Diagrama de Operaciones Final

iv. Verificación de resultados y planificación de siguientes pasos

A fin de validar la mejora en el tiempo de ciclo asociado al procedimiento de corte de accesorios, se compara el tiempo estándar antes de la implementación de las contramedidas con aquel obtenido tras la estandarización del proceso y empleo de Poka-Yoke. El contraste puede apreciarse en la Tabla 2.13.

Tarea	Tiempo (segundos)		Variación	Variación %
	Pre-estandarización	Post-estandarización		
Limpiar Mesa	52.57	39.43	-13.14	-25%
Habilitar Cortadora	35.93	35.93	-	0%
Coger Material	16.70	16.70	-	0%
Medir	41.11	21.93	-19.19	-47%
Marcar	13.70	-	-13.70	-100%
Cortar	17.62	13.22	-4.41	-25%
Lijar	51.10	51.10	-	0%
Coger Material	17.60	17.60	-	0%
Medir	40.54	21.62	-18.92	-47%
Marcar	13.51	-	-13.51	-100%
Cortar	16.75	12.56	-4.19	-25%
Lijar	52.83	52.83	-	0%
Coger Material	18.07	18.07	-	0%
Medir	19.56	10.43	-9.13	-47%
Marcar	6.52	-	-6.52	-100%
Cortar	8.74	6.55	-2.18	-25%
Lijar	18.36	18.36	-	0%
Guardar Cortadora	34.43	34.43	-	0%
TOTAL (seg)	475.63	370.75	-104.88	-22.05%
TOTAL (min)	7.93	6.18		

Tabla 2.13. Tiempo estándar de cada tarea antes y después de la estandarización.

De acuerdo a lo observado, se reduce el tiempo de ciclo en 105 segundos, lo cual es equivalente a una variación relativa del 22,05%. Ello conlleva a contar con un tasa de salida menor que la requerida para cumplir con la tasa de requerimiento calculada previamente, la cual es equivalente a 6,49 minutos. Por lo tanto, al contar con una tasa de salida igual a 6,18 minutos, se evidencia un margen del 4,79% respecto al escenario óptimo, lo cual soporta la idea de que los resultados son satisfactorios.

Adicionalmente, de acuerdo al estudio conducido por el Raed EL-Khalil y Maya F. Farah (2013), la influencia de la aplicación de *Lean Manufacturing* sobre las métricas operacionales de 96 compañías del Oriente Medio, las estadísticas descriptivas de los resultados obtenidos muestran un impacto sobre el tiempo de ciclo de sus operaciones de 3,35 puntos en una escala de Likert con una desviación estándar de 0,80 puntos, lo cual es equivalente a una reducción promedio de entre 23,82 y 27,86 puntos porcentuales. En consecuencia, el cambio relativo obtenido no dista en demasía del promedio obtenido mediante el uso de esta colección de técnicas.

Finalmente, cabe recalcar que se estima conveniente el establecimiento de un ciclo de mejora continua que permita actuar ante desviaciones respecto al contexto presentado y planificar soluciones para contrarrestarlas, además de aplicar la estandarización de procesos de manera análoga a otros procedimientos o tareas críticas, tales como el trazado y corte de tela (17% del tiempo de ciclo), ensamble del mecanismo móvil (13% del mismo) e inspecciones (11% del mismo).

2.1.5. Mapa de flujo de valor futuro

Tras la aplicación de ambas herramientas, se estima la influencia de cada una sobre los principales parámetros de operación de cada tarea. De acuerdo a A. K. Patel, P. R. Tomar y R. P. Nagila (2017), la reducción en el tiempo de cambio y búsqueda de materiales disminuye, en promedio, en un 44%. Adicionalmente, se toma como referencia a la evolución estimada en los tiempos para la operación de Corte de Accesorios a causa de la Estandarización de procesos. Como resultado de dicho análisis, se presentan las reducciones en los parámetros a obtener según las expectativas manejadas en la Tabla 2.14.

Herramienta	Operación	Parámetro afectado	Reducción
5S	Trazado	C/O	44.0%
	Ensamblaje	C/O	44.0%
Estandarización	Corte de accesorios	C/T	25.9%
		C/O	10.7%

Tabla 2.14. Cuadro de resultados antes y después de la implementación de Lean.

Por lo tanto, el mapa de flujo de valor se reestructura a partir de las condiciones esperadas en el escenario post-implementación, lo cual evidencia una reducción del 11,42% en el tiempo que agrega valor (TVA) y, de manera complementaria, cabe recalcar que se genera una reducción del 16,47% en la sumatoria del tiempo de ciclo y tiempo de cambio al pasar de 28,41 minutos a 23,73 minutos por unidad. En consecuencia, ello aminora la brecha entre la tasa productiva y la tasa de demanda al presentar un *gap* de tan solo 2,06% o 0,48 minutos. El mapa de flujo de valor del escenario planteado se presenta en la Figura 2.26.

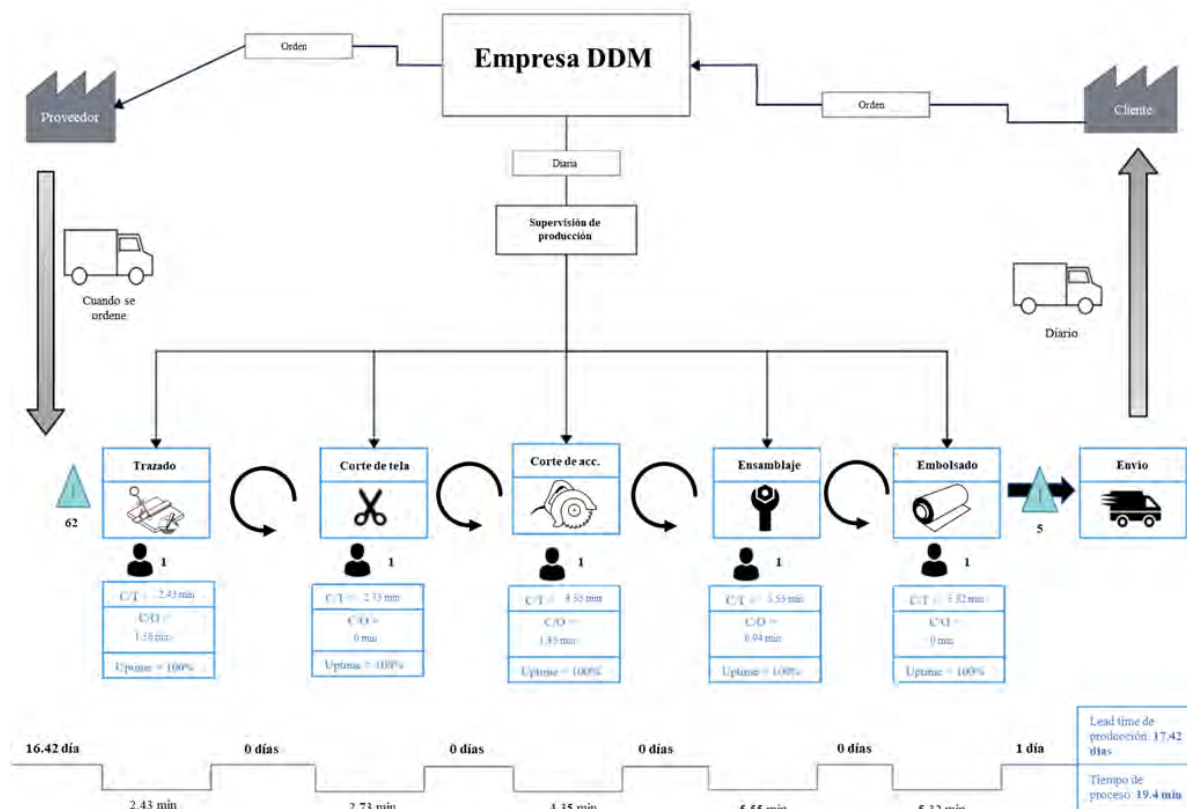


Figura 2.26. Mapa de flujo de valor futuro de la empresa DDM

2.2. Propuesta 2: Aplicación de técnicas de gestión de inventarios para optimizar el abastecimiento y almacenamiento

La falta de procedimientos y políticas de control de los inventarios en la empresa conlleva a que exista un reabastecimiento reactivo de los materiales necesarios para producción, lo que, en consecuencia, ha generado roturas de stock e inclusive desviaciones entre las existencias contabilizadas y físicas en el almacén.

Frente a esta problemática se propone la aplicación de técnicas de gestión de inventarios que permitan a la empresa tener un mayor control sobre su reabastecimiento y exactitud en la contabilización de su inventario de materiales.

A continuación se presentan las técnicas desarrolladas para la implementación de una correcta gestión de inventarios:

a) Proyección de la demanda

Actualmente, la empresa no realiza un análisis de la demanda de *rollers* ni el pronóstico de futuros períodos. Al no conocer su demanda, no tienen la capacidad de planificar el abastecimiento de materiales.

En primer lugar, se obtuvo el histórico de demanda mensual de *rollers* de los últimos tres años presentado en la Tabla 2.15.

Mes / Año	2016	2017	2018	2019
Enero	129	169	172	193
Febrero	60	79	88	100
Marzo	55	82	89	109
Abril	98	145	142	179
Mayo	67	97	124	112
Junio	85	89	117	116
Julio	29	35	46	59
Agosto	57	74	91	75
Setiembre	92	116	130	165
Octubre	44	60	73	70
Noviembre	142	157	187	245
Diciembre	43	56	75	72

Tabla 2.15. Demanda histórica mensualizada de rollers.

En la Figura 2.27 se graficó la demanda de *rollers*, observando picos en los meses de Noviembre y Enero para los tres años.



Figura 2.27. Gráfico del comportamiento de la Demanda.

De manera empírica, la empresa ha establecido que los picos de venta se dan en los primeros y últimos meses del año, y en el gráfico es posible visualizar que, efectivamente, existe estacionalidad en la demanda de *rollers*. Sin embargo, para determinar el modelo que mejor se ajusta a los datos, se pronosticó la demanda utilizando once métodos y hallando los indicadores de desviación media (MD), error porcentual absoluto medio (MAPE) y el error cuadrático medio (MSE) de cada uno. Finalmente, se define al método Holt-Winter como el que más se ajusta a los datos por presentar mejores indicadores respecto a los demás, como se muestra en la Tabla 2.16.

Métodos de pronóstico	α	β	γ	t-1	t-2	t-3	t-4	t-5	t-6	MD	MAPE	MSE
Promedio móvil - 3 periodos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.68	48.26%	2784.20
Promedio móvil - 4 periodos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.97	48.94%	2829.02
Promedio móvil - 5 periodos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.79	43.68%	2457.00
Promedio móvil - 6 periodos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.93	48.34%	2796.47
Promedio móvil ponderado - 3 periodos	-	-	-	30.53%	68.47%	1.00%	-	-	-	4.46	38.28%	2973.20
Promedio móvil ponderado - 4 periodos	-	-	-	6.00%	30.31%	62.69%	1.00%	-	-	4.62	38.49%	3071.23
Promedio móvil ponderado - 5 periodos	-	-	-	56.34%	26.18%	6.83%	9.65%	1.00%	-	5.97	33.18%	3125.91
Promedio móvil ponderado - 6 periodos	-	-	-	1.00%	57.57%	22.51%	5.18%	11.89%	1.85%	5.87	33.11%	3038.93
Regresión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-85.88	81.13%	7403.78
Holt	0.02	0.005	-	-	-	-	-	-	-	1.98	43.69%	3248.00
Holt Winter	0.08	0.01	0.1	-	-	-	-	-	-	-4.46	15.67%	642.21

Tabla 2.16. Parámetros y estadísticos de eficacia de cada modelo.

El método Holt-Winter toma en consideración el nivel, suma la tendencia y multiplica ambas por un factor de estacionalidad.

$$\hat{x}_{t,t+\tau} = (\hat{a}_t + \tau \hat{b}_t) \hat{F}_{t+\tau-p} \quad (1)$$

\hat{a}_t es el nivel que depende del parámetro α

\hat{b}_t es la tendencia que depende del parámetro β

\hat{F} es el factor estacional que depende del parámetro γ

Para determinar los seis parámetros del modelo presentado en (1), se dividió la información histórica en data de inicialización y data de entrenamiento. La data de inicialización consistió en la demanda de los años 2016, 2017 y 2018, y la data entrenamiento, en la demanda del 2019.

Con la data de inicialización se hallaron los parámetros $\hat{a}_0, \hat{b}_0, \hat{F}_0$. Los factores de estacionalidad de obtuvieron hallando el promedio de índices calculados para cada mes respecto a un promedio centrado de cinco periodos y cabe recalcar que estos se actualizarán mes a mes de acuerdo al método empleado, lo cual conlleva a normalizarlos para evitar la presencia de sesgos. La Tabla 2.17 muestra los factores determinados para cada mes.

Mes	Factor
Enero	1.60
Febrero	0.79
Marzo	0.71
Abril	1.37
Mayo	1.10
Junio	1.14
Julio	0.44
Agosto	0.98
Setiembre	1.28
Octubre	0.63
Noviembre	1.44
Diciembre	0.49

Tabla 2.17. Factores estacionales por mes del set de Inicialización.

El nivel y tendencia del último periodo t se halló mediante la recta obtenida de la regresión lineal de la demanda desestacionalizada, como se muestra en la Figura 2.28.

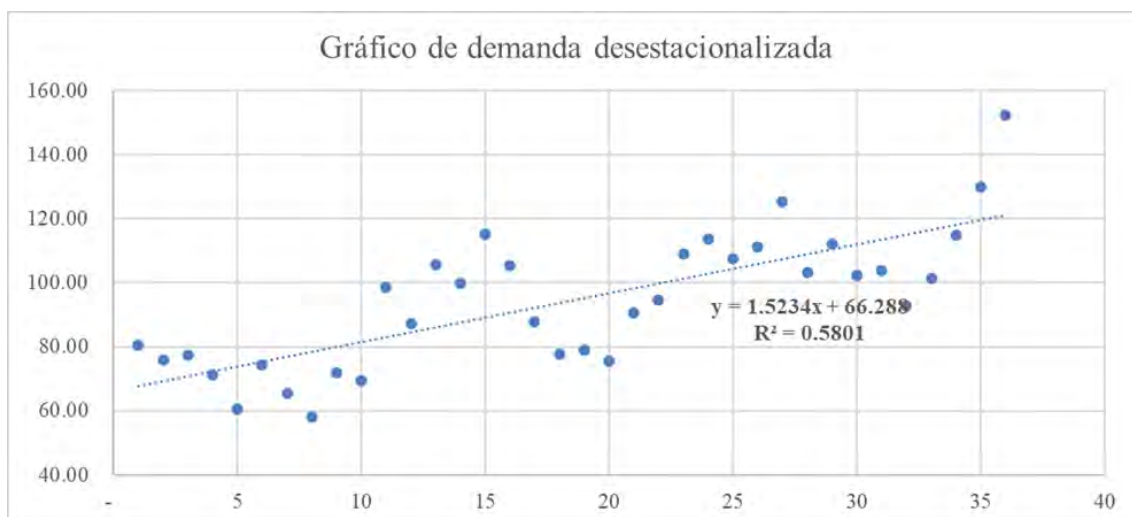


Figura 2.28. Gráfico de dispersión de la demanda desestacionalizada.

De la gráfica se obtiene que la tendencia, que es la pendiente de la recta, resulta 1,5234 y el nivel, para el último periodo $t=37$, es 122,6538.

Con estos tres parámetros establecidos y asumiendo valores de α , β y γ , se calculó la proyección de la demanda para el 2019, así como los indicadores del pronóstico. Finalmente, utilizando la herramienta Solver de Microsoft Excel, se optimizaron estos tres parámetros faltantes para obtener el mínimo valor posible del indicador MAPE. Los valores obtenidos fueron $\alpha = 0.08$, $\beta = 0.01$ y $\gamma = 0.1$, disminuyen al valor mínimo de MAPE = 15.67%. El desarrollo del pronóstico se muestra en la Tabla 2.18.

Alpha	0.08
Beta	0.01
Gamma	0.10

	Demanda	at	bt	Ft	xt,t+1	Error absoluto	E%
Dic-18		122.65	1.52		198.35		
Ene-19	193.00	123.89	1.52	1.60	99.28	5.35	2.77%
Feb-19	100.00	125.49	1.52	0.79	91.91	0.72	0.72%
Mar-19	109.00	129.11	1.54	0.72	179.53	17.09	15.68%
Abr-19	179.00	130.62	1.54	1.37	143.11	0.53	0.30%
May-19	112.00	129.70	1.52	1.08	147.33	31.11	27.77%
Jun-19	116.00	128.82	1.49	1.12	57.92	31.33	27.01%
Jul-19	59.00	130.53	1.50	0.44	124.72	1.08	1.83%
Ago-19	75.00	127.58	1.45	0.94	165.53	49.72	66.29%
Set-19	165.00	129.00	1.45	1.28	81.74	0.53	0.32%
Oct-19	70.00	128.84	1.43	0.63	192.09	11.74	16.77%
Nov-19	245.00	133.48	1.47	1.48	67.00	52.91	21.60%
Dic-19	72.00	135.84	1.48	0.50		5.00	6.94%
						MAPE	15.67%

Tabla 2.18. Entrenamiento del modelo y cálculo de error.

Para el caso del método Holt, se siguió un procedimiento similar sin considerar los factores estacionales, y para hallar los pesos para los métodos de promedio móvil ponderado puestos a prueba se utilizó la herramienta Solver con el objetivo de optimizar dichos pesos y obtener el mínimo MAPE posible con cada método.

b) Análisis ABC

Con el pronóstico de la demanda, será factible la planificación de los materiales para la producción. Previo a determinar la política de inventarios acorde a las necesidades de la empresa y su demanda, se analizará la frecuencia del uso de cada material utilizado en la fabricación de un *roller*, con el objetivo de tener una planificación diferenciada. Para el presente estudio, se realizó un análisis ABC cuyo criterio de clasificación se basa en el valor de uso anual de cada material.

A continuación, en la Tabla 2.19 se presenta la lista de accesorios necesarios para la producción de un *roller*, su costo unitario en soles y el equivalente en *rollers* de una unidad adquirida del material.

ítem	Costo Unitario (S/.)	Equivalente en <i>rollers</i>
Cadena	56.76	15.76
Cinta Doble Contacto	29.65	20.19
Conectores de Cadena	0.09	1.00
Freno	36.35	1.00
Motor	578.39	20.00
Rotores	15.81	0.50
Sopote Intermedio	14.95	1.00
Tapas de Barabajas	1.06	0.50
Tapón Lateral	17.37	1.00
Tope	0.28	0.50
Tubo	138.40	5.31
Vena	1.57	1.00
Barabaja	37.52	1.00

Tabla 2.19. Costo Unitario y equivalencia del Producto Terminado.

Para iniciar con la planificación de compra para el año 2022, se realizó el pronóstico de demanda para dicho año utilizando el método definido anteriormente. Los valores de demanda calculados se muestran en la Tabla 2.20.

Mes	Demanda
Ene-22	221
Feb-22	111
Mar-22	103
Abr-22	197
May-22	156
Jun-22	163
Jul-22	66
Ago-22	140
Set-22	192
Oct-22	95
Nov-22	225
Dic-22	77

Tabla 2.20. Demanda proyectada del 2022.

Teniendo como *inputs* el costo unitario, el equivalente en producto terminado por unidad adquirida y la demanda pronosticada para el siguiente año, se calculó el consumo anual y el valor de uso. En la Tabla 2.21 se muestran los valores calculados.

ítem	Consumo Anual	Valor de uso
Cadena	111	S/ 6,300.76
Cinta Doble Contacto	87	S/ 2,579.59
Conectores de Cadena	1746	S/ 155.31
Freno	1746	S/ 63,470.61
Motor	88	S/ 50,898.27
Rotores	3492	S/ 55,215.61
Soporte Intermedio	1746	S/ 26,105.47
Tapas de Barabajas	3492	S/ 3,695.14
Tapón Lateral	1746	S/ 30,332.69
Tope	3492	S/ 966.93
Tubo	329	S/ 45,534.56
Vena	1746	S/ 2,748.97
Barabaja	1746	S/ 65,515.51

Tabla 2.21. Consumo y Valor de Uso de cada ítem.

Finalmente, se ordenaron los materiales de mayor a menor valor de uso y se obtuvo la clasificación ABC de los mismo de acuerdo a lo presentado en la Tabla 2.22.

ítem	Valor de uso	% del total de ítems	% valor acumulado	Clasificación
Barabaja	S/ 65,515.51	7.69%	18.53%	A
Freno	S/ 63,470.61	15.38%	36.49%	
Rotores	S/ 55,215.61	23.08%	52.11%	
Motor	S/ 50,898.27	30.77%	66.50%	
Tubo	S/ 45,534.56	38.46%	79.38%	
Tapón Lateral	S/ 30,332.69	46.15%	87.96%	B
Soporte Intermedio	S/ 26,105.47	53.85%	95.35%	C
Cadena	S/ 6,300.76	61.54%	97.13%	
Tapas de Barabajas	S/ 3,695.14	69.23%	98.18%	
Vena	S/ 2,748.97	76.92%	98.95%	
Cinta Doble Contacto	S/ 2,579.59	84.62%	99.68%	
Tope	S/ 966.93	92.31%	99.96%	
Conectores de Cadena	S/ 155.31	100.00%	100.00%	

Tabla 2.22. Clasificación ABC.

La clasificación A la conforman el 38% de los materiales que representan el 79,38% del valor de uso; la clasificación B, el siguiente 16% de los materiales que representan 15,96% del valor de uso; y la clasificación C, el 46% restante que suman 4,65% del valor de uso. Dicha clasificación se evidencia en el gráfico de la Figura 2.29.

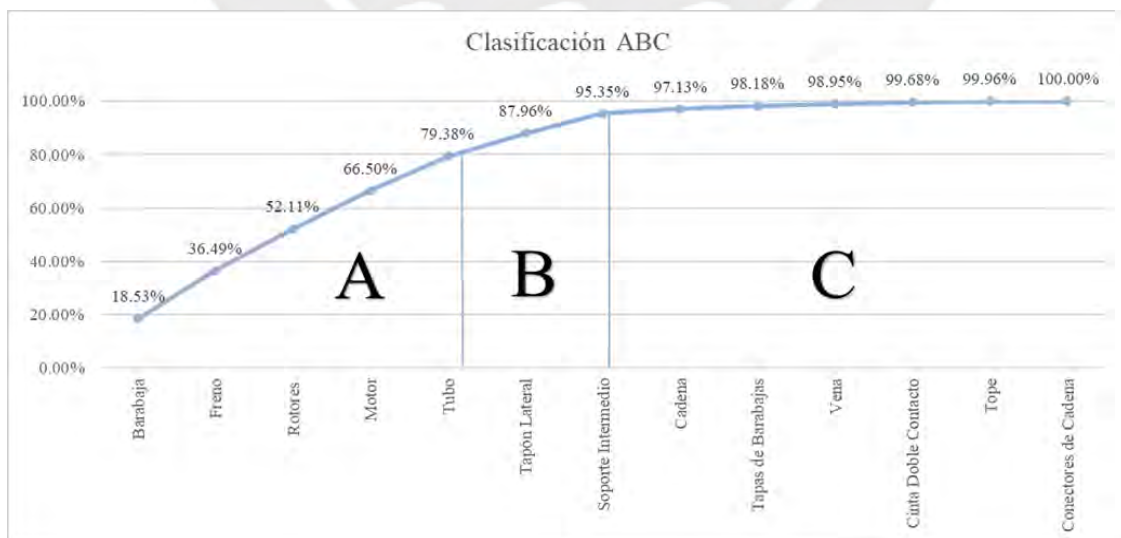


Figura 2.29. Curva de Ítems vs % del Valor de Uso acumulado.

c) Política de reabastecimiento

Con el pronóstico de demanda del próximo año y la clasificación de los materiales según su valor de uso, se procedió a determinar la política de reabastecimiento de dichos materiales que se adecúa mejor a la realidad de la empresa y la variabilidad de su demanda.

i. Estimación de parámetros

En cuanto a los parámetros requeridos para el cálculo de un tamaño de lote óptimo, se requiere una aproximación al costo administrativo que cada orden implica y el costo asociado a la manutención del inventario, ya que la contabilidad administrativa de la empresa en análisis no maneja un registro al nivel de detalle que estas cifras implican.

Respecto al primero, se conoce que, de acuerdo a Marc Wins (2016), cada unidad monetaria invertida en gestión de la procura (adquisiciones) brinda un retorno estimado de 6,77 unidades monetarias. Por lo tanto, dado que el EBITDA de la empresa ascendió a S/. 29 777 de acuerdo al Estado de Resultados del 2018, se estima que el gasto asociado a las adquisiciones ascendió a 4 398 nuevos soles. Adicionalmente, durante el mismo año se generaron 170 órdenes de compra a causa de necesidades de reposición de telas y accesorios, lo cual permite estimar el costo por orden que resulta equivalente a S/. 25,87 / orden. Resulta conveniente resaltar que este gasto representa el 0,23% de los ingresos percibidos.

Por otro lado, según R.E.M. Associates (2002), expertos en el rubro logístico indican que el costo de manutención de inventario se sitúa entre el 18% y 75%, lo cual depende del tipo de producto almacenado y actividad de negocio. Por ende, en base a la estructura de costos propuesta por H. Richardson (1995) cuyo nivel mínimo es equivalente al 25% y dado el tamaño de la empresa (PyME) de manera conjunta con el hecho de que no requiera una inversión en seguros (1% por año), gastos generales asociados al almacén (2% por año) ni manejo físico adicional para procesos de *picking* y *packing* (2% por año), se estima un costo de manutención del 20% por año del inventario a la mano.

Se emplearán ambos parámetros para proceder con los cálculos a realizar posteriormente.

ii. Determinación de lote económico de compra

Los costos relevantes tomados en cuenta para determinar el lote económico de compra de cada ítem son el costo de ordenar y el de almacenamiento. Al derivar dicha ecuación e igualarla a cero, se obtiene la fórmula en (2), con la que posteriormente se realizará el cálculo. Cabe resaltar que un supuesto importante es la consideración de una demanda constante.

$$EOQ = \sqrt{2 * D * c_t / (c * h)} \quad (2)$$

D es demanda anual de cada ítem

c es el costo unitario en soles de cada ítem

c_t es el costo por ordenar

h es el costo de almacenamiento de cada ítem (en %)

Previamente se definió, para todos los ítems, el costo de ordenar y el porcentaje de costo por almacenamiento, mostrados en la Tabla 2.23.

Parámetro	Valor
c_t	S/ 25.87
h	20%

Tabla 2.23. Parámetros para cálculo del Lote Económico de Compra.

Considerando también la demanda anual de cada ítem calculada para el 2022 y el costo unitario, se determinó el lote económico de compra en unidades para cada uno. Estos valores se presentan en la Tabla 2.24.

ítem	D	c	EOQ
Cadena	111	S/ 56.76	22.49
Cinta Doble Contacto	87	S/ 29.65	27.55
Conectores de Cadena	1746	S/ 0.09	2253.55
Freno	1746	S/ 36.35	111.48
Motor	88	S/ 578.39	6.27
Rotores	3492	S/ 15.81	239.04
Soporte Intermedio	1746	S/ 14.95	173.82
Tapas de Barabajas	3492	S/ 1.06	924.02
Tapón Lateral	1746	S/ 17.37	161.25
Tope	3492	S/ 0.28	1806.33
Tubo	329	S/ 138.40	24.80
Vena	1746	S/ 1.57	535.65
Barabaja	1746	S/ 37.52	109.72

Tabla 2.24. Cálculo del EOQ por ítem.

Por ende, la política de reabastecimiento, siguiendo un modelo periódico, consistiría en ordenar la cantidad EOQ cada T días. El cálculo de T se obtuvo dividiendo el lote económico entre la demanda y multiplicando el resultado por los días del año (se asumieron 365 días), tal como se muestra en la Tabla 2.25.

ítem	D	c	EOQ	T (días)
Cadena	111	S/ 56.76	22.49	74
Cinta Doble Contacto	87	S/ 29.65	27.55	116
Conectores de Cadena	1746	S/ 0.09	2253.55	471
Freno	1746	S/ 36.35	111.48	23
Motor	88	S/ 578.39	6.27	26
Rotores	3492	S/ 15.81	239.04	25
Soporte Intermedio	1746	S/ 14.95	173.82	36
Tapas de Barabajas	3492	S/ 1.06	924.02	97
Tapón Lateral	1746	S/ 17.37	161.25	34
Tope	3492	S/ 0.28	1806.33	189
Tubo	329	S/ 138.40	24.80	28
Vena	1746	S/ 1.57	535.65	112
Barabaja	1746	S/ 37.52	109.72	23

Tabla 2.25. Cálculo del periodo entre órdenes.

ii. Análisis de sensibilidad

Debido a la robustez del modelo EOQ, se efectuará un análisis de sensibilidad con el objetivo de adaptar las directrices obtenidas a la realidad de la organización y, de tal manera, facilitar su aplicación.

A fin de verificar la sensibilidad al tiempo de ciclo de cada orden se estima conveniente aplicar la política de la potencia de 2 (PO2), la cual propone ordenar en intervalos de potencias de 2 en el periodo base deseado y garantiza que el costo relevante total (orden y manutención de *stock*) fluctúe en 6% respecto al costo óptimo.

Por lo tanto, se calculó el tiempo (en días) entre órdenes inicial en base al EOQ calculado anteriormente como el periodo de consumo promedio para dicho lote de compra. Luego, se le dividió entre la raíz de 2 y se le multiplicó por la raíz de 2 para hallar un intervalo que permita cumplir con la política para,

posteriormente, calcular el logaritmo en base 2 de cada uno y hallar el número entero situado entre ambos límites. Finalmente, se calculó la potencia de 2 elevado a dicha cifra, la cual puede ser interpretada como el periodo PO2 capaz de conducir a un costo relevante alejado del óptimo en no más del 6%. Los resultados de dicho cálculo se presentan en la Tabla 2.26.

Ítem	EOQ	T (días)	T/RAIZ2	T*RAIZ2	POTENCIA DE 2	T PO2 (días)
Cadena	22.49	73.96	52.30	104.60	6.00	128.00
Cinta Doble Contacto	27.55	115.60	81.74	163.48	7.00	128.00
Conectores de Cadena	2253.55	471.10	333.12	666.24	9.00	512.00
Freno	111.48	23.30	16.48	32.96	5.00	32.00
Motor	6.27	26.02	18.40	36.80	5.00	32.00
Rotores	239.04	24.99	17.67	35.33	5.00	32.00
Soporte Intermedio	173.82	36.34	25.69	51.39	5.00	32.00
Tapas de Barabajas	924.02	96.58	68.29	136.59	7.00	128.00
Tapón Lateral	161.25	33.71	23.84	47.67	5.00	32.00
Tope	1806.33	188.81	133.51	267.01	8.00	256.00
Tubo	24.80	27.51	19.45	38.91	5.00	32.00
Vena	535.65	111.98	79.18	158.36	7.00	128.00
Barabaja	109.72	22.94	16.22	32.44	5.00	32.00

Tabla 2.26. Cálculo de periodo entre órdenes de Política PO2.

Al tomar como referencia dichos periodos, se procedió a calcular el costo relevante total (CRT) para el escenario óptimo y el obtenido con la política PO2 a fin de validar que no se encuentren distanciados en demasía entre sí. Dicho cálculo se presenta en la Tabla 2.27.

Ítem	T PO2 (días)	Q*	CRT Óptimo	Costo de Orden PO2	Manutención PO2
Cadena	128.00	38.93	S/.255.36	S/.73.78	S/.220.96
Cinta Doble Contacto	128.00	30.51	S/.163.39	S/.73.78	S/.90.46
Conectores de Cadena	512.00	2449.18	S/.40.09	S/.18.44	S/.21.79
Freno	32.00	153.07	S/.810.47	S/.295.11	S/.556.45
Motor	32.00	7.72	S/.725.78	S/.295.11	S/.446.23
Rotores	32.00	306.15	S/.755.93	S/.295.11	S/.484.08
Soporte Intermedio	32.00	153.07	S/.519.78	S/.295.11	S/.228.87
Tapas de Barabajas	128.00	1224.59	S/.195.55	S/.73.78	S/.129.58
Tapón Lateral	32.00	153.07	S/.560.28	S/.295.11	S/.265.93
Tope	256.00	2449.18	S/.100.03	S/.36.89	S/.67.82
Tubo	32.00	28.84	S/.686.47	S/.295.11	S/.399.21
Vena	128.00	612.30	S/.168.67	S/.73.78	S/.96.40
Barabaja	32.00	153.07	S/.823.42	S/.295.11	S/.574.38
Total			S/.5,805.23	S/.2,416.23	S/.3,582.17
				CRT Final	S/.5,998.39
				Var%	3.33%
				Ratio de Procura %	0.13%

Tabla 2.27. Cálculo del costo relevante para la política PO2.

De acuerdo a lo observado, la variación es de 193 soles adicionales, lo cual es equivalente a un incremento porcentual respecto al costo relevante óptimo de tan solo el 3,33%. Asimismo, se evidencia que el *ratio* de procura, equivalente a la proporción de los ingresos que es invertida en adquisiciones, disminuye del 0,23% inicial a un 0,13%. En consecuencia, la practicidad de esta política es conveniente para su aplicación en la empresa ya que no genera sobrecostos cuantiosos.

Por otra parte, a fin de estimar la sensibilidad del costo relevante ante el nivel de aleatoriedad de la demanda de *rollers*, se requiere el uso de una expresión que permita determinar la influencia del error en el pronóstico sobre el costo relevante. Esta expresión se presenta en (3), considerando a Q^P como el lote de compra con la demanda pronosticada, Q^R como el lote de compra con la demanda real, D^R como la demanda real y D^P como la demanda pronosticada:

$$CRT(Q^R)/CRT(Q^P) = (\sqrt{D^R/D^P} + \sqrt{D^P/D^R})/2 \quad (3)$$

En base a ello y considerando que, de acuerdo a lo presentado anteriormente, se maneja un MAPE del 15,67% y un sesgo negativo, es decir, una tendencia a sobreestimar la demanda, medido por el MAD de -4,46 unidades, se calcula el *ratio* entre ambos costos, el cual resulta equivalente al 100,26%. Por consiguiente, el sobrecosto asociado al error en el pronóstico de la demanda resulta equivalente a tan solo 15,38 nuevos soles. Ello permite afirmar que el pronóstico de la demanda a realizar es certero y el hecho de tomarlo en consideración para estructurar la política de inventarios es adecuado.

iv. Evaluación de sistemas de reaprovisionamiento

Se evaluaron dos políticas de reaprovisionamiento: continua y periódica. Una política continua demanda la realización de un pedido de una cantidad igual al EOQ del ítem cuando el inventario en mano es menor al punto de reorden determinado por el lead time, mostrado en la Tabla 2.28. Para cada ítem se ha asumido un *lead time* de 2 días, tomando en consideración que un día se planifica la compra, al día siguiente se efectúa y se traslada al almacén.

ítem	D	c	EOQ	Punto de reorden
Cadena	111	S/ 56.76	22.49	1
Cinta Doble Contacto	87	S/ 29.65	27.55	1
Conectores de Cadena	1746	S/ 0.09	2253.55	10
Freno	1746	S/ 36.35	111.48	10
Motor	88	S/ 578.39	6.27	1
Rotores	3492	S/ 15.81	239.04	20
Soprote Intermedio	1746	S/ 14.95	173.82	10
Tapas de Barabajas	3492	S/ 1.06	924.02	20
Tapón Lateral	1746	S/ 17.37	161.25	10
Tope	3492	S/ 0.28	1806.33	20
Tubo	329	S/ 138.40	24.80	2
Vena	1746	S/ 1.57	535.65	10
Barabaja	1746	S/ 37.52	109.72	10

Tabla 2.28. Punto de reorden para un sistema continuo.

Dado que este tipo de sistema implica la planificación de la compra cada vez que se llega al punto de reorden y considerando que la empresa no cuenta con recursos suficientes para mantener una planificación a ese nivel de detalle, se plantea optar por un sistema de reaprovisionamiento periódico en el que, teniendo como guía la clasificación ABC realizada en un punto anterior, se determinen días de compra compartidos entre ítems, de manera que se facilite la planificación.

Los parámetros a definir para la política periódica son el tiempo entre revisiones (T) y el nivel máximo para cubrir la demanda promedio hasta el tiempo de revisión (M). El valor de T se calcula de la misma manera que en un sistema continuo, con la diferencia de que, con el fin de homogeneizar los periodos de revisión según la clasificación ABC, se optó por contar con solo tres periodicidades (cada 32, 128 y 360 días).

Para el cálculo de M, se siguió la ecuación en (4):

$$M = C_p * (T + L_t) + SS_{L_t+T} \quad (4)$$

C_p es la demanda promedio en el tiempo T+L_t de cada ítem

L_t es el *lead time* (2 días)

SS_{T+L_t} es el stock de seguridad

El valor de C_p se obtiene hallando la demanda diaria y multiplicando este valor por los días de la suma del tiempo de revisión más el *lead time*. Mientras que el valor del stock de seguridad se halla empleando la ecuación (5):

$$SS_{Lt+T} = Z_k * \sigma_{Lt+T} \quad (5)$$

Z_k es el nivel de servicio (se estableció un nivel de 95%)

σ_{Lt} es la desviación de la demanda

El valor de desviación de la demanda de cada ítem se halló multiplicando la demanda mensual promedio del 2022 por el coeficiente de variabilidad mensual promedio de la data histórica de cada uno de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Finalmente, en la Tabla 2.29. se observan los valores de stock de seguridad, nivel máximo de demanda promedio y tiempo de revisión para cada tipo de accesorio.

ítem	D	T (días)	SS	M
Cadena	111	128	14	42
Cinta Doble Contacto	87	128	11	33
Conectores de Cadena	1746	360	365	1760
Freno	1746	32	112	191
Motor	88	32	6	11
Rotores	3492	32	224	381
Soporte Intermedio	1746	32	112	191
Tapas de Barabajas	3492	128	437	1299
Tapón Lateral	1746	32	112	191
Tope	3492	360	729	3519
Tubo	329	32	22	37
Vena	1746	128	219	650
Barabaja	1746	32	112	191

Tabla 2.29. Cálculo de parámetros para el Sistema Periódico.

Con el fin de corroborar que el impacto respecto al costo relevante total óptimo es mínimo, se calculó el costo anual de ordenar con la nueva política y el costo anual de mantenimiento por el almacenamiento de los accesorios considerando el stock de seguridad. En la Tabla 2.30. se puede apreciar que la variación es de 1,99% o S/. 211,37 soles por encima del óptimo, el cual es un monto que compensa la adecuación de la política a las necesidades y recursos de la empresa.

ítem	CRT Óptimo	Costo de Orden	Manutención
Cadena	S/ 414.30	S/ 73.78	S/ 379.90
Cinta Doble Contacto	S/ 228.62	S/ 73.78	S/ 155.69
Conectores de Cadena	S/ 46.58	S/ 26.23	S/ 21.81
Freno	S/ 1,624.76	S/ 295.11	S/ 1,370.74
Motor	S/ 1,419.84	S/ 295.11	S/ 1,140.30
Rotores	S/ 1,464.31	S/ 295.11	S/ 1,192.46
Soporte Intermedio	S/ 854.69	S/ 295.11	S/ 563.79
Tapas de Barabajas	S/ 288.04	S/ 73.78	S/ 222.07
Tapón Lateral	S/ 949.43	S/ 295.11	S/ 655.08
Tope	S/ 140.41	S/ 26.23	S/ 135.74
Tubo	S/ 1,295.44	S/ 295.11	S/ 1,008.18
Vena	S/ 237.63	S/ 73.78	S/ 165.36
Barabaja	S/ 1,663.94	S/ 295.11	S/ 1,414.90
Total	S/ 10,628.00	S/ 2,413.36	S/ 8,426.02
		CRT Final	S/ 10,839.37
		Var %	1.99%

Tabla 2.30. Costo Relevante Anual para Sistema Adoptado.

d) Sistema de conteo cíclico

Con el propósito de establecer un cronograma para la contabilización de los accesorios almacenados y monitorearlos a fin de optimizar la exactitud en el registro de existencias, se implementa el conteo

cíclico basados en los resultados de la aplicación de la metodología ABC. De manera preliminar, resulta vital establecer tolerancias para cada clase de artículo, las cuales se sustentan en base a lo recomendado por Quarterman Lee (2006), y serán medidas tanto en unidades de medida monetarias como físicas. Dichas tolerancias se presentan en la Tabla 2.31.

Clasificación	Tolerancia
A	0.00%
B	2.00%
C	5.00%

Tabla 2.31. Tolerancias por clase de artículo.

El hecho de contar con una clasificación definida por ítem permite definir la tolerancia para cada uno de ellos y la periodicidad del conteo basada en el tiempo de ciclo entre órdenes. Ambos parámetros son presentados en la Tabla 2.32.

ítem	Clasificación	Tolerancia	Periodicidad (días)
Barabaja	A	0.00%	32.00
Freno	A	0.00%	32.00
Rotores	A	0.00%	32.00
Motor	A	0.00%	32.00
Tabo	A	0.00%	32.00
Tapón Lateral	B	2.00%	32.00
Soporte Intermedio	B	2.00%	32.00
Cadena	C	5.00%	128.00
Tapas de Barabajas	C	5.00%	128.00
Vena	C	5.00%	128.00
Cinta Doble Contacto	C	5.00%	128.00
Tope	C	5.00%	360.00
Conectores de Cadena	C	5.00%	360.00

Tabla 2.32. Tolerancias y Periodicidad de Conteo por Accesorio.

Por consiguiente, se requiere la actualización de un Kardex de materiales que permita llevar el conteo de ingresos y salidas del almacén, ya sea tanto por compras como por consumos en producción, respectivamente. Dicha actualización generará una posición estimada de inventario en el sistema para cada ítem, la cual será comparada con los resultados del conteo. En base a ello, se toma como referencia el formato visualizado en la Figura 2.30 para ser utilizado de guía durante dicho procedimiento.

Fecha	Ítems contados	Ítems con error significativo		Número de ítems con error en porcentaje				
		Número	Porcentaje	0 a 5%	5 a 10%	10 a 25%	25 a 50%	más de 50%
22 de junio	125	25	20%	19	2	2	1	1
23 de junio	130	19	15%	16	1	1	1	0
24 de junio								

Buscar ir hacia la izquierda

Buscar ir hacia cero

Figura 2.30. Formato de conteo cíclico
Fuente: Material de clase del Mg. Domingo González

Para finalizar, se presenta el formato a presentarse al personal de la empresa en la Tabla 2.33, el cual requerirá de un plan de capacitación para su adecuación.

Nombre		
Fecha		
ítem	Unidades	
	Sistema	Físico
Barabaja		
Freno		
Rotores		
Motor		
Tubo		
Tapón Lateral		
Soporte Intermedio		
Cadena		
Tapas de Barabajas		
Vena		
Cinta Doble Contacto		
Tope		
Conectores de Cadena		
Firma		

Tabla 2.33. Formato Adaptado para Contabilización de Inventario.

2.3. Propuesta 3: Uso del ciclo de mejora DMAIC de la metodología Six Sigma para optimizar el aprovechamiento de recursos

En el diagnóstico realizado en el Capítulo 1 se identificó que se desperdicia aproximadamente 20,83% de tela en la producción de *rollers*. La causa de mayor relevancia se determinó como la diferencia entre las medidas del rollo de tela y los pedidos, que a su vez se origina por la falta de conocimiento de la empresa respecto a la dimensión de rollo óptima para la compra, considerando que su actual ofertante fabrica los rollos en medidas estándares.

Asimismo, se ha establecido un valor meta del 90% de eficiencia en la utilización de la tela con el fin de aminorar los sobrecostos originados. Es por ello que, a través de la metodología DMAIC se buscará identificar cuantitativamente la causa más relevante para el desaprovechamiento de la tela y generar propuestas de mejora a partir de lo analizado.

El ciclo de mejora DMAIC consta de cinco etapas, que son descritas a continuación.

2.3.1. Definir

En la etapa de definición se describen las operaciones que manipulan la tela: el proceso de trazado y el proceso de corte de tela. Estas operaciones son propensas a ocasionar el desperdicio de tela, pues son las responsables de la transformación de la misma.

El proceso de trazado recibe, como *input* principal, la tela que previamente fue adquirida por el área logística. Asimismo, requiere de implementos adicionales como un lápiz, una varilla, cinta scotch y una regla. Luego de realizar la operación, se espera que la tela cuente con los trazos y sea derivada al proceso

de corte. A través del diagrama SIPOC, mostrado en la Figura 2.31, se grafica la caracterización del proceso de forma generalizada.

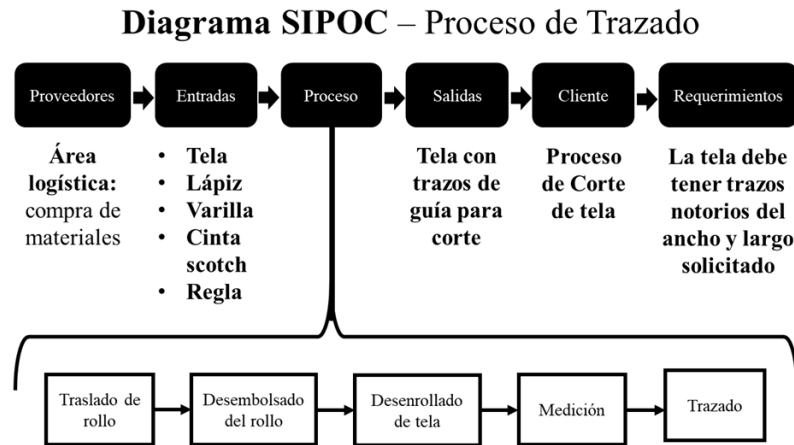


Figura 2.31. Diagrama SIPOC del proceso de trazado

Realizando un acercamiento al bloque de Proceso dentro del diagrama, este consta de cinco subprocesos:

- a) **Traslado de rollo:** El lugar de almacenamiento del rollo se realiza en racks acondicionados bajo la mesa de trabajo. Por lo que, cuando se requiere comenzar la producción de un *roller*, el rollo debe ser trasladado desde de la parte inferior de la mesa hasta la superficie. Por el peso del mismo, su traslado se realiza con la ayuda de una elevadora manual que manipula el operario.
- b) **Desembolsado del rollo:** Para evitar la impregnación de polvo en la tela, los rollos son cubiertos con bolsas previo a su almacenamiento. Es por ello que, una vez que se tiene el rollo de tela en la superficie, este debe ser desembolsado por el operario.
- c) **Desenrollado del rollo:** Con el fin de tener, en la mesa, la cantidad de tela que se necesitará, se realiza esta operación, considerando que previamente el operario verificó que el largo de tela que quedaba en el rollo (cada rollo tiene, en la parte visible, el valor restante luego de cada uso) es suficiente para el pedido.
- d) **Medición:** La operación consiste en medir la dimensión solicitada con ayuda de una regla y sostenerla en la posición, teniendo en consideración que el instrumento es recto y está correctamente calibrado.
- e) **Trazado:** Con ayuda de un lápiz unido a una varilla, se realiza el trazo completo a la dimensión que marca la regla. Luego, se realiza la misma operación pero con la segunda dimensión. El instrumento para trazo debe ser tal que resalte la marca en la tela (grafito mayor igual a 4B).

En la Figura 2.32, se presenta el diagrama del proceso de trazado previamente descrito e identificando las entradas en cada subproceso, así como los factores controlables y no controlables.

Diagrama de Proceso de Trazado

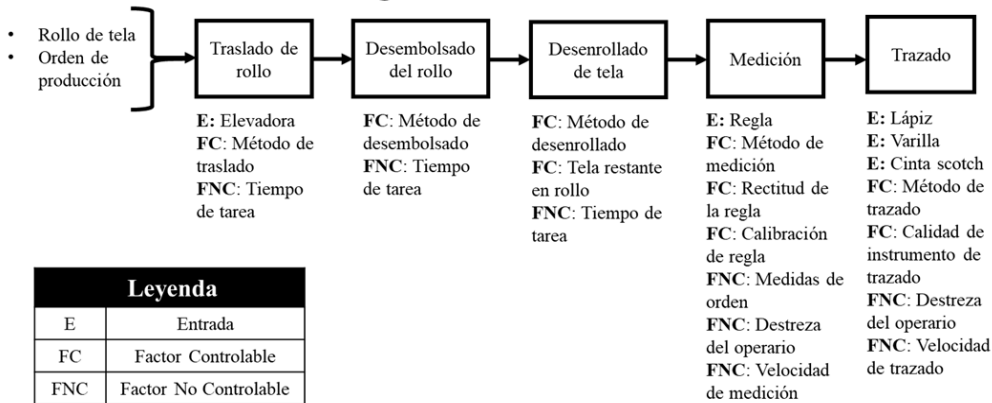


Figura 2.32. Diagrama del proceso de trazado

Finalmente, en la Figura 2.33, se presenta el diagrama CTQ (o Voz del cliente) que pretende evidenciar los requerimientos del proceso que continua, en este caso, del proceso de corte. En el nivel más específico, se espera que tanto el trazo a lo largo como a lo ancho se encuentren completos y con un grosor uniforme.

Diagrama CTQ – Proceso de Trazado

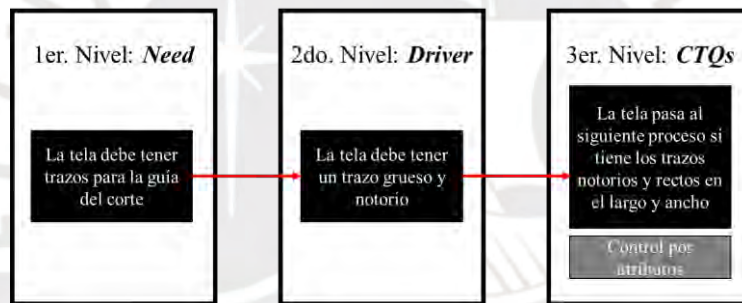


Figura 2.33. Diagrama CTQ del proceso de trazado

De igual forma, el proceso de corte recibe, como *input* principal, la tela que previamente fue trazada en la operación descrita anteriormente. Los implementos adicionales que requiere constan de un *cutter* para tela y una regla. De la a operación se espera la tela cortada (cuerpo del *roller*). Mediante el diagrama SIPOC, mostrado en la Figura 2.34, se grafica la caracterización del proceso de manera generalizada.

Diagrama SIPOC – Proceso de Corte

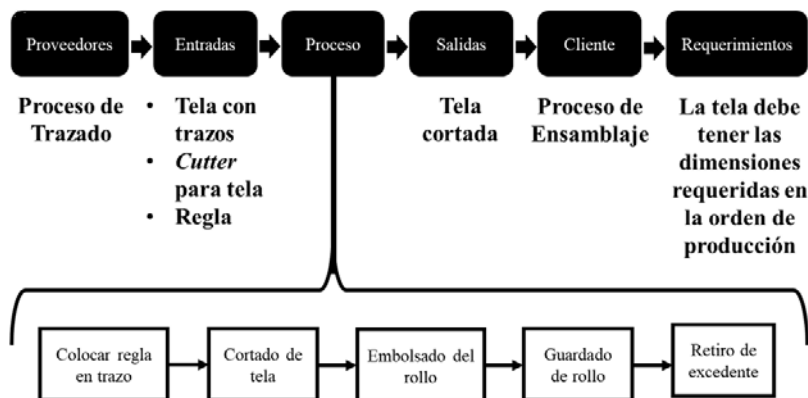


Figura 2.34. Diagrama SIPOC del proceso de corte

Realizando un acercamiento al bloque de Proceso dentro del diagrama, este consta de cinco subprocesos:

- a) Colocar regla en trazo: Se posiciona la regla sobre el trazo realizado previamente para dar una guía al *cutter*, evitando que este se curve y genere que el corte pierda rectitud.
- b) Cortado de tela: Con ayuda del *cutter* para tela y la regla sujetada firmemente, el operario realiza el corte del ancho y largo para cumplir con las medidas del *roller*. Se debe verificar previamente que el filo de la herramienta de corte no presente anomalías, así como también asegurar que la superficie esté estable.
- c) Embolsado del rollo: Luego de que se tiene la tela cortada que pasará por los procesos posteriores, se embolsa nuevamente el rollo con el mismo material.
- d) Guardado del rollo: El rollo ya embolsado vuelve a ser colocado en el rack bajo la mesa de trabajo. Tal como se hizo al inicio del proceso de trazado, con ayuda de la elevadora manual se baja el rollo de la superficie y se guarda en el rack.
- e) Retiro de excedente: Finalmente, y con el fin de tener el área de trabajo despejada, se colocan los retazos de la tela excedente, si es que hubiera, en la bolsa que se tiene dentro del ambiente para que, al final del día, se deseché o recicle.

En la Figura 2.35, se presenta el diagrama del proceso de corte de tela descrito y se identifican las entradas en cada subproceso, así como los factores controlables y no controlables.

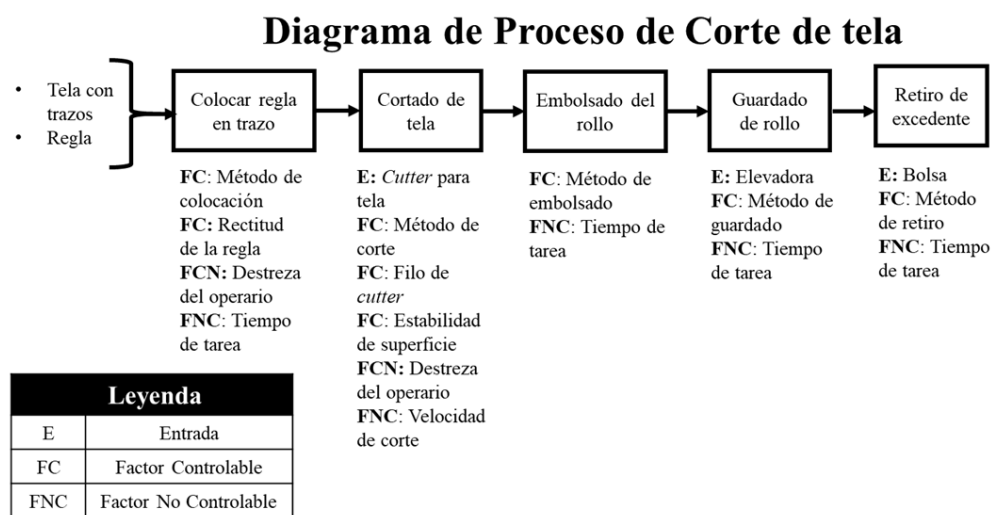


Figura 2.35. Diagrama del proceso de corte

Por último, en la Figura 2.36, se presenta el diagrama CTQ (o Voz del cliente) que muestra los requerimientos del proceso de ensamble que, en este caso, recibirá el *output*. En el nivel más específico de calidad, se espera que tanto el largo como el ancho cumplan con una tolerancia máxima de $\pm 1\%$ respecto a las dimensiones pedidas.

Diagrama CTQ – Proceso de Corte de tela

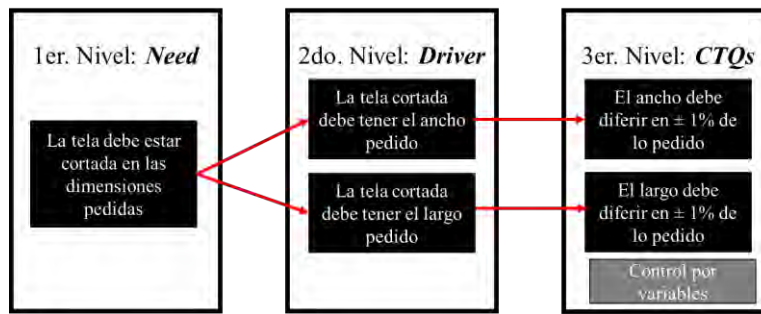


Figura 2.36. Diagrama CTQ del proceso de corte

2.3.2. Medir

El objetivo de esta etapa es cuantificar los indicadores clave del proceso de trazado y corte y cómo ellos influyen sobre el grado de aprovechamiento de la tela. Se estima conveniente recalcar que no existe un control en ambos procedimientos, por lo que la definición de métricas será parte de esta fase del ciclo.

En primer lugar, se tomó una muestra de las medidas de 242 pedidos a lo largo de dos meses (tanto ancho como altura) para determinar la distribución probabilística seguida por las medidas dada la aleatoriedad percibida en las especificaciones recibidas y el desperdicio de tela generado por cada ítem. El método empleado para la toma de muestras consistió en la recolección de todas las órdenes de fabricación semanales durante un periodo de 60 días y la acumulación de las características de cada producto terminado en una base de datos histórica. En consecuencia, las variables sobre las cuales se centrará el estudio son las siguientes: ancho y longitud de cada producto terminado.

Al analizar la data recabada y con apoyo del *software* RStudio, se puede afirmar que, de acuerdo al *test* de normalidad de Anderson-Darling aplicado para una muestra aleatoria de las medidas obtenidas y bajo un nivel de significancia del 5%, el ancho del producto terminado se ajusta a una distribución normal con los siguientes parámetros: media de 1,478 metros y 0,543 metros. El *p-value* obtenido es equivalente a 0,079 y las medidas de curtosis y sesgo de esta variable son equivalentes a 2,448 y 0,351, cuya proximidad con las medidas de forma de una distribución normal es elevada. A fin de graficar lo afirmado, se presenta el gráfico de cuantiles de la distribución y su proximidad a la recta en la Figura 2.37.

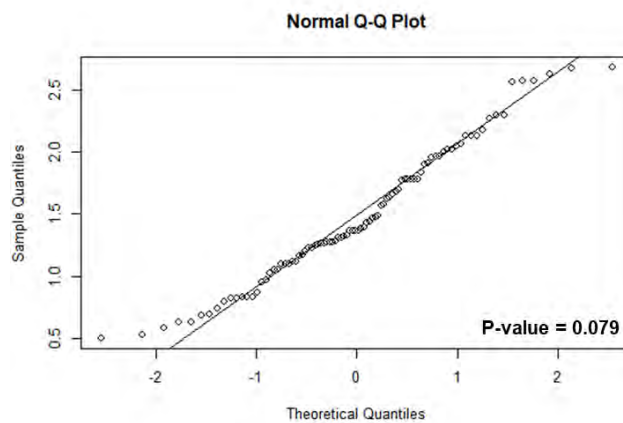


Figura 2.37. Prueba de Normalidad del Ancho de los Rollers.

Por otra parte, al tomar como referencia dicha data, se calcula el desperdicio por cada artículo en base a la diferencia del ancho de cada uno respecto a la medida del ancho del rollo adquirido, cuyos formatos pueden ser tres: de 2, de 2,5 o de 3 metros. Al contar con la diferencia, se calcula el producto entre dicha cifra y el largo del roller, lo cual permite saber el área no aprovechada (en m^2). La fórmula utilizada se presenta en (6):

$$\text{Área desaprovechada} = (\text{Ancho del Rollo} - \text{Ancho del PT}) * \text{Longitud PT} \quad (6)$$

En base a dicha medida, se definió como indicador a la cantidad de m^2 desaprovechados por cada 10 m^2 de tela empleados. Al tener en cuenta esta consideración, se obtuvieron 88 valores y se verificó su ajuste a distribuciones probabilísticas conocidas. El *test* de Anderson-Darling indica que el *p-value* es menor por un amplio margen a un nivel de significancia del 5% y, a pesar de aplicar la transformación de Box-Cox sobre esta muestra, el exponente obtenido de 0,5 no permite afirmar que se evidencia un ajuste a la distribución normal para el nivel de significancia requerido, ya que el *p-value* resulta equivalente a 0,024 debido a, principalmente, la poca concentración de datos en torno a la medida de tendencia central evidenciada por una curtosis de 1,991. No obstante, al realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el *p-value* obtenido es de 0,182 para una distribución normal con media de 3,15 unidades (equivalente a una eficiencia del 68,50%) y una desviación estándar de 1,78 unidades. La Figura 2.38 presenta el ajuste de los datos a la distribución normal.

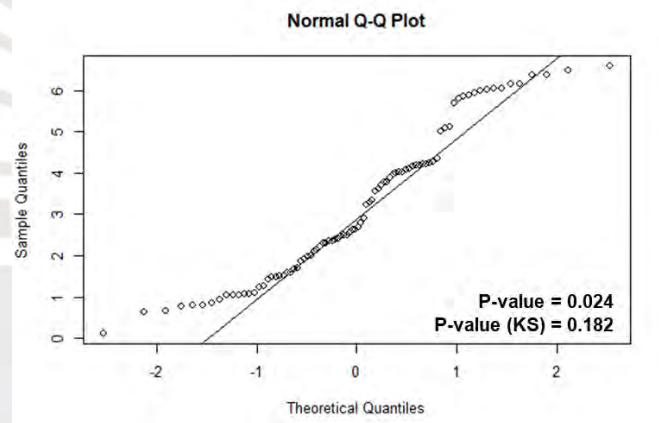


Figura 2.38. Prueba de Normalidad del Ratio de Aprovechamiento de Tela.

Al tipificar esta última variable construida a partir de la muestra, se elaboraron las cartas de control X-R en base a ella con el propósito de conocer el comportamiento de la media y rango por subgrupo y determinar si el proceso se encuentra bajo control o fuera de control estadístico. Cabe aclarar que se consideraron subgrupos de 4 muestras, debido a que la demanda semanal promedio asciende a 26,31 *rollers*, cuya área equivalente es de 80,82 m^2 y el control del aprovechamiento de tela se realizaría 2 veces a la semana: los días Miércoles y Sábado.

De acuerdo a lo presentado en la Figura 2.39, se puede apreciar, no presenta ciclos ni corridas (rachas a un lado de la línea media), pero se evidencia la inestabilidad de las muestras y existen 4 puntos fuera de control en el gráfico de medias. No obstante, uno se encuentra por debajo del límite de control inferior, lo cual indica un mejor aprovechamiento durante aquella semana. Asimismo, la carta de rangos presenta puntos dentro de los límites de control, por lo que se descarta, a primera vista, la presencia de *outliers* que afecten el valor de cada rango. En cuanto a los puntos fuera de control que superan el límite superior, resulta vital identificar las causas asignables por las cuales se desaprovechó el recurso en mayor medida.

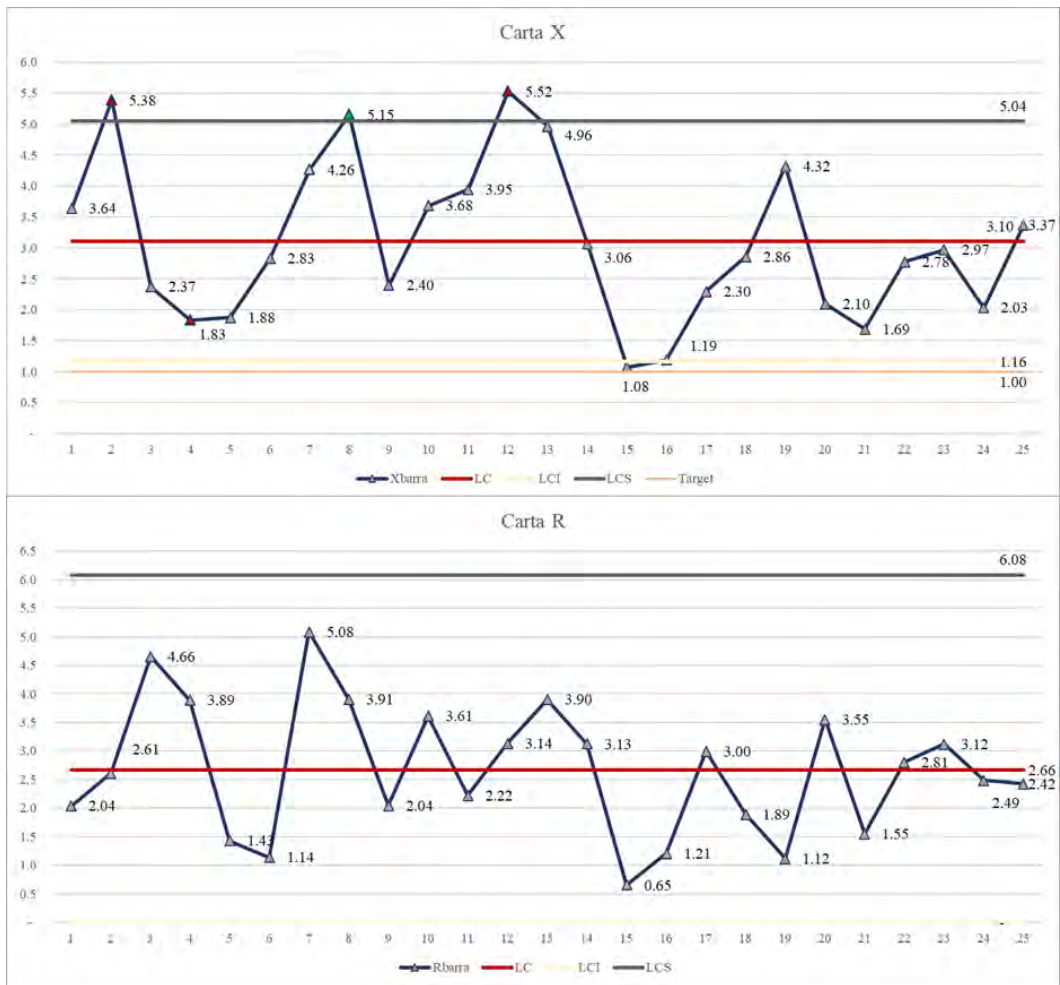


Figura 2.39. Carta de control X-R para ratio de aprovechamiento de tela.

A fin de detallar tales causas, se verificó la causa del desaprovechamiento de tela a partir de 4 posibles generadores: tamaño del rollo adquirido (material), error humano, incorrecta especificación por parte del cliente y fallas en los instrumentos de medición empleados. En base a 60 rollers mapeados durante 2 semanas, se obtuvo un diagrama de Pareto, el cual es presentado en la Figura 2.40.

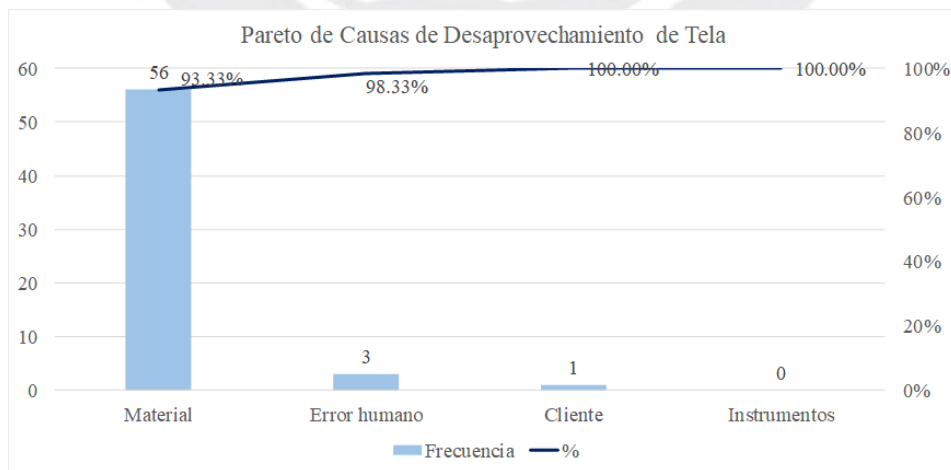


Figura 2.40. Pareto de Causas de Desaprovechamiento de Tela.

De acuerdo a lo observado, se verifica la alta representatividad del factor material como desencadenante del bajo grado de eficiencia en el consumo de tela, cuyo análisis se pormenoriza en la siguiente fase.

Dado que se valida la presencia de causas atribuibles por las que se originaron los puntos fuera de control mencionados previamente, se recalculó los límites de control a fin de presentar un estado estable en ambas gráficas a 3 desviaciones estándar. Ambas cartas se presentan en la Figura 2.41.

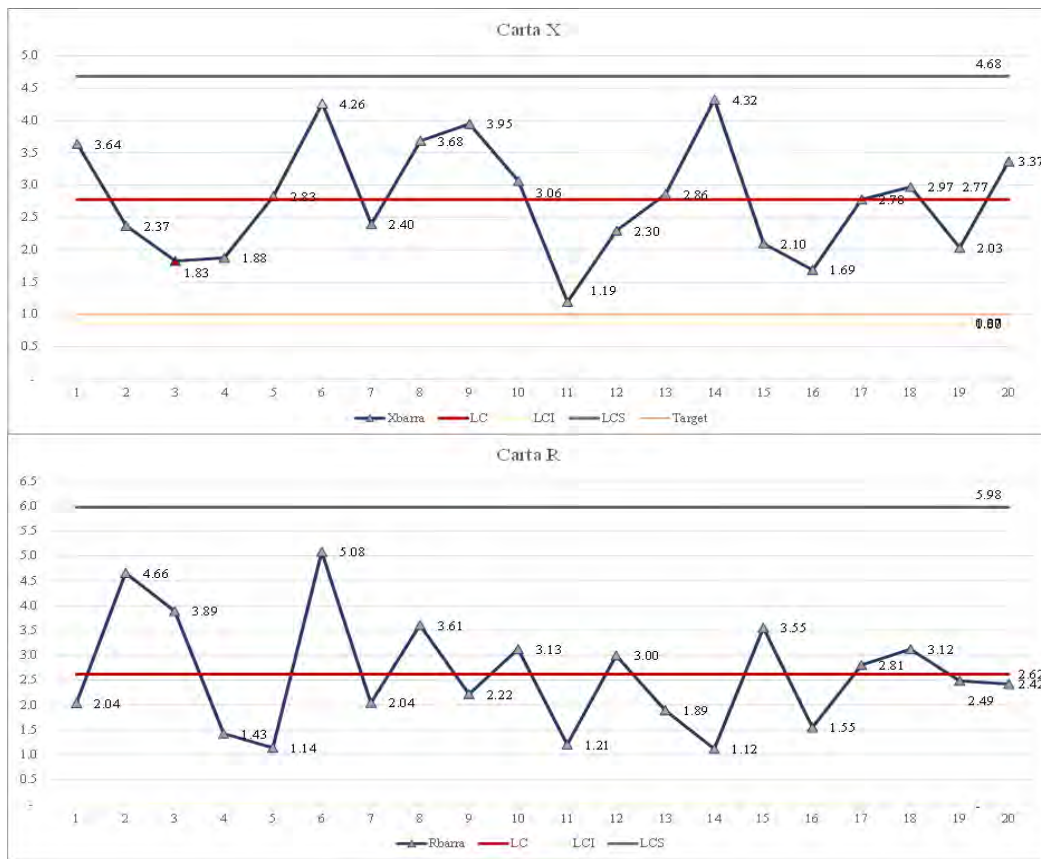


Figura 2.41. Carta de control X-R en estado estable.

Cabe recalcar que el límite central estable obtenido es de $2,775m^2$ desaprovechados/ $10 m^2$ de tela, lo cual es equivalente a una eficiencia del 72,25%. Ello implica una longitud de corrida promedio (ARL) de entre 7 a 8 puntos (7,48 exactamente) hasta que uno se encuentre fuera de control. Sin embargo, se definió previamente que el valor *target* de este indicador es del 90%, es decir de $1 m^2$ desaprovechado/ $10 m^2$ de tela, por lo que se pretende idear mejoras capaces de reestructurar los límites de control tal que los subgrupos a obtener en el futuro fluctúen en torno a aquel valor.

Según lo planteado por Douglas Montgomery (2012), la capacidad de un proceso hace referencia a su uniformidad y variabilidad respecto a las especificaciones requeridas para obtener una *performance* óptima. En el presente caso, dado que la especificación es unilateral, la capacidad actual se puede calcular según (7):

$$cp = (LSE - \mu) / (3\sigma) \quad (7)$$

Finalmente, considerando que el límite superior sería equivalente al límite de control superior para la variable analizada con una media de 1,00 (equivalente a una eficiencia del 90%) y asumiendo un coeficiente de variabilidad equivalente al actual, este valor sería igual a 1,69. En síntesis, la capacidad del proceso ascendería a -0,28, por lo que el grado de adaptación del proceso a la tolerancia actual es mínimo.

2.3.3. Analizar

En esta etapa se realizará el análisis de las causas que originan los valores de las métricas hallados previamente. En busca de ello, se propone un análisis causa-efecto a fin de determinar las causas raíz que desencadenan el desperdicio de tela (principal recurso de la empresa para la fabricación de *rollers*) al utilizar un diagrama de espina de pescado (Ishikawa). Posteriormente, se ahondará en la explicación de cada potencial causa y se priorizará su atención en función de su probabilidad de ocurrencia e impacto sobre la problemática planteada.

Dado que ya se identificó que las características inherentes al material originan, en la mayoría de ocasiones, el elevado nivel de desperdicio de tela en la fabricación de *rollers*, se llevó a cabo un análisis causa-efecto, el cual se presenta en la Figura 2.42.

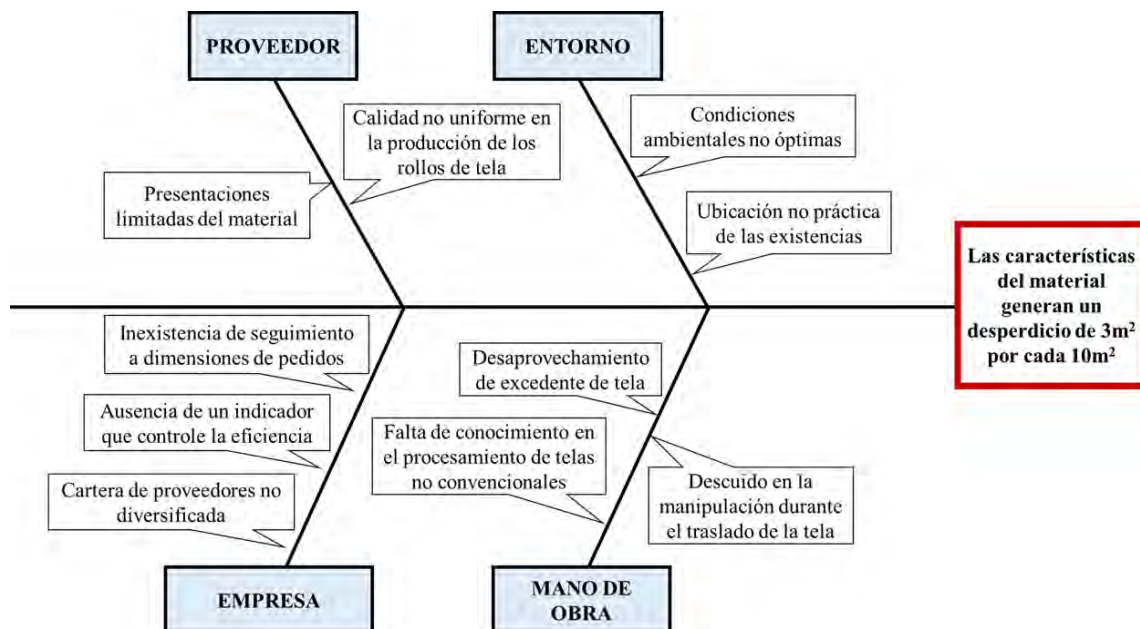


Figura 2.42. Diagrama de Ishikawa

A continuación, se presenta la descripción de cada causa considerada en los cuatro factores del diagrama, para posteriormente realizar una matriz de priorización y determinar aquellas con mayor mayor influencia en la problemática.

a) Entorno

Se ha considera al entorno como un factor influyente en la degradación del material y, por lo tanto, en el desperdicio de tela dado que, actualmente, la empresa no se controla los parámetros importantes en el mantenimiento de telas como la humedad o temperatura del ambiente. Sin embargo, la empresa, a través de su experiencia, expresa que es poco probable que la tela se vea afectada por la temperatura, por el contrario, sus características no permiten el paso de calor. Por otro lado, han comprobado que la humedad no afecta a la tela inmediatamente, sino que es después un par de años que podría a comenzar a presentar puntos rojizos propios de la presencia de hongos.

Adicional a las condiciones ambientales del almacenamiento, también se ha considerado la forma en que se realiza. Si bien se encuentran cerca al área de trabajo, los *racks* podrían dañar la tela de haber un contacto directo dado que la tela tiene tonalidades claras (blanca, perla o marfil) y muy susceptible a marcas notorias que podrían generar que dicha área en contacto sea inutilizable y, por ende, tenga que

ser desperdiciada. Al igual que en el caso anterior, se tiene una baja probabilidad de ocurrencia dado que el rollo se almacena embolsado.

b) Mano de Obra

Si bien anteriormente, al realizar el diagrama de Pareto, se descartó el error humano en el desperdicio de tela, no se descarta que su falta de conocimiento o cuidado en la manipulación del material sea una causa de su desperdicio. Una forma de descuido se puede en el movimiento durante el traslado de tela ya sea en la recepción o en el almacenamiento, que podría generar daños en parte de la tela. No obstante, la empresa recibe los rollos de tela con forros de cartón que son colocados por el proveedor, por lo que la posibilidad de daño es baja.

Los tipos de tela que se utilizan para la fabricación de *rollers* son no convencionales, fabricados a partir de filamentos de PVC y fibra de vidrio, por lo que su procesamiento debe seguir un método diferente al de una tela común de un material como el algodón. Por la experiencia del operario a cargo de la fabricación de *rollers*, es poco probable que no esté familiarizado con el manejo de tela en las diferentes operaciones que sigue para convertirse en producto terminado.

Por último, otra posible causa del desperdicio de material es el desaprovechamiento del excedente de tela. Esto sucede cuando las medidas de un restante son suficientes para la fabricación de un *roller* pequeño (ancho menor a un metro). De la muestra de producción de dos meses tomada anteriormente en la etapa de medición, se halló que un 24% de los *rollers* pedidos tenían esta característica y se pueden considerar pequeños. De ser posible capacitar al operario en el aprovechamiento del restante para generar un *roller* adicional, es decir, obtener dos *rollers* de un corte realizado a lo ancho, sería posible disminuir en gran medida el porcentaje de desperdicio de tela.

c) Proveedor

En cuanto a este factor, predomina el hecho de que el ancho de cada alternativa de rollo es estándar y no se ofrece la posibilidad de personalización de acuerdo a las necesidades de la empresa. Los formatos disponibles son de 2, 2,5 y 3 metros de ancho y la longitud común es de 30 metros. Por ende, el excedente generado, cuyo cálculo consiste de la diferencia entre la especificación del producto terminado y la medida del rollo, implica la generación de un área no aprovechada de tela.

Por otro lado, el proveedor no ofrece una calidad homogénea en los rollos que ofrece, ya que, anteriormente, la empresa ha podido identificar diferencias en 2 principales características: color y acabado. Estas diferencias se presentan entre productos del proveedor con las mismas especificaciones técnicas, cuyo efecto sobre el grado de satisfacción del cliente puede ser perjudicial. Ello puede conllevar a incurrir en reprocesos y, por lo tanto, en el desperdicio de tela. No obstante, al comparar el acabado del tejido adquirido y el ofrecido por otras alternativas en el mercado, lo ofrecido por estos últimos presenta una menor calidad.

d) Empresa

Respecto a los procedimientos que actualmente sigue la empresa y su capacidad de gestión, se observa que no se brinda seguimiento a las dimensiones de los pedidos recepcionados a través de un registro histórico pues solo permanecen en la orden de producción, la cual no es documentada, por lo que desconocen cómo cuantificar el requerimiento de cada presentación de rollo y dicha decisión se toma en base a criterios empíricos (pedido ante agotamiento, por ejemplo).

Asimismo, no se manejan indicadores claves de performance (KPIs) en el ámbito productivo, por lo que se desconoce el grado de aprovechamiento de las telas y, bajo los niveles actuales, ello implica una incorrecta definición de sus necesidades. La falta de monitoreo de este valor no permite una disminución de los desperdicios.

Finalmente, la administración decidió no diversificar su cartera de proveedores a pesar de que los formatos de los rollos no puedan adaptarse a lo que requieran. Ello conlleva a tener un menor grado de manejo sobre el nivel de desperdicio y a incurrir en sobrecostos que merman su margen operativo.

En base a lo sustentado previamente, resulta conveniente priorizar aquellas causas analizadas en base a su probabilidad de ocurrencia y posible impacto sobre el aprovechamiento del material en estudio bajo una escala del 1 al 5. Por ende, se procedió a elaborar una matriz de priorización, la cual se presenta en la Tabla 2.34.

Causa	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Puntaje (1-25)
Presentaciones limitadas del material	5	5	25
Desaprovechamiento de excedente de tela	4	5	20
Inexistencia de seguimiento a dimensiones de pedidos	5	4	20
Cartera de proveedores no diversificada	4	4	16
Ausencia de un indicador que controle la eficiencia	5	3	15
Calidad no uniforme en la producción de los rollos de tela	3	4	12
Ubicación no práctica de las existencias	5	2	10
Descuido en la manipulación durante el traslado de la tela	3	3	9
Condiciones ambientales no óptimas	3	3	9
Falta de conocimiento en el procesamiento de telas no convencionales	2	4	8

Tabla 2.34. Matriz de priorización de causas.

De acuerdo a lo observado, los anchos predefinidos de los tejidos, el método inadecuado que no aprovecha el excedente de tela para aquellos productos con dimensiones más pequeñas y la ausencia de registro formal de las especificaciones de cada ítem presentan una influencia más significativa. En consecuencia, la fase de mejora tendrá como objetivo mitigar estas causas preponderantes para alcanzar el valor *target* de eficiencia.

2.3.4. Mejorar

La etapa de análisis permitió la identificación de las causas que generan la problemática del desperdicio de tela en la producción de *rollers*. A partir de lo hallado, el presente acápite tiene como propósito plantear propuestas de mejora que contrarresten cada una de ellas de manera específica. Dentro de las propuestas no se ha incluido el Diseño de Experimentos (DOE) dado que, según Montgomery (2005), se debe entender la diferencia entre lo estadísticamente significativo y lo significativo en la práctica pues el resultado depende de la aplicabilidad del diseño a la realidad, y, considerando que para el proceso elegido en este estudio el factor más relevante es la actividad manual de los operarios y, por lo tanto, la determinación niveles se dificulta se va a optar por otras alternativas de mejora.

a) Creación de base de datos en Microsoft Excel para el control del stock de tela y generación de órdenes de producción a partir de los pedidos recibidos.

En primer lugar, se almacenará la información de cada rollo de tela en el área de trabajo, teniendo como llave del registro el mismo código que los operarios colocarán a cada uno e incluirá un campo indicando el largo restante del rollo. De igual forma, se registrarán los excedentes reutilizables que reporten los operarios. De acuerdo a ello, se presentan ambos registros en la Figura 2.43.

ROLLOS DE TELA ENTRANTES					
N°	Código	Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Largo restante (m)
1	R1	Tela Screen	30	2	18.63
2	R2	Tela Blackout	30	2.5	30
3	R3	Tela Screen	30	2.5	27.5
4	R4	Tela Screen	30	2	30
5	R5	Tela Blackout	30	2	26.3
6	R6	Tela Compacta	30	2	30
7	R7	Tela Blackout	30	2	30
8	R8	Tela Screen	30	2.5	30
9	R9	Tela Compacta	30	2.5	30
10	R10	Tela Screen	30	2	30
11	R11	Tela Blackout	30	2.5	30
12	R12	Tela Screen	30	2	30

EXCEDENTES DE TELA						
N°	Código	Código Rollo	Tela	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)	Rectificado
1	E1	R1	Tela Screen	2.3	0.7	
2	E2	R1	Tela Screen	2.3	0.8	X
3	E3	R1	Tela Screen	2.77	1.16	X
4	E4	R5	Tela Blackout	1.6	0.56	
5	E5	R5	Tela Blackout	2.1	0.9	X
6	E6	R1	Tela Screen	2	0.6	

Figura 2.43. Registro de rollos y excedentes.

En otra hoja se hará el registro de los pedidos de *rollers*, en el que se almacenará la información del nombre del cliente, dimensiones y código del rollo o excedente a utilizar. El formulario a completar se presenta en la Figura 2.44.

Ingreso de pedido

Fecha:

Cliente:

Largo: metros

Ancho: metros

Tipo de tela:

R / E #:

INGRESAR

Fecha	Cliente	Largo (m)	Ancho (m)	Código R/E #
2/04/2020	Lariza Elias	2.3	1.3	R1
2/04/2020	Julio Ergi	2.3	1.2	R1
2/04/2020	Julio Ergi	2.77	0.84	R1
2/04/2020	Karina Tera	1.6	1.44	R5
3/04/2020	Omar Jeri	2.4	1.15	E3
3/04/2020	Omar Jeri	2.1	1.1	R5
3/04/2020	Omar Jeri	2	0.9	E5
4/04/2020	Carmen Talara	2	1.4	R1
4/04/2020	Carmen Talara	2	1.8	R1
4/04/2020	Juan Freyre	2.5	2.3	R3
4/04/2020	Camila Vega	1.8	0.75	E2

GENERAR ORDEN

Figura 2.44. Formulario para registro de órdenes de producción.

El llenado de los campos requeridos permitirá la generación de las órdenes de fabricación destinada a los operarios, cuyo esbozo se presenta en la Figura 2.45.

ORDEN DE PRODUCCIÓN DE ROLLERS

Fecha: 4/04/2020

N°	Cliente	Largo (m)	Ancho (m)	Código R/E #
1	Carmen Talara	2	1.4	
2	Carmen Talara	2	1.8	
3	Juan Freyre	2.5	2.3	
4	Camila Vega	1.8	1.1	

Figura 2.45. Esbozo de orden de producción.

Adicionalmente, se incluirá una hoja en la que se contabilice la cantidad utilizada de cada rollo en metros cuadrados, de forma que al terminar o dejar de usar un rollo se conocerá el valor de eficiencia que se tuvo en su uso. De esta manera se podrá tener una medición periódica del desperdicio de tela que permitirá identificar desviaciones del valor *target* (90%). El tablero de control a visualizar para el monitoreo de este valor se presenta en la Figura 2.46.



Figura 2.46. Tablero de control de la Eficiencia.

Esta mejora se encuentra enfocada al control por parte de la empresa sobre sus recursos, por lo que no tiene un retorno directo; sin embargo, las siguientes dos propuestas requieren el *input* de este reporte.

b) Capacitación de operarios en aprovechamiento de tela.

La siguiente propuesta consiste en la implementación de un plan corto de capacitación a personal respecto al aprovechamiento de tela, del que participarán el operario a cargo del proceso, operarios auxiliares y el jefe de producción. En dos sesiones, con duración de máximo dos horas cada una, se tocarán los temas presentados a continuación.

Primera sesión:

i. Concepto de eficiencia y su aplicación al uso de telas: Se explicará el término de eficiencia, la forma de cálculo de manera general y el objetivo de su medición. Asimismo, se enseñará la aplicación del concepto al uso de los rollos de telas.

ii. Importancia de los controles visuales para la eficiencia: Consiste en la definición de un control visual y su utilidad en la medición de la eficiencia. Se reforzará con ejemplos de controles visuales en otras plantas o talleres similares.

iii. Identificación visual de rollos de tela en el área de trabajo: Con el concepto de control visual claro para los asistentes a la capacitación, se explicará la primera implementación de control visual en el taller. Esta consistirá en la colocación de un *sticker*, como se muestra en la Figura 2.47, en el embolsado de cada rollo con la letra R y un número para su rápida identificación en el lugar de almacenamiento.



Figura 2.47. Stickers de fondo blanco con código de rollo

iv. Control visual de tela disponible en el área de trabajo: Adicional a la identificación de cada rollo de tela, se implementará también el control visual de tela disponible de cada rollo. De esta manera existirá una verificación adicional de que la tela en el rollo a usar es suficiente para poder fabricar el pedido. En la Figura 2.48. se presentan dos ejemplos de los *stickers* a colocar en la zona embolsada visible de cada rollo. En este *sticker* se muestra tanto la información del largo disponible como del ancho del rollo.

L: 24 A: 2.5

L: 13.7 A: 2

Figura 2.48. Stickers de fondo blanco con largo disponible y ancho del rollo

Segunda sesión:

i. Estrategia de aprovechamiento de excedente de tela: La sesión iniciará explicando la estrategia que se plantea frente a los desperdicios de los excedentes, que incluye a qué se considera excedente reutilizable diferenciándolo de un restante a desechar, y el rol que cumplirán los operarios. La estrategia se justifica en el hallazgo de que los *rollers* con ancho menor a un metro tienen un largo promedio mayor a 2 metros, lo que permite que el excedente pueda ser reutilizado en un futuro pedido de un *roller* pequeño. En la Tabla 2.35, se presenta la cantidad fabricada para cada intervalo de largo con ancho menor a 1 metro.

Intervalos de largo (m)	Cantidad	Porcentaje
1.2-1.4	1	1.67%
1.4-1.6	4	6.67%
1.6-1.8	17	28.33%
1.8-2	3	5.00%
2-2.2	4	6.67%
2.2-2.4	4	6.67%
2.4-2.6	15	25.00%
2.6-2.8	12	20.00%

Largo promedio (m) 2.059

Tabla 2.35. Largo promedio de excedentes con ancho menor a 1 metro.

ii. Almacenamiento, identificación y reporte de excedentes: A partir de la estrategia planteada, se procederá a educar a los operarios en el almacenamiento de los excedentes. Estos se deben guardar de la misma forma como se guarda un rollo, es decir, enrollado y embolsado, como se muestra en la Figura 2.49.



Figura 2.49. Embolsado de excedente

De igual forma que con los rollos, se implementará también la identificación de cada excedente mediante un *sticker*, como se muestra en la Figura 2.50, en el embolsado con la letra E y un número.



Figura 2.50. Stickers de fondo blanco con código de excedente

Finalmente, se introducirá un mecanismo de reporte en el que se listen los excedentes generados durante el día que incluirá información tanto del rollo del que proviene como las dimensiones que tiene. El formato propuesto se muestra en la Figura 2.51.

REPORTE DE EXCEDENTES				
Fecha	Código	Rollo de origen	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)
4/4/20	E5	2	1.4	2.6
4/4/20	E6	6	1.2	1.9

Figura 2.51. Formato de registro de excedentes

iii. Manejo de órdenes de pedidos y oportunidad de utilización de excedente: En adelante, los pedidos llegarán de la administración al área de trabajo mediante un formato estándar en el que se detallarán cada *roller* a fabricar indicando el rollo o excedente a utilizar. La administración determinará, gracias al reporte de excedentes que realizarán los operarios, si es posible aprovechar un excedente. El formato se presenta en la Figura 2.52.

ORDEN DE PRODUCCIÓN DE ROLLERS				
Fecha: __/__/__				
Nº	Cliente	Largo (m)	Ancho (m)	Código R/E #

Figura 2.52. Formato de órdenes de rollers

c) **Modificación de anchos de compra**

En cuanto a los anchos predeterminados por el proveedor, se conoce que el nivel de calidad es el mejor de entre los disponibles en el mercado a pesar de que carezca de una homogeneidad confiable. Por lo tanto, se cuenta con la limitación de adquirir los rollos de tela en 3 posibles anchos: de 2, 2,5 y 3 metros. No obstante, de acuerdo a la distribución normal obtenida para los *rollers*, se estima que la probabilidad de que un pedido supere un ancho de 2,5 m es del 2,99%. Por ende, de manera teórica, el 97,01% de los *rollers* podrán ser fabricados con la presentación pequeña y mediana. Ello se puede evidenciar a través del histograma presentado en la Figura 2.53.

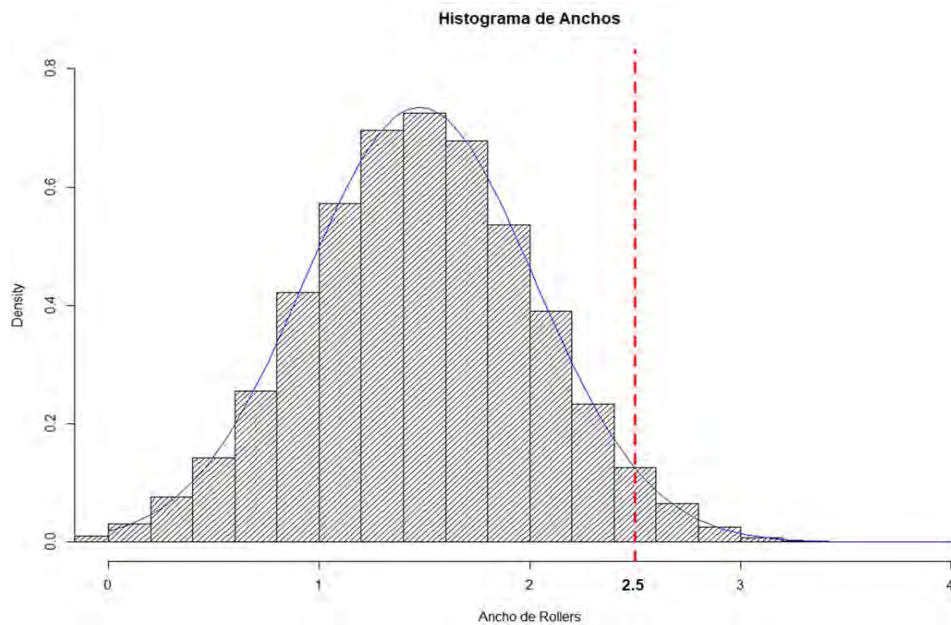


Figura 2.53. Histograma de Anchos Simulados

Adicionalmente, cabe recalcar que, de acuerdo a la data obtenida, los *rollers* que superan dicha medida presentan una eficiencia relativamente elevada y equivalente al 88,83%, pero conllevan a la generación de inventario inmovilizado. No obstante, se conoce que la empresa ha recurrido al maquilado de algunos *rollers* con dos proveedores. Por ende, se requiere un análisis del costo de oportunidad implicado entre ambas alternativas: fabricar los *rollers* cuyas medidas superen los 2,5 metros de ancho o maquilarlos.

Por ende, al considerar la demanda proyectada para el 2022 de 1746 *rollers*, las expectativas indican que 53 de ellos contarían con un ancho superior a los 2,5 metros. Asimismo, a fin de evaluar la favorabilidad de cada alternativa, se conoce que los sobrecostos incurridos al fabricar dichos *rollers* provendrían de 3 fuentes: el grado de eficiencia en el aprovechamiento de la tela, la tela sobrante inutilizada de cada rollo debido al bajo volumen de demanda y el manejo del inventario de los rollos adquiridos.

La participación en las ventas de cada tipo de tela es la siguiente: 69,39% de los pedidos utilizan la tela *blackout*, 23,81% utilizan la tela *screen* y el 6,80% utilizan la tela compacta. En base a ello y considerando el costo por metro cuadrado de cada tipo de rollo, el costo de los accesorios requeridos para su producción (valorizados en S/. 173,28 por unidad), el área promedio de los *rollers* que cumplen con esta especificación (equivalente a 5,16 metros cuadrados) y el *ratio* de inversión en gestión de inventario del 20%, se estima que el sobrecosto asciende a S/. 6440,70 anuales. El detalle de los cálculos elaborados se presenta en la Tabla 2.36.

Tejido	Costo por m ² (USD)	Demanda	Costo de producción	Sobrecosto			Total
				Eficiencia	Sobrante	Manejo de inventario	
Compacto	\$4.1	4	S/.318.1	S/.72.8	S/.1,872.3	S/.148.5	S/.2,093.7
Screen	\$4.5	13	S/.329.9	S/.78.8	S/.438.1	S/.160.6	S/.677.4
Blackout	\$6.8	36	S/.412.3	S/.120.2	S/.2,814.0	S/.735.4	S/.3,669.7
				S/.271.8	S/.5,124.4	S/.1,044.5	S/.6,440.7

Tabla 2.36. Sobrecosto generado al fabricar los *rollers* especificados.

Por otro lado, el cálculo del sobrecosto generado por la adquisición de los *rollers* previamente elaborados requiere el contraste entre el precio de compra por unidad, obtenido a partir del costo por metro cuadrado de acuerdo a la cotización del proveedor, y el costo de producción por tipo de tejido. En base a ello, se determinó que el sobrecosto obtenido asciende a S/.5793,80 anuales, lo cual indica la favorabilidad de esta alternativa dado que este valor resulta menor en un 10% o S/.646,90 anuales al calculado para la primera alternativa. El análisis mencionado se presenta en la Tabla 2.37.

Tejido	Costo por m^2 (USD)	Demanda	Precio de compra	Costo de producción	Sobrecosto	
					Sobrecosto por unidad	Total
Compacto	\$21.9	4	S/.383.9	S/.318.1	S/.65.8	S/.263.2
Screen	\$23.4	13	S/.411.5	S/.329.9	S/.81.6	S/.1,060.9
Blackout	\$30.6	36	S/.536.5	S/.412.3	S/.124.2	S/.4,469.7
						S/.5,793.8

Tabla 2.37. Sobrecosto generado al maquilar los *rollers* especificados.

En consecuencia, se estima conveniente tercerizar la elaboración de aquellos *rollers* que superen los 2,5 metros de ancho, debido a la baja frecuencia con la que se produce dicho requerimiento y la mayor expectativa de retorno al recurrir a este servicio de fabricación, el cual fue determinado mediante un análisis de costos relevantes.

2.3.5. Controlar

A lo largo del presente capítulo, se brindará un mayor énfasis en los métodos de control necesarios para garantizar la sostenibilidad de las mejoras propuestas e identificación de desviaciones respecto a las expectativas manejadas. Asimismo, su propósito es el aseguramiento de la calidad requerida para cumplir con las especificaciones necesarias para no generar desperdicios de tela excesivos que impliquen una disminución del retorno bruto de la empresa en análisis y el deterioro de sus nuevos indicadores operacionales. Por ello, se recomienda el uso de cartas de control para monitorear el *ratio* de m^2 desperdiciados por cada 10 m^2 de tela y una lista de verificación para la validación de la aplicación de las indicaciones otorgadas durante el plan de capacitación.

En cuanto al primero de ellos, el indicador mencionado resulta clave para la cuantificación de la eficiencia en el empleo de las telas para la fabricación de los *rollers*, por lo que se plantea el darle continuidad al uso de cartas de control por variable mediante un gráfico de tipo X-R.

De acuerdo a lo observado previamente, el límite central dista en demasía del valor *target* de 1 m^2 desperdiciado por cada 10 m^2 de tela, por lo que se espera ver un corrimiento progresivo en la media de esta variable a medida que se incorporen las propuestas a la rutina estándar de operación. Adicionalmente, cabe recalcar que la capacidad actual del proceso ascendía a -0,28, pero se requiere un nivel de, por lo menos, 1,25 como proceso existente con una especificación unilateral, es decir, con solo un límite superior (Douglas Montgomery, 2012). Es por ello que, bajo una perspectiva conservadora, se requiere lo siguiente: un corrimiento de la media hacia, por lo menos, 1,07 con el mismo grado de dispersión o un corrimiento hacia 1 en el mejor escenario a costa de un aumento en la variabilidad hacia un alejamiento típico del 55,02% (inicialmente era del 45,85%).

La carta de control contemplará fluctuaciones máximas de 3 desviaciones estándar y los límites de control preliminares serán los siguientes: 0,31 como límite inferior y 1,69 como límite superior. Sin

embargo, se debe considerar que, ante mejoras más significativas en la media o variabilidad, ellos podrían cambiar. Respecto al tamaño de muestra, el tamaño del subgrupo corresponderá a 4 valores del indicador, los cuales corresponden a la demanda promedio por cada media semana y, por lo tanto, la frecuencia de muestreo será esa. Por otro lado, la elección de dicho tamaño es respaldada por un menor error tipo II, es decir, una menor probabilidad de afirmar que el proceso se encuentra bajo control a pesar de que no lo esté. Por lo tanto, se presenta la comparación entre la carta de control inicial y las expectativas manejadas en el mejor escenario posible (corrimiento de media manteniendo la variabilidad) en la Figura 2.54.

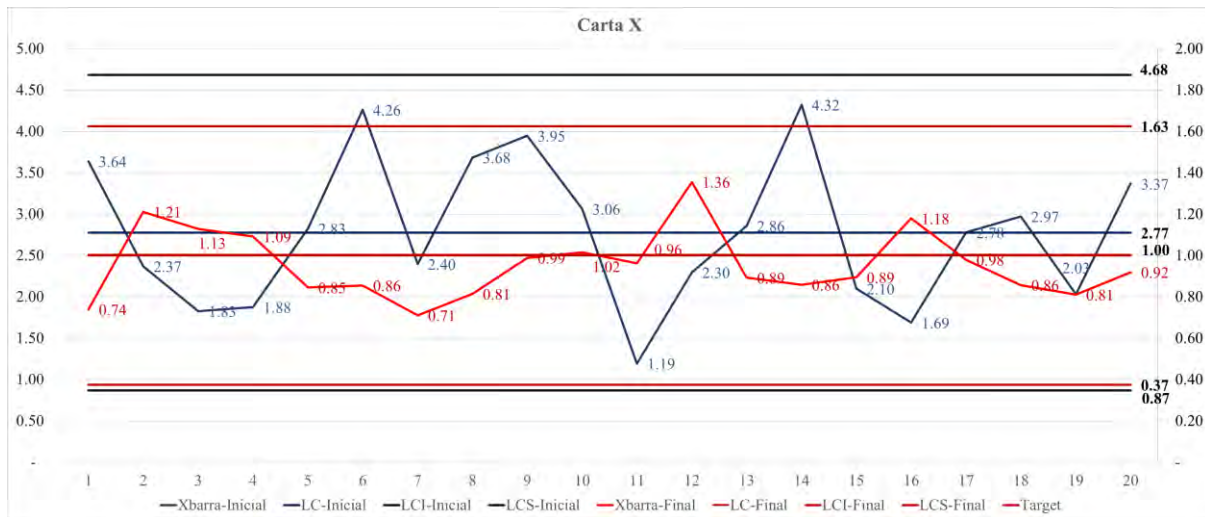


Figura 2.54. Comparación de cartas de control: inicial (azul) y post-implementación (rojo)

Asimismo, tal como se puede observar en la curva de operación característica presentada en la Figura 2.55, la practicidad de este valor para el control respectivo es acompañado por un mayor poder estadístico.

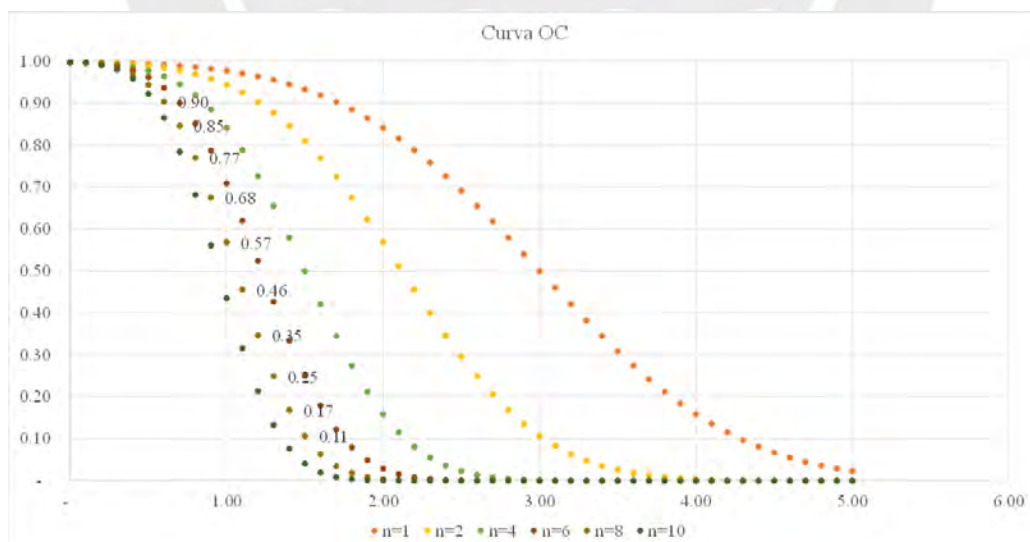


Figura 2.55. Curva de operación característica.

Para finalizar, respecto a la lista de verificación, ella permitirá monitorear que los conceptos sobre los cuales se instruyó al personal de planta sean incorporados a su día a día a través de la validación

periódica. Los criterios a considerar se muestran en la Tabla 2.38 y la revisión se realizará semanalmente a cargo de la administración.

Criterio	SÍ	NO	Comentario
Se realizó la revisión semanal del indicador de eficiencia			
Se colocaron <i>stickers</i> en todos los rollos almacenados			
El largo y ancho restantes de cada rollo coincide con el de la hoja de cálculo			
Se colocaron <i>stickers</i> en todos los excedentes almacenados			
Todos los excedentes se encuentran correctamente embolsados			
Todas las órdenes de fabricación han sido completadas correctamente (sin faltantes y con codificación correcta)			
El rollo/excedente asignado a cada roller ha sido utilizado para dicho fin			

Tabla 2.38. Lista de verificación a utilizar.

2.4. Cronograma de implementación de propuestas

A fin de brindar mayor claridad sobre el horizonte de tiempo que comprenderá la implementación de las propuestas de mejora expuestas, se presenta el cronograma de implementación de las mismas bajo un periodo base semanal. Tal como se aprecia, la duración total es de 38 semanas (262 días), los cuales se descomponen de la siguiente manera: 3 semanas para la presentación del plan de implementación, 26 para la aplicación de *Lean Manufacturing*, 5 para gestión de inventarios y 6 para *Six Sigma*. El detalle de las actividades a realizar se presenta en la Figura 2.56.

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS											
ACTIVIDADES	INICIO	FIN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Presentación de plan de mejora a la empresa	11/01/2021	31/01/2021									
Implementación de Lean Manufacturing	1/02/2021	14/08/2021									
Implementación de 5S	1/02/2021	24/05/2021									
Seiri: Toma de inventario	1/02/2021	8/02/2021									
Seiri: Retiro de objetos no indispensables	9/02/2021	23/02/2021									
Seiton: Organización de áreas de acuerdo a layouts	24/02/2021	1/03/2021									
Seiton: Compra de mobiliario adicional	11/03/2021	31/03/2021									
Seiton: Disposición de adquisiciones en área de trabajo	1/04/2021	8/04/2021									
Seiton: Implementación de rotulados	9/04/2021	16/04/2021									
Seiso: Limpieza de las áreas de trabajo	17/04/2021	30/04/2021									
Seiso: Compra de conexiones múltiples	1/05/2021	8/05/2021									
Seiso: Instalación de conexiones en mesas de trabajo	9/05/2021	16/05/2021									
Seiso: Implementación de cronograma de limpieza	9/05/2021	16/05/2021									
Seiketsu: Colocación de layouts en zonas visibles de cada área	17/05/2021	24/05/2021									
Shizuke: Capacitación en auditorías 5S	17/05/2021	24/05/2021									
Shizuke: Implementación de cronograma de auditorías 5S	17/05/2021	24/05/2021									
Estandarización del proceso de corte	25/05/2021	14/08/2021									
Elaboración e implementación de manual y señaléticas	25/05/2021	8/06/2021									
Diseño y fabricación del contenedor de viruta	9/06/2021	23/06/2021									
Diseño y fabricación de las guías de corte	16/06/2021	6/07/2021									
Instalación de mesa de corte	7/07/2021	29/07/2021									
Prueba técnica de la implementación	30/07/2021	6/08/2021									
Capacitación a operarios	7/08/2021	14/08/2021									
Desarrollo de la Gestión de inventarios	7/07/2021	15/08/2021									
Capacitación del método de pronóstico	7/07/2021	14/07/2021									
Capacitación de clasificación de artículos	15/07/2021	22/07/2021									
Capacitación en política de reabastecimiento y lotes de compra	23/07/2021	30/07/2021									
Diseño y elaboración de formularios para el conteo cíclico	31/07/2021	7/08/2021									
Capacitación en conteo cíclico de artículos	8/08/2021	15/08/2021									
Implementación de Six Sigma: DMAIC	15/08/2021	30/09/2021									
Desarrollo de la base de datos	15/08/2021	22/08/2021									
Capacitación en uso de base de datos	23/08/2021	30/08/2021									
Primera sesión de capacitación a operarios	31/08/2021	7/09/2021									
Segunda sesión de capacitación a operarios	31/08/2021	7/09/2021									
Presentación del resultado del análisis de anchos	31/08/2021	7/09/2021									
Implementación de la lista de verificación	8/09/2021	15/09/2021									
Periodo de prueba de mejoras	8/09/2021	22/09/2021									
Inicio de control de desperdicios	23/09/2021	30/09/2021									

Figura 2.56. Cronograma de implementación.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

A lo largo del presente capítulo, se desarrollará la evaluación técnica y económica de las contramedidas abordadas. En cuanto a la primera, esta consiste en el contraste entre los indicadores operativos de la situación de partida y el escenario post-implementación, mientras que la segunda hace referencia a la estimación de los flujos relevantes y retorno esperado.

3.1 Evaluación técnica

En el presente acápite se realizará la medición y análisis de los indicadores obtenidos post-implementación de cada propuesta desarrollada en el Capítulo 2, efectuando la comparación con los valores iniciales de cada uno. Asimismo, se calculará la variación o ahorro, y, para el caso de lo último, se harán las equivalencias en H-H o productos terminados.

3.1.1. Propuesta de mejora: Lean Manufacturing

En primer lugar, se realizará la evaluación técnica de la implementación de la metodología *Lean Manufacturing* mediante las dos herramientas desarrolladas previamente: 5S y estandarización de procesos.

a) Implementación de metodología 5S

Para medir el nivel de madurez de 5S alcanzado por la empresa luego de la implementación de dicha herramienta, se realizó nuevamente la misma auditoría con la que se evaluó inicialmente para obtener el diagnóstico. Los resultados se presentan en la Tabla 3.1, en la que se puede evidenciar que Seiri (Clasificación) es la que alcanzó mayor madurez, pasando de 0% a 100% luego de eliminar los objetos innecesarios del área de trabajo. Por el otro lado, Shitzuke (Disciplina) no ha tenido variación ya que los trabajadores cumplen las normas establecidas por la empresa y esta vela a su vez por el bienestar de sus trabajadores.

S	% Madurez		% Variación
	Inicial	Final	
Seiri	0.00%	100.00%	100.00%
Seiton	0.00%	87.50%	87.50%
Seiso	66.67%	100.00%	33.33%
Seiketzu	66.67%	77.78%	11.11%
Shitzuke	66.67%	66.67%	0.00%

Tabla 3.1. Porcentaje de madurez alcanzado por cada S.

Adicionalmente, a través de la implementación de las 5S, los tiempos de C/O de dos operaciones disminuyeron por las nuevas facilidades y mejor flujo en el área de trabajo. La mejora en tiempos de C/O se presenta en la Tabla 3.2. Asimismo, el ahorro en tiempo por *roller* fue convertido a horas-hombre anuales y *rollers* equivalentes para calcular el aumento de la capacidad de producción resultando, de la suma de ambas operaciones, 55.02 H-H al año y 139 *rollers*, respectivamente.

Operación	C/O inicial (min/roller)	C/O final (min/roller)	Diferencia (min/roller)	H-H anuales	Rollers equivalentes
Trazado	2.78	1.56	1.22	34.42	87
Ensamblaje	1.67	0.94	0.73	20.60	52
Ahorro total			1.95	55.02	139

Tabla 3.2. Variación del tiempo de C/O en el Trazado y Ensamblaje.

b) Estandarización del proceso de corte

Como se presentó en el Mapa de valor futuro, la estandarización del proceso de corte generó una disminución de 1.52 minutos/roller en el tiempo de ciclo y de 0.23 minutos/roller en el tiempo de *changeover* (C/O). Se halló el ahorro equivalente de estos tiempos en horas-hombre anuales y rollers equivalentes para conocer el aumento de la capacidad productiva, resultando en total 49.38 H-H al año y 125 rollers, respectivamente. El detalle se presenta en la Tabla 3.3.

	Inicial (min/roller)	Final (min/roller)	Diferencia (min/roller)	H-H anuales	Rollers equivalentes
CT	5.87	4.35	1.52	42.89	108
C/O	2.06	1.83	0.23	6.49	16
Ahorro total			1.75	49.38	125

Tabla 3.3. Variación del tiempo de CT y C/O en el Corte de accesorios.

3.1.2. Propuesta de mejora: Gestión de Inventarios

De igual forma, se realizará la evaluación técnica de la implementación de la Gestión de Inventarios a través de las métricas de pronóstico, el indicador de exactitud en el registro de inventarios, el nivel de inventario promedio y el costo logístico anual.

a) Métricas de pronóstico

Como se vio en el diagnóstico, la empresa inicialmente no contaba con herramientas para realizar el pronóstico de su demanda, por lo que se vio conveniente utilizar tres métricas para explicar la exactitud del método de pronóstico elegido: la desviación media (MD), el error porcentual absoluto medio (MAPE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

El MD obtenido es de -3.46, lo que indica que el valor pronosticado tiende a superar al valor real, lo que permitirá a la empresa disminuir la probabilidad de incurrir en roturas del stock de los materiales adquiridos. Por otro lado, el MAPE es de 15,67% y, si bien supera el *target* propuesto en el Capítulo 1 de 10%, tiene su explicación en el elevado coeficiente de variabilidad de la demanda. Finalmente, el RMSE calculado para el método es de 25,34 evidenciando una desviación absoluta considerada baja. El resumen de los resultados de las métricas se presentan en la Tabla 3.4.

Métricas de pronóstico	
Desviación media (MD)	-4.46
Error porcentual absoluto medio (MAPE)	15.67%
Raíz del error medio cuadrado (RMSE)	25.34

Tabla 3.4. Métricas de pronóstico.

b) Exactitud en el registro de inventarios (ERI)

Previo a la implementación, se calculó 38,53% de ERI, lo que explicaba las ocasiones de rotura de *stock* que tuvo la empresa. Considerando la implementación del conteo cíclico y una política de compras acorde a la demanda, se propuso un *target* de 90% de ERI. Luego de establecidas las metas para el error en el registro según la clasificación ABC de los accesorios, como se muestra en la Tabla 3.5, y calculando el valor de uso para cada grupo, se obtuvo un 99,45% de ERI.

Clasificación	Error en registro	Valor de uso	% ERI
A	0%	S/ 280,634.56	99.45%
B	2%	S/ 56,438.16	
C	5%	S/ 16,446.70	

Tabla 3.5. Porcentaje de ERI post-implementación de conteo cíclico.

c) Nivel de inventario promedio

Respecto al nivel de inventario promedio, se estimó el valor en la situación inicial a partir del estado de situación financiera de la empresa a fines del 2018 y 2019. En el primero de ellos, se apreció que las existencias valorizadas ascendían a S/.145 141, mientras que en el segundo estas ascendían a S/. 174 403. En consecuencia, dado que ambos valores corresponden al inventario manejado al final de cada periodo, se estima que el *stock* promedio es equivalente al promedio de ambos valores, es decir, a S/. 159 772. Asimismo, se conoce que los accesorios cuentan con una participación del 52,78% en el costo de producción, por lo que el nivel de inventario de accesorios se estima próximo a los S/. 84 235.

Esto conlleva a intentar comparar este valor con el obtenido tras la implementación de la técnica EOQ y la política de la potencia de 2 (PO2) a fin de cuantificar la mejoría. Por lo tanto, se requiere la elaboración de una curva de intercambio, es decir, aquella que muestre el nivel de inventario de ciclo anual para cada número de órdenes de abastecimiento posible en un sistema multiproducto bajo un sistema EOQ. Considerando que el costo por orden (*ct*) asciende a S/. 25,87 y el *ratio* de manejo de inventarios (*h*) es igual al 20%, el valor de *ct/h* asciende a 129,35 y el nivel de inventario de ciclo óptimo para dicho valor es de S/. 14 513. De acuerdo a lo apreciado en la Figura 3.1, el nivel de inventario de ciclo post-implementación, se encuentra alejado de aquel nivel por solo S/.3 503. No obstante, sí se considera el *stock* de seguridad a implementar para cada ítem a fin de visualizar el nivel de inventario total que será manejado por la empresa, este será igual a S/. 42 130, lo cual implica una mejora significativa en este indicador al disminuirse en un 50,04% respecto al inventario promedio del 2019. Esto demuestra la ineficiencia en la gestión de inventarios que existía previamente, pues para una cantidad de órdenes similar, el nivel de inventario era excesivo a pesar de que incluso no se consideraba una cobertura ante fluctuaciones en el tiempo de entrega.

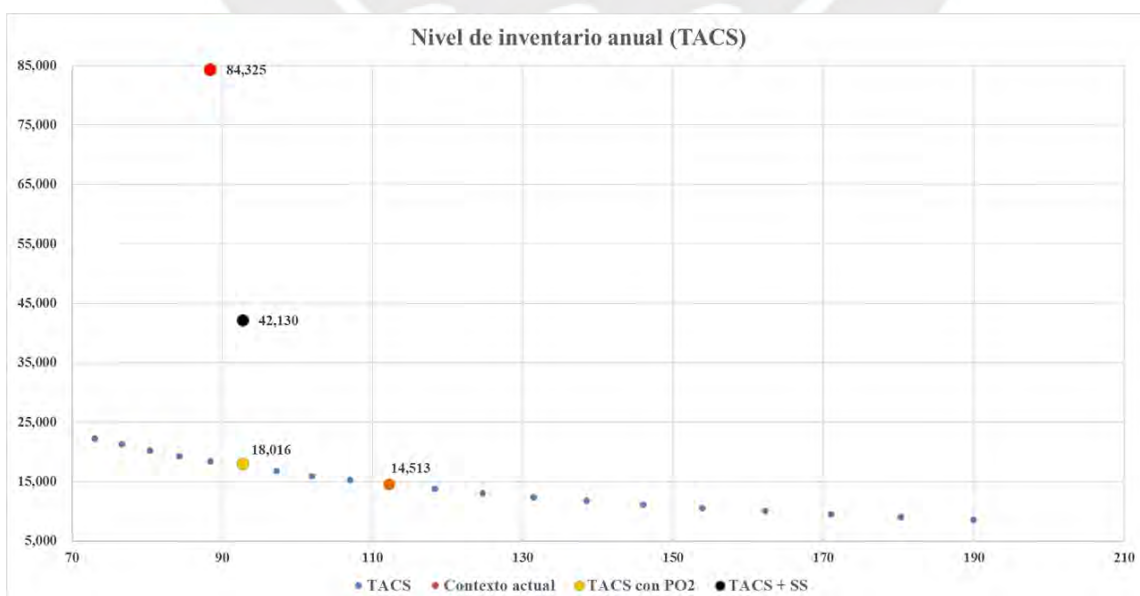


Figura 3.1. Curva de Intercambio: nivel de inventario vs cantidad de órdenes

De acuerdo al gráfico presentado, se resume en la Tabla 3.6. los niveles de inventario para los escenarios previo a la implementación, óptimo y posterior a la aplicación de la propuesta.

	TACS
Actual	S/ 84,325.00
Óptimo	S/ 14,513.00
Propuesta	S/ 42,130.00

Tabla 3.6. Valores de inventario anual.

3.1.3. Propuesta de mejora: Six Sigma

Para finalizar, se ahondará en la evolución de los indicadores operativos a causa de la implementación del ciclo de mejora continua DMAIC perteneciente a la metodología *Six Sigma*, los cuales corresponden a la generación de capacidad de producción adicional y el incremento de la eficiencia en el consumo de telas para la fabricación de *rollers*.

a) Capacidad de producción adicional

A partir de la decisión de maquilar aquellos *rollers* cuyo ancho supere los 2,5 metros, se identificó un ahorro de S/ 646,90 anuales al contrastar el precio de compra y el sobrecosto generado por la manufactura de estos artículos. No obstante, se ha de considerar adicionalmente que se genera un ahorro de horas-hombre que representan una mayor capacidad de producción. Esto se cuantifica en base a la demanda estimada de *rollers* con estas características, la cual es igual a 53 unidades, cuyo equivalente en horas-hombre es de 20,96 H-H anuales, según lo presentado en la Tabla 3.7.

Demanda anual	H-H equivalentes
53	20.96

Tabla 3.7. Generación de capacidad adicional.

b) Incremento de la eficiencia en el consumo de tela

Con el objetivo de obtener un nivel de capacidad de proceso idóneo, se mencionó anteriormente que se manejaban 2 alternativas bajo un punto de vista moderado (es decir, más allá del mejor escenario en el cual se corre la media y se mantiene la variabilidad) para su consecución: un corrimiento en la media hacia 1,073 con el mismo coeficiente de variabilidad del 45,85% o una mayor desviación estándar representada por un coeficiente de variabilidad del 55,02% con una media de 1.

Por ende, se procedió a simular ambas alternativas para determinar un valor esperado para la eficiencia con el uso del *software* RStudio. Se generaron 416 valores aleatorios para este *ratio* (dado que cada subgrupo está compuesto por 4 muestras y el control es cada media semana), considerando la normalidad que presenta de acuerdo a lo validado, para 3 escenarios (pesimista, conservador y optimista) en cada una teniendo en cuenta que los valores requeridos para la media y desviación forman parte del escenario optimista y considerando un incremento del 50% y 100% el escenario conservador y optimista, respectivamente.

Por otro lado, para obtener un valor esperado de cada alternativa se emplea la estimación en base a tres puntos según lo planteado por Daniel Mulligan (2016), quien indica que, para un nivel de confianza medio en el valor conservador, se emplee la expresión (8):

$$\text{Valor esperado} = (\text{Pesimista} + \text{Conservador} * 3 + \text{Optimista}) / 5 \quad (8)$$

Asimismo, se considera una probabilidad de ocurrencia del 70% para la primera alternativa, ya que se espera mayor facilidad para obtener un menor valor medio en el desperdicio en comparación a manejar una menor variabilidad en el desperdicio por semana, ya que la fabricación de *rollers* no es el único proceso ejecutado por la empresa.

A partir de las condiciones descritas previamente, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 3.8.

Eficiencia	Escenario 1	Escenario 2	Factor de ponderación
Pesimista	78.85%	89.69%	1
Conservador	84.48%	90.02%	3
Optimista	89.21%	90.16%	1
Esperado	84.30%	89.98%	
Factor de ponderación	70%	30%	
Eficiencia	86.01%		

Tabla 3.8. Cálculo del valor esperado de la Eficiencia.

Tal como se puede apreciar, el valor esperado asciende al 86,01%, presentando una brecha de solo 3,99% respecto al valor *target* planteado inicialmente. En base a ello, se calcula el ahorro en tela (en metros cuadrados) como el producto del área total de los *rollers* a fabricar durante el año y la diferencia del recíproco de ambos *ratios*. El ahorro total asciende a 1 150 metros cuadrados, tal como se detalla en la Tabla 3.9.

Eficiencia		Producción 2022	Área promedio (m²)	Ahorro (m²)
Inicial	Final			
72.25%	86.01%	1693	3.07	1150

Tabla 3.9. Cálculo del ahorro de tela.

3.2 Evaluación económica

Tras la evaluación técnica realizada en el anterior apartado, se realizará la estimación de la inversión inicial requerida, flujos económicos relevantes como consecuencia directa de las propuestas, costo asociado a la obtención de fondos para su realización, expectativas de retorno y un estudio de sensibilidad ante la presencia de riesgos.

3.2.1 Presupuesto de egresos relevantes

A continuación, se realizará la estimación de los egresos requeridos para la materialización de las propuestas descritas como parte de la inversión inicial del proyecto de mejora, los cuales se detallarán por cada una de ellas.

a) **Propuesta de implementación de *Lean Manufacturing***

Dado que la implementación de *Lean Manufacturing* se desglosa en la aplicación de dos herramientas, se ha optado por presentar, en primer lugar, el presupuesto elaborado para el despliegue de las 5S cuyo importe total asciende a S/. 13 920,60 y se presenta cada concepto que conlleva a esta suma en la Tabla 3.10.

Presupuesto 5S				
Concepto	Cantidad	Precio unitario	Importe	
Material para toma de inventario: formatos, tablero y lápiz	1.00	S/ 10.00	S/	10.00
Total SEIRI				S/ 10.00
Organizadores para área de costura	2.00	S/ 59.00	S/	118.00
Sujetador de pared para colgar	4.00	S/ 30.00	S/	120.00
Mueble con niveles de madera	1.00	S/ 599.00	S/	599.00
Tope de puerta	2.00	S/ 15.00	S/	30.00
Rack para tela sobrante de 3 niveles	1.00	S/ 400.00	S/	400.00
Contenedor para material reciclable	2.00	S/ 799.00	S/	1,598.00
Contenedor de residuos pequeños	2.00	S/ 350.00	S/	700.00
Carretilla elevadora manual	1.00	S/ 5,960.00	S/	5,960.00
Instalación de muebles y contenedores	1.00	S/ 30.00	S/	30.00
Instalaciones en pared	4.00	S/ 20.00	S/	80.00
Instalaciones eléctricas	8.00	S/ 250.00	S/	2,000.00
Elaboración e implementación de rótulos	30.00	S/ 3.50	S/	105.00
Total SEITON				S/ 11,740.00
Elaboración de horario limpieza plastificado	1.00	S/ 76.00	S/	76.00
Plumones de pizarra	2.00	S/ 4.80	S/	9.60
Mota	1.00	S/ 5.00	S/	5.00
Tomacorrientes	2.00	S/ 75.00	S/	150.00
Instalación de tomacorrientes en mesa	2.00	S/ 150.00	S/	300.00
Total SEISO				S/ 540.60
Impresión de layouts en material acrílico	3.00	S/ 30.00	S/	90.00
Instalación de layouts	3.00	S/ 5.00	S/	15.00
Total SEIKETZU				S/ 105.00
Capacitación en 5S a operarios	1	S/ 1,500.00	S/	1,500.00
Impresión de cronograma de auditorías 5S en acrílico	1	S/ 25.00	S/	25.00
Total SHITZUKE				S/ 1,525.00
			TOTAL	S/ 13,920.60

Tabla 3.10. Presupuesto de egresos por implementación de 5S.

Asimismo, se elaboró el presupuesto para la estandarización del proceso de corte, cuyo importe total es de S/. 4 030,90 y se presenta el detalle en la Tabla 3.11. Como se aprecia, el principal contribuyente es la elaboración de las tres guías de corte, dado que es un trabajo de carpintería personalizado y que juega un rol clave en la estandarización de este proceso.

Presupuesto Estandarización			
Concepto	Cantidad	Precio unitario	Importe
Impresión y forrado de manual	1.00	S/ 2.00	S/ 2.00
Impresión e instalación de señaléticas	1.00	S/ 25.00	S/ 25.00
Contenedor de viruta	1.00	S/ 150.00	S/ 150.00
Trabajos de instalación en madera	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00
Diseño de guías de corte	3.00	S/ 100.00	S/ 300.00
Elaboración de guías de corte	3.00	S/ 599.00	S/ 1,797.00
Instalación de objetos en mesa	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00
Material para prueba (vena + barabaja + tubo)	1.00	S/ 177.50	S/ 177.50
Capacitación a operarios con material	13.00	S/ 113.80	S/ 1,479.40
		TOTAL	S/ 4,030.90

Tabla 3.11. Presupuesto de egresos por la estandarización del proceso de corte.

b) Propuesta de implementación de Gestión de Inventarios

En cuanto a la aplicación de las técnicas de Gestión de Inventarios, ello requiere de un gasto en el desarrollo de la base de datos para el control de las existencias y error en el registro, la impresión de los formatos para llevar a cabo el conteo cíclico de accesorios e implementos para la sesión de capacitación en el método de pronóstico, segmentación de ítems, políticas de abastecimiento y lotes de compra. Por ende, el detalle correspondiente a estos gastos se presenta en la Tabla 3.12.

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Importe
Desarrollar la BD (días)	7	S/.305.00	S/.2,135.00
Implementos para capacitación			S/.1,735.00
Impresión de brochures (und.)	350	S/.0.20	S/.70.00
Alquiler de Laptop (días)	14	S/.20.00	S/.280.00
Alquiler de proyector (días)	14	S/.50.00	S/.700.00
Recursos audiovisuales (días)	3	S/.200.00	S/.600.00
Materiales: pizarra, plumones (und.)	1	S/.85.00	S/.85.00
Impresión de formatos para conteo cíclico	560	S/.0.20	S/.112.00
		TOTAL	S/.3,982.00

Tabla 3.12. Presupuesto de egresos por implementación de la Gestión de inventarios.

c) Propuesta de implementación de Six Sigma

La implementación de las propuestas obtenidas tras la aplicación de la metodología DMAIC requieren de una inversión en el desarrollo de la base de datos para el control de los pedidos, consumo de tela y eficiencia, implementos para la capacitación en su uso y en las estrategias para el incremento del aprovechamiento de las telas a consumir en la producción y en la impresión de la lista de verificación requerida para la fase de control continuo. El importe presupuestado para su ejecución se presenta, con el respectivo desglose, en la Tabla 3.13.

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Importe
Desarrollar la BD (días)	7	S/.305.00	S/.,2,135.00
Implementos para capacitación			S/.,2,287.00
Impresión de brochures (und.)	350	S/.0.20	S/.70.00
Alquiler de Laptop (días)	14	S/.20.00	S/.280.00
Alquiler de proyector (días)	14	S/.50.00	S/.700.00
Recursos audiovisuales (días)	5	S/.200.00	S/.1,000.00
Materiales: pizarra, plumones (und.)	1	S/.85.00	S/.85.00
Impresión de carta de control en papel plastificado	2	S/.76.00	S/.152.00
Impresión de lista de verificación	620	S/.0.20	S/.,124.00
		TOTAL	S/.,4,546.00

Tabla 3.13. Presupuesto de egresos por implementación de Six Sigma.

Finalmente, en la Tabla 3.14, se presenta el presupuesto de egresos a un horizonte de cinco años, en el que en el año cero se observa la suma de los importes de las tablas anteriores que asciende a S/. 26 479,50 y que conforma la inversión total por la mejora; mientras que la suma de montos de los siguientes años son importes por mantenimientos y renovaciones.

Propuesta	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Lean Manufacturing	S/ 17,951.50					
Mantenimiento de muebles		S/ 120.00	S/ 123.00	S/ 126.08	S/ 129.23	S/ 132.46
Mantenimiento eléctrico		S/ 255.00	S/ 261.38	S/ 267.91	S/ 274.61	S/ 281.47
Mantenimiento de carretilla		S/ 145.00	S/ 148.63	S/ 152.34	S/ 156.15	S/ 160.05
Renovación de rótulos		S/ 107.63	S/ 110.32	S/ 113.07	S/ 115.90	S/ 118.80
Renovación de plastificados		S/ 77.90	S/ 79.85	S/ 81.84	S/ 83.89	S/ 85.99
Plumones y mota		S/ 14.97	S/ 15.34	S/ 15.72	S/ 16.12	S/ 16.52
Renovación de acrílicos		S/ 117.88	S/ 120.82	S/ 123.84	S/ 126.94	S/ 130.11
Gestión de Inventarios	S/ 3,982.00					
Formatos para conteo cíclico		S/ 114.80	S/ 117.67	S/ 120.61	S/ 123.63	S/ 126.72
Six Sigma	S/ 4,546.00					
Mantenimiento de software		S/ 610.00	S/ 625.25	S/ 640.88	S/ 656.90	S/ 673.33
Renovación de plastificados		S/ 155.80	S/ 159.70	S/ 163.69	S/ 167.78	S/ 171.97
TOTAL	S/ 26,479.50	S/ 1,718.97	S/ 1,761.94	S/ 1,805.99	S/ 1,851.14	S/ 1,897.42

Tabla 3.14. Presupuesto de egresos por cinco años.

3.2.2 Presupuesto de ingresos relevantes

Se requiere la determinación, de manera aproximada, de los potenciales ahorros e ingresos a obtener como consecuencia directa de las contramedidas aplicadas. Este análisis se realizará por cada propuesta a fin de ahondar en los impactos de cada una de ellas.

a) Propuesta de implementación de Lean Manufacturing

La implementación de la metodología 5S y la estandarización del proceso de corte de accesorios permiten la reducción de los tiempos de ciclo y de cambios, lo cual implica un incremento en la capacidad de producción que permitiría la fabricación de 264 *rollers*. No obstante, ello no implica que esa cantidad de *rollers* puedan ser comercializados en su totalidad, por lo que se estima que solo el 25% de ellos serán demandados por su cartera de clientes, es decir, 66 *rollers*. A fin de calcular el beneficio económico que esto conlleva, se utilizó la participación de cada tipo de tejido en las ventas, el valor de venta y costo de producción de cada presentación para obtener el margen de contribución unitario y, finalmente, ello se multiplicó por la cantidad obtenida de acuerdo a la repartición inicial. El resultado de este análisis se presenta en la Tabla 3.15 y es equivalente a S/.5 568,23 anuales.

Tejido	Participación	Venta (und.)	Valor de venta	Costo de producción	Margen unitario	Utilidad obtenida
Compacto	6.80%	5	S/.387.75	S/.318.09	S/.69.67	S/.348.34
Screen	23.81%	16	S/.402.10	S/.329.85	S/.72.25	S/.1,155.93
Blackout	69.39%	45	S/.502.64	S/.412.33	S/.90.31	S/.4,063.95
TOTAL						S/.5,568.23

Tabla 3.15. Ahorros obtenidos por la implementación de 5S y Estandarización.

Adicionalmente, cabe recalcar que se generará un escudo tributario por la adquisición de la carretilla elevadora manual, cuya tasa de depreciación lineal asciende al 10% de acuerdo a la Ley de Impuesto a la Renta publicada por la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (2018), por el hecho de disminuir la carga impositiva como beneficio contable para la empresa. Este valor ascenderá a S/. 175,82 anuales con una tasa impositiva del 29,50%, de acuerdo a lo presentado en la Tabla 3.16.

Valor de compra	Depreciación anual	Escudo tributario
S/.5,960.00	S/.596.00	S/.175.82

Tabla 3.16. Escudo tributario generado por la depreciación de carretilla elevadora.

b) Propuesta de implementación de Gestión de Inventarios

Respecto a los costos relevantes del sistema de aprovisionamiento, las estimaciones realizadas indican que, tras la implementación de esta propuesta, el potencial ahorro en el costo por órdenes es igual a S/.1 985 anuales, es decir, se espera una reducción del 45,13% en el gasto en este concepto.

Por otro lado, el costo de mantenimiento del *stock* presentará una disminución significativa ya que, según lo mostrado previamente, el nivel de inventario promedio se reduce en un 50,04%. En consecuencia, el costo vinculado se reduce en la misma medida, lo cual implica un ahorro anual de S/. 8 439.

El detalle de los ahorros obtenidos se presenta en la Tabla 3.17 y, adicionalmente, cabe recalcar que el *ratio* de costo logístico sobre ventas disminuye desde 1,13% a 0,57%.

Fuente de costo	Costo anual			
	Inicial	Final	Ahorro	% Variación
Por órdenes	S/ 4,398.38	S/ 2,413.36	S/ 1,985.02	-45.13%
Mantenimiento de inventario	S/ 16,864.94	S/ 8,426.02	S/ 8,438.92	-50.04%

Tabla 3.17. Ahorros en costo logístico.

c) Propuesta de implementación de Six Sigma

Con el objetivo de obtener el ahorro por el incremento de la eficiencia en el uso de telas en unidades monetarias, se utilizó el ahorro en metros cuadrados, la participación de cada tipo de tela en los pedidos recibidos y el costo por metro cuadrado de cada una. El cálculo se presenta en la Tabla 3.18 y el resultado obtenido indica que esta mejora en la eficiencia genera un ahorro de S/. 23 717,14 anuales.

Tipo de tela	Participación (%)	Costo (USD/m ²)	Ahorro (m ²)	Ahorro (S/.)
Blackout	69.39%	6.81	798	S/18,470.09
Screen	23.81%	4.46	274	S/4,150.68
Compacto	6.80%	4.13	78	S/1,096.37
TOTAL			1150	S/23,717.14

Tabla 3.18. Ahorro por el incremento de la eficiencia de Telas.

En cuanto al ahorro obtenido, se considerará que la tercera parte de este se concretará debido a que los rollos de tela son adquiridos con tamaños predeterminados según lo descrito anteriormente y, por ende, no se pueden adquirir por metro cuadrado, lo cual genera que, si bien se incremente la eficiencia en el consumo, aún persista un remanente en menor medida.

Asimismo, cabe recalcar que se estimó un ahorro de S/.646,90 anuales a causa de la decisión de adquirir los *rollers* con un ancho mayor a los 2,5 metros en lugar de fabricarlos, pues ello resulta más rentable para la empresa. Por ende, el ahorro total para el primer año a causa de la implementación de la metodología Six Sigma asciende a S/. 8 552,61.

Para finalizar, a continuación se presenta en la Tabla 3.19 el resumen de los potenciales ahorros e ingresos a percibir generados por la implementación de las propuestas abordadas para los 5 años del horizonte a evaluar, cuya evolución se explica en base a un incremento esperado de la demanda del 5% por año, lo cual afecta a los ahorros calculados para la propuesta de *Lean Manufacturing*, al costo de orden de la propuesta de Gestión de Inventarios y al ahorro por el mejor aprovechamiento de las telas de acuerdo a la propuesta de aplicación de la metodología DMAIC.

Propuesta	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Lean Manufacturing	S/.5,744.05	S/.6,022.46	S/.6,314.79	S/.6,621.74	S/.6,944.04
Gestión de inventarios	S/.10,423.94	S/.10,523.19	S/.10,627.40	S/.10,736.83	S/.10,851.72
Six Sigma	S/.8,552.61	S/.8,947.90	S/.9,362.95	S/.9,798.75	S/.10,256.34
TOTAL	S/.24,720.60	S/.25,493.55	S/.26,305.15	S/.27,157.32	S/.28,052.11

Tabla 3.19. Potencial ahorro e ingresos consolidados por año.

3.2.3 Determinación costo de capital

Con el propósito de determinar el costo financiero asociado al capital a invertir para poner en marcha el proyecto, se emplea el modelo CAPM, el cual fue propuesto por William Sharpe en 1964 y es ampliamente usado debido a sus características predictivas para la medición del riesgo y su relación con expectativas mínimas de retorno. De acuerdo a Eugene Fama y Kenneth French (2004), el modelo generalizado para el cálculo del costo de oportunidad del capital (COK) es presentado en (9):

$$COK = R_f - \beta * (R_m - R_f) + R_p \quad (9)$$

R_f es la tasa libre de riesgo

β es el riesgo sistemático definido por el sector de la empresa

R_m es el rendimiento del mercado

$R_m - R_f$ es la prima de riesgo del mercado

R_p es el riesgo país

A continuación, se procederá a detallar la elección de los valores requeridos para la aplicación del modelo mencionado.

a) Tasa libre de Riesgo

Esta tasa hace referencia al retorno que recibiría un inversionista a partir de un activo libre de riesgo. De acuerdo a Damodaran (2020), el rendimiento a largo plazo del bono soberano del país en el que se realizará la inversión es el valor más apropiado para su incorporación al modelo y, de preferencia, bajo un horizonte de 10 años debido al alto volumen transaccional y elevada liquidez que posee. Por ende, de acuerdo al Banco Central de Reserva del Perú (2020), el rendimiento del bono del gobierno peruano a 10 años en dólares es del 2,46%. No obstante, por efectos de la devaluación del nuevo sol respecto al dólar, se realiza la conversión de dicha tasa a una en la moneda local de acuerdo a la expresión en (10):

$$i_1 = (1 + i_2) * (1 + dep(i_1/i_2)) - 1 \quad (10)$$

Por ende, teniendo en cuenta un tipo de cambio promedio anual para el año 2019 de 3,339 y un tipo de cambio a la fecha de 3,431, se estima una devaluación anual del 2,77%. Al tomar dicho valor en consideración, la tasa libre de riesgo en soles equivalente a 5,30%.

b) Beta (β)

De acuerdo a Ross, Westerfield y Jaffe (2012), el factor beta permite cuantificar la sensibilidad del valor de un activo ante movimientos en el rendimiento del mercado. Se estimó conveniente utilizar el valor de beta desapalancado para el sector de mobiliario para el hogar propuesto por Damodaran (2020), el cual es de 0,79. Asimismo, cabe recalcar que, de acuerdo al estado de situación financiera de la empresa a fines del 2018, el *ratio* de apalancamiento es igual a 0, ya que no presenta obligaciones financieras con terceros que no correspondan a sus cuentas por pagar comerciales, es decir, a sus proveedores. En consecuencia, el ajuste por el nivel de apalancamiento no es necesario. No obstante, dado que el factor beta refleja el nivel de riesgo sistemático en base a todos sus activos y el nivel de efectivo no presenta riesgo, se estima conveniente ajustar dicho factor al aislar este efecto. De acuerdo al estado de situación financiera, la caja de la empresa representa el 34,43% del valor de la misma, tal como se aprecia en la Tabla 3.20.

Caja	S/	331,415.73
Valor de la empresa (A=P+PAT)	S/	962,671.18
Caja/Valor de la empresa		34.43%

Tabla 3.20. Proporción de caja respecto al valor de la empresa.

Por ende, en base a ello, se utilizó la expresión (11) para calcular el factor beta con el ajuste por caja:

$$Beta \text{ con corrección por caja} = Beta / (1 - Caja/Valor de la Empresa) \quad (11)$$

El resultado obtenido indica que se maneja un factor beta de 1,20, el cual se aprecia en la Tabla 3.21.

Beta desapalancado	0.79
Beta con corrección por caja	1.20

Tabla 3.21. Beta con ajuste por caja.

c) Prima de Riesgo y Riesgo País

Continuando con la definición de los parámetros, la prima de es, de acuerdo a Damodaran (2020), el precio del riesgo en los mercados de valores, y es un *input* clave en la estimación de los costos de capital tanto en finanzas corporativas como en valoración. Por otro lado, el riesgo país es aquel adicional que se debe considerar dentro de la ecuación y es propio, valga la redundancia, del país. Ambos parámetros mencionados poseen los valores presentados en la Tabla 3.22, determinados por el mismo autor.

Prima de riesgo de mercado	8.21%
Riesgo País	2.20%

Tabla 3.22. Parámetros de prima de riesgo y riesgo país.

Para finalizar, en base a la información recabada, el costo de oportunidad de capital para el proyecto en estudio corresponde al 17,38% y el cálculo se presenta a continuación:

$$COK = 5.3\% + 1.2 * 8.21\% + 2.2\%$$

$$COK = 17.38\%$$

Cabe recalcar que dicho valor puede ser tomado, además, como el costo promedio ponderado de capital (WACC), ya que el *ratio* deuda/capital es igual a 0 según lo expuesto previamente.

3.2.4. Flujo de caja económico

Posterior a la elaboración de los presupuestos de egresos e ingresos, se armó el flujo de caja económico considerando el horizonte de 5 años del proyecto y el año 0 en el que se realizaría la inversión. A partir de ello, en la Tabla 3.23 se observa el flujo neto generado por la diferencia de ambos presupuestos.

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	S/0.00	S/24,720.60	S/25,493.55	S/26,305.15	S/27,157.32	S/28,052.11
Egresos	-S/26,479.50	-S/1,718.97	-S/1,761.94	-S/1,805.99	-S/1,851.14	-S/1,897.42
Flujo neto	-S/26,479.50	S/23,001.63	S/23,731.61	S/24,499.16	S/25,306.18	S/26,154.69

Tabla 3.23. Flujo de caja del proyecto.

Considerando el valor de COK de 17,38% hallado previamente, se calculó el periodo de recuperación (PR) que indica la cantidad de años necesarios para recuperar la inversión, la tasa interna de retorno (TIR) que indica de forma relativa la rentabilidad del proyecto, y el valor presente neto (VPN o VAN) que es la resultante de los flujos llevados al tiempo 0. Los valores obtenidos para cada indicador financiero se presentan en la Tabla 3.24.

PR	1.40
TIR	85.44%
VAN	S/ 50,557.25

Tabla 3.24. Indicadores financieros del proyecto.

De los indicadores presentados se aprecia que el valor presente neto es positivo y la tasa interna de retorno es mayor al WACC que, en este caso al no haber financiamiento, es igual al COK, por lo tanto el proyecto es viable económicamente y el periodo de recuperación es de 1,40 años.

3.2.5. Estudio de sensibilidad

A fin de identificar cuáles son los principales factores que se comporten como fuente de riesgo para la viabilidad económica del proyecto, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad considerando cambios en 5 de ellos: la eficiencia en el consumo de telas obtenida tras la aplicación de *Six Sigma*, la tasa interanual de crecimiento de la demanda de *rollers*, un factor incremental de la inversión inicial y egresos durante el horizonte del proyecto, un porcentaje de cumplimiento de la mejora en los tiempos de ciclo y cambio a causa de la implementación de *Lean Manufacturing* y un porcentaje de variación en el ahorro obtenido para los costos logísticos. Para ello, se utilizó el software @Risk para facilitar el empleo del método estadístico de simulación de Montecarlo en este análisis, bajo el cual se consideraron las siguientes presunciones:

- La eficiencia en el consumo de tela se rige bajo una distribución PERT con los siguientes parámetros: 82,10% (valor mínimo), 86,14% (valor más probable) y 89,50% (valor máximo), de acuerdo a lo obtenido en la Tabla 3.7.
- La tasa de crecimiento interanual de la demanda sigue una distribución uniforme con un valor mínimo de -15% y un valor máximo de 15%.
- El factor incremental de la inversión inicial y egresos posteriores se rige bajo una distribución uniforme con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 25%.
- El porcentaje de cumplimiento de la mejora estimada en los tiempos de ciclo y cambio sigue una distribución uniforme con un valor mínimo de 80% y un valor máximo de 110%.
- El porcentaje de variación en el ahorro obtenido para el costo logístico (de orden y mantenimiento de inventarios) tendrá un comportamiento descrito por una distribución uniforme con un valor mínimo de -20% y un valor máximo de 20%.

En base a ello, se definió como variables de salida al valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) del proyecto, por lo que, de manera seguida, se generó una corrida de 1000 réplicas a fin de evaluar los resultados obtenidos.

En primer lugar, se observa, de acuerdo a lo presentado en la Figura 3.2, el valor actual neto (VAN) del proyecto es mayor a cero en la totalidad de escenarios, por lo que se valida su rentabilidad. Asimismo, cabe recalcar que a un nivel de confianza del 90%, este indicador se situará entre S/. 21 017 y S/. 69 027 y el valor medio es de S/. 41 933 \pm 458.

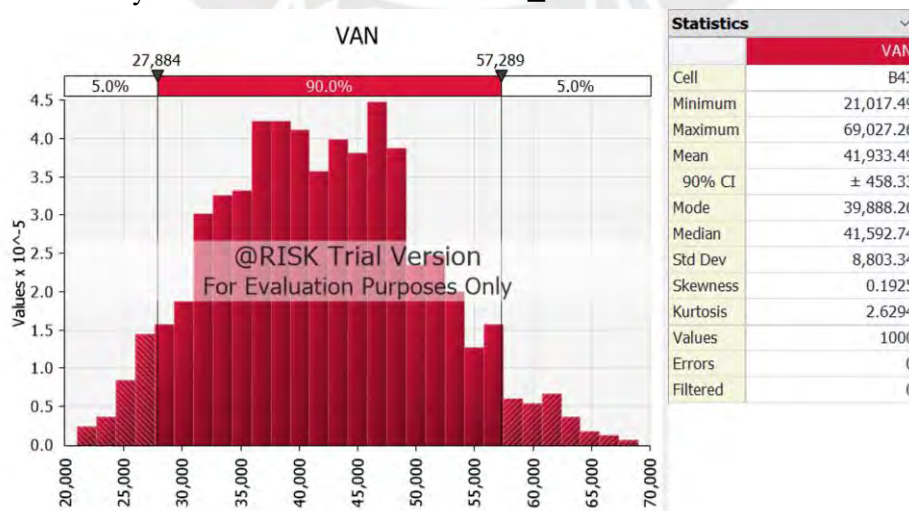


Figura 3.2. Histograma de resultados para el VAN del proyecto.

En segundo lugar, se aprecia, según lo presentado en la Figura 3.3, la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es mayor al WACC de 17,38% en todos los escenarios simulados, por lo que se verifica su rentabilidad y el hecho de que superará las expectativas de los inversionistas. Asimismo, cabe recalcar que a un nivel de confianza del 90%, este indicador se situará entre 54,40% y 85,40% y el valor medio es de 70.52% \pm 0.49%.

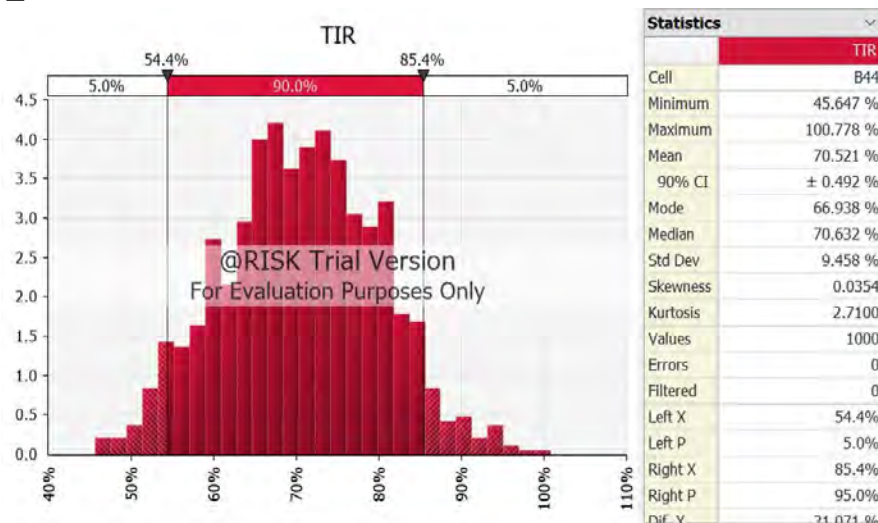


Figura 3.3. Histograma de resultados para la TIR del proyecto.

Para finalizar, resulta importante cuantificar la influencia de cada uno de los 5 factores analizados sobre los indicadores visualizados. De acuerdo a ello, la correlación de Pearson indica que una de las variables más significativas es el factor incremental de las salidas de efectivo, cuya influencia sobre el retorno es negativa y, por consiguiente, requiere de una administración de costos adecuada. Por otro lado, resaltan la tasa interanual de crecimiento de la demanda y el porcentaje de variación en el ahorro estimado para los costos logísticos, cuya influencia es positiva y, por ende, requieren que se procure el cumplimiento de la gestión de inventarios a cabalidad y mantener la competitividad en el mercado como parte de los esfuerzos comerciales de la empresa en estudio. Ello se ilustra en la Figura 3.4.

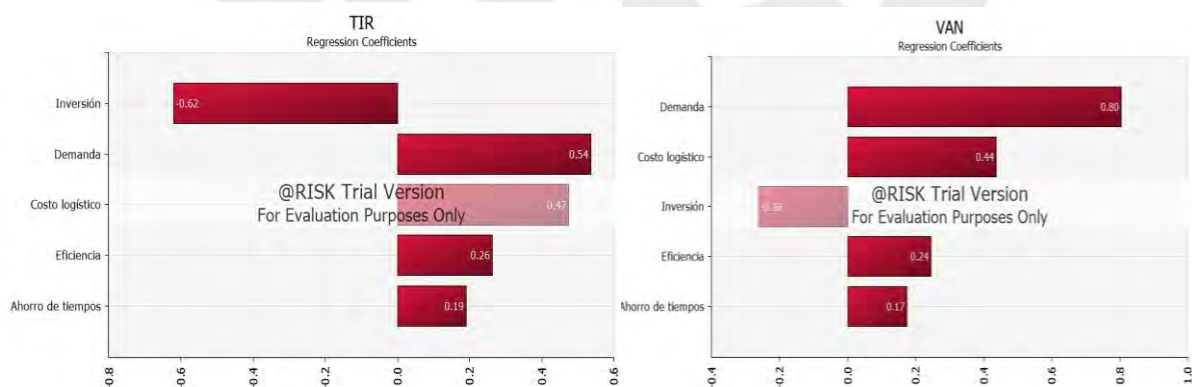


Figura 3.4. Coeficientes de correlación de cada factor respecto a los indicadores.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el objetivo de destacar los principales hallazgos y sintetizar el procedimiento seguido y resultados obtenidos a lo largo del presente estudio, se presentan las conclusiones del mismo y las recomendaciones planteadas para la consecución de las metas trazadas y desarrollo a futuro de la empresa en análisis.

4.1. Conclusiones

- a) En el Capítulo 1, se distinguieron seis problemas desglosados en ocho variables, y tras cuantificar su costo de oportunidad, se evidenció que el problema con mayor impacto económico era el desperdicio significativo de tela en la fabricación. Asimismo, resaltó que la reposición de accesorios mantenía un carácter reactivo, lo cual origina una desviación considerable en las existencias de la empresa. Por ende, la aplicación de contramedidas vinculadas a una apropiada gestión de inventarios resultó necesaria.
- b) La existencia de demoras prolongadas en tres procesos relevantes genera que no se satisfaga el *takt time* requerido. Por lo tanto, se estimó conveniente recurrir a la metodología *Lean Manufacturing* en base a su marco de referencia de supresión de MUDAS. Para ello fue relevante el desarrollo del Mapa de flujo de valor actual ya que, a partir de este, se detectaron cuatro MUDAS generadas en las operaciones y, además, se eligieron las 5S y la estandarización como herramientas para la propuesta. En el caso de las 5S, se abarcó tres áreas del taller e impactó directamente en la disminución de los tiempos de *change over* de dos operaciones. Por otro lado, la estandarización de la operación de corte generó una mejora en el tiempo de ciclo y *change over*, a razón del 26% y 11% respectivamente en base a lo inicial.
- c) Se desarrolló un modelo predictivo de demanda bajo el método Holt Winter, que permitió proyectar la demanda del 2022, año en que se iniciaría la producción con todas las propuestas implementadas. Asimismo, se realizó la clasificación ABC de los accesorios y se optó por utilizar la revisión periódica para su abastecimiento en base a dicha clasificación. Por otra parte, para mejorar el indicador ERI, se vio conveniente la puesta en práctica del conteo cíclico mediante un sistema de tolerancias y el uso de un formato.
- d) A fin de incrementar el nivel de eficiencia en el consumo de tela, se hizo uso del ciclo de mejora continua DMAIC. Las fases de mejora y control contribuyeron a arribar a las siguientes medidas: desarrollo de una base de datos para monitorear los pedidos y consumo en planta, establecimiento de un plan de capacitación en estrategias para optimizar el aprovechamiento, decisión de maquilar ítems con características poco frecuentes y el control iterativo de estas medidas mediante cartas de control.
- e) Para finalizar el Capítulo 2, se realizó la consolidación de las tres propuestas planteadas mediante un cronograma de implementación que inicia en enero del 2021 con la presentación del proyecto a la empresa. Se consideró que el 2020 no sería el año ideal para el inicio dada la coyuntura en la cual se ve inmersa la sociedad por la aparición del virus COVID-19. La duración de cada tarea es conservadora y, de no haber ningún percance en el transcurso del 2021, la implementación de las mejoras concluiría finalizando el mes de setiembre.

f) En la evaluación técnica se cuantificaron los ahorros de tiempos y capacidad adicional generados. Para la evaluación económica, se estimaron los flujos de entrada y salida para un horizonte de cinco años, considerando que estos últimos tendrán un financiamiento sustentado totalmente en capital propio. Según los principales indicadores económicos, se concluye que el proyecto es viable dado que genera un retorno para la empresa que supera las expectativas de los inversionistas. Mediante la simulación de Montecarlo, se validó que, para cualquier escenario evaluado al alterar cinco variables relevantes, el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) garantizan su viabilidad.

4.2. Recomendaciones

a) Se recomienda el mantenimiento del control de los resultados operativos originados por la implementación de las propuestas de mejora con el propósito de evitar la reaparición de las problemáticas iniciales y el conformismo con la consecución de los resultados esperados pues la presencia de un margen de mejora permanecerá latente. A modo de ejemplo, el control estadístico de procesos (SPC) en el proceso de trazado y corte debe perdurar a fin de darle seguimiento al grado de eficiencia obtenido y las auditorías 5S permitirán la identificación de fuentes de suciedad que afecten el trabajo de los operarios.

b) Se requiere una administración estratégica de costos con el propósito de asegurar el cumplimiento del retorno esperado para el proyecto. Tal como se mencionó anteriormente, la magnitud de los flujos de salida es uno de los factores con mayor relevancia al analizar su viabilidad económica, por lo que el monitoreo del presupuesto y consecución de precios competitivos en los artículos requeridos (cuyo detalle se presenta en el Capítulo 4) son determinantes.

c) En cuanto a los problemas no abordados en el alcance del proyecto por su menor costo de oportunidad, estos se deben analizar a profundidad posteriormente. Se sugiere iniciar con el estudio del reprocesamiento de los productos rechazados por su clientela. La reducción de la frecuencia de estos fallos evitará recurrir a una logística inversa y sobrecostos en la producción, lo cual sería acompañado por una mejora en la calidad percibida de este producto.

d) Con miras a asegurar la continuidad de las propuestas implementadas, se sugiere la realización de una o dos capacitaciones anuales en temas de mejora de procesos, especialmente que involucren las tres metodologías utilizadas en el presente trabajo. Además, mediante las capacitaciones, se espera que tanto el empleador como los operarios actualicen sus conocimientos en dichas metodologías para que, en un futuro, generen propuestas de mejora proactivamente.

e) Se sugiere la futura aplicación de herramientas de la metodología Lean Manufacturing adicionales a las seleccionadas en este estudio como Kanban y Poka Yoke. En cuanto a la primera, esta sería de utilidad para facilitar el control de inventarios en el almacén de accesorios; y respecto a la segunda, su implementación serviría para aminorar los errores generados en la medición de dimensiones de los pedidos de los clientes, así como en otras operaciones del proceso que no se abarcaron en el alcance del proyecto.

f) En el entorno cambiante en el que las empresas de hoy se encuentran, ha surgido la búsqueda de la sostenibilidad. Con la adquisición de contenedores para clasificar desechos, como parte de la implementación de las 5S, se espera que la administración y los operarios desarrollen el hábito del reciclaje; pero, además, se recomienda que este tema tome relevancia en las futuras decisiones de la empresa en estudio.

BIBLIOGRAFÍA

AJMERA, Rajat, Prabhuling UMARANI y K.G. VALASE

2017 “Lean Six Sigma Implementation in Textile Industry”. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Solapur, Volumen 4, número 4, pp. 1670-1676. Consulta: 12 de setiembre del 2019.

<https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4340.pdf>

ANDERSEN, Bjørn y Tom NATLAND

2014 *ASQ Pocket Guide to Root Cause Analysis*. Segunda Edición. Milwaukee: American Society for Quality, Quality Press. Consulta: 02 de noviembre del 2019.

<http://pharmacentral.in/wp-content/uploads/2019/08/Root-Cause-Analysis.pdf>

ARRIETA, Juan, Victoria BOTERO y Maria ROMANO

2010 “Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia”. Journal of Economics, Finance and Administrative Science. Medellín, Volumen 15, número 28, pp. 141-170. Consulta: 12 de setiembre del 2019.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/jefas/v15n28/a07v15n28.pdf>

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ (BCRP)

2019 *BCRPData: Manufactura no Primaria- Textil, Cuero y Calzado*. Consulta: 01 de setiembre de 2019.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01920AM/html>

BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ (BCRP)

2020 Rendimiento del Bono de Gobierno Peruano a 10 años (en US\$). Gerencia Central de Estudios Económicos. Consulta: 10 de mayo del 2020.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD31894DD/html>

BANTON, Caroline

2019 *Efficiency Definition*. Investopedia. Consulta: 8 de noviembre del 2019.

<https://www.investopedia.com/terms/e/efficiency.asp>

BELLIDO, Yamil y Andrea LA ROSA

2018 *Modelo de Optimización de Desperdicios basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad en las Mypes del Sector Textil*. Tesis de licenciatura en Ingeniería de Gestión Empresarial. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Consulta: 10 de setiembre del 2019.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624995>

BENSON, Don

2014 “Storage Space Utilization”. Arizona. Consulta: 26 de setiembre de 2019.

http://www.warehousecoach.com/images/Storage_Space_Utilization.pdf

BETANCOURT, D. F.

2018 Cómo hacer una matriz de priorización. Ingenio Empresa. Consulta: 8 de noviembre del 2019.

<https://ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion/>

BIRD, Christian, Tim MENZIES y Thomas ZIMMERMANN

2015 *The Art and Science of Analyzing Software Data*. Massachusetts: Morgan Kaufmann Publishers. Consulta: 02 de noviembre del 2019.

<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/pareto-chart>

BOYER, Ken y Rohit VERMA

2009 "Quality Improvement Methods". Operations and Supply Chain Management for the 21st Century. Massachusetts: Cengage Learning, pp. 405-424. Consulta: 02 de noviembre del 2019.
<https://books.google.com.pe/books?id=Eb4EAAAQBAJ&pg=PR15&lpg=PR15>

CARBONEL, Piero y Miguel PRIETO

2015 *Análisis diagnóstico y presupuesto de mejora en el área de confecciones de una empresa textil*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 10 de setiembre del 2019.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6210>

CASTILLO, Pablo Rubén y Luis Eduardo CERRÓN

2015 *Diagnóstico y propuestas de mejoras para el rediseño de los procesos, redistribución del almacén central, y el cálculo de la proyección de la demanda en una empresa comercializadora retail de productos deportivos*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 10 de setiembre del 2019.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6859>

CHAU, Estefanía

2018 "Produce: micro y pequeñas empresas aportan 24% al PBI nacional". Agencia Peruana de Noticias. Lima, 29 de mayo. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://andina.pe/agencia/noticia-produce-micro-y-pequenas-empresas-aportan-24-al-pbi-nacional-711589.aspx>

COMEXPERU

2019 "Exportaciones Textiles crecieron un 6,8% en el primer trimestre del año". Semanario COMEXPERU Edición 982. Lima, 3 de mayo. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-textiles-crecieron-un-68-en-el-primer-trimestre-del-ano>

CRISOSTOMO, Mayra y Andrea SÁNCHEZ

2018 *Propuesta de mejora en la confección de ropa de vestir femenina de una PYME mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma y herramientas VSM, 5S's y Distribución de la Planta*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 10 de setiembre del 2019.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13982>

DAMODARAN, Aswath

2020 *Equity Risk Premiums: Determinants, Estimation and Implications - The 2020 Edition*. NYU Stern School of Business. Consulta: 10 de mayo del 2020.
<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

EL-KHALIL, Raed y Maya F. FARAH

2013 *Lean Management Adoption Level in Middle Eastern Manufacturing Facilities*. ISSN 1553. The Business Review, Cambridge Vol. 21, N. 2. Beirut. Consulta: 2 de marzo del 2020.
https://www.academia.edu/8341239/Lean_Management_Adoption_Level_in_Middle_Eastern_Manufacturing_Facilities

EUROMONITOR INTERNATIONAL

2019 Consumer Expenditure on Household Textiles. Londres. Consulta: 26 de setiembre de 2019.
<http://www.portal.euromonitor.com.ezproxy.ulima.edu.pe/portal/StatisticsEvolution/index>

FAMA, Eugene y Kenneth FRENCH

2004 *The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence*. Journal of Economic Perspectives Vol. 18, No. 3 pp. 25-46. Consulta: 10 de mayo del 2020.
<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/0895330042162430>

FLORES, Clorinda

2019 “MTPE: Las micro y pequeñas empresas de al menos dos trabajadores venderán al Estado”. Diario Correo. Lima, 25 de mayo. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://diariocorreo.pe/economia/mtpe-las-micro-y-pequenas-empresas-de-al-menos-dos-trabajadores-venderan-al-estado-889024/>

FLORES, Willy

2017 *Análisis y propuesta de mejora de procesos aplicando mejora continua, técnica SMED y 5S, en una empresa de confecciones*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 10 de setiembre del 2019.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9706>

FONDO NACIONAL DE CAPACITACIÓN LABORAL Y PROMOCIÓN DEL EMPLEO

2018 Mapa de procesos de Fondoempleo. Consulta: 8 de noviembre del 2019.
<https://www.irjet.net/archives/V4/i4/IRJET-V4I4340.pdf>

GESTIÓN

2019 “EE.UU. compra el 49% de textiles utilitarios que exporta Perú, estas son las oportunidades”. Diario Gestión. Lima, 29 de abril. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://gestion.pe/economia/ee-uu-compra-49-textiles-utilitarios-exporta-peru-son-oportunidades-265078-noticia/>

GIL, Yolanda y Eva VALLEJO

2008 “GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA”. Universidad de Málaga. Consulta: 08 de noviembre del 2019.
http://www.uma.es/publicadores/gerencia_a/wwwuma/guiaprocessos1.pdf

INDECOPI

2011 *EXTINTORES PORTÁTILES. Selección, distribución, inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática*. Norma Técnica Peruana NTP 350.043-1. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias. Consulta: 10 de febrero del 2020.
<https://www.regionpiura.gob.pe/documentos/dependencias/phpmZ0ZJJ.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD

2019 *GESTIÓN DE RESIDUOS. Código de Colores para el Almacenamiento de Residuos Sólidos*. Norma Técnica Peruana NTP 900.058-2019. Consulta: 10 de febrero del 2020.
<http://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/norma-tecnica-peruana-de-colores-ntp-900-058-2019/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI).

2016 Perú: Características Económicas y Financieras de las Empresas Comerciales [Informe]. Lima. Consulta: 26 de setiembre de 2019.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1464/libro.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI).

2019 Producto Bruto Interno Trimestral según Actividad Económica (Nivel 14) 2007-2018-IV (Valores a precios constantes de 2007). Lima. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO)

2017 Lean Manufacturing Techniques for Textile Industry [manual]. El Cairo. Consulta: 12 de setiembre del 2019.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---africa/---ro-addis_ababa/---sro-cairo/documents/publication/wcms_621441.pdf

I.P.S. AHUJA y J.S. KHAMBA

2008 *Total productive maintenance: literature review and directions*. Punjabi University, Patiala, India. Consulta: 5 de mayo del 2020
https://www.researchgate.net/publication/239430038_Total_productive_maintenance_Literature_review_and_directions

KRAJEWSKI, Lee, Manoj MALHOTRA y Larry RITZMAN

2018 "Forecasting". *Operations Management: Processes and Supply Chains*. New Jersey: Prentice Hall, pp. 283-326. Consulta: 02 de noviembre del 2019.
<http://www.washburn.edu/sobu/broach/bu347/Krajewski%20Chapter%2013.ppt>

KRUGMAN, Paul

1994 *Defining and measuring productivity. The Age of diminishing Expectations*. Consulta: 8 de noviembre del 2019.
<https://www.oecd.org/sdd/productivity-stats/40526851.pdf>

LEE, Quarterman

2006 "Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy.". Missouri. Consulta: 30 de octubre de 2019.
http://www.strategosinc.com/admin/buy/cc/CC_Guide02_sample.pdf

LOBATO, Francisco y Fernando L. VILLAGRÁ

2010 *Gestión Logística y Comercial*. Madrid. Macmillan Profesional, pp. 45-55. Consulta: 02 de noviembre del 2019.
https://www.macmillaneducation.es/wpcontent/uploads/2018/10/gestion_logistica_libroalumn_o_unidad3muestra.pdf

LUNA, Jessica

2018 "Ventas de las mypes peruanas representan el 19% del PBI nacional". Agencia Peruana de Noticias. Lima, 6 de agosto. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://andina.pe/agencia/noticia-ventas-las-mypes-peruanas-representan-19-del-pbi-nacional-762440.aspx>

MARTINS, Rosemary

2018 Diagrama de Flujo (Flujograma) de Proceso. Blog de La Calidad. Consulta: 8 de noviembre del 2019.
<https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-flujo-flujograma-de-proceso/>

MENDOZA, Marcela

2017 "Oferta textil local sigue sin revertir tendencia decreciente". Diario El Comercio. Lima, 5 de setiembre. Consulta: 01 de setiembre de 2019.
<https://elcomercio.pe/economia/negocios/oferta-textil-local-sigue-revertir-tendencia-decreciente-noticia-455920>

MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

2019 Perfil de textiles utilitarios del mercado de Estados Unidos [Informe]. Lima. Consulta: 01 de setiembre de 2019.

https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2025/PDM/EstadosUnidos/perfiles/3_Perfil_Textiles_Utilitarios/3_Perfil_TextilesUtilitarios_EEUU6.pdf

MONTGOMERY, Douglas

2005 Design and Analysis of Experiments. 6 ed, ed. 1. Jolm Wiley & Sons. Consulta: 14 de mayo del 2020

MONTGOMERY, Douglas

2012 *Control Estadístico de la Calidad*. Wiley Global Education. Consulta: 2 de marzo del 2020.

http://endustri.eskisehir.edu.tr/ipoyraz/TKY302/icerik/text%20book_montgomery_6th%20edition.pdf

MULLIGAN, Daniel

2016 *Improved modeling of three-point estimates for decision making: going beyond the triangle*.

Monterey, California: Naval Postgraduate School. Consulta: 2 de marzo del 2020.

<https://core.ac.uk/download/pdf/36740641.pdf>

ORDOÑEZ, William y Jorge TORRES

2018 *Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta: 10 de setiembre del 2019.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5287>

PARTIDA, Becky

2012 *Spend Analysis and Procurement Performance*. The APQC Blog. Consulta: 2 de marzo del 2020.

<https://www.apqc.org/blog/spend-analysis-and-procurement-performance>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

2015 Guía PUCP para el registro y el citado de fuentes documentales. Consulta: 01 de setiembre de 2019.

http://files.pucp.edu.pe/homepucp/uploads/2016/06/08105745/Guia_PUCP_para_el_registro_y_citado_de_fuentes-2015.pdf

RAUSAND, Marvin y Arnljot HOYLAND

2003 *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications*. Segunda Edición. New Jersey: Wiley-Interscience. Consulta: 02 de noviembre del 2019.

<https://www.ntnu.edu/documents/624876/1277590549/chapt03-cause-effect.pdf/ac50c32b-fd6f-4d75-9039-9d0bac502182>

R.E.M. Associates

2001 *Methodology of Calculating Inventory Carrying Costs*. New Jersey. Consulta: 2 de marzo del 2020.

<https://pdfs.semanticscholar.org/9438/b634d4ec5620b0c3c8ac767af8f120e6b9d2.pdf>

RICHARDSON, Helen

1995 "Control Your Costs then Cut Them". *Transportation & Distribution*; Vol. 36 Issue 12, p. 94. Consulta: 2 de marzo del 2020.

<http://connection.ebscohost.com/c/articles/9601050604/control-your-costs-then-cut-them>

ROSS, Stephen, Randolph WESTERFIELD y Jeffrey JAFFE

2012 *Corporate Finance*. McGraw-Hill. Consulta: 10 de mayo del 2020.

<https://www.mheducation.com/highered/product/corporate-finance-ross-westerfield/M9781259918940.html>

SECRETARÍA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS

2006 Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIU) [Informe]. Lima. Consulta: 17 de setiembre de 2019.

https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/seriesm_4rev4s.pdf

THOMPSON, Jayne

2018 *How to Calculate First Pass Yield*. Bizfluent. Consulta: 8 de noviembre del 2019.

<https://bizfluent.com/how-7386384-calculate-first-pass-yield.html>

UNIVERSIDAD ESAN

2015 Takt Time: ¿En qué consiste y cómo aplicarlo? Conexión ESAN.

Consulta: 8 de noviembre del 2019.

<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/08/takt-time-consiste-como-aplicarlo/>

VELASQUEZ, Patricia y Andreí PAULINO

2018 *Diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos de almacenamiento y picking empleando lean manufacturing y clasificación de inventario*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

WINS, Marc

2016 *How to achieve a sustainable cost reduction in Procurement?*. Procurement Academy. Consulta: 2 de marzo del 2020.

<https://www.procurement-academy.com/achieve-sustainable-cost-reduction-procurement/>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matrices de ponderación pareadas.....	2
Anexo 2: Fichas de indicadores.....	2
Anexo 3: Lista de objetos de la Sección 1.....	4
Anexo 4: Lista de objetos de la Sección 2.....	7
Anexo 5: Lista de objetos del patio	9
Anexo 6: <i>Layout</i> de la Sección 1	11
Anexo 7: <i>Layout</i> de la Sección 2	12
Anexo 8: <i>Layout</i> del patio	13



Anexo 1: Matrices de ponderación pareadas

Matriz 1.1

	Impacto en Ventas	Impacto en Costos	Impacto en Satisfacción del Cliente	Efecto en calidad del Producto	Influencia en el Lead Time	Involucramiento de trabajadores	Total	%
Impacto en Ventas		1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	10.0	27%
Impacto en Costos	1.0		1.0	2.0	2.0	3.0	9.0	24%
Impacto en Satisfacción del Cliente	0.5	1.0		1.0	2.0	2.0	6.5	17%
Efecto en calidad del producto	0.5	0.5	1.0		2.0	2.0	6.0	16%
Influencia en el Lead Time	0.5	0.5	0.5	0.5		2.0	4.0	11%
Involucramiento de trabajadores	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5		2.2	6%
							37.7	

Matriz 1.2

	Impacto en Costos	Influencia en el Lead Time	Efecto en calidad del producto	Involucramiento de trabajadores	Total	%
Impacto en Costos		1.0	2.0	2.0	5.0	36%
Influencia en el Lead Time	1.0		1.0	2.0	4.0	29%
Efecto en calidad del producto	0.5	1.0		2.0	3.5	25%
Involucramiento de trabajadores	0.5	0.5	0.5		1.5	11%
					14.0	

Anexo 2: Fichas de indicadores

Ficha de Indicador:

- d. First Pass Yield (FPY)

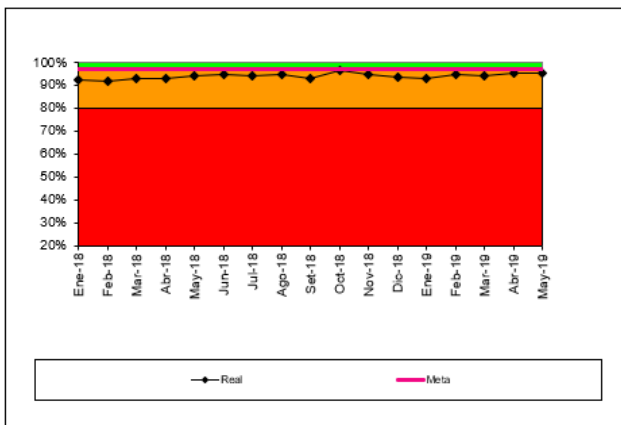
Definiciones Generales

Fórmula / Cálculo:	(Cantidad de rollers no rechazados) / (Cantidad de rollers entregados)				
Responsable:	Producción	Tipo:	C	Unidad:	%
Fuente / Procesamiento:	Registros de rechazo de producción				
Frecuencia de Medición:	Mensual	Oportunidad:	Último día de cada mes		

ND: No Definido
MF: Rango Mal Definido

Fecha Control	May-19
Real	0.3
Meta	1.0
Verde	1.0
Rojo	0.8
78%	78%

Definiciones Específicas



Serie Principal				
Fecha	Real	Meta	Verde	Rojo
Ene-18	92.40%	97%	97%	80%
Feb-18	91.86%	97%	97%	80%
Mar-18	92.86%	97%	97%	80%
Abr-18	92.75%	97%	97%	80%
May-18	94.17%	97%	97%	80%
Jun-18	94.58%	97%	97%	80%
Jul-18	94.23%	97%	97%	80%
Ago-18	94.92%	97%	97%	80%
Set-18	92.98%	97%	97%	80%
Oct-18	96.36%	97%	97%	80%
Nov-18	94.40%	97%	97%	80%
Dic-18	93.33%	97%	97%	80%
Ene-19	93.02%	97%	97%	80%
Feb-19	94.83%	97%	97%	80%
Mar-19	93.91%	97%	97%	80%
Abr-19	95.24%	97%	97%	80%
May-19	95.15%	97%	97%	80%

Ficha de Indicador:

- e. Productividad por hora-hombre

Definiciones Generales

Fórmula / Cálculo:	(Cantidad de rollers producidos) / (Total horas-hombre)			
Responsable:	Producción	Tipo:	C	Unidad: roller / HH
Fuente / Procesamiento:	Facturas de Venta mensuales, aprobados por contabilidad			
Frecuencia de Medición:	Mensual	Oportunidad:	Último día de cada mes	

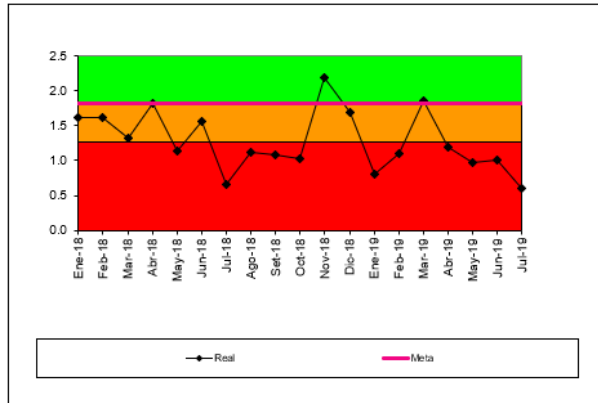


ND: No Definido

MF: Rango Mal Definido

Fecha Control	Jul-19
Real	1.7
Meta	1.8
Verde	1.8
Rojo	1.3
77%	77%

Definiciones Específicas



Serie Principal				
Fecha	Real	Meta	Verde	Rojo
Ene-18	1.61	1.8	1.8	1.3
Feb-18	1.62	1.8	1.8	1.3
Mar-18	1.32	1.8	1.8	1.3
Abr-18	1.82	1.8	1.8	1.3
May-18	1.13	1.8	1.8	1.3
Jun-18	1.56	1.8	1.8	1.3
Jul-18	0.66	1.8	1.8	1.3
Ago-18	1.11	1.8	1.8	1.3
Sep-18	1.07	1.8	1.8	1.3
Oct-18	1.03	1.8	1.8	1.3
Nov-18	2.18	1.8	1.8	1.3
Dic-18	1.63	1.8	1.8	1.3
Ene-19	0.81	1.8	1.8	1.3
Feb-19	1.09	1.8	1.8	1.3
Mar-19	1.85	1.8	1.8	1.3
Abr-19	1.18	1.8	1.8	1.3
May-19	0.37	1.8	1.8	1.3
Jun-19	1.02	1.8	1.8	1.3
Jul-19	0.60	1.8	1.8	1.3

Ficha de Indicador:

- i. Roturas de Stock

Definiciones Generales

Fórmula / Cálculo:	Cantidad de ocasiones en las que no se ha tenido stock de un material cuando se ha requerido.			
Responsable:	Logística	Tipo:	D	Unidad: veces
Fuente / Procesamiento:	Facturas de Compras mensuales, aprobadas por contabilidad			
Frecuencia de Medición:	Mensual	Oportunidad:	Último día útil	

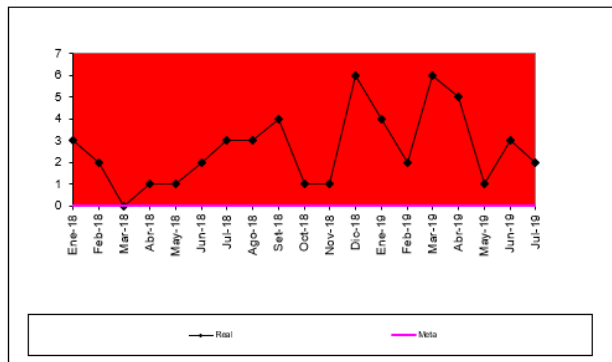


ND: No Definido

MF: Rango Mal Definido

Fecha Control	Jul-19
Real	2.0
Meta	0.0
Verde	0.0
Rojo	0.0
MF	No Calcul

Definiciones Específicas






Serie Principal				
Fecha	Real	Meta	Verde	Rojo
Ene-18	3.0	-	-	-
Feb-18	2.0	-	-	-
Mar-18	-	-	-	-
Abr-18	1.0	-	-	-
May-18	1.0	-	-	-
Jun-18	2.0	-	-	-
Jul-18	3.0	-	-	-
Ago-18	3.0	-	-	-
Sep-18	4.0	-	-	-
Oct-18	1.0	-	-	-
Nov-18	1.0	-	-	-
Dic-18	6.0	-	-	-
Ene-19	4.0	-	-	-
Feb-19	2.0	-	-	-
Mar-19	6.0	-	-	-
Abr-19	5.0	-	-	-
May-19	1.0	-	-	-
Jun-19	3.0	-	-	-
Jul-19	2.0	-	-	-

Anexo 3: Lista de objetos de la Sección 1





#	Objeto	Descripción	Imagen	Cantidad
1	Estante	Estante de 3 niveles pequeño		1
2	Taza	Taza pequeña		3
3	Plato	Platos de diferente tamaño		2
4	Rollers instaladas	Rollers para ventana de cuarto		2
5	Rollo de plástico	Plástico para forrar		3
6	Barabaja	Pedazo de barabaja		1
7	Cobertor	Tela grande cubre mesa		1
8	Cordón	Cordón de cortina amarrado		1
9	Bolsa de tela	Bolsa de tela personal		4
10	Rollers	Rollers sucias no instaladas		1
11	Escoba	Escoba de limpieza		1
12	Radio	Radio de cassette		1
13	Cordón circular	Cordón de cortina enrollado		4
14	Lazo	Lazo blanco enrollado		10+
15	Lejía	Envases de lejía		3
16	Botellas	Botellas de plástico		3
17	Guantes	Guantes para lavar		1
18	Cuadernos	Cuadernos A4		2
19	Canasta	Canasta de plástico pequeña		1
20	Retazos	Retazos de tela de roller		5
21	Camisa	Camisa personal		1
22	Caja de herramientas	Caja de herramientas de trabajo		2

23	Remalladora	Remalladora eléctrica		1
24	Faja / protector	Protector de cuerpo personal		1
25	Hilos y accesorios	Hilos y accesorios para coser		5
26	Ligas y cintas	Ligas y cintas para materiales		3
27	Porta alimentos	Tomatodo personal, vasos y platos descartables		4
28	Gaveta	Gaveta de madera suelta		1
29	Accesorios varios	Lapiceros, retazos, hilos, topes de barabaja, etc		1
30	Calculadora	Calculadora digital pequeña		1
31	Bolsa de plástico	Bolsa de plástico pequeña		2
32	Metálicos	Tubo metálico largo y gancho		2
33	Máquina de coser	Máquina para coser a pedal		1
34	Porta objetos	Porta objetos de madera		1
35	Aparato metálico	Aparato metálico oxidado		1
36	Accesorios para coser	Hilo, retazos de cinta, telas y lapicero		4
37	Sierra metálica	Sierra de metal grande		1
38	Prendas de vestir	Gorro, jean, mochila, polos, sandalias		8
39	Guantes	Guantes para lavar		1
40	Silla	Silla pequeña		1
41	Calendario	Calendario anual		1
42	Caja	Caja de cartón		1
43	Escalón	Escalón pequeño		1
44	Enjuague	Enjuague para limpieza		1







45	Botas	Botas de jebe		6
46	Escobilla	Escobilla de limpieza pequeña		1
47	Retazos	Retazos de tela		2
48	Armario	Armario de cinco niveles de madera		1
49	Artornillador	Atornillador eléctrico		2
50	Tapa boca	Tapa boca de tela		2
51	Tela de rollers	Rollos de sobrantes de tela reutilizable		7
52	Rollo de plástico	Rollo de plástico		3
53	Líquido de limpieza	Botella con líquido de limpieza		1
54	Taza y vaso	Tasa pequeña y vaso de vidrio		2
55	Silicona	Silicona		1
56	Alcohol	Alcohol etílico		1
57	Polvos	Talcos		2
58	Papeles	Papeles en bolsa		1
59	Bolsa de tela	Bolsa de tela personal		1
60	Balde de plástico	Balde de plástico pequeño		1
61	Trapo	Trapo de limpieza		1
62	Escobilla	Escobilla de limpieza pequeña		1
63	Recipientes	Recipientes de plástico		2
64	Wincha métrica	Wincha métrica de cinco metros		1
65	Extensión	Extensión		1
66	Telas de estores	Telas embolsadas		1
67	Archivador	Archivador de hojas		1
68	Cuaderno	Cuaderno A4		1
69	Recipientes	Recipientes de plástico		1
70	Zapatillas	Par de zapatillas		1
71	Pabilo	Pabilo delgado		1
72	Telas	Retazos de tela		1
73	Canasta	Canasta de plástico		1
74	Líquido de limpieza	Líquidos químicos de limpieza		2
75	Botellas	Botellas de plástico		2
76	Regla	Regla metálica		1
77	Telas	Telas embolsadas y sueltas		3
78	Cobertor	Cobertor de cama		2

79	Plancha	Plancha para tela		2
80	Ventilador	Ventilador mediano		1
81	Cordón	Cordón de cortina		1
82	Extintor	Extintor de fuego clase A y C		1
83	Escoba	Escoba de limpieza		1
84	Recogedor	Recogedor		1
85	Telas de roller	Telas enrolladas		10+

Anexo 4: Lista de objetos de la Sección 2

#	Objeto	Descripción	Imagen	Cantidad	
1	Accesorios de Roller	-		3	
2	Cadena de PVC	-		1	
3	Radio	-		1	
4	Tuercas	-		10+	
5	Cajas de madera	-		2	
6	Fardos de tela	-		5	
7	Estante de madera	-		1	
8	Estante de madera	-		1	
9	Botellas	-		2	
10	Útiles de oficina	-		3	
11	Mandiles	-		2	
12	Tabla de madera	-		1	
13	Retazos de tela	-		10+	
14	Cuaderno	-		1	
15	Pedazos de madera	-		2	
16	Insumos de limpieza	Thinner		3	
17	Plancha	-		1	
18	Lavavajillas	-		2	
19	Kit de herramientas	-		1	
20	Bateas de aseo	-			6
21	Suavizante	-			1
22	Asiento de madera	-	1		
23	Escobilla	-	1		
24	Mesa de trabajo	-	1		

25	Racks de mandera	-		1
26	Fardos de tela	-		4
27	Bolsos	-		2
28	Rollos de tela	-		11
29	Botella	-		1
30	Plato con residuos	-		1
31	Rollos de tela	Inventario		29
32	Rollos de tela	Tela usada		16
33	Waype	-		1
34	Motor	-		1
35	Retazos de tela	-		10+
36	Producto en Proceso	Rollers (p. intermedio)		10
37	Mesa de corte	-		1
38	Waype	-		5
39	Rollos de tela	Pequeños		2
40	Racks	-		3
41	Rollos de tela	-		3
42	Planchas de metal	-		5
43	Barabaja	-		1
44	Rollos de tela	Restos		22

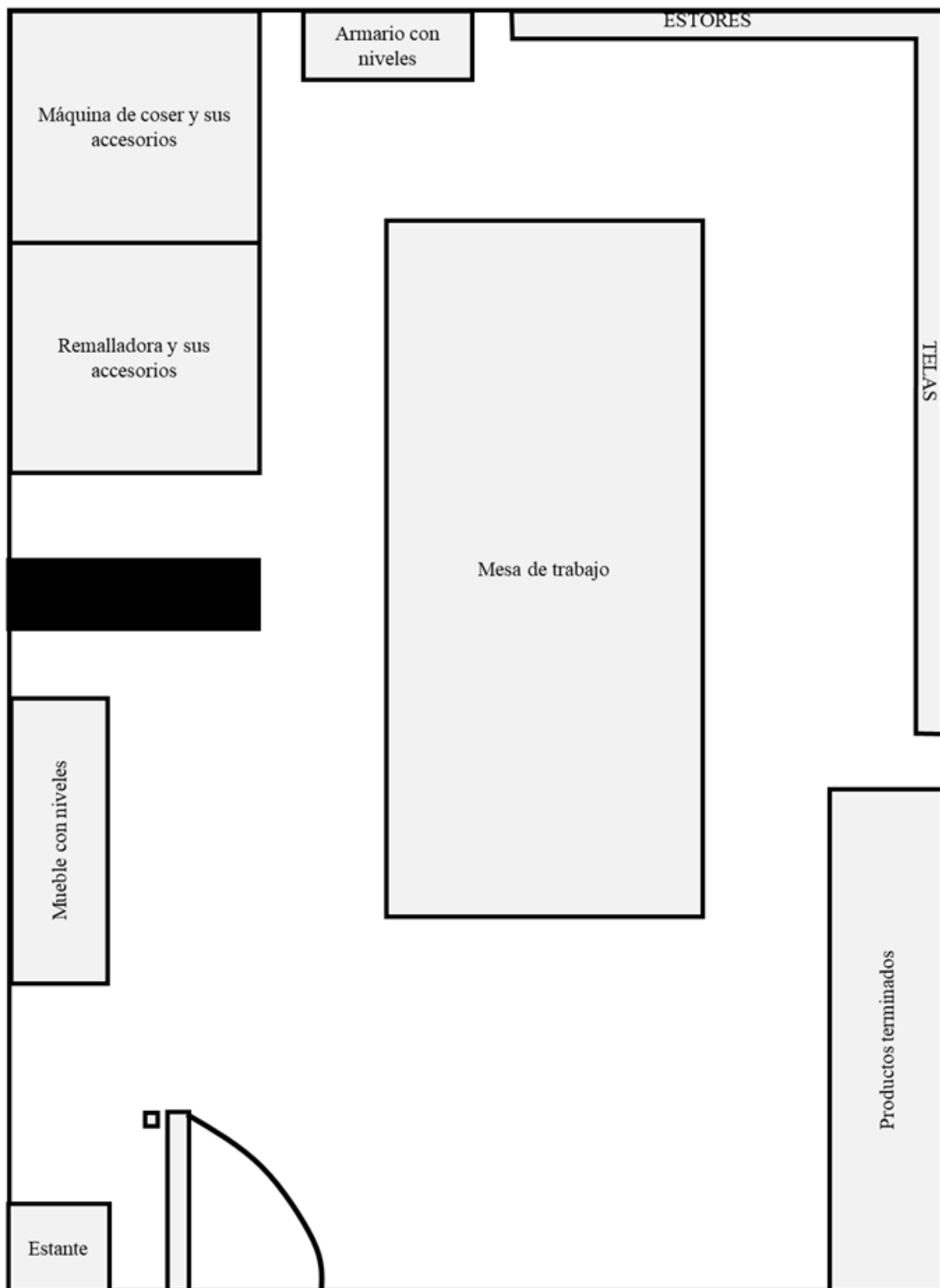
45	Rollos de tela	-		2
46	Estante de madera	-		1
47	Rollos de tela			10+
48	Bolsas de plástico	-		1
49	Retazo de tela	-		1
50	Hojas de Control	Descripción de Pedidos (medidas) y plazos de entrega		3
51	Luminarias	Iluminación del área		7
52	Extintor	Agente extintor de polvo químico seco		1

Anexo 5: Lista de objetos del patio

#	Objeto	Descripción	Imagen	Cantidad	Veredicto
1	Plástico	Plástico cobertor		2	Queda
2	Manguera	Manguera		3	Queda
3	Escalera	Escalera de madera		2	Queda
4	Tubos de PVC	Tubos de PVC largos		10+	Queda
5	Alfombra	Alfombra para mantenimiento		1	Queda
6	Materiales metálicos	Tubos metálicos y barabaja		10+	Queda
7	Mesa de madera y telas	Rollos delgados de tela sobre mesa de madera		10+	Queda
8	Cable expuesto	Cable con punta pelada		1	Se va
9	Cepillo circular	Cepillo circular para limpieza		1	Queda

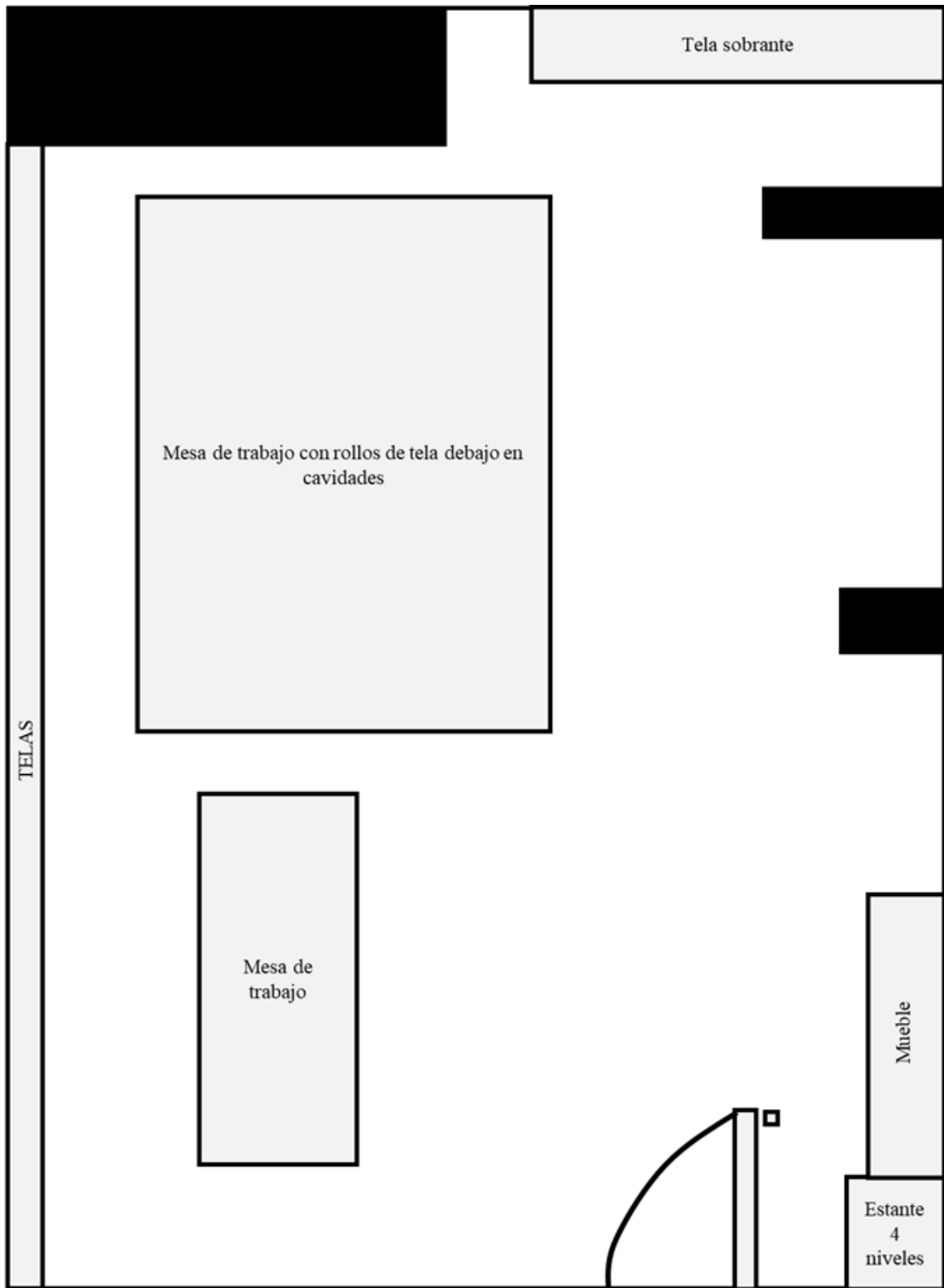
10	Persianas	Persianas para mantenimiento		10+	Queda
11	Recipientes	Recipientes de plástico		2	Se va
12	Mesa de madera y telas	Telas dobladas sobre mesa de madera		10+	Queda
13	Accesorios eléctricos	Accesorios eléctricos empolvados en caja de cartón		3	Se va
14	Silla de plástico	Silla de plástico empolvada		1	Se va
15	Archivador	Archivador empolvado en desuso		1	Se va
16	Llantas	Llantas en desuso		3	Se va
17	Maleta	Maleta de ruedas pequeña		1	Se va
18	Telas	Retazos de tela sucia		2	Se va
19	Radio	Radio empolvada		1	Se va
20	Botellas	Botellas usadas		2	Se va
21	Tubos de cartón	Usados en rollos de tela (insumos)		10+	Se va
21	Tubos de aluminio	Usados como accesorios para los rollers		10+	Se va
22	Asiento	Asiento de plástico con base metálica		1	Se va
23	Sierra	Máquina de corte con residuos de aluminio/PVC		1	Queda
24	Restos de tela	Rollos usados de tela en bolsas		10+	Se va
25	Mesa de madera	Utilizada como soporte para la limpieza		1	Queda
26	Cortinas	En proceso de Limpieza		10+	Queda
27	Manguera	Manguera sin uso		1	Se va
28	Restos de Tela	Restos acumulados		10+	Se va

Anexo 6: *Layout* de la Sección 1



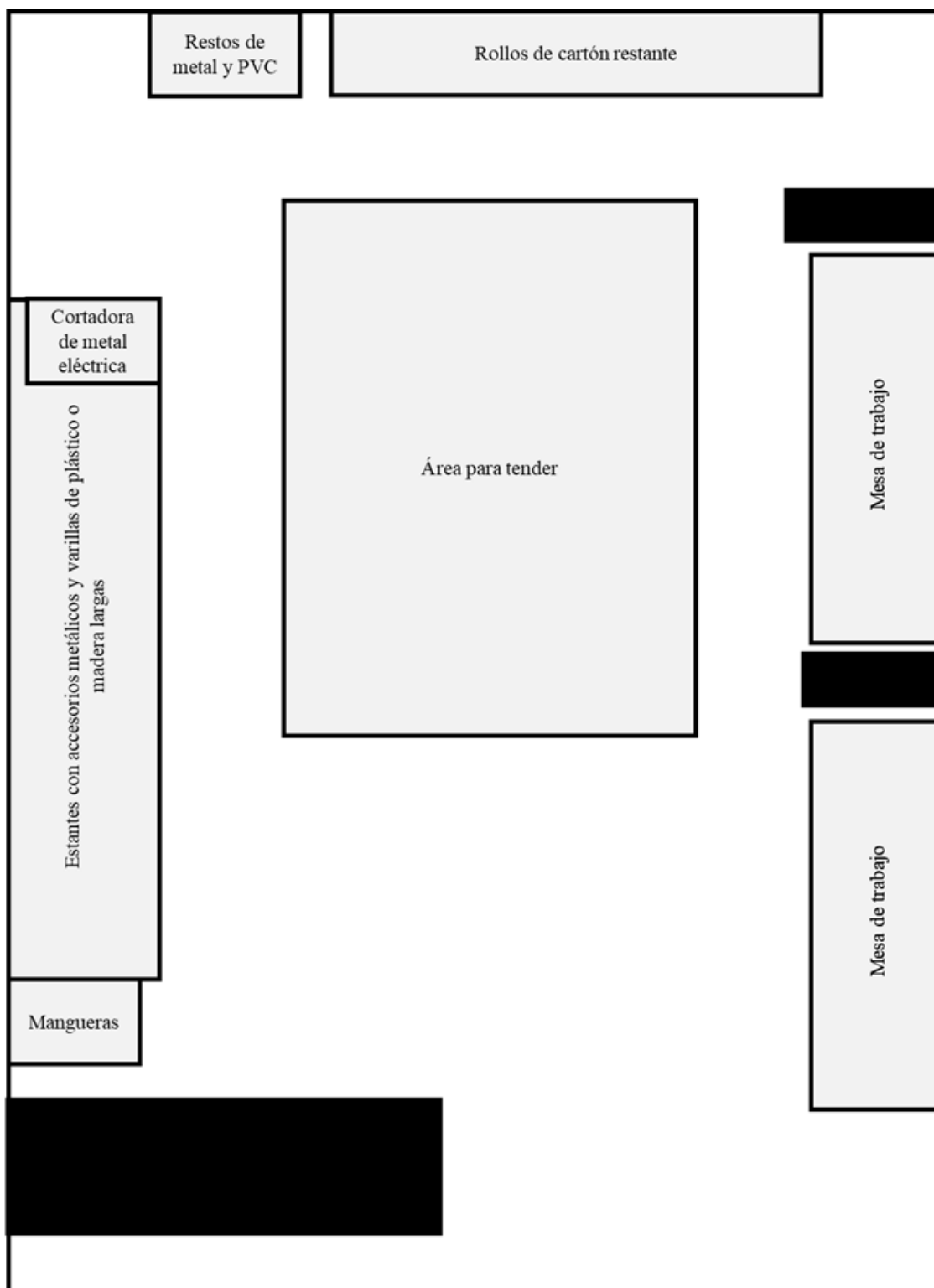
CUARTO 1

Anexo 7: Layout de la Sección 2



CUARTO 2

Anexo 8: *Layout* del patio



PATIO / LAVANDERÍA