

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EMPLEANDO
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA
EMPRESA DE CONFECCIÓN DE REDES, CABOS E HILOS**

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

Jhoselyn Rossana Román Gavino

Pierre Gilbert Roncal Robladillo

ASESOR: César Augusto Corrales Riveros

Lima, noviembre de 2014

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en satisfacer la necesidad del incremento de la productividad y la eficiencia del flujo de producción en las redes de pesca, debido a la proyección del crecimiento de la demanda y al surgimiento de nuevas empresas que compiten en dicho rubro. Se pretende alcanzar dicho objetivo, a través del estudio de los principales problemas que se observan en la empresa, desde el enfoque de la filosofía *Lean Manufacturing* y, de esta manera, se proponen alternativas de mejora basadas en dicha filosofía y alternativas complementarias a ella.

En la primera parte del trabajo, se detallan las herramientas y metodologías propuestas para la aplicación de la propuesta de mejora en el proceso productivo de las redes de pesca. Además, se muestra una breve descripción de la empresa, sus productos y sus procesos productivos.

Posteriormente, se analiza el comportamiento de la demanda, el flujo de producción y cada operación realizada para la elaboración de las redes de pesca y se delimita el producto estrella. Luego, a través del mapa de flujo de valor, se identifican tiempos de valor agregado y no agregado dentro del flujo de producción, y se utilizan indicadores para evaluar la eficiencia de los recursos productivos, como, por ejemplo, el MTTR o el MTBF, los cuales analizan los tiempos improductivos de las máquinas y sus tasas de falla.

Teniendo la situación actual de la empresa definida, se procede a priorizar las herramientas y a analizar el impacto en el flujo de producción de cada una de ellas. Llegado a este punto, se inicia con el análisis del impacto económico de la aplicación de cada herramienta en la empresa, teniendo en cuenta el costo de oportunidad de la empresa, los costos que cada propuesta representa y los beneficios económicos que conlleva la aplicación de las mismas.

Finalmente, se especificarán las conclusiones de la aplicación de las propuestas y de los resultados obtenidos; además de, proponer recomendaciones para la correcta implementación y el desempeño de las herramientas seleccionadas.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por llenarme de bendiciones e iluminarme cada día. A mi papá, Gilberto Roncal por ser mi ejemplo de vida, por siempre cuidarme desde el cielo, y por ser la luz que guía mi camino. A mi mamá, Consuelo Robladillo por ser la mejor mamá del mundo, por siempre llenarme de amor y ayudarme a construir mis sueños. Gracias mamá por todo tu esfuerzo y sacrificio, por todo tu trabajo constante que nos ha permitido salir adelante y brindarme la mejor educación; y a Luís Peluchín mi fiel compañero. Al gerente de operaciones, Ing. Fernando Rojas por abrirnos las puertas de la empresa, por confiar en nosotros y por todo el soporte que recibimos. Al profesor, Ing. Francis Paredes por todos sus consejos, enseñanzas y apoyo incondicional. Al profesor, Ing. José Rau quien nos ayudó muchísimo en el desarrollo de nuestro proyecto. A nuestro asesor, Ing. César Corrales por siempre guiarnos y asesorarnos hasta concluir el presente trabajo de investigación. A mi familia, amigos y maestros, por siempre haber sido parte de este sueño; y a Jhoselyn Román por todo su esfuerzo, dedicación y entrega que hoy nos permite culminar una etapa y alcanzar este gran sueño. Hoy, sin duda, debo confesar que extrañaré muchísimo a la Universidad. Nunca olvidaré a la que fue, es y siempre será mi segundo hogar. Desde estudios generales hasta facultad, gracias por darme los mejores amigos del mundo y por haberme permitido ser parte de ti.

(Pierre Gilbert Roncal Robladillo)

AGRADECIMIENTOS

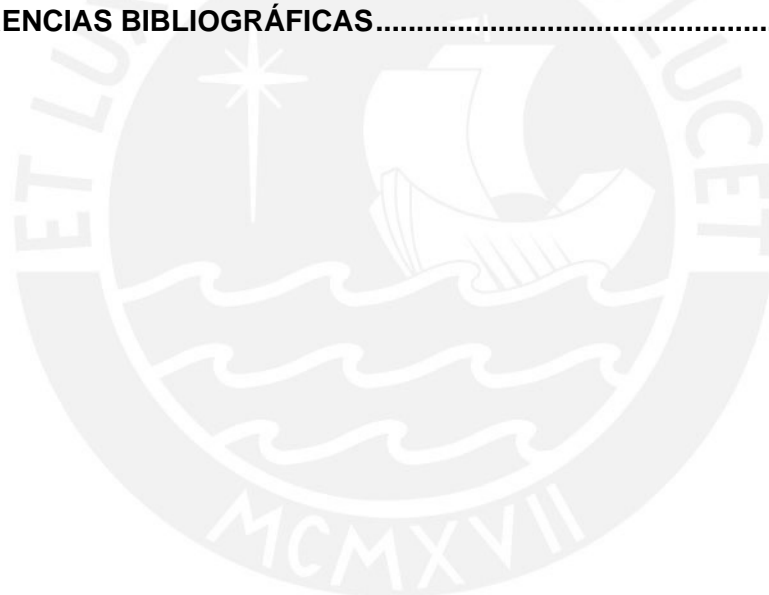
En primer lugar, quiero agradecer a Dios por absolutamente todo lo que tengo en mi vida. A las personas que desde el cielo me cuidan y que sé que están muy felices desde allí, mi Pepe Germán Gavino, mi abuelito José Román y mi abuelita Cleofé Aliaga. A mi papá Miguel Román quien trabajo muy duro para poder brindarme la mejor educación. A mi mami Rossana Gavino que siempre está conmigo en todo momento guiándome por el mejor camino y quien hizo de mi la persona que soy. A mi Yeya Reneé Aliaga que es como mi segunda mamá y que siempre está allí para ayudarme y cuidarme. A mis primitos Jhoseph, Karlo André, Sebastián y Emmy Ortiz que son como mis hermanitos y que siempre están allí para hacer todo más divertido y alegre. A mis tíos Rosa Aliaga, Jorge Gavino, Ruth Gavino y Santiago Ortiz que siempre me apoyaron y que sé que puedo contar con ellos, y a Tobby y Scooby que son parte de mi familia. Por otro lado, quiero agradecer al Ingeniero Fernando Rojas por abrirnos las puertas de su empresa y apoyarnos en todo. Al profesor Francis Paredes por habernos enseñado y ayudado mucho en el sustento de nuestra tesis. A nuestro asesor César Corrales por darnos los mejores consejos para realizar con éxito nuestra tesis. Al profesor José Rau quien nos apoyó y guio muchísimo en el presente trabajo. A Pierre Roncal por toda su ayuda, dedicación y esfuerzo que le puso a la tesis y sin el cual este trabajo no hubiera sido el que es. Finalmente, quiero agradecer a la Universidad a la que extrañaré muchísimo y la cual considero que fue una de las mejores etapas de mi vida, ya que me permitió no solo salir como profesional sino también conocer muy buenos amigos y profesores.

(Jhoselyn Rossana Román Gavino)

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 CONCEPTO DE LEAN MANUFACTURING.....	3
1.2 PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING	3
1.2.1 Especificar el valor desde el punto de vista del cliente	4
1.2.2 Identificar el flujo del valor	4
1.2.3 Flujo.....	4
1.2.4 Atraer (<i>Pull</i>)	4
1.2.5 Perfección.....	4
1.3 DESPERDICIOS	5
1.4 HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	5
1.4.1 Mapa de Flujo de Valor (<i>Value Stream Mapping - VSM</i>).....	5
1.4.2 5 S	6
1.4.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	8
1.4.4 Kanban	11
1.4.5 Kaizen.....	12
1.4.6 Poka-yoke.....	13
1.4.7 Single Minute Exchange of Die (SMED).....	13
1.5 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	15
1.5.1 Objetivo de la distribución física	15
1.5.2 Tipos de distribución.....	15
1.5.3 Metodología: Planeamiento sistemático de la distribución	15
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO PRODUCTIVO	17
2.1 LA ORGANIZACIÓN.....	17
2.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	17
2.3 ÁREAS DE PRODUCCIÓN	18
2.4 EL PRODUCTO.....	19
2.5 PROCESO PRODUCTIVO.....	21
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING.....	27
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	29
4.1 COMPROMETER A LA ALTA GERENCIA	29
4.2 SELECCIONAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN	29
4.3 SELECCIONAR UNA FAMILIA DE PRODUCTOS	29
4.3.1 Elección de la familia de productos a partir del volumen de ventas	30
4.3.2 Por la cantidad de desperdicios hallados	32
4.4 DESARROLLO DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL	35
4.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS RAÍZ DE LOS DESPERDICIOS QUE AFECTAN LA CADENA DE VALOR.....	39
4.6 IDENTIFICACIÓN DE MÉTRICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO	42
4.7 PRIORIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE MEJORA DE PROCESOS	44

CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE MEJORA	45
5.1 IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5 S.....	48
5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	57
5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SMED	63
5.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	73
5.4.1 Metodología propuesta para la implementación de la distribución de planta.....	73
5.4.2 Aplicación de la metodología propuesta para la implementación de la distribución de planta.....	74
CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO	90
6.1 COSTOS DE PERSONAL	90
6.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	91
6.3 AHORRO GENERADO POR LA IMPLEMENTACIÓN.....	94
6.4 CÁLCULO DEL COSTO DE OPORTUNIDAD	97
6.5 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.....	98
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
7.1 CONCLUSIONES.....	99
7.2 RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Los doce pasos del desarrollo del TPM	9
Tabla 2: Denominación de cada proceso	30
Tabla 3: Familia de productos por proceso para Redes.....	31
Tabla 4: Denominación de cada área	33
Tabla 5: Matriz Familia por Proceso - Área para Exceso de Inventario	33
Tabla 6: Porcentaje de ventas según el tipo de familia por proceso	34
Tabla 7: Los siete desperdicios	34
Tabla 8: Matriz de ponderación de desperdicios por familias	35
Tabla 9: Disponibilidad para el proceso de revisión 1	38
Tabla 10: Tiempo disponible diario	38
Tabla 11: Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario	39
Tabla 12: Tabla de Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) del Proceso.....	40
Tabla 13: Ranking de las herramientas a aplicar	44
Tabla 14: Seguimiento para la resolución de tarjetas rojas.....	49
Tabla 15: Estado final de tarjetas rojas	50
Tabla 16: Resumen del estado final de tarjetas rojas	51
Tabla 17: Propuesta de tareas de mantenimiento en base al análisis de causa raíz	60
Tabla 18: Plan de inspección, ajuste y lubricación a través de la limpieza	61
Tabla 19: Hoja de reducción de cambios rápidos	65
Tabla 20: Método propuesto para convertir la preparación interna en externa.....	69
Tabla 21: Ranking de objetivos específicos	73
Tabla 22: Equipos de oficina	77
Tabla 23: Maquinaria de producción	77
Tabla 24: Equipos de producción	78
Tabla 25: Cantidad de personal actual y futuro.....	78
Tabla 26: Área ocupada en la planta	79
Tabla 27: Resultados hallados mediante el balance de línea	85
Tabla 28: Método de Guerchet.....	86
Tabla 29: Costo de hora-hombre	90
Tabla 30: Costo del equipo Lean	91
Tabla 31: Detalle de materiales empleados	92
Tabla 32: Detalle de capacitaciones y costos incurridos.....	93
Tabla 33: Costos de distribución de planta	94
Tabla 34: Ahorro 5 S	95
Tabla 35: Ahorro TPM	96
Tabla 36: Ahorro SMED	96
Tabla 37: Ahorro distribución de planta - Propuesta adaptada	97
Tabla 38: Ahorro distribución de planta - Propuesta ideal.....	97
Tabla 39: Flujo de caja del proyecto	98
Tabla 40: Ratios económicos	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Símbolos del mapa de flujo de valor	7
Figura 2: Trama y Urdimbre	19
Figura 3: Tamaño de malla.....	20
Figura 4: Descripción de las propiedades de un producto	20
Figura 5: Diagrama analítico de proceso	24
Figura 6: Proceso de elaboración de cordeles.....	25
Figura 7: Proceso de tejido de redes con nudo.....	26
Figura 8: Diagrama de Pareto de kilos de productos vendidos.....	30
Figura 9: Diagrama de Pareto de ventas.....	32
Figura 10: Mapa de flujo de valor actual de la Familia de Productos "A"	37
Figura 11: Cantidad de averías en toda la empresa	42
Figura 12: Tiempo promedio para reparar en el área de tejido RCN	43
Figura 13: Tiempo promedio entre fallas en el área de tejido RCN	43
Figura 14: Organización ejecutiva propuesta para el plan de mejora continua.....	46
Figura 15: Zona Roja del Área de Tejido RCN.....	47
Figura 16: Zona Roja del Área de Teñido	47
Figura 17: Zona Roja del Área de Alquitrinado y Termofijado	47
Figura 18: Ejemplo de tarjeta roja	48
Figura 19: Traslado de paños con montacargas.....	52
Figura 20: Marcación para producto en proceso.....	53
Figura 21: Marcación para inventarios en proceso	53
Figura 22: Horario semanal para la limpieza en el puesto de trabajo	54
Figura 23: Hoja de verificación para la limpieza.....	55
Figura 24: Formato de control visual para la limpieza en teñido	56
Figura 25: Diagrama causa-efecto para falla en la bancada y transmisión.....	58
Figura 26: Diagrama causa-efecto para falla en la cuneta.....	58
Figura 27: Formato de control visual para tejido RCN	59
Figura 28: Hoja de lección de un punto.....	62
Figura 29: Diagrama PERT del proceso de termofijado a lo largo	67
Figura 30: Método propuesto para convertir la preparación interna en externa.....	68
Figura 31: Control visual en el área de termofijado a lo largo	70
Figura 32: Tiempo de reducción del tiempo de preparación utilizando la herramienta SMED	71
Figura 33: Evolución del tiempo de proceso en el área de termofijado a lo largo....	72
Figura 34: Evolución de paños procesados en el área de termofijado a largo.....	72
Figura 35: Gráfico P-Q	75
Figura 36: Diagrama de recorrido.....	76
Figura 37: Diagrama de operaciones multiproducto.....	83
Figura 38: Diagrama de bloques unitarios.....	84
Figura 39: Distribución actual de la planta	87
Figura 40: Distribución adaptada de la planta	88
Figura 41: Distribución ideal de la planta	89

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 – Organización de la empresa

ANEXO 2 – Tipos de producto

ANEXO 3 – Fotos del proceso productivo

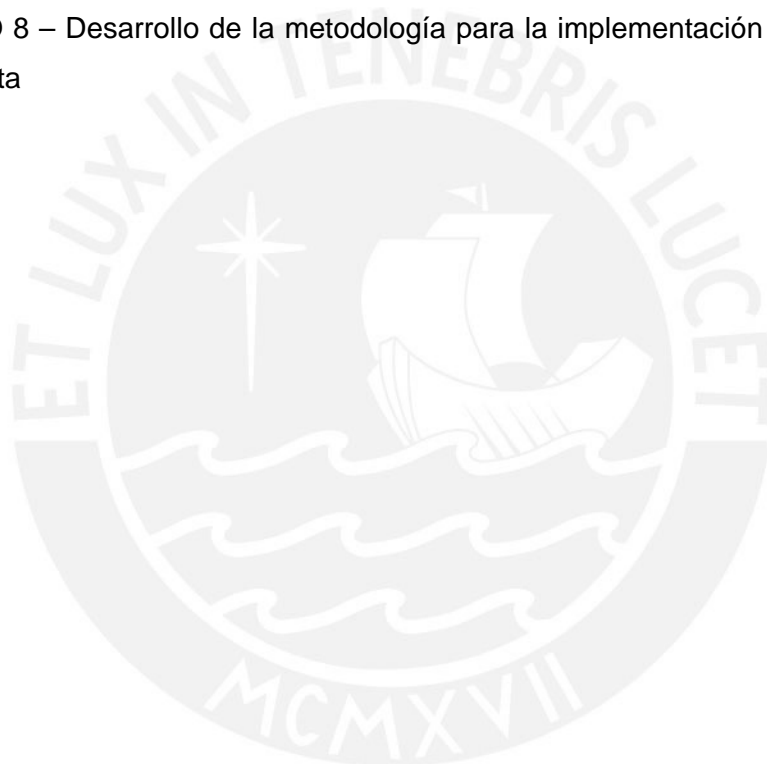
ANEXO 4 – Detalle sobre la matriz Familia por Proceso – Área de Producción

ANEXO 5 – Criterios utilizados en la aplicación del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE)

ANEXO 6 – Criterios utilizados en la aplicación de las 5 S

ANEXO 7 – Detalle sobre las partes y averías encontradas en el telar

ANEXO 8 – Desarrollo de la metodología para la implementación de la distribución de planta



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria pesquera ha venido creciendo debido al incremento del consumo de la anchoveta y, actualmente, debido al resultado de la Corte de La Haya. En ese sentido, la industria textil del sector manufacturero ha mostrado gran dinamismo durante estos años, en la cual, las empresas que se dedican a la preparación de hilatura de fibras textiles, tejedura, fabricación de redes, cordeles, cuerdas y bramantes son las de mayor aporte a dicho sector. Es por ello que, existen cada vez más empresas dedicadas al rubro de la fabricación de redes y aparejos de pesca incrementándose, de esa manera, la competencia entre ellas.

Debido a lo mencionado anteriormente, los representantes de la empresa de redes, cabos e hilos han iniciado acciones en la mejora de la eficiencia y eficacia de los procesos productivos, evitando desperdicios que puedan ser factores de inproductividad en el flujo de producción.

Es por ello que, el objetivo principal del presente trabajo de investigación es eliminar y/o reducir todo tipo de desperdicio, además de actividades innecesarias e ineficientes que perjudiquen el correcto flujo del proceso de producción, con el fin de obtener una mayor rentabilidad y competitividad en el sector.

El desarrollo de la propuesta ha tomado en consideración los principales problemas que afectan a la empresa y utiliza las herramientas de *Lean Manufacturing* y de distribución de planta, para desarrollar un modelo que permita la implementación de las herramientas de mejora de procesos en una cultura de mejora continua. De esta manera, las técnicas han sido adaptadas al caso específico de la empresa, identificando alcances y limitaciones, que permitan plantear mejoras.

El proyecto ha sido estructurado en siete capítulos, que son descritos en las siguientes líneas:

En el Capítulo 1, se muestra el marco teórico de las herramientas que se utilizan en las propuestas de mejora. Asimismo, se hace una breve introducción al concepto y principios de *Lean Manufacturing*, que permita comprender los objetivos de esta filosofía e identificar las herramientas que mejor describan y contribuyan a mejorar la situación actual de la empresa en estudio.

En el Capítulo 2, se detalla la información actual de la empresa, que incluye una breve descripción de la organización, así como las áreas de producción y la descripción del proceso productivo. En ese sentido, se permite entender el contexto de la mejora y presentar ciertas figuras que ilustren la situación actual de la empresa.

En el Capítulo 3, se muestra la metodología que contribuye a determinar los pasos a seguir en el desarrollo del plan de mejora continua.

En el Capítulo 4, se realiza el análisis y diagnóstico de la situación actual de la planta, con el objetivo de identificar los problemas existentes en el proceso productivo, así como la selección y priorización de las herramientas que permitan controlar o eliminar dichos problemas.

En el Capítulo 5, se diseña una propuesta de mejora que contemple una correcta distribución física de la planta y la disminución y/o eliminación de actividades que no agreguen valor al producto. De esta manera, el objetivo de la propuesta de mejora busca contribuir con la creación de una cultura de mejora continua que favorezca la reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora en la calidad de los productos.

En el Capítulo 6, se considera el impacto económico de la implementación de las herramientas de 5 S, mantenimiento autónomo (pilar del mantenimiento productivo total), SMED y distribución de planta. El análisis propone la evaluación de los gastos que implican cada una de estas herramientas, además de considerar el incremento en los indicadores, el ahorro significativo y el aumento de la productividad de la línea de productos seleccionada.

En el Capítulo 7, finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones propuestas a las que llega el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Concepto de *Lean Manufacturing*

El principio fundamental de *Lean Manufacturing* es que el producto o servicio debe ajustarse a lo que exige el cliente y, por tal motivo, es necesario eliminar los desperdicios; argumenta Rajadell y Sánchez (2010).

Es por ello que, los diferentes conceptos de *Lean Manufacturing* se basan en la eliminación del desperdicio y el aseguramiento de la calidad. De acuerdo a lo que manifiesta Madariaga (2013) "*Lean Manufacturing* es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación (personas, materiales, máquinas y métodos) que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia, mediante la eliminación constante del desperdicio". Por otro lado, Krajewski *et al* (2008) define que el sistema esbelto que propone *lean* maximiza el valor agregado de las operaciones y actividades de una empresa, mediante la reducción de recursos innecesarios, la eliminación de los retrasos en los procesos y la producción de flujo continuo. *Lean* abarca la estrategia de operaciones, diseño de procesos, administración de la calidad, administración de restricciones, diseño de la distribución física, diseño de la cadena de suministro, y administración de la tecnología e inventarios de una empresa, además de poder aplicarse a empresas de servicios y manufactureras.

1.2 Principios de *Lean Manufacturing*

Muda es una palabra de origen japonés que significa desperdicio. Hace referencia a toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que necesitan rectificación, producción de artículos no deseados y el consiguiente aumento de inventarios y productos sobrantes, pasos innecesarios en el proceso, movimiento de empleados sin ningún propósito, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente.

Así, según Womack y Jones (2005:25-26), existe un poderoso antídoto en contra de la *muda*: el pensamiento *lean*. Éste proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones creadoras de valor de acuerdo con la secuencia óptima, llevar a cabo estas actividades sin interrupción siempre que alguien las solicite y

realizarlas de forma cada vez más eficaz. De esta manera, se explicará los 5 principios *lean* que proporcionan un modo de trabajar más satisfactorio, ofreciendo retroalimentación de inmediato para convertir *muda* en valor.

1.2.1 Especificar el valor desde el punto de vista del cliente

El valor sólo puede definirlo el consumidor final y es significativo cuando se expresa en términos de un producto ofrecido a precio y consumidores específicos. Se debe de considerar todas las actividades que generen valor y que el cliente esté dispuesto a pagar por ellas. De esta forma, todas aquellas actividades que no se encuentren dentro de estos límites se consideran *muda* y deben ser eliminadas.

1.2.2 Identificar el flujo del valor

El flujo de valor es el conjunto de todas las actividades necesarias para que un producto específico (un bien o servicio, o un híbrido de ambas) pase por las tres tareas de gestión de cualquier organización: solución de problemas, gestión de la información y transformación física.

1.2.3 Flujo

Luego de haber esquematizado el flujo de valor y eliminado las etapas cuyo despilfarro era evidente, entender el flujo significa hacer que fluyan las etapas creadoras y que sea realmente interés de la organización hacer que el valor fluya y que los problemas se hagan evidentes.

1.2.4 Atraer (*Pull*)

Tras haber realizado el flujo, los productos que tardaban mucho en diseñarse se resuelven en muy poco tiempo. De esta forma, la organización podrá fabricar exactamente lo que el consumidor desea en el momento que lo necesita, con el objetivo de reducir existencias y evitar sobreproducción.

1.2.5 Perfección

Womack y Jones (2005:40-43), señala que a medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de modo preciso, identificar la totalidad del flujo del valor, así como hacer que las etapas creadoras de valor fluyan constantemente y dejar que los consumidores atraigan hacia sí el valor desde la empresa, agregar eficiencia siempre será posible. Gracias a una filosofía de mejoramiento continuo, que involucre el conocimiento constante de sus clientes y competencia.

1.3 Desperdicios

De acuerdo con Cuatrecasas (2010), el objetivo principal de *Lean Manufacturing* es eliminar o minimizar los desperdicios. De esta forma, existen siete tipos de desperdicios:

- **Sobreproducción:** Implica producir más de lo necesario, es decir, antes de que el cliente lo requiera. Este tipo de desperdicio suele traer consigo el incremento de inventarios y el costo de mantenerlos.
- **Sobrepcesamiento:** Es el consumo innecesario de recursos, debido a una gestión incorrecta o ineficiente que hace que existan reprocesos o procesos que no agreguen valor.
- **Exceso de inventario:** El exceso de existencias y materiales supone un costo adicional por el valor del producto, el espacio para almacenado, transportes, etc. Por esta razón, se dice que este desperdicio conlleva a otros.
- **Exceso de movimientos:** Existen movimientos innecesarios que el operario realiza ya sea buscar, acumular partes, caminar, etc.
- **Defectos:** Es la fabricación de productos defectuosos que causan reprocesos, reparaciones o desechos que incurren en pérdida de tiempo, espacio y dinero.
- **Espera:** El operador detiene su trabajo y espera observando a las máquinas trabajar o por falta de material, herramientas, etc.
- **Transporte:** Una mala organización del sistema productivo con un mal diseño del proceso y una distribución de planta mal planificada, puede dar lugar a distancias recorridas por materiales y productos de manera innecesaria.

1.4 Herramientas de *Lean Manufacturing*

Las herramientas de *Lean Manufacturing* utilizadas para reducir la *muda* y desarrollar el presente trabajo de investigación son las siguientes:

1.4.1 Mapa de Flujo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM)

Según Cabrera (2014), se reconoce a Taiichi Ohno y su maestro Shiego Shingo como los creadores del concepto del VSM que originalmente se ideó para poder visualizar de manera global cada etapa que se recorre para la elaboración del

producto y su despacho al cliente, pudiendo así identificar de manera más eficiente cada uno de los desperdicios y de las posibles mejoras.

Este método consta de los siguientes pasos:

1. Levantar la información de los procesos de la planta.
2. Elegir una familia de productos.
3. Dibujar el mapa de valor de esa familia.
4. Dibujar el mapa de la situación futura.
5. Elaborar un plan de trabajo para alcanzar el estado futuro.

De esta manera, el mapa recoge toda la información fundamental del proceso: número de personas, eficiencias, tiempos de ciclo, etc. Además, deberá confiar en los tiempos cronometrados, lo observado y la información aportada por los operarios y expertos, diferenciando bien lo que se hace o no hace, de lo que se debería hacer. En ese sentido, para la elaboración de los mapas se utilizan símbolos estándar, algunos de los cuales se muestran en la Figura 1.

Finalmente, luego de unir toda la información de los flujos del proceso de la empresa, desde la llegada de material hasta la distribución, definiendo todas las entidades que conforman este ciclo de operación, se obtiene el mapa de flujo de valor, con el objetivo de identificar los desperdicios, analizar el proceso y las mejoras que se requieran para hacer el proceso más eficiente.

1.4.2 5 S

Las 5 S es una metodología que se desarrolló en Japón e involucra a todo el personal de la organización. Se refiere a la creación de un entorno de trabajo más limpio, seguro y organizado, con el fin de contribuir a mantener organizadas, limpias, seguras y, sobre todo, productivas las áreas de trabajo. No obstante, según Socconini y Barrantes (2005), las 5 S es un sistema que no sólo permite contar con un soporte efectivo para las operaciones de la empresa, sino también brinda una filosofía de trabajo y de vida para las personas, al incidir directamente en el desarrollo de hábitos básicos, como el orden, la disciplina, la limpieza, la estandarización y el seguimiento de las actividades.

Rey (2005) presenta cinco principios japoneses cuyos nombres empiezan con la letra "S" y que tienen el objetivo de conseguir una fábrica más limpia y ordenada:

Iconos para Mapeo de Flujo de Valor

Iconos del Flujo de Materiales	Iconos del Flujo de Informaciones	Iconos Generales
<p>Montaje</p> <p>Proceso de Producción</p>	<p>Material "empujado"</p>	<p>Necesidad de "Kaizen" (Mejora)</p>
<p>Pintura</p> <p>Proceso de Producción Compartido</p>	<p>Productos terminados para el cliente</p>	<p>Inventario Pulmón</p>
<p>XYZ Corp.</p> <p>Fuentes Externas</p>	<p>FIFO</p> <p>First-In-First</p>	<p>Inventario de Seguridad</p>
<p>Supermercado</p>	<p>Semanalmente Programación</p>	<p>Operador</p>
<p>Caja de Datos</p>	<p>Caja de Nivelación (Heijunka Box)</p>	<p>Problema de Calidad</p>
<p>"Tirón" de material</p>	<p>Jalado "secuencial"</p>	<p>Célula en "U"</p>
<p>Movimiento por Montacargas</p>	<p>Kanban de retirada</p>	<p>Problemas Diversos</p>
<p>Inventarios / Stocks</p>	<p>Kanban de Producción</p>	
<p>2x por Semana</p> <p>Entrega por Camión</p>	<p>Programación de la Producción "va a ver"</p>	
<p>Barco de embarque</p>		
<p>Manejador de materiales</p>		

Figura 1: Símbolos del mapa de flujo de valor

Fuente: Instituto de Mejora Continua (2013)

- a) **Seiri**: Organizar y Seleccionar: Se trata de organizar todo, separar las herramientas, piezas e instrucciones necesarias de las que no sirven y clasificar esto último. Por otro lado, se aprovecha la organización para establecer normas que permitan que los equipos y máquinas trabajen sin sobresaltos. El objetivo será mantener el progreso alcanzado y elaborar políticas de acción que garanticen su estabilidad y mejora continua.
- b) **Seiton**: Ordenar: Significa identificar y organizar herramientas, piezas, equipos o documentos para facilitar su uso. Se desecha todo lo que no sirve y se asigna un lugar específico para cada cosa u objeto, de forma que se facilite su identificación, localización y disposición.
- c) **Seiso**: Limpiar: Quiere decir mantener en buenas condiciones los equipos de trabajo y conservar limpios los ambientes. Se recomienda realizar la limpieza inicial, con el fin de que el operador y/o personal administrativo se identifique con su puesto de trabajo, máquinas y/o equipos que tenga asignados. De esta forma, se le muestra en una operación conjunta con el responsable, donde están los focos de suciedad.
- d) **Seiketsu**: Estandarizar: Significa definir una manera consistente de llevar a cabo las tres tareas anteriores, con el fin de mantener un entorno de trabajo en perfectas condiciones.
- e) **Shitsuke**: Disciplina: Es crear las condiciones que fomenten el compromiso de los integrantes de la organización para formar el hábito de mantener el nivel de referencia alcanzado, entrenando a todos para continuar la acción con disciplina y autonomía.

1.4.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total (*Total Productive Maintenance* - TPM) es el mantenimiento productivo que realizan todos los empleados, a través de actividades de pequeños grupos. Así, según Nakajima (1991:10-11), una definición completa del mantenimiento productivo total incluye los siguientes cinco elementos:

1. El TPM contempla maximizar la efectividad del equipo (efectividad global).

2. El TPM establece un sistema completo de mantenimiento preventivo para la vida entera del equipo.
3. El TPM se implementa por varios departamentos (ingeniería, operaciones, mantenimiento).
4. El TPM incluye a cada empleado particular, desde la alta dirección hasta los trabajadores de la planta.
5. El TPM se basa en la promoción del mantenimiento preventivo, a través de la dirección de la motivación: actividades autónomas de pequeños grupos.

En efecto, la meta del mantenimiento productivo total es efectuar mejoras trascendentales en una compañía, optimizando la utilización de equipos y trabajadores. Por consiguiente, Nakajima (1991:56-57), señaló una lista de doce pasos básicos de un programa de desarrollo TPM, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Los doce pasos del desarrollo del TPM

Fase	Paso	Detalles
Preparación	1. La alta dirección anuncia la introducción del TPM.	Conferencia sobre TPM en la compañía; artículos en el periódico de la compañía.
	2. Programa de educación y campañas para introducir TPM.	Directores: seminarios/reuniones según niveles. General: Presentación de diapositivas.
	3. Crear organizaciones para promover TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM; establecer oficina central y asignar <i>staff</i> .
	4. Establecer políticas básicas TPM y metas.	Analizar las condiciones existentes; establecer metas, predecir resultados.
	5. Formular plan maestro para desarrollo TPM.	Preparar planes detallados sobre la implantación para las cinco actividades fundamentales.
Implantación preliminar	6. Organizar un acto de iniciación TPM.	Invitar clientes, afiliadas y compañías cooperadoras.
Implementación TPM	7. Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo.	Seleccionar equipo modelo; formar equipo de proyecto.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Promover los siete pasos ; fabricar útiles de diagnóstico y establecer procedimientos de certificación de los trabajadores.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento para el área de mantenimiento.	Incluye mantenimiento periódico y predictivo y gestión de repuestos, herramientas, dibujos y programas.

Fase	Paso	Detalles
Implementación TPM	10. Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de mantenimiento.	Entrenar a los líderes; los líderes comunican información con los miembros del grupo.
	11. Desarrollar un programa de gestión de equipos en fases iniciales.	Diseño de la prevención del mantenimiento.
Estabilización	12. Implantación perfecta del TPM y elevación niveles TPM.	Evaluación para el Premio de Mantenimiento Preventivo; fijar objetivos más elevados.

Fuente: Nakajima (1991)

Elaboración Propia

Finalmente, Rey (2001) señala que el mantenimiento preventivo total se puede visionar como un edificio formado por los siguientes componentes:

1. El tejado o "cabeza" integrado por las etapas de la preparación del proyecto y programa TPM, es decir por:
 - El proyecto de empresa, en base a la estrategia de la dirección de la compañía.
 - La animación y pilotaje, en base a la identificación de una célula de pilotaje y de aplicación, preparando ésta los planes de formación e información de toda la estructura de la empresa.
 - El conocimiento de la situación de partida: estado de los lugares de equipo y organización.

2. Los tres pilares básicos que integran:
 - Los grupos de fiabilización para eliminar por mejoras todo tipo de disfuncionamiento.
 - La aplicación del auto mantenimiento y mantenimiento espontáneo.
 - La aplicación del mantenimiento programado.
 - El mantenimiento de la calidad de los equipos.
 - Las actividades del mantenimiento previsional en el diseño de nuevos equipos, capitalizando todo tipo de experiencias (ingeniería del mantenimiento).
 - La formación y perfeccionamiento continuo en competencias de todos los empleados.

3. Los cimientos en base a una aplicación de las 5 S y el respeto a la seguridad e higiene en el trabajo, así como al medio ambiente. Este edificio ha de ser controlado periódicamente para evaluar la evolución del proyecto de empresa y el logro de sus objetivos.

1.4.4 Kanban

Según Krajewski *et alii* (2008), la expresión japonesa *kanban* significa “tarjeta” o “registro visible” y es denominada de esta manera, ya que se refiere a las tarjetas que se utilizan para controlar el flujo de la producción en la fábrica. En el sistema más elemental de *kanban*, se coloca una tarjeta a cada contenedor de artículos producidos. Este contenedor almacena cierto porcentaje de artículos necesarios para la producción del día. Cuando el usuario encargado de recoger dicho artículo deja vacío el contenedor, coloca la tarjeta en un depósito de recepción, lo cual indica que es necesario producir más unidades de dicho artículo. El contenedor vacío se lleva al almacén. Luego, se vuelve a llenar el contenedor y se coloca otra vez la tarjeta en dicho contenedor. Éste se lleva a un almacén donde se espera que el usuario vuelva a recoger el artículo y así continua el ciclo.

En el caso de un sistema con dos tarjetas, una de retiro y otra de orden de producción. La tarjeta de retiro indica el elemento, cantidad que el usuario deberá de retirar del contenedor y los lugares de abastecimiento. La tarjeta de orden de producción indica los artículos, cantidad que debe producirse y los materiales que deben utilizarse y dónde ubicarlos.

En ese sentido, las reglas generales para la operación del *kanban* son las siguientes:

1. En cada contenedor debe haber una tarjeta.
2. La línea de ensamblaje siempre retira los materiales de la célula de fabricación. Ésta nunca empuja las partes hacia la línea de ensamblaje, ya que tarde o temprano, se suministrarán partes que todavía no se necesitan para la producción.
3. Los contenedores de partes nunca se deben sacar de un área de almacenamiento sin haber colocado primero un *kanban* en el depósito de recepción.

4. Los contenedores siempre deben contener el mismo número de partes en buen estado. El uso de contenedores no estándar o llenados en forma irregular, trastorna el flujo de producción de la línea de ensamblaje.
5. Solo partes sin defectos deben enviarse a la línea de ensamblaje, para hacer mejor uso de los materiales y del tiempo de los trabajadores.
6. La producción total no debe sobrepasar la cantidad total autorizada en los *kanbanes* del sistema.

1.4.5 Kaizen

La definición de *Kaizen*, según Suárez (2007), viene de dos ideogramas japoneses, *KAI* que significa “cambio” y *ZEN* que significa “bueno”, y combinados los dos resulta la palabra “mejoramiento”. Se trata de un mecanismo de actividades continuas donde las personas involucradas juegan un rol muy importante en la detección y aseguramiento de mejoras, que se enfocan en las metas de la organización. Como concepto, *Kaizen* se entiende como una filosofía de gestión que implica pequeñas mejoras progresivas en el proceso de trabajo, para poder eliminar despilfarros, mejorar la productividad y eficiencia del trabajo. Cabe resaltar que la participación de las personas involucradas debe darse de manera voluntaria y deben realizar mejoras de manera realista, es decir, toda mejora propuesta se debe poder realizar por las personas involucradas y dentro de sus rutinas de mejora.

De acuerdo con Lefcovich (2014), las características específicas del *Kaizen* son las siguientes:

- Trata de involucrar a los empleados a través de las sugerencias. El objetivo es que los trabajadores utilicen tanto sus cerebros como sus manos.
- Cada individuo tiene sólo una parte de la información o la experiencia necesaria para cumplir con su tarea. Dado este hecho, cada vez tiene más importancia la red de trabajo.
- Genera el pensamiento orientado al proceso, ya que los procesos deben ser mejorados antes de que se obtengan resultados mejorados.
- *Kaizen* no requiere necesariamente de técnicas sofisticadas o tecnologías avanzadas. Para implantarlo, sólo se necesitan técnicas sencillas como las siete herramientas del control de calidad.

- La resolución de problemas apunta a la causa-raíz y no a los síntomas o a las causas más visibles.
- Construir la calidad en el producto, desarrollando y diseñando productos que satisfagan las necesidades del cliente.
- En el enfoque *Kaizen* se trata de “entrada al mercado” en oposición a “salida del producto”.

1.4.6 Poka-yoke

El concepto de *Poka-yoke* ha existido durante mucho tiempo, sin embargo, fue el ingeniero de producción japonés Shigeo Shingo quien desarrolló la idea de una herramienta para alcanzar cero defectos y eliminar las inspecciones de control de calidad. De esta manera, los métodos que propuso Shingo fueron nombrados como *Poka-yoke*, que es traducido como a prueba de errores o de fallos. En relación con este tema, Kogyo y Hirano (1991:6), definen al *Poka-yoke* como una técnica para evitar los simples errores en el trabajo. Asumiendo que las tareas repetitivas o acciones dependen de la memoria, el *Poka-yoke* puede liberar el tiempo y la mente de un trabajador para que así se dedique a actividades más creativas o que añadan valor.

Un dispositivo *Poka-yoke* es un mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan o los convierte en muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y los pueda corregir a tiempo. Por consiguiente, un sistema *Poka-yoke* tiene dos funciones: la primera es la de realizar la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda consiste en dar retroalimentación y acciones correctivas ante alguna eventualidad.

Los efectos del método *Poka-Yoke* en reducir defectos va a depender del tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo o chequeo continuo.

1.4.7 Single Minute Exchange of Die (SMED)

El sistema SMED que traducido al castellano significa cambio de útiles en menos de diez minutos (*single minute exchange of die*, en inglés) es el resultado del examen minucioso de aspectos teóricos y prácticos de la mejora del proceso de cambio de útiles y preparación de máquinas. Tanto el análisis como la realización son fundamentales para el sistema SMED y deben ser considerados en cualquier

programa de mejora. Así, según Shingo (1990:24), las operaciones de preparación de máquinas son de dos tipos fundamentales:

- Preparación interna: Como montar o desmontar matrices, que pueden realizarse solo cuando la máquina se encuentra parada.
- Preparación externa: Como transportar las matrices viejas al almacén, o llevar las nuevas hasta la máquina, que pueden realizarse mientras la máquina está en operación.

De esta forma, Shingo (1991:36-56) definió tres etapas para aplicar el sistema SMED.

- 1. Separación de actividades de preparación internas y externas:** Consiste en la separación de las actividades de preparación tanto internas como externas. Gracias a ello, el tiempo es reducido cuando se eliminan todas las actividades que pueden llevarse a cabo, mientras la máquina se encuentra en funcionamiento.
- 2. Convertir la preparación interna en externa:** Esta etapa propone la conversión de las actividades de preparación interna en externa. A continuación, se presentan algunos métodos para conseguir dicho fin:
 - Uso de estándares o plantillas de rápido acomodo.
 - Organizar las herramientas y el ambiente de trabajo de forma adecuada.
 - Evitar traslados innecesarios.
 - Evaluar si algún equipo puede tener preparación anticipada.
- 3. Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación:** Después de haber concluido las etapas anteriores, se busca realizar las mejoras en todas las operaciones elementales de preparación. En consecuencia, se busca reducir operaciones o mejorarlas, eliminando tareas innecesarias, eliminando ajustes y optimizando los ajustes ya existentes.

1.5 Distribución de Planta

1.5.1 Objetivo de la distribución física

De acuerdo con De la Fuente y Fernández (2005), la distribución de planta busca ordenar los factores y elementos industriales que intervienen en los procesos de producción de la empresa.

1.5.2 Tipos de distribución

Según Domínguez (1995), existen tres tipos de distribución de planta:

- Orientadas al producto: Es la ordenación de puestos de trabajo de manera consecutiva, como van sucediendo las operaciones, moviéndose el producto hacia los distintos puntos de fabricación.
- Orientadas al proceso: Es la ordenación, en una misma área, de los distintos elementos que son parte de una misma actividad u operación.
- Por posición fija: Es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma o alguna otra característica. De esta forma, el producto se posiciona en un determinado lugar y todos los recursos se mueven hacia el producto.

Sin embargo, a menudo existen diversas características de los procesos que hacen conveniente combinar algunos de los tipos básicos de distribución, formando así un tipo de distribución llamada híbrida.

1.5.3 Metodología: Planeamiento sistemático de la distribución

Es una metodología que indica paso a paso como realizar una relación entre áreas, con el fin de obtener una distribución de los recursos de la planta.

1. Diagrama de operaciones múltiples: Es un diagrama que muestra el flujo de operaciones que sigue cada producto y que toma en cuenta su volumen de producción y porcentaje de contribución.
2. Gráfico de trayectoria: Es un cuadro que busca relacionar cada área por la que pasa los diferentes productos con el estudio de los movimientos, debido al flujo de producción. Las relaciones se ponderan de acuerdo al porcentaje de contribución de cada producto.

3. Tabla relacional de actividades: Muestra las relaciones entre áreas, priorizando ciertas áreas con mayor movimiento del producto en proceso.
4. Método de Francis: Es una metodología que identifica la forma correcta de ordenar las áreas y su posicionamiento final en la planta.
5. Balance de línea: Según Krajewski *et allí* (2008), el balance de línea asigna las estaciones de trabajo, de manera que sea posible todas las relaciones de precedencia y de ciclo, teniendo como objetivo la maximización de la eficiencia de la producción y la minimización de retrasos en el despacho del producto.

- Tiempo de ciclo: De acuerdo con Suñé *et allí* (2004), el tiempo de ciclo de un proceso productivo es el tiempo que transcurre entre la producción de dos unidades consecutivas (siempre que se trabaje unidad por unidad).

$$\text{Tciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible diario}}{\text{Demanda diaria}}$$

- Cadencia: La cadencia es el tiempo transcurrido al final de la línea de producción, entre la entrega de una unidad de producción y la siguiente.

$$\text{Cadencia} = \frac{\text{Tiempo disponible semanal}}{\text{Cantidad producida por puesto de trabajo}}$$

- Capacidad: La capacidad es la cantidad de un producto que puede ser obtenido durante un cierto periodo de tiempo. Puede referirse a la empresa en su conjunto o a un área de trabajo.
- Número de máquinas u operarios: Es la cantidad asignada de máquinas u operarios para la producción proyectada a largo plazo de un producto, el cual no conlleve a falta de capacidad o capacidad ociosa en la planta.

$$\text{Número de máquinas u operarios} = \frac{\text{Tiempo estándar de producción}}{\text{Cadencia}}$$

6. Método de Guerchet: Es un método que proporciona el espacio total requerido para la planta, en base a la suma de áreas de máquinas, operarios y superficies necesarias para que los medios de transporte, materiales y operarios transiten.

CAPÍTULO 2. Descripción de la empresa y el proceso productivo

2.1 La Organización

La empresa forma parte de una organización dedicada a la producción y comercialización de aparejos de pesca con CIIU 1723 perteneciente a la fabricación de cuerdas, cordeles, bramantes y redes para la pesca. En la actualidad, ofrecen redes, cabos e hilos fabricados de diversos materiales y tipos de construcción, además de servicios de armado y asesorías en general.

Hasta el momento, son tres las empresas que integran esta organización: Dos en Perú y una en Chile; todas ellas comparten la misma misión, la cual ha sido desde el principio, contribuir al desarrollo de la actividad pesquera y de la acuicultura, brindando productos de altísima calidad, contribuyendo de esta forma al desarrollo económico y social de los países donde opera.

a. Visión

Ser reconocida a nivel mundial como la empresa líder en brindar soluciones de alto valor para la industria pesquera y acuícola, líder en participación en el mercado americano y líder en rentabilidad con empresas comparables en la región, además de ser reconocida como la mejor empresa para trabajar en el Perú.

b. Misión

Contribuir al éxito de nuestros actuales y potenciales clientes en su quehacer industrial de pesca y acuicultura, brindando productos y servicios de alto valor que logren colmar sus expectativas, principalmente con el suministro de redes, cabos y demás aparejos de pesca, obteniendo como retribución una rentabilidad que sustente el negocio a través del tiempo.

2.2 Organización de la Empresa

El Anexo 1 detalla los puestos y funciones que componen la organización de la empresa. Asimismo, muestra el organigrama general de la empresa en estudio.

2.3 Áreas de Producción

Para poder realizar la fabricación de todos sus productos, la empresa agrupa sus procesos en tres áreas de producción: Cordeles, Tejido y Acabados. La descripción de cada una de ellas se presenta en los siguientes párrafos.

a. Área de Cordeles

- **Cordel Trenzado:** El área de cordel trenzado se encarga de producir los hilos para el tejido de redes con nudo y sin nudo, a través de la unión de varias fibras de nylon, polietileno, polipropileno o poliéster mediante el trenzado de las mismas.
- **Cordel Torcido:** El área de cordel torcido se encarga de producir los hilos para el tejido de redes con nudo y sin nudo, a través de la unión de varias fibras de nylon, polietileno, polipropileno o poliéster mediante la torsión entre sí.

b. Área de Tejido

- **Tejido de Red con Nudo:** El área de tejido de red con nudo se encarga del tejido de paños cuya característica es que cuentan con mallas unidas a través de nudos.
- **Tejido de Red sin Nudo:** El área de tejido de red sin nudo se encarga del tejido de paños cuya característica es que cuentan con mallas que no tienen nudos de unión, sino que son completamente lisos y para ello cuentan con una maquinaria especial para hacer este tipo de redes.

c. Área de Acabados

- **Revisión:** El área de revisión se encarga de inspeccionar cada paño que sale del área de tejido y reporta las fallas para que estas posteriormente sean reparadas en el área de remallado.
- **Remallado:** El área de remallado se encarga de tejer todas las fallas encontradas en la revisión. El remallado es manual.
- **Teñido:** El área de teñido se encarga de lavar, teñir y, si el cliente lo requiere, resinar cada paño de acuerdo al color que el cliente solicite.
- **Termofijado:** El área de termofijado se encarga de secar y fijar los nudos y el largo del paño al pasar dicho producto por una máquina

secadora y estirarlos con ayuda de los rodillos de la máquina termofijadora.

- **Alquitranado:** El área de alquitranado se encarga de adicionar la brea correspondiente al paño para que esta le proporcione mayor resistencia al paño y mayor peso.
- **Medición:** El área de medición se encarga de medir el paño después de termofijado y al final del proceso productivo para poder asegurar la longitud del largo del paño y evitar descuadres.
- **Empaque:** El área de empaque se encarga de doblar y empaçar cada paño de acuerdo a su destino (nacional o internacional). Si es nacional, solo se amarra el paño y se despacha; en cambio, si es internacional, se coloca en empaques de plástico y se despacha.

2.4 El Producto

Cuatro son los tipos de producto que la empresa fabrica: Redes con Nudo, Redes sin Nudo, Cabos y Cordeles. En el caso de las Redes con Nudo y sin Nudo, estos productos son comercializados como paños (una red está conformada por la unión de varios paños). Es por ello que, la clasificación de Redes con Nudo o sin Nudo es solo una categorización que la empresa ha adoptado, ya que su gran volumen de ventas corresponde a paños para la pesca. Se describirá sólo uno de los productos que produce la empresa. La lista completa se encuentra detallada en el Anexo 2.

- **Redes con Nudo:** Son paños que se han tejido mediante el cruce y de dos hilos, trama (hilo que cruza verticalmente) y urdimbre (hilo que cruza horizontalmente) mostrados en la Figura 2, unidos mediante un nudo. Se anudan varios hilos formando así mallas en forma de rombo entre los nudos.

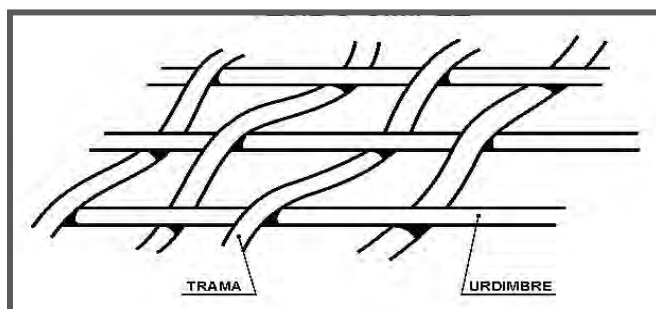


Figura 2: Trama y Urdimbre

Fuente: <http://dicter.eusal.es/lema/urdimbre>

Cada uno de los productos descritos cuenta con distintas propiedades, en función a diferentes variables. Sin embargo, debido a que el enfoque del presente trabajo de investigación se basará en la producción del producto estrella, se presentará solo la descripción de la sub clasificación que corresponde a las redes de pesca.

Clasificación de Redes con Nudo y sin Nudo

Se clasifican de acuerdo a una combinación de variables como:

- El material de la materia prima (nylon, polipropileno, polietileno o poliéster).
- Título: Es el peso del cordel hecho a base de fibras de materia prima, que se usa para tejer los paños.
- Tamaño de malla: Es la distancia entre nudo y nudo o entre unión y unión que conforma un rombo o una malla). La Figura 3 muestra el tamaño de una malla en una red con nudo.

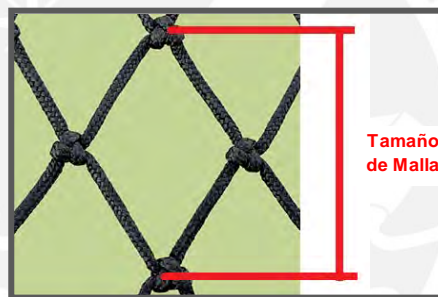


Figura 3: Tamaño de malla

- Largo: Es el largo del paño medido en brazas que equivale a 1braza=1.828 metros.
- Mallas de alto o ancho del paño: Es la cantidad de mallas que conforman el ancho del paño.

La Figura 4, señala la descripción de las propiedades que cada producto muestra al ser etiquetado para su despacho.

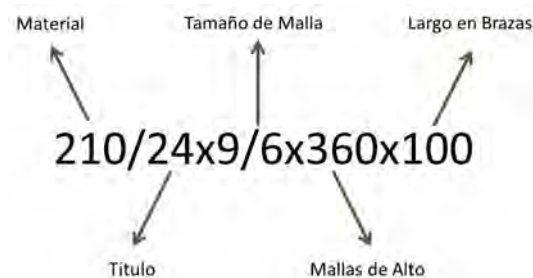


Figura 4: Descripción de las propiedades de un producto

2.5 Proceso Productivo

La fabricación de redes involucra a distintos tipos de procesos. En el siguiente capítulo, se describe el proceso de confección de redes con nudo. Las figuras que ilustran al proceso productivo son mostradas en el Anexo 3.

- a. **Tejido:** El área de tejido es la primera etapa donde se da inicio al proceso de producción, y es donde se recibe los cordeles que han sido elaborados a partir de las fibras de nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. En esta parte del proceso, se usan máquinas tejedoras que tejen cruzando dos hilos llamados trama y urdimbre, conceptos que han sido explicados en el Capítulo 2.4. Dichas máquinas son operadas por un operario el cual supervisa y ejecuta el cambio de carretes de la urdimbre cuando se acaba el hilo. De acuerdo a las mallas de ancho, se coloca la cantidad de carretes en la máquina. Por ejemplo, si el paño debe tener 360 mallas de ancho, entonces se coloca 360 carretes en la urdimbre de la máquina.
- b. **Revisión 1:** El proceso de revisión se realiza en una pantalla iluminada por dos fluorescentes y sobre la cual se coloca el paño que va pasando con ayuda de rodillos mecánicos. La inspección la realizan dos operarios que se encargan de observar si el paño contiene alguna falla. Cada vez que un operario encuentre una falla, se debe de amarrar al paño un hilo de color negro (si el paño es blanco) o un hilo de color blanco (si el paño es negro) para que sea posteriormente remallado.
- c. **Remallado 1:** Después de la Revisión 1, los paños son colocados en los caballetes de remalle con el objetivo de que un operario remalle todas las fallas que se encontraron en el paño.
- d. **Revisión 2:** Este proceso es exactamente igual al proceso de Revisión 1, solo que es la inspección del remalle que se realizó en el proceso de Remallado 1.
- e. **Remallado 2:** Este proceso es similar al de Remallado 1, ya que en casi todos los paños inspeccionados en el proceso de Revisión 2, se siguen encontrando fallas por lo que es necesario un segundo proceso de remalle.
- f. **Teñido:** Este proceso se realiza en cualquiera de las dos tinas ubicadas en el área de teñido. Primero se llena el tanque de teñido con el paño que se va teñir. Cada tanque puede teñir a la vez dos o tres paños, ya que su capacidad es de 500 kilos. Luego, se llena agua al tanque y se deja que

caliente durante 30 minutos. Se añade el colorante y se deja que tiña por espacio de una hora. Finalmente, se retira y se deja escurrir el paño para su posterior secado.

- g. **Termofijado:** Se pasan los paños por la termofijadora, la cual, en una primera pasada, seca el paño y en una segunda pasada fija los nudos y el largo del paño. En este proceso, se utiliza una termofijadora compuesta de rodillos y una secadora, manipulada por tres operarios, dos que están controlando la entrada del paño para que pase de forma continua y otro operario a la salida del proceso que controla la programación de la máquina y el fin de proceso de cada paño.
- h. **Medición 1:** Este proceso es realizado por dos operarios que se encargan de medir el largo y el ancho, además de verificar si el paño se ha descuadrado. El paño se reprocesa en termofijado en caso de no alcanzar el largo deseado y/o se haya descuadrado en más de una braza.
- i. **Alquitranado:** En caso de que el cliente solicite que su paño sea alquitranado, el paño pasa por una máquina compuesta por un tanque de brea y una secadora. Dos operarios se encargan de pasar el paño por esta máquina y de supervisar la salida del paño sobre un pallet.
- j. **Revisión 3:** Este proceso es exactamente igual que el de Revisión 1, con la diferencia que esta inspección es la última que identifica las fallas del paño.
- k. **Remalle 3:** En caso de haber encontrado fallas en el proceso de Revisión 3, el paño deberá de permanecer en el proceso hasta que el operario remalle todas las fallas que se señalaron en el paño.
- l. **Medición 2:** Este proceso se realiza de forma similar al de Medición 1, con la diferencia que es la última medición que se realiza al paño.
- m. **Empaquetado:** Finalmente, se dobla el paño con ayuda de una máquina empaquetadora y se empaqueta de acuerdo al destino del producto (nacional o exportación). Por ejemplo, los paños que son para exportación son empaquetados dentro de un saco blanco.

Con el objetivo de analizar el proceso y sus respectivas operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos, se muestra en la Figura 5, el diagrama analítico de proceso de la producción de redes. Cabe resaltar que la figura será mostrada en las páginas 23 y 24.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO					<input type="checkbox"/> Operación: _____		
PROCESO: Producción de Redes					<input checked="" type="checkbox"/> Material: Cordel de nylon y Poliéster		
METODO:	<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto			<input type="checkbox"/> Hombre: _____		
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en minutos	OBSERVACIONES
Tejido de los paños.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2145,20	
Transporte al área de revisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5,20	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	492,69	
Revisión de los paños.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	37,40	
Transporte al área de remalle.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,20	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3579,93	
Remallado de los paños	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	266,10	
Transporte al área de revisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,20	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4081,25	
Revisión de los paños.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31,63	
Transporte al área de remalle.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,20	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	671,97	
Remallado de los paños	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	85,20	
Transporte al área de teñido.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,55	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	778,58	
Teñido de los paños.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	171,10	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera de los paños hasta que se escurran.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7732,34	
Transporte al área de termofijado.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,30	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Termofijado del paño.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	33,60	
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1224,00	
Transporte al área de medición.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0,2	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Medición del paño.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24,17	
Transporte al área de alquitrinado.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,32	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.
Espera para ser procesado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2433,60	
Alquitrinado de los paños.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21,30	
Transporte al área de revisión.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,46	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.

Espera para ser procesado.	○ → □ ■ ▽	884,68						
Revisión de los paños.	○ → ■ □ ▽	21,67						
Transporte al área de remalle.	○ → □ □ ▽	0,20	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.					
Espera para ser procesado.	○ → □ ■ ▽	252,87						
Remallado de los paños.	● → □ □ ▽	71,53						
Transporte al area de medición.	○ → □ □ ▽	2,00	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.					
Espera para ser procesado.	○ → □ ■ ▽	1353,60						
Medición del paño.	○ → ■ □ ▽	19,43						
Transporte al area de empaque.	○ → □ □ ▽	2,00	Se realiza de 2 en 2 o de 3 en 3 paños a la vez.					
Espera para ser procesado.	○ → □ ■ ▽	1108,80						
Empaquetado del paño.	● → □ □ ▽	13,40						
RESUMEN	Cantidad	8	12	5	12	0	Diagramado para: Tesis PUCP	
	Tiempo (días)	1,95	0,01	0,09	17,1	0	Fecha: 24 / 03 / 2014	Hoja: 2 de: 2 hojas

Figura 5: Diagrama analítico de proceso

De esta manera, se concluye que, debido a la alta producción mensual, el transporte de cada paño y la alta espera que posee entre proceso y proceso, son factores que dañan la producción continua, que se podrán disminuir y/o eliminar a través de las mejoras propuestas en el Capítulo 5.

Finalmente, cabe destacar que la fabricación de los hilos para el tejido de las redes se realiza en el área de cordeles. Sin embargo, la producción de cordeles no ha sido parte del alcance del presente trabajo de investigación y sólo ha sido mencionada dentro de las áreas de producción en el Capítulo 2.3. Por esta razón, en la Figura 6 se describe el proceso de elaboración de cordeles y en la Figura 7 se utiliza el proceso de elaboración de cordeles para complementar la descripción del proceso de tejido de redes con nudo.

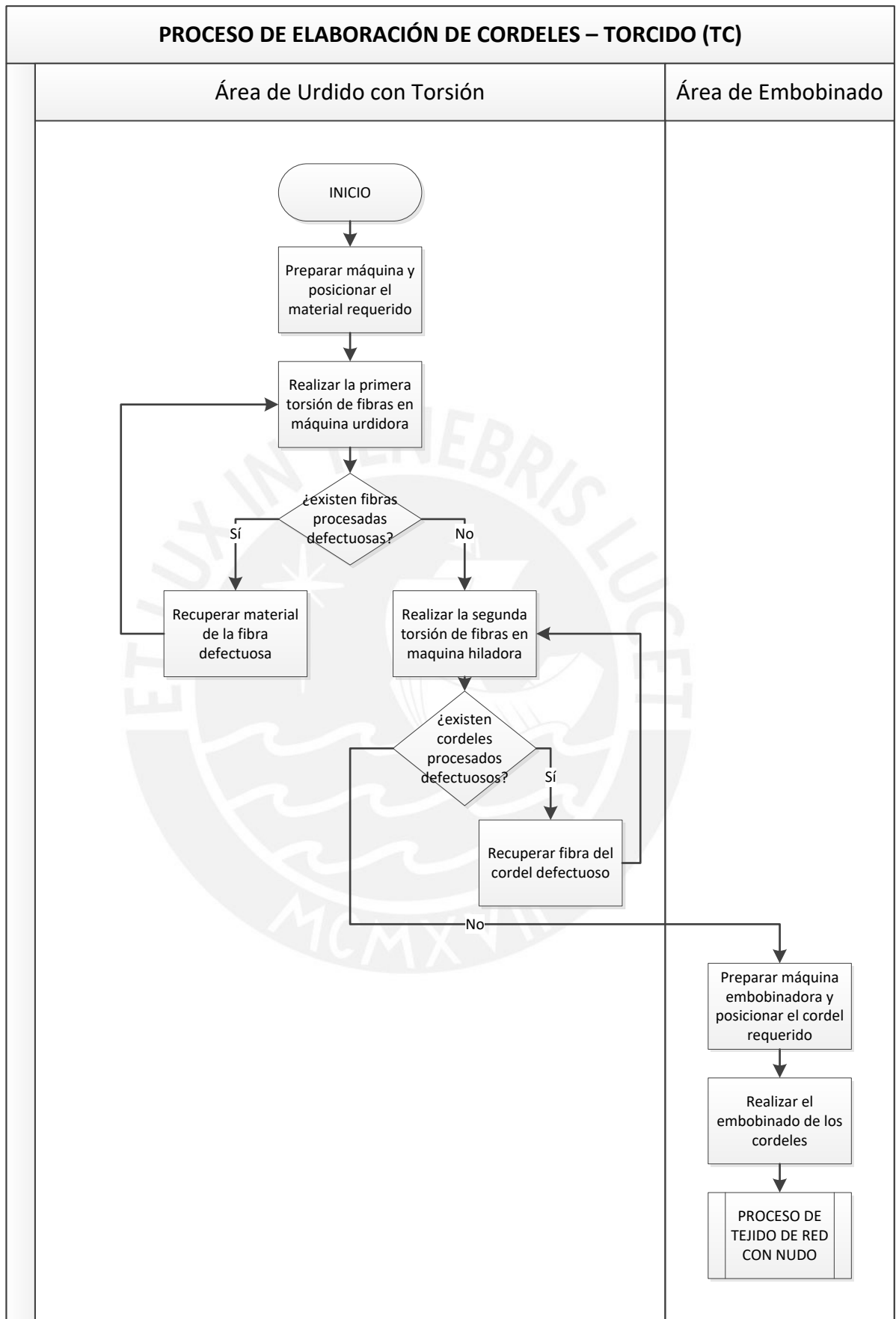


Figura 6: Proceso de elaboración de cordeles

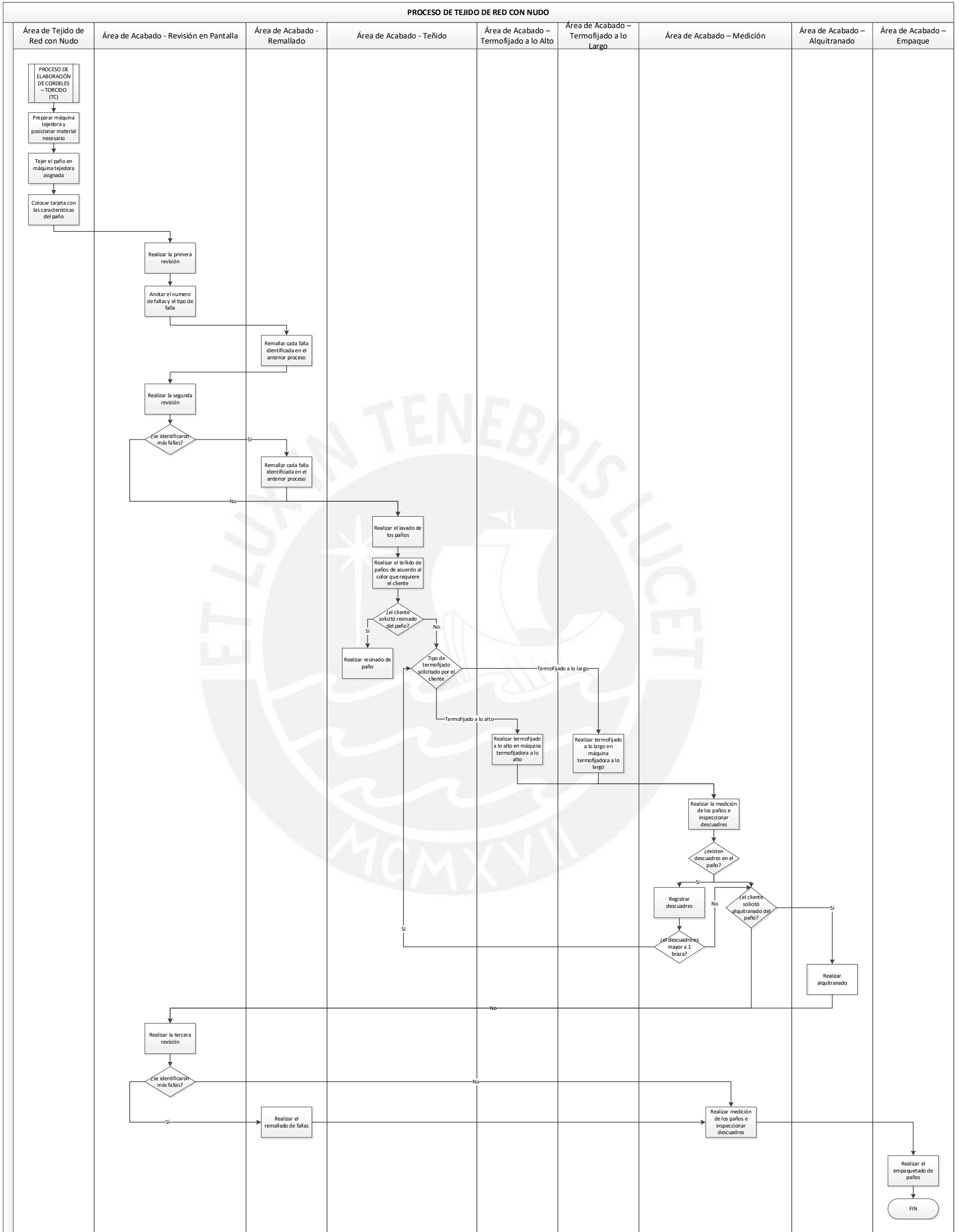


Figura 7: Proceso de tejido de redes con nudo

CAPÍTULO 3. Metodología propuesta para la implementación de herramientas *Lean Manufacturing*

La metodología que se plantea para implementar las herramientas de *Lean Manufacturing* es una adaptación de los pasos propuestos por Ramos (2012:40-41). El proceso estará compuesto por nueve etapas y buscará satisfacer la necesidad del incremento de la productividad y la eficiencia del flujo de producción en las redes de pesca.

- 1) **Comprometer a la alta gerencia:** La alta gerencia deberá de asimilar los conceptos de *Lean Manufacturing* para poder transmitirlos hacia todo su personal. De esta forma, todos se mantendrán comprometidos y en constante comunicación con el equipo que lidera el proyecto.
- 2) **Seleccionar una línea de producción:** Con la ayuda de un diagrama de Pareto, se seleccionará la línea de fabricación que tenga el mayor volumen de ventas, con el objetivo de causar el mayor impacto en el proceso de producción de una familia de productos.
- 3) **Seleccionar una familia de productos:** La selección de la familia de productos propondrá dos criterios de selección: El primer criterio consistirá en agrupar a todos los productos en familias por proceso, con el fin de conocer cuáles son los productos que pasan por los mismos procesos. Luego de ello, se tomará el volumen de ventas de los últimos doce meses y, mediante un diagrama de Pareto, se seleccionará aquella familia con mayor volumen de ventas. El segundo criterio identifica y cuantifica a todos los desperdicios de la línea de producción elegida, con el objetivo de identificar a la familia de productos que tenga la mayor cantidad de desperdicios. Ambos criterios favorecerán la selección de la familia que contribuya a conseguir un mayor beneficio para la organización.
- 4) **Desarrollo del mapa de flujo de valor actual:** Se iniciará con el levantamiento y análisis de la información, con el objetivo de construir el mapa de flujo de valor que describa la situación actual de la familia de productos elegida en el paso anterior. De esta forma, se podrán identificar los desperdicios presentes en toda la cadena de valor, desde que se recibe la materia prima hasta que se envía el producto final a los clientes. Cabe resaltar que para la construcción del mapa de flujo de valor se utilizarán los siguientes conceptos:

- Tiempo de Ciclo: Es el tiempo en el que se realiza la operación de transformación del producto en proceso. Este dato se va a determinar utilizando la información histórica de cada proceso.
 - Tiempo de Preparación: Es el tiempo de preparación de la máquina que realizará la operación o el tiempo que demora el paño en ser preparado para su procesamiento. Este dato se va a determinar a través de un estudio de tiempos.
 - Disponibilidad: Es el tiempo en que el operario o la máquina que realiza el proceso se encuentra apto para su utilización. Este dato se va a determinar utilizando el tiempo de uso de máquina y el tiempo de preparación de la misma.
- 5) Identificación de las causas raíz de los desperdicios que afectan la cadena de valor: Luego de haber identificado los desperdicios de la familia de productos seleccionada y presentarlos en el mapa de flujo de valor actual, se propondrá la construcción del Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE). De esta manera, para cada tipo de desperdicio hallado se identificará su causa raíz y se podrá ponderar a través de tres criterios de clasificación del modo de fallo, con el objetivo de realizar un estudio comparativo de los desperdicios que contribuya en la priorización de las herramientas *Lean*.
 - 6) Identificación de métricas del sistema productivo: Se procederá a identificar las métricas de la situación actual de la empresa, que servirán de línea base a los objetivos planteados que conduzcan hacia la situación propuesta.
 - 7) Priorización de las herramientas de mejora de procesos: Con las herramientas representadas, se procederá a priorizar las herramientas de mejora que hayan logrado el mayor puntaje en la matriz AMFE.
 - 8) Propuesta de mejora: Se iniciará con la ejecución del Plan *Kaizen* que contempla a todas las herramientas priorizadas en el punto anterior y cuyo fundamento teórico se ha descrito en el Capítulo 1.5.
 - 9) Evaluación del impacto económico: El costeo deberá de considerar variables como H-H, H-Máquina, inventarios de productos en proceso, etc. De esta forma, se evaluará la factibilidad económica de la implementación del Plan *Kaizen* en función al costo beneficio que obtendría la empresa.

CAPÍTULO 4. Análisis y diagnóstico de la situación actual de la empresa

El análisis y diagnóstico de la situación actual de la empresa tendrá por objetivo la identificación de los problemas existentes en el proceso productivo, así como la selección y priorización de herramientas que permitan controlar o eliminar dichos problemas. El desarrollo de este capítulo hará referencia a lo señalado en el Capítulo 3 desde el punto 1 hasta el punto 7.

4.1 Comprometer a la alta gerencia

Antes de dar inicio al diagnóstico de la situación actual, se requiere crear un compromiso en la alta gerencia y en todas las áreas de la empresa, con el fin de generar una comunicación constante con el equipo *Lean*¹ y participación activa en todas las actividades que involucren la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*. Es por esta razón, que el primer paso consiste en crear un cronograma de actividades donde se puedan definir las funciones, los responsables y las fechas de entrega que cada actividad deberá de cumplir.

4.2 Seleccionar una línea de producción

El primer paso consiste en recolectar la información de todos los productos vendidos en el año 2013. De esta manera, se construye un diagrama de Pareto que agrupe a todos los productos en tres líneas de producción. El resultado obtenido para la totalidad de kilogramos vendidos por línea de producción se muestra en la Figura 8.

4.3 Seleccionar una familia de productos

Dos son los criterios de selección que se propone para elegir la familia de productos que contribuya a obtener un mayor beneficio para la organización: El criterio del volumen de ventas y el criterio de la cantidad de desperdicios hallados. El fundamento de cada criterio será explicado en el Capítulo 4.3.1 y el Capítulo 4.3.2.

¹ El equipo *Lean* estará conformado por 3 ingenieros que serán contratados por la empresa por su amplia experiencia en la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

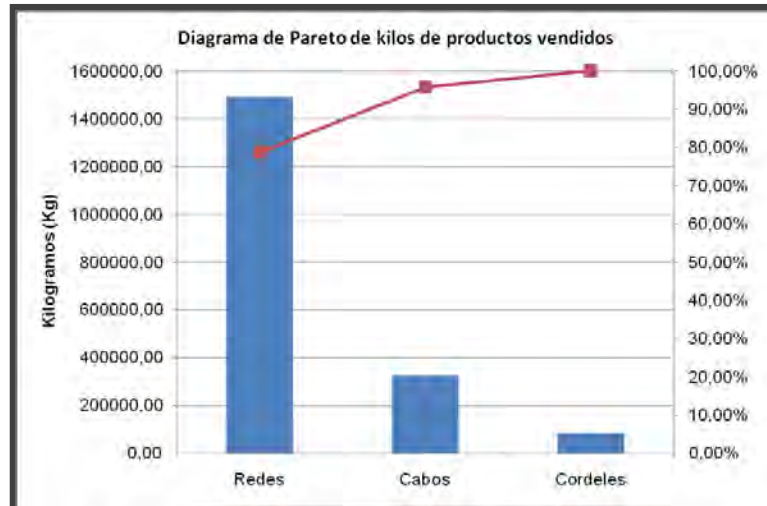


Figura 8: Diagrama de Pareto de kilos de productos vendidos

De la Figura 8, se concluye que la línea de producción de redes es la más representativa con un 78,63% del total del volumen de ventas.

4.3.1 Elección de la familia de productos a partir del volumen de ventas

La empresa cuenta con una clasificación que agrupa por familias a los productos que son destinados para un mismo tipo de pesca. Es por esta razón, que con la necesidad de conocer cuáles son los productos que pasan por etapas similares durante su transformación, se construye la matriz Producto – Proceso donde las columnas detallan los procesos necesarios en la fabricación de redes y las filas representan a las familias de productos que la empresa produce. En la Tabla 2, se detalla los procesos y se establece una denominación para cada una de ellos, con el fin de presentar en la Tabla 3 a todos los productos que corresponden a la línea de producción de redes, agrupados por familias de proceso.

Tabla 2: Denominación de cada proceso

Proceso	Denominación	Proceso	Denominación
Tejido RCN	P1	Termofijado a lo largo	P11
Tejido RSN	P2	Termofijado a lo alto	P12
Revisión 1	P3	Medición 1	P13
Remalle 1	P4	Alquitranado	P14
Revisión 2	P5	Revisión 3	P15
Remalle 2	P6	Remalle 3	P16
Teñido	P7	Medición 2	P17
Resinado	P8	Prensado	P18
Lavado	P9	Empacado	P19
Desenzimatización	P10		

Tabla 3: Familia de productos por proceso para Redes

		Pasos de Producción																			Familia por Proceso
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	
Productos	Redes con Nudo	Anchovetero	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Arrastre	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Cenefa	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Cortinero	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Sardinero	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Zipper	X		X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X		X	A
		Atunero	X		X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	B
		Lobero	X		X	X	X	X		X		X		X		X	X	X		X	C
		PE	X		X	X	X	X					X	X		X	X	X	X	X	D
		Jaula	X		X	X	X	X					X	X		X	X	X	X	X	D
		PES-PE	X		X	X	X	X					X	X		X	X	X		X	E
	Verde Resinado	X		X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	F
	Redes sin Nudo	Anchovetero		X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	G
		Azul Resinado		X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	G
Cortinero			X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	G	
Sardinero			X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	G	
Azul			X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	H	
Cultivo			X	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X		X	H	
	Salmonero		X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X	X	X	I	

De esta manera, se concluye de la Tabla 3 que se pueden identificar nueve familias de productos que serán catalogadas como la Familia "A" compuesta por las redes con nudo de los paños Anchovetero, Arrastre, Cenefa, Cortinero, Sardinero y Zipper; la Familia "B" compuesta por las redes con nudo del paño Atunero; la Familia "C" compuesta por las redes con nudo del paño Lobero; la Familia "D" compuesta por las redes con nudo de los paños PE y Jaula; la Familia "E" compuesta por las redes con nudo del paño PES-PE; la Familia "F" compuesta por las redes con nudo del paño Verde Resinado; la Familia "G" compuesta por las redes sin nudo de los paños Anchovetero, Azul Resinado, Cortinero y Sardinero; la Familia "H" compuesta por las redes sin nudo de los paños Azul y Cultivo; y la Familia "I" compuesta por las redes sin nudo del paño Salmonero.

Luego de haber clasificado a todos los productos en familias por proceso, se analiza las ventas que tuvo cada familia en los últimos doce meses y se construye el diagrama de Pareto de la Figura 9.

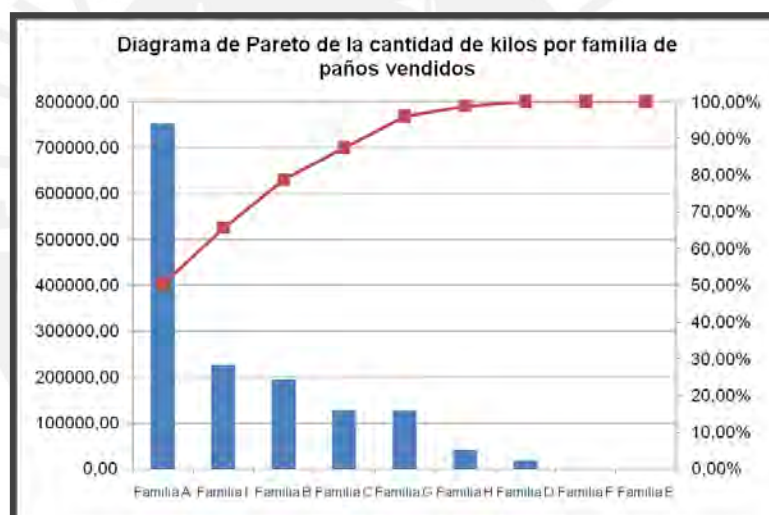


Figura 9: Diagrama de Pareto de ventas

De esta manera, se concluye que la Familia "A" es la más representativa con un volumen de ventas que representa el 50,36% de toda la producción de redes en la planta.

4.3.2 Por la cantidad de desperdicios hallados

El segundo criterio consiste en desarrollar una matriz, con el objetivo de identificar de manera visual que cada tipo de desperdicio se encuentra presente en las mismas áreas de producción por las que pasan cualesquiera de las familias, ya que los tipos de desperdicio no son propios de una familia sino son parte de la línea de producción de redes por la que pasan todas las familias de la Tabla 3.

Por esta razón, la matriz evaluará por familia, la presencia de desperdicios en cada área de producción y comprobará que, atacando las oportunidades de mejora de la familia con mayor cantidad de desperdicios, se podrá mejorar los problemas presentes en el resto de familias. Para ello, se identificarán los desperdicios que afectan las áreas de producción de cada una de las familias halladas en la Tabla 3 y se seleccionará la familia que contenga la mayor cantidad de desperdicios, según dos criterios propuestos de ponderación. De esta manera, se detalla en la Tabla 4 la denominación que cada área de producción adquiere, con el fin de mostrar para cada tipo de desperdicio la matriz Familia por Proceso – Área de Producción.

Tabla 4: Denominación de cada área

Área de Producción	Denominación	Área de Producción	Denominación
Tejido RCN	A1	Termofijado a lo largo	A7
Tejido RSN	A2	Termofijado a lo alto	A8
Revisión	A3	Medición	A9
Remalle	A4	Alquitranado	A10
Teñido/ Resinado/ Lavado	A5	Prensado	A11
Desenzimatación	A6	Empacado	A12

A modo de ejemplo, se desarrolla en la Tabla 5 la matriz para exceso de inventario y el análisis que muestra la matriz para los otros seis tipos de desperdicio es detallado en el Anexo 4.

Tabla 5: Matriz Familia por Proceso - Área para Exceso de Inventario

Exceso de Inventario														
		Área de Producción												Total
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	
Familia por Proceso	Familia A			X	X			X		X	X		X	6
	Familia B			X	X			X		X	X		X	6
	Familia C			X	X			X		X			X	5
	Familia D			X	X					X			X	4
	Familia E			X	X					X			X	4
	Familia F			X	X			X		X			X	5
	Familia G			X	X			X		X			X	5
	Familia H			X	X			X		X			X	5
	Familia I			X	X			X		X			X	5

Por otro lado, la Tabla 6 muestra el primer criterio de ponderación que utiliza como factor ponderable el porcentaje de contribución que cada familia obtuvo en las ventas del año 2013.

Tabla 6: Porcentaje de ventas según el tipo de familia por proceso

		Familia por Proceso	% Producido
Criterio 1		A	50,36%
		B	13,10%
		C	8,59%
		D	1,21%
		E	0,03%
		F	0,05%
		G	8,56%
		H	2,86%
		I	15,23%

Mientras que, el segundo criterio de ponderación corresponde al señalado en la Tabla 7 que representa el comportamiento teórico de los siete desperdicios en el proceso de manufactura, según Toyota.

Tabla 7: Los siete desperdicios

Criterio 2	5%	Valor Agregado	7 Desperdicios 95%
	10%	Sobreproducción	
	15%	Espera	
	20%	Transporte	
	10%	Sobreprocesamiento	
	20%	Exceso de Inventario	
	10%	Exceso de Movimientos	
	10%	Defectos	

Fuente: Manual de *Lean Manufacturing* (2007)

Con la ayuda de ambos criterios, la Tabla 8 muestra la matriz de ponderación que para cada casillero contabiliza el número de veces que un desperdicio se presenta en una determinada familia de productos (Véase la Tabla 5 y el Anexo 4), multiplicado por el porcentaje de contribución a las ventas del criterio 1 y el porcentaje teórico del desperdicio que no agregue valor del criterio 2. El resultado permite juzgar a cada familia no solo por la cantidad de desperdicio que presenta, sino por su contribución a las ventas de la organización y el peso teórico de sus desperdicios dentro del sistema productivo.

Cabe resaltar que el análisis cualitativo del estudio ha tomado en cuenta la experiencia de campo de los autores del presente trabajo de investigación, así como también a las entrevistas con los supervisores, asistentes, practicantes y operarios de producción.

Tabla 8: Matriz de ponderación de desperdicios por familias

Desperdicios por Familias										
		Criterio 2	10%	15%	20%	10%	10%	10%	20%	Total
			Sobre-producción	Espera	Exceso de Inventario	Defectos	Exceso de Movimientos	Sobre-procesamiento	Transporte	
Criterio 1	50,36%	Familia A	4,53	1,01	3,02	1,5	1,01	2,01	2,52	2,17
	13,10%	Familia B	1,31	0,26	0,79	0,3	0,26	0,52	0,66	0,56
	15,23%	Familia I	0,00	0,09	0,76	0,3	0,30	0,46	0,46	0,36
	8,56%	Familia G	0,12	0,02	0,43	0,3	0,17	0,26	0,26	0,22
	8,59%	Familia C	0,00	0,00	0,43	0,2	0,17	0,26	0,34	0,21
	2,86%	Familia H	0,00	0,00	0,14	0,1	0,06	0,09	0,09	0,07
	1,21%	Familia D	0,00	0,09	0,05	0,0	0,02	0,02	0,05	0,04
	0,03%	Familia E	0,00	0,15	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,02
	0,05%	Familia F	0,00	0,06	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,01

De esta manera, la Tabla 8 permite identificar a la Familia “A” como la familia con mayor cantidad de desperdicios y se concluye que al aplicar las herramientas de *Lean Manufacturing* sobre la Familia “A”, la empresa tendrá un mejor y mayor impacto en la reducción y/o eliminación de sus desperdicios, ya que las causas raíz que dan nacimiento a los desperdicios hallados en la Familia “A” son similares y hasta más importantes que en el resto de familias. Cabe resaltar que la Familia “A” ya había sido seleccionada en el Capítulo 4.3.1 y el estudio comparativo antes presentado ha servido para confirmar la decisión que contribuya a conseguir un mayor beneficio para la organización.

4.4 Desarrollo del Mapa de Flujo de Valor actual

El mapa de flujo de valor ilustra el ciclo de producción de una muestra histórica de paños de la Familia “A”, en el que se considera el tiempo de valor agregado y el tiempo de no valor agregado para poder visualizar las oportunidades de mejora en todo el flujo del proceso. El ciclo inicia con la previsión del cliente cada dos meses y la reunión con los encargados del área comercial para informar la cantidad de paños que se necesitarán. Después de haber realizado la previsión, el cliente emite la orden de compra a la empresa aproximadamente 2 veces al día (esto ocurre porque se considera que más de un cliente podrá emitir una orden de compra en el día), el área comercial procesa el requerimiento y se encarga de la planificación de la producción. Dicha planificación se coordina con el área de producción, quien realiza la programación semanal de la fabricación de paños.

La programación pasa a su vez a las sub áreas de producción llamadas área de acabados y área de tejido, quienes distribuyen el trabajo entre los operarios de acuerdo a su carga laboral. Adicionalmente, el mapa de flujo de valor permite observar la cantidad de inventario en proceso desde que inicia el ciclo de fabricación con el tejido del paño hasta el empaque y despacho del mismo. Cada inventario en proceso cuenta con su respectivo tiempo de espera que genera la mayor parte del tiempo de valor no agregado. Por otro lado, se puede observar que el despacho del producto terminado se ejecuta todos los días laborales y el ingreso de materia prima se realiza semanalmente.

De esta manera, el mapa de flujo de valor permite visualizar los tiempos de procesamiento de un paño en todas las etapas del proceso. En esta parte, se observa que existe un proceso llamado Centrifugado, el cual aparece como un proceso adicional al flujo normal, ya que el proceso aún se encuentra en prueba y es utilizado para disminuir el *lead time* del producto final. El nuevo proceso ocasiona que el paño salga casi seco después del proceso de teñido, donde habitualmente los paños salen mojados y se tiene que esperar entre uno a más días para que escurra antes de continuar con el siguiente proceso.

Los datos de tiempos de procesamiento y de inventario en espera se obtuvieron de la base de datos del ERP que se maneja en la empresa. Estos datos se consiguen, gracias a los formatos que cada área de producción posee y son utilizados para que el operario pueda llenar los tiempos de procesamiento e información adicional propia de cada proceso. Sin embargo, existen algunos formatos que no son transcritos correctamente al ERP por lo que existen incoherencias en algunos de los tiempos que se descargan de esta base de datos. Por ello, se ha realizado un estudio de tiempos para validar los tiempos provenientes del ERP y, además se añadió la toma de tiempos de transportes y tiempos de preparación para poder incluirlos dentro del mapa de flujo de valor. Asimismo, se realizó un conteo de inventario en proceso para poder delimitar la cantidad de inventario en espera.

Finalmente, la Figura 10 muestra el mapa de flujo de valor actual de la familia de productos seleccionada, dicha familia representa la mayor contribución al volumen de ventas en la línea de producción de redes. Su estudio se realiza con el objetivo de revelar las oportunidades de mejora y determinar los procesos que podrán ser optimizados, gracias a aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

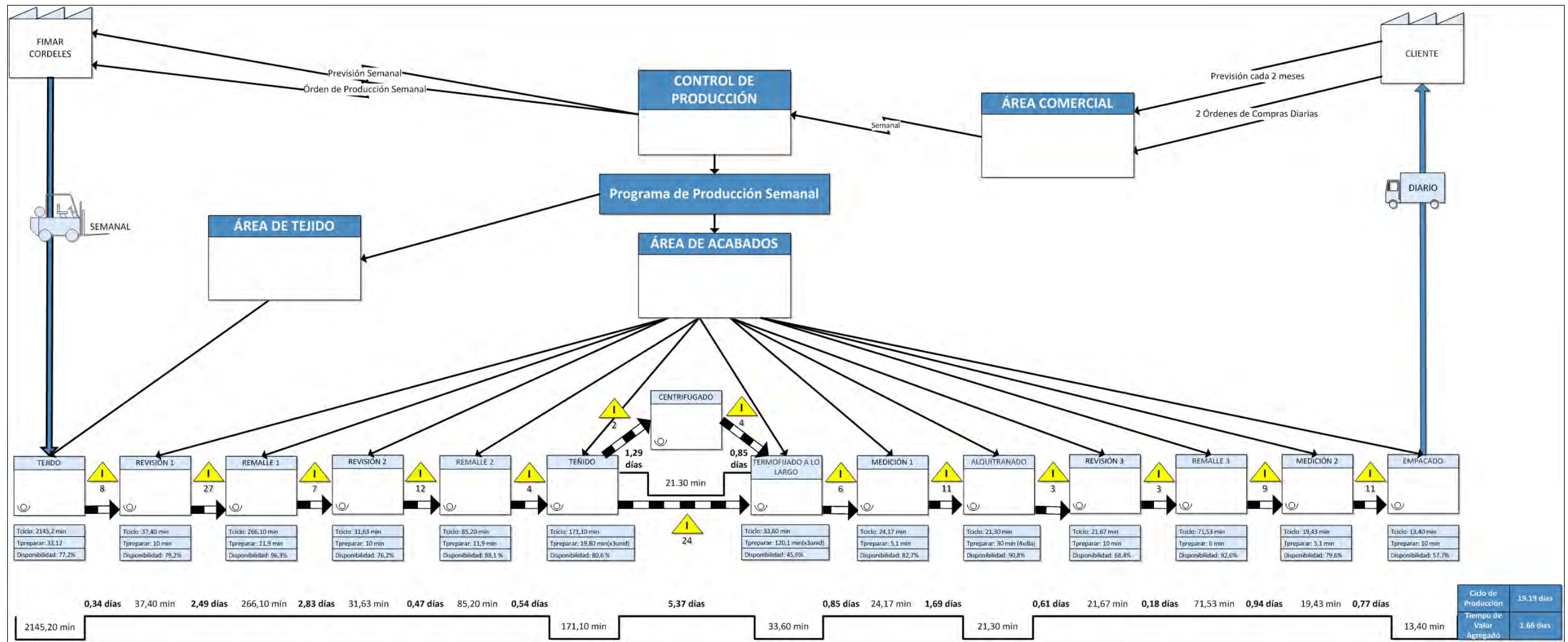


Figura 10: Mapa de flujo de valor actual de la Familia de Productos "A"

A modo de ejemplo, se explicará el cálculo de la disponibilidad para el proceso de revisión 1. Cabe resaltar que la disponibilidad en los otros procesos ha sido calculada siguiendo un método similar al presentado.

- i. El tiempo en que la máquina no está trabajando es hallado mediante la suma del tiempo de proceso y el tiempo de preparación, mostrado en la Tabla 9.

Tabla 9: Disponibilidad para el proceso de revisión 1

Tiempo de proceso (min)	37,40	47,40
Tiempo de preparación (min)	10,00	
Cantidad de paños al día	27,43	27
Disponibilidad		79,23%

- ii. La cantidad de paños procesados en un día se obtiene dividiendo el tiempo disponible diario que se muestra en la Tabla 10 entre la suma de los tiempos hallada en el punto i. El resultado obtenido se redondea al entero inferior y se obtiene la cantidad de paños que el proceso es capaz de producir al día.

Tabla 10: Tiempo disponible diario

Primer Turno		Segundo Turno		Tiempo (horas) disponible diario
	Tiempo (horas)		Tiempo (horas)	
Desayuno	0.25			
Almuerzo	0.75	Refrigerio	0.50	
Descansos programados	0.33	Descansos programados	0.50	
Total de tiempo no disponible	1.33	Total de tiempo no disponible	1.00	
Total de tiempo disponible	10.67	Total de tiempo disponible	11.00	21.67

- iii. La disponibilidad de la máquina u operario se halla a través de la resta del tiempo disponible diario y el tiempo de preparación por la cantidad de veces que se produce el paño, el cual es equivalente a la cantidad de veces que se realiza la preparación del paño. Finalmente, el resultado obtenido es dividido entre el tiempo disponible diario y se obtiene la disponibilidad de la máquina u operario.

4.5 Identificación de las causas raíz de los desperdicios que afectan la Cadena de Valor

Luego de haber realizado un estudio cualitativo en el Capítulo 4.3.2, que permitió identificar los desperdicios de la Familia “A” y presentarlos en el mapa de flujo de valor actual de la Figura 10, se propone la construcción del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) del proceso de producción de redes para la familia de productos “A”.

De esta manera, se comienza a enumerar los posibles fallos que se pueden producir dentro del proceso de fabricación y, mediante el criterio de valoración mostrado en la Tabla 11, sobre la gravedad de los efectos producidos y los criterios que revelan la probabilidad de ocurrencia del modo de fallo y su facilidad de detección detallados en el Anexo 5, se muestra el AMFE en la Tabla 12, con el objetivo de identificar las causas raíz que afectan la cadena de valor de la Familia “A” y priorizar las herramientas de mejora a utilizar en el mapa de flujo de valor futuro.

Tabla 11: Clasificación de la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Repercusiones imperceptibles		
Baja	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles		
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Defectos de relativa importancia		
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

Tabla 12: Tabla de Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) del Proceso

Área	Desperdicio	Efecto (Descripción) del Desperdicio	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	F	G	D	IPR	Herramienta
Tejido RCN	Transporte	Se tiene una distancia media hacia el área de revisión.	No existe una correcta distribución de planta.	Ninguna	10	4	5	200	Distribución de Planta
Revisión	Transporte	Se tiene una distancia media al área de alquitrán y al área de tejido.	No existe una correcta distribución de planta.	Ninguna	10	4	5	200	
Medición	Transporte	Se tiene una distancia media al área de empaque.	No existe una correcta distribución de planta.	Ninguna	10	4	5	200	
Empacado	Transporte	Se tiene una distancia media hacia el área de medición.	No existe una correcta distribución de planta.	Ninguna	10	4	5	200	
Alquitrinado	Transporte	Se tiene una distancia media hacia el área de revisión.	No existe una correcta distribución de planta.	Ninguna	7	4	5	140	
Tejido RCN	Defectos	Se genera gran cantidad de fallas en los paños, debido al mal tejido que se realiza en las máquinas tejedoras.	Falta de un plan que contemple el mantenimiento preventivo de las máquinas y su renovación por obsolescencia.	Se utiliza sensores en las máquinas, con el fin de evitar averías.	10	10	4	400	Mantenimiento Productivo Total
Termofijado a lo largo	Defectos	Se genera regular cantidad de descuadres del paño.	Falta de un plan que contemple el mantenimiento preventivo de las máquinas y su renovación por obsolescencia.	El área de medición se encarga de controlar el descuadre en cada paño.	5	8	4	160	
Teñido/ Resinado/ Lavado	Exceso de movimientos	Rebalse del tinte en el tanque de teñido.	La tapa del tanque se encuentra malograda (no sella bien ni se adhiere a la boca del tanque de teñido).	Ninguna	7	3	5	105	
Tejido RCN	Espera	Cuando la máquina se avería, el operario tiene que esperar hasta que sea reparada.	Falta de un plan que contemple el mantenimiento preventivo de las máquinas y su renovación por obsolescencia.	Se utiliza sensores en las máquinas, con el fin de evitar averías.	3	4	7	84	
Revisión	Espera	Se observó un problema con los rodillos en las pantallas de revisión.	El área de mantenimiento no se abastece o no llega de manera rápida a atender los diferentes problemas que surjan con las máquinas.	Ninguna	2	2	5	20	
Todas las áreas	Sobreproducción	Se produce 20% adicional de paños de lo solicitado por los clientes.	Falta de un correcto pronóstico de las ventas por parte del área comercial.	Ninguna	6	6	4	144	Pronóstico de la Demanda
Todas las áreas	Exceso de movimientos	Inventarios desordenados y no se sabe el proceso que siguen.	Falta de estandarización y correcta ubicación de cada inventario. No se resalta el proceso que se sigue.	El supervisor ordena y prioriza los paños que deben ir a cada proceso.	9	6	4	216	5 S
Revisión	Sobre-procesamiento	Cansancio visual por parte de los operarios, causando que se les pase algunas fallas y tengan que volver a revisar los paños.	Pantallas viejas y sucias con poca iluminación.	Ninguna	9	3	4	108	
Teñido/ Resinado/ Lavado	Exceso de movimientos	Contaminación de los suelos.	Después del teñido, los paños salen mojados y se chorrean en el suelo. También ocurre esto después de alquitrinado.	Ninguna	5	5	2	50	
Termofijado a lo largo	Sobre-procesamiento	Se realiza la preparación del paño con la máquina parada y de manera continua, cada vez que se procesa el paño.	Falta de un correcto método y modo de procesamiento, que debería ser indicado a los operarios.	Ninguna	9	4	4	144	SMED
Termofijado a lo largo	Exceso de inventario	Se tiene gran cantidad de inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida, ya que el tiempo de preparación es exorbitante.	Ninguna	7	6	2	84	

Área	Desperdicio	Efecto (Descripción) del Desperdicio	Causa Raíz del Desperdicio	Medida de Control	F	G	D	IPR	Herramienta
Remalle	Exceso de inventario	Se tiene gran cantidad de inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida.	Ninguna	6	6	2	72	Kanban
Medición	Exceso de inventario	Se tiene regular cantidad de inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida.	Ninguna	4	3	2	24	
Alquitranado	Exceso de inventario	Se tiene regular cantidad de inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida.	Ninguna	4	3	2	24	
Teñido/ Resinado/ Lavado	Espera	No llegan suficientes paños para ser procesados en teñido, debido al remallado.	El personal de remallado demora mucho tiempo en procesar los paños, debido a que cada paño es remallado por un operario.	Ninguna	3	2	2	12	
Revisión	Exceso de inventario	Se tiene paños como inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida.	Ninguna	3	2	2	12	
Empacado	Exceso de inventario	Se tiene paños como inventario en proceso.	Existe mucha producción de paños y la línea de producción no cuenta con la capacidad de procesar todo de manera fluida.	Ninguna	3	2	2	12	
Medición	Exceso de movimientos	Se procesa los paños, previo acomodo sobre el suelo, cuando se podría acomodar directamente en el pallet.	Falta de un correcto método de procesamiento que debería ser indicado a los operarios.	Ninguna	9	3	5	135	Cambio de Método de Trabajo
Teñido/ Resinado/ Lavado	Defectos	Se genera fallas, debido a la mala comunicación del color que se debe de teñir.	Falta de comunicación entre el supervisor y el operario. Además de una correcta señalización para diferenciar las características del paño.	El área de calidad se encarga de la conformidad del paño.	3	3	6	54	Poka-yoke
Todas las áreas	Talento humano	Los operarios deben de estar capacitados para poder realizar la operación y existe alta rotación.	Existe poco compromiso por parte de los operarios. Algunas veces no llegan al trabajo y otro personal tiene que ir a su puesto para reemplazarlo.	Ninguna	5	3	3	45	Cambio de Cultura Organizacional

4.6 Identificación de métricas del sistema productivo

Después de haber identificado las causas raíz de los desperdicios que afectan la cadena de valor de la Familia "A", se plantea identificar las principales métricas que permitan alcanzar la propuesta de mejora. De esta manera, con el fin de causar el mayor impacto en el proceso manufacturero de la empresa, se ha realizado un diagnóstico que agrupa a todas las averías que se han presentado en la planta en los últimos meses. El gráfico utilizado es ilustrado en la Figura 11.

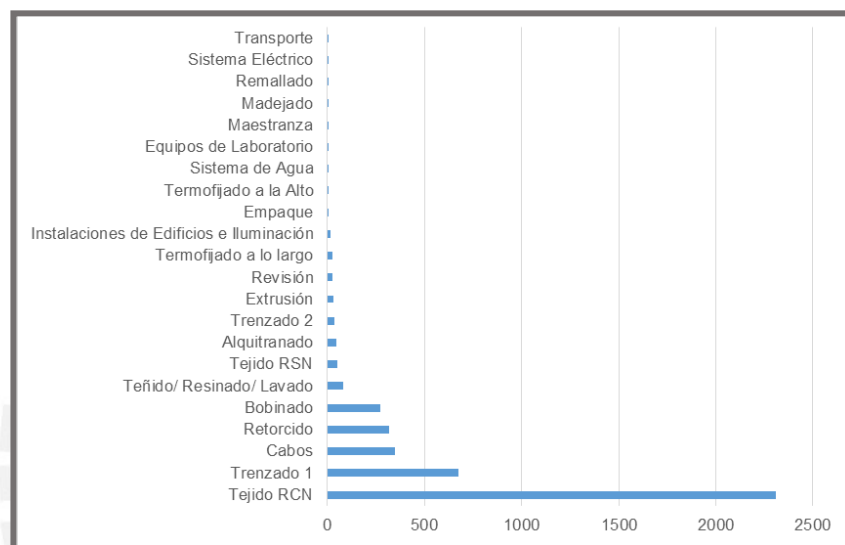


Figura 11: Cantidad de averías en toda la empresa

En base a la Figura 11, se puede concluir que de un total de 4 262 averías registradas en toda la planta entre los meses de noviembre y diciembre del 2013, y enero del 2014, el 54.13% provienen del área de tejido RCN.

El primer indicador a analizar será el tiempo promedio entre reparaciones (MTTR), cuya definición corresponde al tiempo que se espera hasta que el sistema tarde en recuperarse de una falla. Este valor fue calculado considerando desde que ocurre la falla hasta que el técnico de mantenimiento se acerca a la instalación y procede a reparar físicamente el sistema del área de tejido RCN. El MTTR se expresa en unidades de horas y tal como se muestra en la ecuación, mientras mayor sea el MTTR, el sistema tarda más en recuperarse de una falla, disminuyendo su disponibilidad.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total para restaurar}}{\text{Número de fallas}}$$

Finalmente, la Figura 12 muestra el gráfico del MTTR para el área de tejido RCN.

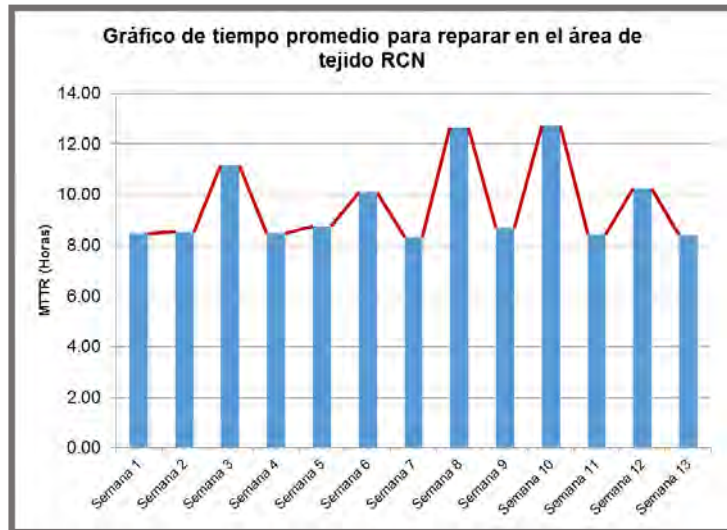


Figura 12: Tiempo promedio para reparar en el área de tejido RCN

Del gráfico presentado en la Figura 12, se puede concluir que el tiempo promedio entre reparaciones para el área de tejido RCN es de 9.64 horas.

Por otro lado, un segundo indicador a analizar será el tiempo promedio entre fallas (MTBF), consiste en la medición fundamental de la confiabilidad de un sistema y suele ser expresado en unidades de hora. Como se expresa en la ecuación, un mayor valor del MTBF, determina una mayor confiabilidad en el producto.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

Finalmente, la Figura 13 muestra el gráfico del MTBF para el área de tejido RCN.

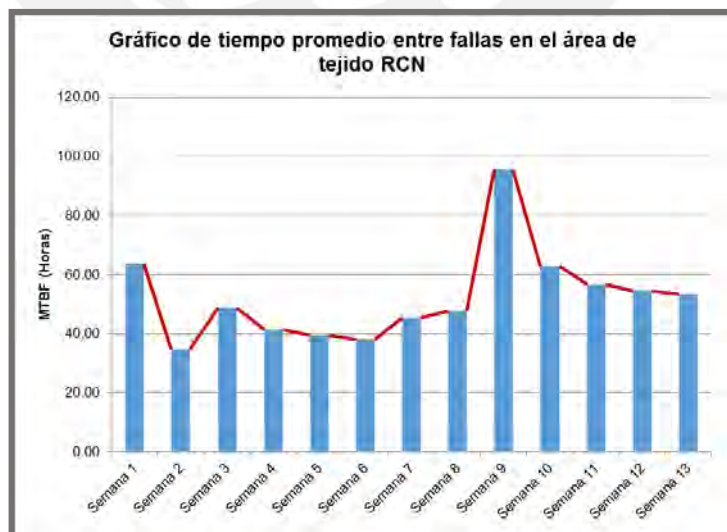


Figura 13: Tiempo promedio entre fallas en el área de tejido RCN

De esta manera, se concluye que el gráfico mostrado en la Figura 13, ilustra grandes variaciones entre los intervalos entre fallas de las máquinas de tejido RCN y una tendencia a la baja, que exalta la urgente implementación del mantenimiento autónomo para estabilizar el tiempo promedio entre fallas y llevar a la maquinaria, desde un estado de deterioro actual acelerado a un deterioro natural.

4.7 Priorización de las herramientas de mejora de procesos

De la Tabla 12, se concluye que las herramientas de mejora a aplicar pueden ser las que proponen la distribución de la planta, el mantenimiento productivo total en el área de tejido RCN, las 5 S, el SMED en el área de termofijado a lo largo, el Kanban, el pronóstico de la demanda, el cambio de método de trabajo en el área de medición, el Poka-yoke en el área de teñido, resinado y lavado, y un cambio en la cultura organizacional de la empresa en estudio. Por esta razón, con el fin de implementar las propuestas de mejora que mayor beneficio otorgue a la organización, se establece un ranking de acciones a desarrollar en la Tabla 13.

Tabla 13: Ranking de las herramientas a aplicar

	Herramienta	Total IPR
1	Distribución de Planta	940
2	Mantenimiento Productivo Total	769
3	5 S	374
4	SMED	228
5	<i>Kanban</i>	156
6	Pronóstico de la Demanda	144
7	Cambio de Método de Trabajo	135
8	<i>Poka-yoke</i>	54
9	Cambio de Cultura Organizacional	45

De esta forma, cuatro son las propuestas a desarrollar en el Capítulo 5: La primera consistirá en la distribución de la planta, la segunda en la aplicación del mantenimiento autónomo (pilar del mantenimiento productivo total) en el área de tejido RCN, la tercera en el desarrollo de las 5 S en el área de termofijado a lo largo (área piloto) y, finalmente, la aplicación del SMED en el área de termofijado a lo largo (área piloto) como medio para elevar la productividad de la empresa.

CAPÍTULO 5. Propuesta de mejora

La metodología propuesta en el Capítulo 3, se ha originado con la necesidad de diseñar una propuesta que contemple una correcta distribución física de la planta y la disminución y/o eliminación de actividades que no agreguen valor al producto. De esta forma, el objetivo de la propuesta de mejora buscará contribuir con la creación de una cultura de mejora continua que favorezca la reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora en la calidad de los productos. El desarrollo de este capítulo hará referencia a lo señalado en el Capítulo 3 en el punto 8.

El proceso para la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* en la empresa en estudio, propone tres fases diferenciadas que permitan conseguir la implantación de un sistema de calidad orientado hacia la mejora continua de todos sus procesos:

Etapa 1: Preparación

- a. Aviso oficial por parte de la dirección de la empresa de la decisión de introducir las 5 S y el mantenimiento autónomo: La gerencia de operaciones sostendrá reuniones con sus jefaturas y supervisores, con el objetivo de elaborar un documento que pueda ser difundido y señale su deseo de llevar a cabo un programa de TPM, y la filosofía y práctica de las 5 S en todos los procesos de la planta. Además, dicho documento solicitará el trabajo en equipo, compromiso y participación activa de todo el personal para mejorar los puestos de trabajo, detectar con mayor facilidad los problemas, ayudar a descubrir las anomalías y construir un sistema de control visual.
- b. Capacitación: El período de capacitaciones iniciará a nivel directivo y contemplará a los gerentes, jefes, supervisores, personal de mantenimiento, operaciones, logística y administración. En especial, se capacitará a los miembros del comité, líderes e integrantes de los equipos autónomos que integren la organización ejecutiva del plan de mejora continua.
- c. Organización: Se deberá de definir las responsabilidades y funciones de los comités de mejora y equipos autónomos. De esta forma, en la Figura 14, se propone la organización ejecutiva del plan de mejora continua en la empresa en estudio.
- d. Plan maestro de desarrollo: Preparar políticas, objetivos, metas y formular el plan maestro para el desarrollo del plan de mejora continua. Asimismo, se deberán de elaborar los plazos de tiempo que se prevean para ello.

Organización Ejecutiva del Plan de Mejora Continua

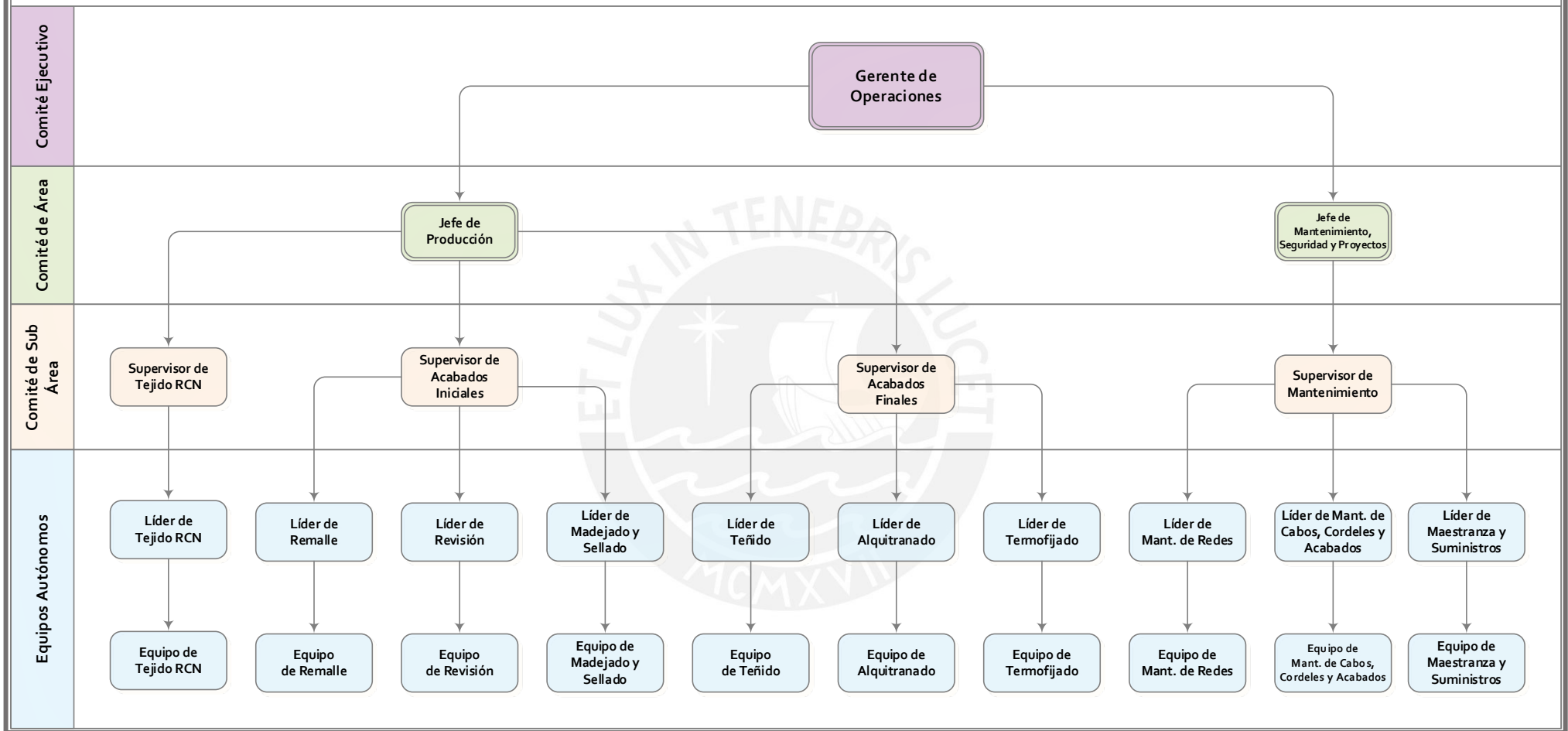


Figura 14: Organización ejecutiva propuesta para el plan de mejora continua

Etapa 2: Lanzamiento

- a. Definir los criterios para objetos necesarios e innecesarios: Se deberá de separar lo que sirve de lo que no sirve y de lo que sirve, se tendrá que separar lo innecesario.
- b. Proponer alternativas de áreas de desecho: Las zonas rojas propuestas servirán para validar de forma visual los resultados de la aplicación de las herramientas de mejora. En la Figura 15, Figura 16 y Figura 17 se propone las zonas rojas donde serán almacenados los objetos que podrían ser desechados, transferidos, donados, vendidos y/o almacenados.
- c. Implementar el panel del plan de mejora continua, formatos de auditorías y autoevaluaciones.



**Figura 15: Zona Roja del Área de Tejido
RCN**



Figura 16: Zona Roja del Área de Teñido



**Figura 17: Zona Roja del Área de
Alquitranado y Termofijado**

Etapa 3: Implementación

5.1 Implementación de las 5 S

De acuerdo con Villaseñor y Galindo (2007), las 5 S es una herramienta esencial en todo programa de manufactura esbelta, pues implica una suma de esfuerzos para mejorar la eficacia y/o eficiencia de los puestos de trabajo, detectar con mayor facilidad los problemas, ayudar a descubrir anomalías y construir un sistema de control visual. De esta manera, se presentará las fases que integren la implementación de las 5 S en la empresa en estudio.

a. **Seiri:** Organizar y Seleccionar

De acuerdo con la organización propuesta en la Figura 14, los miembros de cada equipo autónomo son responsables de identificar todos los objetos y herramientas que se encuentran dentro de su área de trabajo, separando dichos objetos en innecesarios, obsoletos, dañados y necesarios en función al proceso de clasificación propuesto en el Anexo 6. De esta forma, se clasifica a los objetos utilizando tarjetas de colores, como la mostrada en la Figura 18, que permitan identificar el lugar y categoría a la que pertenece cada elemento. Finalmente, el Anexo 6 también detalla la frecuencia de uso y los criterios que han sido evaluados para el etiquetado de los objetos en el área de trabajo.

Tarjeta Roja		
NOMBRE DEL ARTÍCULO		FOLIO N° 0001
CATEGORÍA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumental de Medición 4. Materia prima 5. Refacción	6. Inventario en Proceso 7. Producto Terminado 8. Equipo de Oficina 9. Lubrica y papelería 10. Limpieza o pesticidas
FECHA	LOCALIZACIÓN	TIPO DE COORDENADA
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR \$
RAZÓN	1. No es necesario 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido	6. Constantemente 7. Otro
Consideraciones especiales de almacenamiento		
<input type="checkbox"/> Ventilación especial	<input type="checkbox"/> En contacto con	
<input type="checkbox"/> Frágil	<input type="checkbox"/> Máxima altura	capas
<input type="checkbox"/> Explosivo	<input type="checkbox"/> Ambiente a	°C
ELABORADA POR	Departamento o sección	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar 2. Vender 3. Otros 4. Mover áreas de tarjetas rojas 5. Mover otra ubicación 6. Regresar proveedor int. o ext.	Desecho completo
FECHA DE DESECHO	Firma de autorización	Firma autorizada(s) FECHA DE DESPACHO
Vender e Irar		

Revisión: Fecha: FOLIO N° 0001 Tarjetas MINI PLANTA

Figura 18: Ejemplo de tarjeta roja

Fuente: Gestiopolis (2014)

A modo de ejemplo, se ha desarrollado el ejercicio de aplicar tarjetas rojas para evaluar y determinar la disposición de los objetos y/o herramientas de trabajo en las áreas de tejido RCN, revisión, remalle, teñido, resinado, lavado, termofijado a lo largo y alquitranado. De esta manera, la Tabla 14 muestra el seguimiento para la resolución de tarjetas rojas, la cantidad de elementos por tarjeta y el plan de acción a ejecutar con cada una de ellas.

Tabla 14: Seguimiento para la resolución de tarjetas rojas

Número de Tarjeta	Área de Producción	Contenido de la Tarjeta	Cantidad	Plan de Acción
TEJ01	Tejido RCN	Carrete de muestra	9	Desechar
TEJ02	Tejido RCN	Plato de encarretadora	2	Desechar
TEJ03	Tejido RCN	Gancho separador	6	Llevar al taller de redes
TEJ04	Tejido RCN	Repuesto Cam Clutch	1	Llevar al taller de redes
TEJ05	Tejido RCN	Templador para resorte	2	Llevar al taller de redes
TEJ06	Tejido RCN	Forro de rodillos	9	Llevar al taller de redes
REV01	Revisión	Silla	2	Desechar
REM01	Remalle	Caja con bobinas varias	2	Llevar al almacén
REM02	Remalle	Caja con bobinas varias	1	Clasificar y procesar
REM03	Remalle	Pallet de paños cortos	1	Pesar y llevar al almacén para su venta
REM04	Remalle	Repisa amarilla	1	Desechar
REM05	Remalle	Paño RCN	1	Pesar y llevar al almacén para su venta
REM06	Remalle	Silla	1	Desechar
REM07	Remalle	Caja de bobinas varias	1	Clasificar y procesar
REM08	Remalle	Carrete vacío	11	Llevar a trenzado
REM09	Remalle	Caballote dañado	1	Cambiar
TEÑ01	Teñido/ Resinado/ Lavado	Caja de tintes varios	20	Clasificar
TEÑ02	Teñido/ Resinado/ Lavado	Recipiente de productos químicos	4	Almacenar
TEÑ03	Teñido/ Resinado/ Lavado	Pallet de retazos de polietileno	1	Pesar y llevar al almacén para su venta
TEÑ04	Teñido/ Resinado/ Lavado	Escalera	1	Retirar y ubicar a lado de la subestación
TEÑ05	Teñido/ Resinado/ Lavado	Recuperador de cabos	1	Reubicar en el área de cabos
TER01	Termofijado a lo largo	Máquina secadora	1	Tramitar su salida y retirar

Número de Tarjeta	Área de Producción	Contenido de la Tarjeta	Cantidad	Plan de Acción
TER02	Termofijado a lo largo	Andamio	1	Reubicar en el área
TER03	Termofijado a lo largo	Casillero de madera	1	Cambiar
TER04	Termofijado a lo largo	Archivador de tarjeta	1	Cambiar
TER05	Termofijado a lo largo	Paño RCN	1	Pesar y llevar al almacén para su venta
TER06	Termofijado a lo largo	Stocka dañada	1	Reparar
TER07	Termofijado a lo largo	Retazo de paños	2	Desechar
ALQ01	Alquitrinado	Cilindros de brea 350	5	Desechar
ALQ02	Alquitrinado	Pantalla de revisión	1	Reparar
ALQ03	Alquitrinado	Tapa de tina alquitradora	1	Desechar

De la Tabla 14, se puede concluir que se colocarían 31 tarjetas rojas que corresponderían a 93 elementos innecesarios. Se observa también que cada tarjeta ha sido codificada, con el objetivo de controlar la evolución y el seguimiento del plan de acción que permita disponer de los elementos y/o herramientas que ocupan un lugar innecesario.

Por otro lado, la Tabla 15 muestra el estado final que tendrían los elementos marcados con tarjetas rojas.

Tabla 15: Estado final de tarjetas rojas

Número de Tarjeta	Área de Producción	Contenido de la Tarjeta	Cantidad	Estado Final
TEJ01	Tejido RCN	Carrete de muestra	9	Desechado
TEJ02	Tejido RCN	Plato de encarretadora	2	Desechado
TEJ03	Tejido RCN	Gancho separador	6	Transferido al taller de redes
TEJ04	Tejido RCN	Repuesto Cam Clutch	1	Transferido al taller de redes
TEJ05	Tejido RCN	Templador para resorte	2	Transferido al taller de redes
TEJ06	Tejido RCN	Forro de rodillos	9	Transferido al taller de redes
REV01	Revisión	Silla	2	Desechado
REM01	Remalle	Caja con bobinas varias	2	Transferido al almacén
REM02	Remalle	Caja con bobinas varias	1	Ordenado
REM03	Remalle	Pallet de paños cortos	1	Transferido al almacén
REM04	Remalle	Repisa amarilla	1	Desechado
REM05	Remalle	Paño RCN	1	Transferido al almacén
REM06	Remalle	Silla	1	Desechado
REM07	Remalle	Caja de bobinas varias	1	Ordenado
REM08	Remalle	Carrete vacío	11	Transferido al área de trenzado

Número de Tarjeta	Área de Producción	Contenido de la Tarjeta	Cantidad	Estado Final
REM09	Remalle	Caballote dañado	1	Desechado
TEÑ01	Teñido/ Resinado/ Lavado	Caja de tintes varios	20	Ordenado
TEÑ02	Teñido/ Resinado/ Lavado	Recipiente de productos químicos	4	Ordenado
TEÑ03	Teñido/ Resinado/ Lavado	Pallet de retazos de polietileno	1	Transferido al almacén
TEÑ04	Teñido/ Resinado/ Lavado	Escalera	1	Transferido a la sub estación
TEÑ05	Teñido/ Resinado/ Lavado	Recuperador de cabos	1	Transferido al área de cabos
TER01	Termofijado	Máquina secadora	1	Permanece
TER02	Termofijado	Andamio	1	Ordenado
TER03	Termofijado	Casillero de madera	1	Desechado
TER04	Termofijado	Archivador de tarjeta	1	Desechado
TER05	Termofijado	Paño RCN	1	Transferido al almacén
TER06	Termofijado	Stocka dañada	1	Ordenado
TER07	Termofijado	Retazo de paños	2	Desechado
ALQ01	Alquitranado	Cilindros de brea 350	5	Desechado
ALQ02	Alquitranado	Pantalla de revisión	1	Ordenado
ALQ03	Alquitranado	Tapa de tina alquitranadora	1	Desechado

Finalmente, el resumen del tratamiento que se les daría a los elementos marcados con tarjeta roja se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Resumen del estado final de tarjetas rojas

Estado de Tarjetas	Cantidad de Tarjetas	%
Trasferido	12	39%
Desechado	11	35%
Ordenado	7	23%
Permanece	1	3%
Total	31	

La Tabla 16 registra que, de un total de 31 tarjetas rojas colocadas, el 39% fueron transferidas hacia otra área, mientras que solo un 35% fueron desechadas y el 23% fueron ordenadas. Sin embargo, existe una tarjeta que todavía permanece y corresponde a una máquina que aún no ha podido ser retirada, debido a los trámites previos que exige la SUNAT y a la decisión de la empresa de optar por la mejor forma de desechar el equipo, sin que ello le genere una competencia desleal, en caso el equipo pueda ser recuperado por otra empresa que pueda reutilizarlo.

b. **Seiton:** Ordenar

En la actualidad, la empresa almacena el producto que sale del proceso de revisión y remalle, en los espacios vacíos que se encuentren entre los procesos de termofijado a lo largo, teñido y/o alquitrinado, sin haber antes determinado un estricto espacio para tal fin. Razón por la cual, los paños son acomodados según la disponibilidad del espacio y/o la prioridad que el supervisor le pueda dar a un determinado producto. De esta manera, los tiempos de espera pueden ser relativamente altos y pueden aún incrementarse cuando el montacargas de la Figura 19 va en busca de paños, que, por causa de su mala ubicación, pueden estar o muy alejados o muy cerca del proceso productivo que les corresponde.



Figura 19: Traslado de paños con montacargas

Por esta razón, se plantea que los paños en proceso deberán ser identificados con etiquetas que realmente permitan reducir los movimientos de los operarios hasta encontrar materiales, eliminar el desplazamiento inútil de estos mismos materiales y el stock no necesario frente al puesto de trabajo. Además, se recomienda marcar a todas las áreas que rodean a las máquinas de producción, materia prima, inventario en proceso y producto terminado, con el objetivo de evitar accidentes en la planta y permitir un flujo correcto de materiales. De esta manera, según Cuatrecasas y Torrell (2010), se podrá utilizar líneas de color verde para la delimitación de las áreas de trabajo, líneas amarillas para los pasillos y las líneas naranja para delimitar las áreas para *stocks* u otras líneas divisorias.

A modo de ejemplo, se ha desarrollado las líneas de marcación que tendría el producto en espera a ser procesado en la Figura 20 y las líneas de marcación para los inventarios en proceso en la Figura 21, ambas en el área de termofijado a lo largo. Cabe resaltar que el mismo procedimiento podrá ser replicado en otras áreas

de la empresa y será auditado a partir del control visual, que supone al control de la vista el correcto funcionamiento del área de trabajo.



Figura 20: Marcación para producto en proceso



Figura 21: Marcación para inventarios en proceso

c. **Seiso:** Limpiar

La empresa trabaja con productos químicos y colorantes que están en constante manipulación por los operarios. De esta manera, se ha verificado que no cuenta con un plan de limpieza que permita mantener en condiciones adecuadas los ambientes de trabajo, ya que se ha observado gran cantidad de pisos mojados y suelos con presencia de alquitrán de hulla en sus superficies.

En ese sentido, el área de teñido, resinado y lavado, y el área de alquitranado tienen la mayor incidencia en la contaminación de suelos, ya que es después de sus procesos donde los paños se escurren hasta secar. Por esta razón, resulta siendo necesaria la aplicación de un plan de limpieza que permita generar un compromiso en todos los operarios con esta nueva filosofía y mantener ambientes de trabajo con menos accidentes, agradables y confortables.

Para la aplicación de esta etapa, se ha diseñado en la Figura 22, la programación en horas por cada cambio de turno. Cabe resaltar que, para un mejor balanceo de la carga de trabajo, se ha tomado en consideración la rotación en los días y las horas de aplicación. De esta manera, los responsables de verificar el cumplimiento de los objetivos de la limpieza serán los líderes de los equipos autónomos (Véase la Organización ejecutiva propuesta para el plan de mejora continua en la Figura 14), quienes tendrán una hoja de verificación para la limpieza, mostrado en la Figura 23.



HORARIO SEMANAL PARA LA LIMPIEZA EN EL PUESTO DE TRABAJO

Versión 2

Código 5 S-1

Turno	Hora de Limpieza	Responsable	Área	Equipo	Zona	Elementos de limpieza necesarios	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	07:00 - 07:30	Líder de Tejido RCN	Tejido RCN	Máquina tejedora RCN	Paredes, Pisos y Techos	Trapo humedecido con agua. Escobas, bolsas y tachos de basura	x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Tejido RSN	Tejido RSN	Máquina tejedora RSN			x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Revisión	Revisión	Pantalla			x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Teñido	Teñido / Lavado/ Resinado	Teñidora			x		x		x	
2	19:00 - 19:30			Lavadora				x		x		x
1	07:00 - 07:30			Resinadora			x		x		x	
2	19:00 - 19:30			Máquina foulard				x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Alquitranado	Alquitranado	Alquitranadora			x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Termofijado	Termofijado a lo largo	Termofijadora a lo largo			x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30		Termofijado a lo alto	Termofijadora a lo alto			x		x		x	
2	19:00 - 19:30							x		x		x
1	07:00 - 07:30	Líder de Madejado y Sellado	Prensado	Prensadora	x		x		x			
2	19:00 - 19:30					x		x		x		
1	07:00 - 07:30		Empacado	Pantalla empacadora	x		x		x			
2	19:00 - 19:30					x		x		x		

Figura 22: Horario semanal para la limpieza en el puesto de trabajo


	HOJA DE VERIFICACIÓN PARA LA LIMPIEZA EN EL PUESTO DE TRABAJO	Versión	2
		Código	5 S-2
Actividades	Cumple		
	Sí	No	
¿Los materiales han sido devueltos y se encuentran en el lugar que les corresponde?			
¿El área de trabajo está libre de basura y suciedad?			
¿Las zonas de tránsito para personas y vehículos se encuentran despejadas?			
¿Existen recipientes para la recogida de desechos selectivos?			
¿Los objetos personales son mantenidos en el área asignada para cada operario?			
¿Los pisos están trapeados, sin manchas y secos para evitar accidentes?			

Figura 23: Hoja de verificación para la limpieza

d. **Seiketsu:** Estandarizar

Para mantener el estado de orden, limpieza e higiene en el puesto de trabajo, es necesario el diseño de normas que identifiquen los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad y procedimientos a seguir, en caso de identificar una situación diferente. Por ello, se propone capacitar a los operarios en el conocimiento de sus funciones y las zonas que quedan a su cuidado, con el fin de elevar su motivación y mejorar su bienestar al crear un hábito de conservar impecable su lugar de trabajo.

A modo de ejemplo, se ha diseñado un formato en la Figura 24 para el área de teñido. La aplicación de este formato permitirá informar a todos los operarios del área de teñido si existe alguna anomalía entre el estado actual del equipo antes y después que termine su turno. En ese sentido, se pone en evidencia la gran cantidad de tinte que fluye por las paredes de las tinajas, que, de no ser limpiadas al finalizar el proceso, podrían perder la capacidad de teñir paños con diferentes colores al conservar siempre una alta concentración de tinte negro. De esta manera, las herramientas de control visual podrán ser replicadas en todas las áreas de la empresa y se utilizarán para difundir los resultados de las actividades, comunicar políticas y procedimientos de una determinada área de trabajo.

	CONTROL VISUAL PARA LA LIMPIEZA EN TEÑIDO	Versión	2
		Código	5 S-3
ANTES		DESPUÉS	
			
Sucio, desordenado con rastros de tinte		Limpio y ordenado	

Figura 24: Formato de control visual para la limpieza en teñido

e. **Shitsuke:** Disciplina

Luego de haber establecido la organización, orden, limpieza y un método estandarizado para llevarlo a cabo, convendrá cumplir con los estándares propuestos para mantenerlos y adaptarlos a la evolución de los procesos a lo largo del tiempo. De esta manera, se propone implementar un tablero de gestión visual para la filosofía y practica de las 5 S. El tablero deberá de incluir un espacio en donde las personas responsables puedan escribir las actividades reales y pendientes. Se podrán colocar fotos de la situación de partida (antes de haber aplicado las 5 S), con el fin de comparar el antes y después del área piloto. Mejorar y dar a conocer los métodos para la puesta a punto de los equipos, mostrar las acciones correctivas y sus efectos sobre los procesos, determinar y modificar estándares de inspección, y motivar al personal relacionado con el área de trabajo.

Finalmente, se recomienda la ejecución de talleres de refuerzo o pequeñas dinámicas con problemas reales del área, para no perder la motivación y compromiso que hasta ahora se ha conseguido. Gracias a ello, se podrá crear un verdadero cambio cultural en las personas y gestionar las condiciones para estimular la práctica de su disciplina.

5.2 Implementación del mantenimiento autónomo

Luego de haber implementado las 5 S, se iniciará con la implementación del mantenimiento autónomo, con el objetivo de buscar un cambio de aptitud en el operario que contribuya en la inspección propicia de problemas reales o latentes en los equipos.

En la actualidad, la empresa no cuenta con ningún programa estructurado que garantice el buen y continuo mantenimiento de sus máquinas. Asimismo, no dispone de un sistema de información que determine de manera estandarizada las causas y consecuencias de las averías en los telares. Por esa razón, se ha definido un registro de información histórica que permita la construcción de bases de datos de averías y definir los indicadores actuales del área de tejido RCN en el Capítulo 4.6. Gracias a ello, el Anexo 7 detalla las partes de la máquina tejedora e identifica la cantidad de averías que ha sido ocasionada por cada parte, con el objetivo de perseguir las causas de cada una de ellas.

De esta manera, se puede concluir que de un total de 2 307 averías reportadas en los meses de noviembre y diciembre del 2013, y enero del 2014, la cuneta es la parte de la máquina que mayores problemas ha tenido con 683 averías, seguida de la bancada y transmisión con 539 averías.

a. **Paso 1:** Realizar la limpieza inicial

Se inicia con la limpieza inicial, eliminando el polvo y la suciedad de los equipos, así como el descubrimiento de las anormalidades presentes en la cuneta, y la bancada y transmisión. De esta forma, se comenzará a señalar la ubicación de las anormalidades, con el fin de agrupar y presentar en la Figura 26 y la Figura 25, el análisis del profesor Doctor Kaoru Ishikawa que permita congregar las principales causas de avería y realizar propuestas para su prevención en la máquina tejedora.

En ese sentido, se podrá señalar donde ocurren las anormalidades, mediante el uso de tarjetas blancas o verdes para los problemas que los operarios puedan manejar por sí solos, y tarjetas rojas para los que debe tratar el departamento de mantenimiento. Cabe resaltar que la señalización de problemas será considerada como una llamada de atención y deberá de involucrar a toda la organización propuesta (Véase la Figura 14) en su solución.

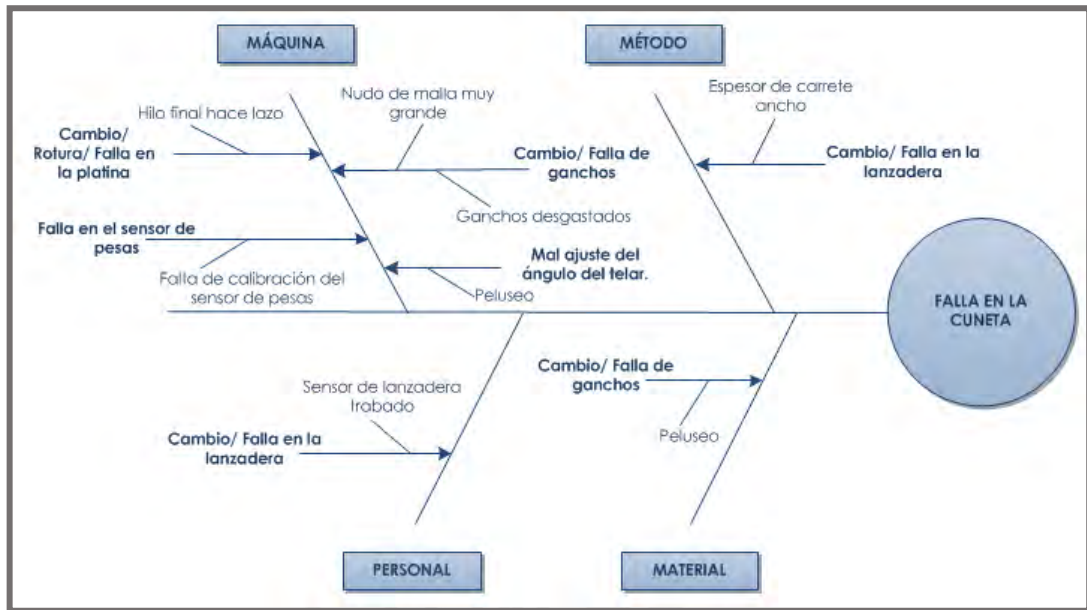


Figura 26: Diagrama causa-efecto para falla en la cuneta

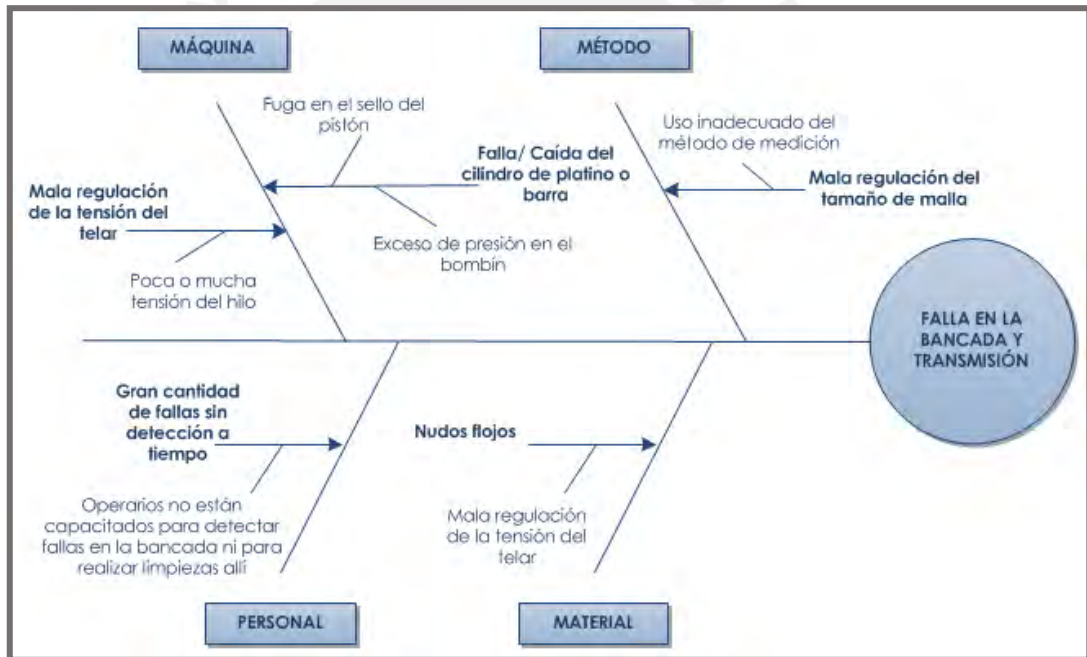


Figura 25: Diagrama causa-efecto para falla en la bancada y transmisión

De la Figura 26 y la Figura 25, se puede concluir cuáles son las principales anomalías presentes en la cuneta, y la bancada y transmisión. Gracias a esta práctica, se iniciará con la corrección de las pequeñas deficiencias y el establecimiento de las condiciones básicas del equipo que contribuya a descubrir los puntos peligrosos y prevenir accidentes.

- b. **Paso 2:** Eliminar las fuentes de contaminación y puntos inaccesibles

Luego de haber aplicado el paso anterior, se elaboran planes más adecuados para llevar a cabo una limpieza efectiva que reduzca el tiempo invertido durante la limpieza, la lubricación y los chequeos. En ese sentido, la Tabla 17 es una adaptación del formato propuesto por Ramos (2012:81) para la descripción de las principales causas de parada de máquina en la cuneta, y la bancada y transmisión, con el fin de plantear un estándar de actividades, a través del entrenamiento y formación de los operarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

c. **Paso 3:** Establecer estándares de limpieza e inspección

La fase siguiente consiste en establecer estándares que permitan garantizar el mantenimiento de las condiciones básicas y la situación óptima del equipo. En ese sentido, el primer estándar corresponde al mostrado en la Tabla 18, donde se señala una adaptación del formato propuesto por Suzuki (1995:118) para la estandarización provisional de limpieza, chequeo y lubricación de las máquinas tejedoras en el área de tejido RCN.

Por otro lado, se ha tomado en consideración la introducción de controles visuales que permitan controlar e indicar las condiciones de operación del equipo. De esta manera, se proponen los siguientes estándares:

- Elementos que no cuentan con una ubicación óptima y uniforme para la elaboración del trabajo: Se recomienda uniformizar el tamaño, material y tipo de carrete usado en la máquina de tejido, con el fin de evitar condiciones físicas que puedan generar averías sobre la máquina tejedora, tal como se muestra en la Figura 27.

	CONTROL VISUAL PARA TEJIDO RCN	Versión	1
		Código	TPM-1
ELEMENTOS NO UNIFORMES PARA EL TEJIDO			
			

Figura 27: Formato de control visual para tejido RCN

Tabla 17: Propuesta de tareas de mantenimiento en base al análisis de causa raíz

Falla	Consecuencia de falla	Causa de falla	Tarea de Mantenimiento	Tiempo (min)	Intervalo				Área Responsable
					D	S	M	A	
Falla en la Cuneta	Mal ajuste del ángulo del telar.	Peluseo: Se origina cuando el ángulo del telar comienza a chocar con la guía de urdimbre. El operario se da cuenta de que ocurre esta falla, debido a la formación de pelusas entre los ganchos superiores.	Revisar y ajustar ángulo del telar	15	x				Mantenimiento
			Limpieza	10	x				Producción
	Cambio/ Falla de ganchos.	<p><u>Nudo de malla muy grande</u>: El proceso de retorcido entrega hilos no estandarizados que provocan la formación de nudos muy grandes y van debilitando los ganchos.</p> <p><u>Ganchos desgastados</u>: Los ganchos superiores e inferiores son los encargados de sujetar hilo a hilo y facilitar el tejido de los nudos. Estos pueden fallar o romperse, debido al calor producido por la máquina o por el desgaste del material (acero cromado y/o acero de plata).</p> <p><u>Peluseo</u>: Se origina cuando el gancho inferior está muy afilado y corta el hilo, y/o cuando el material está defectuoso. El operario se da cuenta de que ocurre esta falla, debido a la formación de pelusas entre los ganchos superiores.</p>	Inspeccionar ganchos superiores e inferiores	20		x			Producción
			Limpieza	10	x				Producción
	Cambio/ Rotura/ Falla en la platina.	<u>Hilo final hace lazo</u> : Los bordes finales del paño actúan como marcas a los extremos y son utilizados para el acabado final del paño.	Ajustar platina en ambos extremos de la máquina	10			x		Mantenimiento
Falla en la Cuneta	Cambio/ Falla en la lanzadera.	<u>Espesor de carrete ancho</u> : El proceso de encarretado envía carretes de presión variable en su espesor, y el almacenamiento de la trama no tiene una medida uniforme. El número de vueltas para llenar la trama en el carrete y la distancia para colorear la marca final, no está estandarizado y depende de cada operario.	Inspeccionar carretes	30	x				Producción
	Cambio/ Falla en la lanzadera.	<u>Sensor de lanzadera trabado</u> : Debido a que los carretes tienen diferente presión, la lanzadera que contiene al carrete comienza a girar con dificultad, provoca sobresaltos y paradas en la máquina. Por esta razón, el operario prefiere apagar el sensor y trabajar de forma continua, sin importar que la presión en la lanzadera aumente, se estrelle contra la máquina y cause su rotura. Por otro lado, el sensor también puede no estar calibrado y enviar señales para que se detenga la máquina sin que la lanzadera se encuentre fuera de lugar o, en su defecto, no enviar señales cuando deben ser enviadas.	Control de sensor	15	x				Producción
	Falla en el sensor de pesas.	<u>Falta de calibración del sensor de pesas</u> : Cuando no hay hilo en la trama, cae un peso dentro de la cuneta que es detectado por el sensor de pesas y envía una señal a la máquina para que se detenga. El sensor de pesas falla cuando envía la señal para detener la máquina sin que caiga el peso o, en su defecto, cuando cae el peso y no envía ninguna señal.	Control de sensor	15		x			Producción
Falla en la Bancada y Transmisión	Mala regulación del tamaño de malla.	<u>Uso inadecuado del método de medición</u> : El proceso de verificación del tamaño de malla a la salida del telar, es casi siempre realizado por el área de control de calidad. Sin embargo, la ausencia de un estándar visual y/o documentado causa la variabilidad en las medidas, en caso de encargar el procedimiento a una persona diferente.	Usar el método estandarizado de medición (Véase la Figura 28)	10	x				Calidad
	Mala regulación de la tensión del telar que implica la aparición de mallas grandes y deformes.	<p><u>Nudos flojos</u>: Se produce cuando no se regula adecuadamente la tensión del telar o cuando no se tiene la cantidad adecuada de la resina fijadora de nudos.</p> <p><u>Poca o mucha tensión del hilo</u>: Si el hilo tiene poca o mucha tensión, se debe aumentar o disminuir, respectivamente, la tensión en la máquina, ya que esto produce deformaciones en el paño o mallas más grandes de lo requerido.</p>	Control del nivel de resina para fijación de nudos	5	x				Calidad
			Ajustar fijador de nudos	15	x				Producción
	Falla/ Caída del cilindro de platino o barra.	<p><u>Fuga en el sello del pistón</u>: El sistema hidráulico de la barra está compuesto por pistones que emplean sellos para no permitir la fuga del líquido de freno. Cuando hay un vencimiento en el sello, la barra comienza a rebotar sobre la superficie, ya que no hay freno que se lo impida. En consecuencia, el telar causa mallas elongadas y/o templadas.</p> <p><u>Exceso de presión en el bombín</u>: La excesiva presión en el bombín puede causar la falla y/o reemplazo de los frenos.</p>	Ajuste	30	x				Mantenimiento
			Control del nivel del líquido de freno ²	5	x				Mantenimiento
		Regular presión	20			x		Mantenimiento	

² Las máquinas tejedoras tienen frenos de auto. Según el técnico de mantenimiento de la empresa en estudio, una máquina tejedora frena alrededor de 20 000 veces al día.

Tabla 18: Plan de inspección, ajuste y lubricación a través de la limpieza

Parte de la máquina	Estándar	Actividad	Herramientas/Sentidos	Tiempo (min)	Intervalo				Responsable
					D	S	M	A	
Limpiar									
Cuneta	Libre de residuos, polvo y grasa	Limpieza externa: Mínimo 1 vez a la semana. Limpieza interna: Una vez al mes, durante el mantenimiento.	Trapo industrial y líquido desengrasante	15		x			Operario del área de tejido RCN
	Libre de peluseo	Limpieza externa: Mínimo 1 vez al día. Limpieza interna: Una vez al mes, durante el mantenimiento.	Trapo industrial y escobillón de mango corto	10	x				Operario del área de tejido RCN
Bancada y transmisión	Libre de residuos, polvo y grasa	Limpieza externa: Mínimo 1 vez a la semana. Limpieza interna: Una vez al mes, durante el mantenimiento se retira toda la bancada para hacer la limpieza.	Trapo industrial y líquido desengrasante	20		x			Operario del área de tejido RCN
Inspeccionar									
Fileta de urdimbre	Púas en estado óptimo	Inspeccionar la colocación de las bobinas sobre las púas, con el fin de evitar su mala colocación, enredado y rotura.	Visual	5	x				Operario del área de tejido RCN
Cuneta	Inspeccionar	Inspeccionar el desgaste del resorte.	Visual	5	x				Operario del área de tejido RCN
	Inspeccionar	Inspeccionar ganchos superiores e inferiores.	Visual	20		x			Operario del área de tejido RCN
	Inspeccionar	Inspeccionar carretes.	Visual	30	x				Operario del área de tejido RCN
Bancada y transmisión	Inspeccionar	Inspeccionar el cilindro de platino o barra.	Visual	3		x			Operario del área de mantenimiento
	Inspeccionar	Inspeccionar el nivel del líquido de freno y el nivel de pegamento para fijación de nudos.	Visual	5	x				Operario del área de mantenimiento
Motor	Inspeccionar	Inspeccionar faja.	Visual	10		x			Operario del área de mantenimiento
	Inspeccionar	Inspeccionar polea.	Visual	10		x			Operario del área de mantenimiento
	Inspeccionar	Inspeccionar sonidos inusuales.	Auditivo	5	x				Operario del área de tejido RCN
Sistema de control	Inspeccionar	Inspeccionar los sensores, actuadores y controladores.	Visual	10		x			Operario del área de mantenimiento
	El contómetro principal y auxiliar debe funcionar correctamente	Inspeccionar el medidor digital de hileras (contómetro), con el fin de conocer con exactitud la cantidad de hileras que la máquina va produciendo.	Visual	5	x				Operario del área de mantenimiento
Luminaria	Inspeccionar	Inspeccionar los focos fluorescentes que alumbran a las máquinas tejedoras.	Visual	5	x				Operario del área de tejido RCN
Ajustar									
Cuneta	Ajustar	Ajustar ángulo del telar.	Llave mixta, boca y corona	15	x				Operario del área de mantenimiento
Cuneta	Ajustar	Ajustar platina en ambos extremos de la máquina.	Llave mixta, boca y corona	10			x		Operario del área de mantenimiento
Bancada y transmisión	Ajustar	Ajustar fijador de nudos, con el objetivo de evitar nudos sueltos que se desaten con facilidad.	Llave mixta, boca y corona	15	x				Operario del área de mantenimiento
Sistema de rodillos	Ajustar	Ajustar los rodillos de la máquina.	Llave mixta, boca y corona	20			x		Operario del área de mantenimiento
	Ajustar	Ajustar el Cam Clutch, con el fin de que solo gire en un sentido y evitar la oscilación del tamaño de malla en el paño.	Llave mixta, boca y corona	20			x		Operario del área de mantenimiento
Motor	Ajustar	Ajustar la guía dentro del motor (chaveta) para evitar que sobresalga.	Llave mixta, boca y corona	15		x			Operario del área de mantenimiento
Lubricar									
Fileta de urdimbre	Lubricar	Lubricar guía y alimentación de urdimbre.	Lubricante	10			x		Operario del área de mantenimiento
Sistema de rodillos	Lubricar	Lubricar la cadena de transmisión de rodillos.	Lubricante	20			x		Operario del área de mantenimiento
	Lubricar	Lubricar el sistema de avance de malla.	Lubricante	15		x			Operario del área de mantenimiento
Sistema hidráulico	Lubricar	Lubricar el sistema de frenos.	Lubricante	20			x		Operario del área de mantenimiento

- Marcar cada máquina tejedora con su nombre y código para una identificación inmediata.
- Indicar los niveles de lubricante, tipos y las cantidades aceptables que faciliten una aplicación correcta.
- Desarrollar lecciones de punto único: Con el objetivo de mantener un estándar sobre el procedimiento de medición del tamaño de malla, se propone en la Figura 28, hojas de lección de un punto que permitan minimizar y estandarizar el tiempo, además de evitar los posibles errores en el ajuste de las propiedades mecánicas del telar, a causa de una mala interpretación del método y/o la mala aproximación en las medidas del paño.

	HOJA DE LECCIÓN DE UN PUNTO	Versión	1
	MEDIR TAMAÑO DE MALLA EN EL PAÑO	Código	TPM-2
	<p>1 Trabajar con el paño que recién ha sido procesado y pasado por la resina. No usar el paño ya inspeccionado.</p>		
<p>2 Dividir imaginariamente el ancho del paño en tres partes iguales: zona izquierda, zona central y zona derecha.</p> 			
	<p>3 Ubicar el medio de la zona izquierda del paño.</p>		
<p>4 Coger el paño de abajo hacia arriba para no tensionar el paño ni dejarlo muy suelto.</p> 			
	<p>5 Ubicar la punta del vernier en el medio de un nudo del paño y contar 5 mallas hacia arriba en dirección vertical. Colocar la otra punta del vernier en el medio del nudo de la última malla y verificar que el tamaño de malla este en el rango adecuado. Realizar esto 3 veces desde el último nudo medido.</p>		
<p>6 Realizar los puntos 3, 4 y 5 para el resto de zonas del paño (central y derecha).</p> 			

	HOJA DE LECCIÓN DE UN PUNTO	Versión	1
	MEDIR TAMAÑO DE MALLA EN EL PAÑO	Código	TPM-2
<p>7 Observar la apariencia general del paño observando si tiene algunos defectos a simple vista en cada zona del paño.</p> 			
	<p>8 Observar la apariencia a lo alto de cada zona del paño tomando los extremos de cada zona del paño y estirándolos con una tensión moderada hacia los lados verificando que no se vean rayas disperejas formados por los nudos del paño.</p>		
<p>9 Observar la apariencia a lo largo de cada zona del paño estirándolo hacia abajo con una tensión moderada e identificando fallas comunes.</p> 			
	<p>10 Estirar cada zona del paño con una tensión moderada en forma diagonal verificando que los nudos estén bien fijados.</p>		
<p>11 Verificar que el orillo (bordes del paño) tenga la forma adecuada y que se observen dos hilos en dicho borde.</p> 			

Figura 28: Hoja de lección de un punto

5.3 Implementación del *SMED*

La implementación de la herramienta *SMED* está dirigida al proceso de termofijado a lo largo que afecta a la línea de producción de la familia de productos seleccionada en el Capítulo 4.3. De esta manera, se buscará transformar el tiempo no productivo en tiempo productivo, que permita el incremento de la capacidad de producción, estandarizar los procedimientos de cambio de lote y elevar la productividad de la planta.

En la actualidad, el proceso de termofijado a lo largo más su preparación tienen una duración de 3.87 horas que involucra el procesamiento de tres paños, en los que sólo 1.8 horas corresponden al tiempo de valor agregado. El proceso consta de dos pasadas por cada paño en la máquina, en la primera pasada, que se realiza a mayor velocidad, la máquina seca el paño y, en la segunda pasada, la máquina fija los nudos del paño. De esta manera, se requiere un tiempo de preparación, en la que la máquina se encuentra parada, por cada pasada del paño; es por ello que, la empresa considera pasar varios paños a la vez para poder disminuir el tiempo de preparación. Sin embargo, debido a la capacidad del pallet, usualmente se pasan tres paños a la vez por la termofijadora. Finalmente, cuando la máquina termina de procesar, los paños son retirados, la máquina es apagada y los operarios vuelven a preparar los tres paños siguientes.

Por otro lado, la producción diversificada que posee la empresa aflora la necesidad de numerosas operaciones de cambio y preparación de máquina. Debido a ello, se considera que la reducción del tiempo de preparación de la máquina termofijadora es un factor clave para incrementar la eficiencia del flujo de producción y, con ello, la competitividad de la empresa. De esta manera, Shingo (1983) propone las siguientes etapas para una adecuada implementación del *SMED*:

- a. **Etapas Preliminares:** No están diferenciadas las preparaciones internas y externas

En esta etapa, se detallarán las operaciones que se realizan actualmente dentro del proceso de termofijado a lo largo. De esta manera, la Tabla 19 muestra la secuencia de operaciones, tiempo y operarios responsables del proceso.

Cabe resaltar que las actividades que han sido resaltadas de color plomo son los actuales tiempos de preparación.

Por otro lado, para identificar la correcta secuencia de las operaciones se construye el diagrama PERT de la Figura 29, en base a las precedencias de la Tabla 19, con el objetivo de obtener el inicio y fin de operaciones simultáneas y no simultáneas y, con ello, poder obtener el tiempo total de procesamiento de los tres paños. De esta manera, se puede concluir que el tiempo total es de 232.6 minutos.

b. **Etapa 1:** Separación de las preparaciones internas y externas

Se debe realizar una lista de comprobación para asegurar que las preparaciones que se puedan realizar externamente (cuando la máquina está encendida), se realizan cuando la máquina está en marcha. Para ello, se muestra en la Tabla 19 la separación de actividades de preparación interna (cuando la máquina está apagada) y las actividades de preparación externa que se deberían realizar en el proceso de termofijado a lo largo.

Como se observa en la Tabla 19, existen procesos que se pueden realizar externamente mientras la máquina está encendida. En primer lugar, las operaciones de “Tender el paño”, “Orillar el paño” y “Empatar los paños entre sí” se pueden ejecutar en un proceso aparte, antes de que el proceso de termofijado a lo largo inicie.

Por otro lado, se deben colocar operarios adicionales para que realicen los procesos antes mencionados y coloquen un supermercado de paños orillados y empataados, además de encargarse de tenderlos antes de que comience el proceso de termofijado a lo largo. De esta manera, convirtiendo las preparaciones internas a externas, se puede llegar a reducir el 26.98% del tiempo total de preparación, ya que se tiene una reducción de 121.2 a 88.5 minutos.

Tabla 19: Hoja de reducción de cambios rápidos

SMED		SISTEMA SMED							Versión	1							
HOJA DE REDUCCIÓN DE CAMBIOS RÁPIDOS - PROCESO DE TERMOFIJADO A LO LARGO							Código	SMED-1									
Etapa Preliminar: No están diferenciadas las preparaciones internas y externas							Etapa 1: Separación de las preparaciones internas y externas										
Actividad	Operación	Descripción	Máquina		Responsable			Tiempo (min)	Actividad Precedente	Operación			Acción a tomar				Observaciones
			Encendida	Apagada	Operario 1	Operario 2	Operario 3			Preparación Interna	Preparación Externa	Agrega Valor	Eliminar	Combinar	Reorganizar	Simplificar	
A1	Tender el paño. (x3)	Retirar el paño del pallet y estirar en el suelo a uno detrás del otro.		X	X	X	X	20.1	-		X				X		Se realizaría antes que el proceso de termofijado inicie. Lo ejecutarían otros operarios.
A2	Orillar el paño. (x3)	Cortar los bordes de los paños para emparejar y alinear.		X	X	X	X	12.6	A1		X				X		Se realizaría antes que el proceso de termofijado inicie. Lo ejecutarían otros operarios.
A3	Empatar los paños entre sí.	Unir con un cordel al primer paño con el segundo y al segundo con el tercer paño.		X	X	X		25	A2		X				X		Se realizaría antes que el proceso de termofijado inicie. Lo ejecutarían otros operarios.
A4	Empatar los paños con la guía.	Unir con un cordel al primer paño con la guía.		X			X	25	A2	X							Esta actividad no se puede hacer sin la máquina parada, debido a que, si se inicia la máquina, el paño no podría estar empataado a tiempo.
A5	Pasar la guía por la termofijadora.	Encender la máquina y dejar pasar la guía hasta que el borde del primer paño se encuentre a la entrada de la termofijadora.	X		X	X		9.6	A3, A4	X							A pesar que la máquina está encendida, esta actividad no agrega valor al paño, solo se deja correr dentro de la máquina para que la guía jale al paño.
A6	Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Cortar con un cuchillo el cordel que une la guía con el primer paño.		X			X	1.1	A5	X							Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida.
A7	Empatar la guía con el tercer paño.	Unir con un cordel la guía y el paño para que el próximo paño se pueda pasar, a través de la termofijadora.	X			X		25	A6		X						Actualmente, esta actividad se realiza mientras la máquina está en funcionamiento y no retrasa la producción.
A8	Pasar el primer paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		9.6	A6			X					
A9	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	9.6	A6			X					
A10	Pasar el segundo paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		9.6	A8, A9			X					
A11	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	9.6	A8, A9			X					
A12	Pasar el tercer paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		9.6	A7, A10, A11			X					
A13	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	9.6	A7, A10, A11			X					
A14	Cortar el empate entre el tercer paño y la guía.	Cortar con un cuchillo el cordel que une los paños.		X			X	1.1	A13	X							Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida.
A15	Llevar el pallet con los 3 paños recogidos, al inicio de la termofijadora, para la segunda pasada.	Los paños deben ser procesados por la termofijadora dos veces: uno para el secado del paño y otro para el fijado de nudos.		X			X	1.6	A14	X							Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que, si se inicia la máquina, el paño no podría estar empataado a tiempo.

Etapa Preliminar: No están diferenciadas las preparaciones internas y externas										Etapa 1: Separación de las preparaciones internas y externas								
Actividad	Operación	Descripción	Máquina		Responsable			Tiempo (min)	Actividad Precedente	Operación			Acción a tomar				Observaciones	
			Encendida	Apagada	Operario 1	Operario 2	Operario 3			Preparación Interna	Preparación Externa	Agrega Valor	Eliminar	Combinar	Reorganizar	Simplificar		
A16	Empatar el primer paño con la guía.	Unir con un cordel la guía y el paño para que puedan pasar por los rodillos de la termofijadora.		X		X		25	A15	X								Esta actividad no se puede hacer sin la máquina parada, debido a que, si se inicia la máquina, el paño no podría estar empataado a tiempo.
A17	Pasar la guía por la termofijadora.	Encender la máquina y dejar pasar la guía hasta que el borde del primer paño se encuentre a la entrada de la termofijadora.	X		X	X		24	A16	X								A pesar que la máquina está encendida, esta actividad no agrega valor al paño, solo se deja correr dentro de la máquina para que la guía jale al paño.
A18	Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Cortar con un cuchillo el cordel que une la guía con el primer paño.		X			X	1.1	A17	X								Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida.
A19	Empatar la guía con el tercer paño.	Unir con un cordel los paños para que puedan pasar en el siguiente proceso.	X			X		25	A18		X							Actualmente, esta actividad se realiza mientras la máquina está en funcionamiento y no retrasa la producción.
A20	Pasar el primer paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		24	A18			X						
A21	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	24	A18			X						
A22	Cortar el empate entre el primer y segundo paño.	Cortar con un cuchillo el cordel que une la guía con el primer paño.		X			X	1.1	A20, A21				X					Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida. Sin embargo, se considera parte del proceso, ya que este paso implica tener el producto terminado.
A23	Pasar el segundo paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		24	A22				X					
A24	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	24	A22				X					
A25	Cortar el empate entre el segundo y el tercer paño.	Cortar con un cuchillo el cordel que une los paños.		X			X	1.1	A23, A24					X				Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida. Sin embargo, se considera parte del proceso, ya que este paso implica tener el producto terminado.
A26	Pasar el tercer paño por la termofijadora.	Dejar pasar el paño por completo.	X		X	X		24	A18, A24					X				
A27	Acomodar el paño en la termofijadora.	Jalar y acomodar el paño dentro de la termofijadora para que pase derecho y sin descuadrarse.	X				X	24	A19, A25					X				
A28	Cortar el empate entre el tercer paño y la guía.	Cortar con un cuchillo el cordel que une los paños.		X			X	1.1	A26, A27						X			Esta actividad no se puede realizar sin la máquina parada, debido a que es muy peligroso para el operario cortar el cordel mientras la máquina está encendida. Sin embargo, se considera parte del proceso, ya que este paso implica tener el producto terminado.
A29	Llevar los paños al área de medición.	Llevar los paños al siguiente proceso.		X			X	1.5	A28						X			

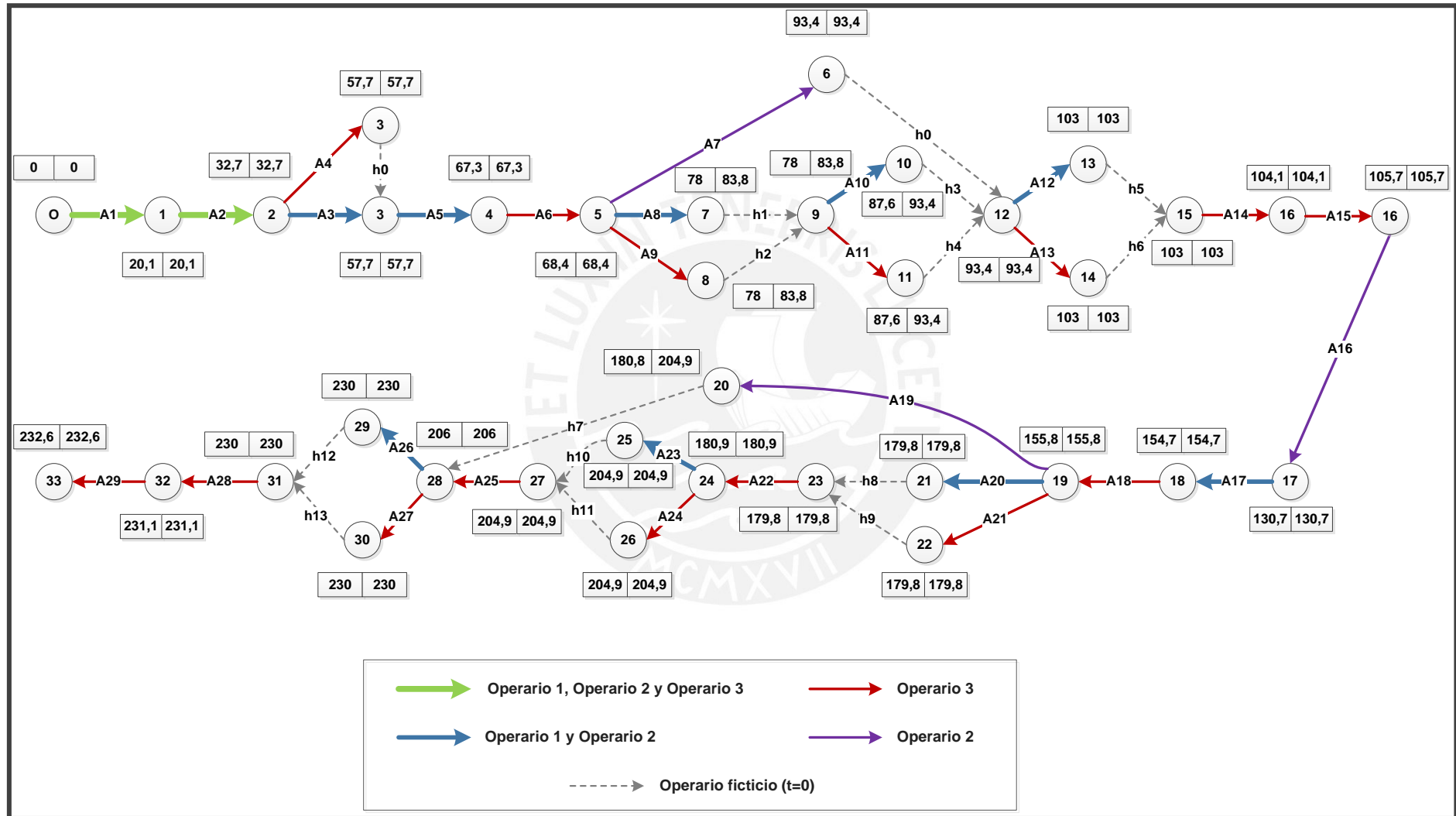


Figura 29: Diagrama PERT del proceso de termofijado a lo largo

c. **Etapa 2:** Convertir la preparación interna en externa

La conversión de la preparación interna en externa es fundamental para lograr la reducción drástica de los tiempos de preparación de maquinaria en cambios de trabajo. En esta etapa, se propone convertir las actividades A4 y A16 a actividades externas. Para ello, la Tabla 20, plantea un nuevo método de trabajo para pasar los paños. Este método no sólo permitirá convertir las actividades A4 y A16 en externas, sino que, además, no se deba parar la máquina para realizar el traslado de las actividades A15 y A29. El método se realizará en un proceso cíclico como el mostrado en la Figura 30 y se inicia con el paso de la guía por la termofijadora, mientras que se va terminado de empatar el primer grupo de tres paños a secar al extremo final de la guía. Luego, se pasan los tres primeros paños, mientras que la guía está siendo empataada al extremo del último paño del grupo anterior y, a su vez, existe un segundo grupo de paños a secar que también están siendo empataados al borde final de la guía. Mientras que se pasa el segundo grupo de paños, se va empataando el primer grupo de paños que ahora deben ser fijados y, finalmente, se empata la guía y se pasa el segundo grupo para fijar.

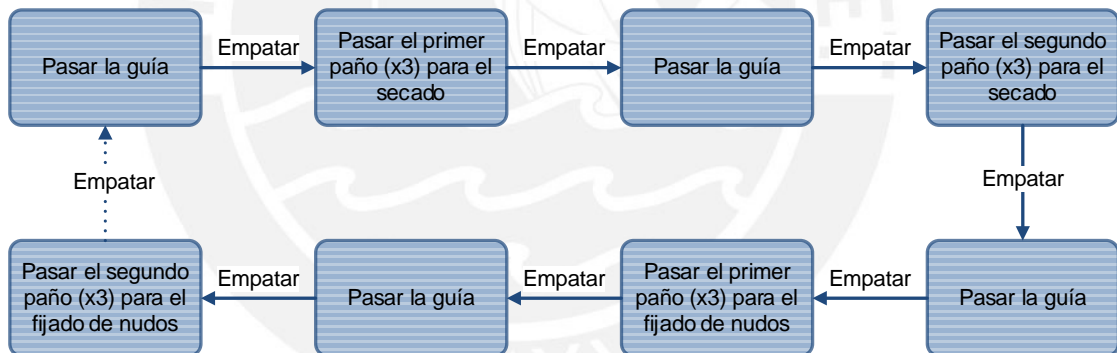



Figura 30: Método propuesto para convertir la preparación interna en externa

De esta manera, se evita que se deba esperar con la máquina parada a que el primer grupo de paños termine y se lleve otra vez al inicio de la máquina para empatar y realizar la segunda pasada de los paños. En ese sentido, se va aprovechando el tiempo y se va uniendo otros paños mientras que va pasando el primer grupo de paños y cuando se deba realizar el transporte y empalme del primer grupo de paños, los otros paños ya están siendo procesados a la vez.

Gracias a estos cambios, se podrá reducir un 68.64% del tiempo inicial de preparación, ya que se reduciría de 121.2 a solo 38 minutos de preparación para tres paños.

Tabla 20: Método propuesto para convertir la preparación interna en externa

	SISTEMA SMED		Versión	1	
	PROCESO DE TERMOFIJADO A LO LARGO		Código	SMED-02	
Operación	Descripción	Interna	Externa	Agrega Valor	Tiempo (min)
Pasar la guía.	Mientras se pasa la guía por la máquina, se debe ir terminando de empatar, al extremo final de la guía, el primer grupo de tres paños a secar.	x			9.6
Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar el primer grupo de paños (x3), transportar y empatar la guía y paños.	Realizar el proceso de secado para los tres primeros paños y, a su vez, transportar e ir empinando la guía y los siguientes tres paños a secar, al extremo final de la guía.		x	x	28.8
Cortar el empate entre la guía y el tercer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar la guía.	Se pasa la guía por la máquina.	x			9.6
Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar el segundo grupo de paños (x3), transportar y empatar la guía y paños.	Realizar el proceso de secado para los tres siguientes paños y, a su vez, transportar e ir empinando la guía y los siguientes tres paños para el fijado, al extremo final de la guía.		x	x	28.8
Cortar el empate entre la guía y el tercer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar la guía.	Mientras se pasa la guía por la máquina, se debe ir terminando de empatar, al extremo final de la guía, el tercer grupo de tres paños a fijar.	x			24
Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar el primer grupo de paños (x3), cortar unión, y empatar la guía y paños.	Realizar el proceso de fijado para los tres primeros paños y, a su vez, ir empinando la guía y los segundos paños a fijar, al extremo final de la guía.		x	x	74.2
Cortar el empate entre la guía y el tercer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar la guía.	Mientras se pasa la guía por la máquina, se debe ir terminando de empatar, al extremo final de la guía, el cuarto grupo de tres paños a fijar.	x			24
Cortar el empate entre la guía y el primer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1
Pasar el segundo grupo de paños (x3), cortar unión, y empatar la guía y paños.	Realizar el proceso de fijado para los tres siguientes paños y, a su vez, ir empinando la guía y los paños a fijar, al extremo final de la guía.		x	x	74.2
Cortar el empate entre la guía y el tercer paño.	Se debe cortar el empate entre la guía y el paño.	x			1.1

d. **Etapa 3:** Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación

En esta etapa, se tienen solo 2 tipos de actividades que se realizan internamente. Una de ellas es el paso de la guía por la termofijadora, la cual solo se podría reducir si se aumentara la velocidad de la máquina; sin embargo, esta mejora se debería consultar con el área de calidad, ya que, al pasar la guía por la termofijadora, se estaría jalando el primer paño dentro de la termofijadora, con lo cual se podrían alterar sus propiedades físicas, si es que se tuviera una velocidad inadecuada.

Por otro lado, la actividad de cortar el empate, necesariamente se debe hacer con la máquina parada e inclusive, según lo observado durante el proceso, el operario que realiza esta actividad es el más rápido en toda la secuencia de operaciones. En ese sentido, se puede recomendar implementar un dispositivo que acelere el cortado del empate, como, por ejemplo, una cuchilla circular semi industrial para poder evitar el esfuerzo y el tiempo en el que el operario debe friccionar la navaja con el cordel para poder romperlo. Realizado estos cambios, se esperaría una reducción entre el 5% y el 15% del tiempo de preparación, de acuerdo a lo consultado con el operario y el supervisor de acabados finales.

Como seguimiento de todas las actividades propuestas, la Figura 31 muestra el antes y el después de la mejora en el área de termofijado a lo largo.



Figura 31: Control visual en el área de termofijado a lo largo

Finalmente, en la Figura 32, se puede observar la variación de los tiempos en cada una de las fases de la herramienta SMED, además, se observan los tiempos y porcentajes de reducción en las etapas de preparación y el proceso.

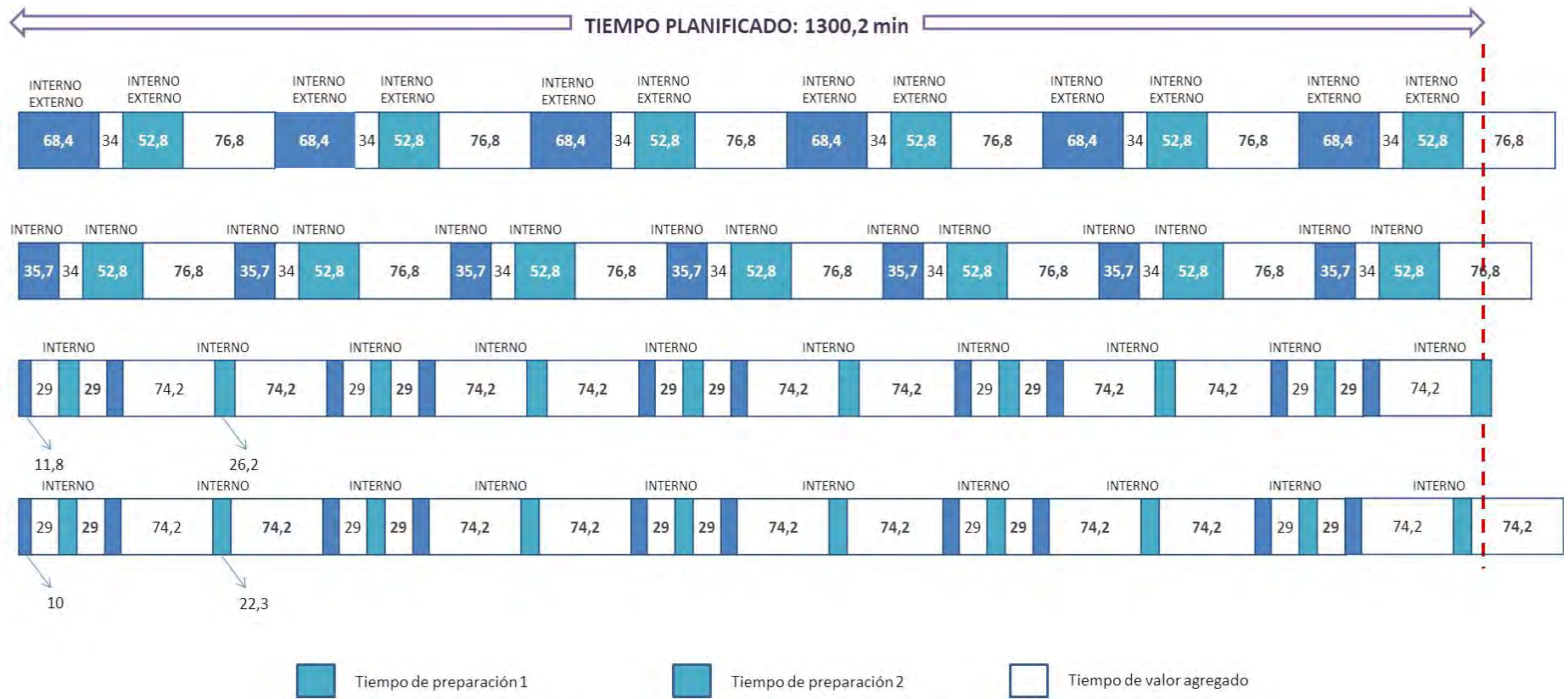


Figura 32: Tiempo de reducción del tiempo de preparación utilizando la herramienta SMED

De acuerdo a los resultados hallados, en la Figura 33, se muestra el tiempo de proceso de los tres paños durante cada etapa del SMED. En ese sentido, se observa que el tiempo se ha reducido en un 41.76%, disminuyendo el tiempo actual de 232.6 a 135.47 minutos por cada tres paños.

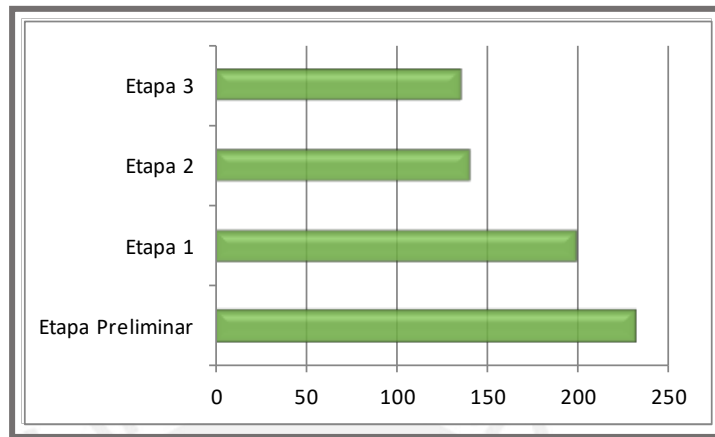


Figura 33: Evolución del tiempo de proceso en el área de termofijado a lo largo

Finalmente, como resultado de la aplicación del SMED, se muestra en la Figura 34 la cantidad de paños al día que se pueden procesar en cada una de las etapas de implementación de la herramienta. En dicho gráfico, se visualiza que el área de termofijado a lo largo es capaz de producir 16 paños al día y que, luego de la aplicación del SMED, se podrá llegar a producir 29 paños, que equivale a elevar la capacidad productiva del área en casi el doble de la actual.

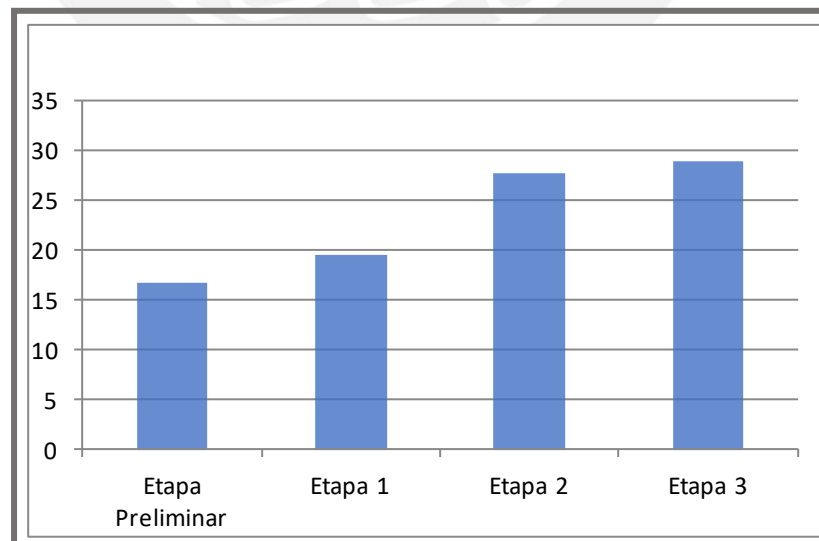


Figura 34: Evolución de paños procesados en el área de termofijado a largo

5.4 Implementación de la Distribución de Planta

La propuesta de mejora finaliza con el desarrollo de la herramienta que permita minimizar los costos de almacenamiento, manejo y transporte de materiales, así como facilitar los flujos de información y los procesos de entrada y salida de los productos. De esta manera, la última propuesta consiste en realizar una distribución de planta que se base en la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* para establecer un sistema productivo que opere sobre la base de pedidos de sus clientes, con bajos costos y alta calidad. En ese sentido, la definición y diseño de la distribución de planta será la última fase de la implementación, ya que permitirá la asignación y el equilibrado de operaciones en los puestos de trabajo.

5.4.1 Metodología propuesta para la implementación de la distribución de planta

La metodología que se propone para implementar la distribución de planta sigue los siguientes pasos:

1. **Definición de objetivos:** El objetivo de la presente mejora es obtener una distribución racional en la planta de la empresa que conlleve a un flujo óptimo de los productos y, con ello, obtener máximos niveles de productividad, eficiencia y rentabilidad. Para ello, la Tabla 21 muestra el *ranking* de objetivos específicos que ha sido definido por el Gerente de Operaciones de la empresa en estudio.

Tabla 21: Ranking de objetivos específicos

	Objetivo
1	Reducción del <i>lead time</i> del proceso de producción de redes con nudo.
2	Incremento de la producción.
3	Simplificar patrones y trayectorias de circulación.
4	Mínima inversión en los cambios y mejoras.
5	Reducción del manejo de materiales.
6	Reducción de material en proceso.
7	Disminución del congestionamiento y confusión.
8	Una mayor utilización de la maquinaria y de la mano de obra.

2. **Definición de alcance:** Se deberá tomar en cuenta que la mejora solo se enfocará en las áreas de tejido RCN, tejido RSN y acabados. Es por ello que, solo se podrá disponer de dichas áreas y de los espacios libres para el reordenamiento de las máquinas y del personal. Cabe resaltar que se está considerando como espacios libres a aquellas áreas que actualmente son consideradas como zonas rojas, descritas en la implementación de las 5 S, y que se encuentran dentro del área de acabados.
3. **Análisis del flujo de producción:** Se desarrollará el análisis del diagrama de recorrido (DR) para poder identificar las principales causas de congestión y, con ello, poder mapear las áreas que deberían ser reordenadas.
4. **Análisis de factores:** Se analizará los distintos factores que afectan a la distribución de planta, limitan el alcance de las mejoras a proponer y otorgan una visión más detallada de la capacidad de la empresa y sus posibles restricciones. Para tal efecto, se va a desarrollar el factor material, maquinaria, persona, edificio, movimiento y espera, servicio y cambio.
5. **Metodologías de implementación:** Se desarrollarán distintas metodologías para determinar el correcto ordenamiento de la planta, de acuerdo a los distintos factores que intervienen en la distribución de la misma. Se aplicará el diagrama de operaciones multiproducto, el gráfico de trayectoria, el análisis relacional de actividades, el diagrama de bloques unitarios, el balance de línea y el método de Guerchet.
6. **Alternativas y soluciones de mejora:** De acuerdo con los puntos señalados, se analizará las alternativas de mejora más apropiadas para la empresa. De esta manera, se detallará la selección de la mejor solución.

5.4.2 Aplicación de la metodología propuesta para la implementación de la distribución de planta

El desarrollo de este punto hará referencia a lo señalado en el sub capítulo anterior y corresponde a los puntos 3, 4 y 6. El punto 5 mostrará el diagrama de operaciones multiproducto, el diagrama de bloques unitarios, el balance de línea y el método de Guerchet. El detalle de todo el punto 5 se encuentra en el Anexo 8.

a. Análisis del flujo de producción

El diagrama de recorrido del proceso mostrado en la Figura 36 servirá para realizar un mejor análisis del flujo de producción de la familia de productos seleccionada en el Capítulo 4.3. Dentro de la Figura 36, se puede observar gran cantidad de cruces en el transporte del producto en proceso entre las operaciones 5, 6, 10 y 11. Dichos cruces generan un congestionamiento de material e inventario, causando que el proceso sea cada vez menos eficiente. Además, debido a la lejanía de ciertas áreas que deberían representar procesos continuos, el tiempo invertido en transporte es mucho mayor y hace que el tiempo de producción de cada producto se incremente en más de lo adecuado.

b. Análisis de factores

- **Factor material**

La empresa en estudio comercializa cuatro tipos de productos que han sido descritos en el Capítulo 2.4. De esta manera, la Figura 35 utiliza la clasificación realizada en la Tabla 3 para determinar la demanda mensual que ha tenido cada familia por proceso y, con ello, elegir el tipo de producción y disposición de planta.

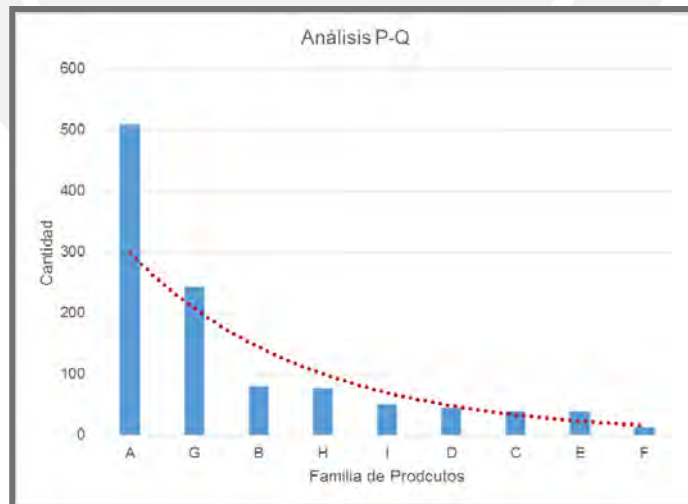


Figura 35: Gráfico P-Q

De la Figura 35, se concluye que la distribución deberá de ser lineal o por producto para las familias que mayor demanda tienen en la empresa. Sin embargo, la experiencia en campo de los autores del presente trabajo de investigación sugiere que el tipo de distribución más adecuada para la empresa debería ser por proceso.

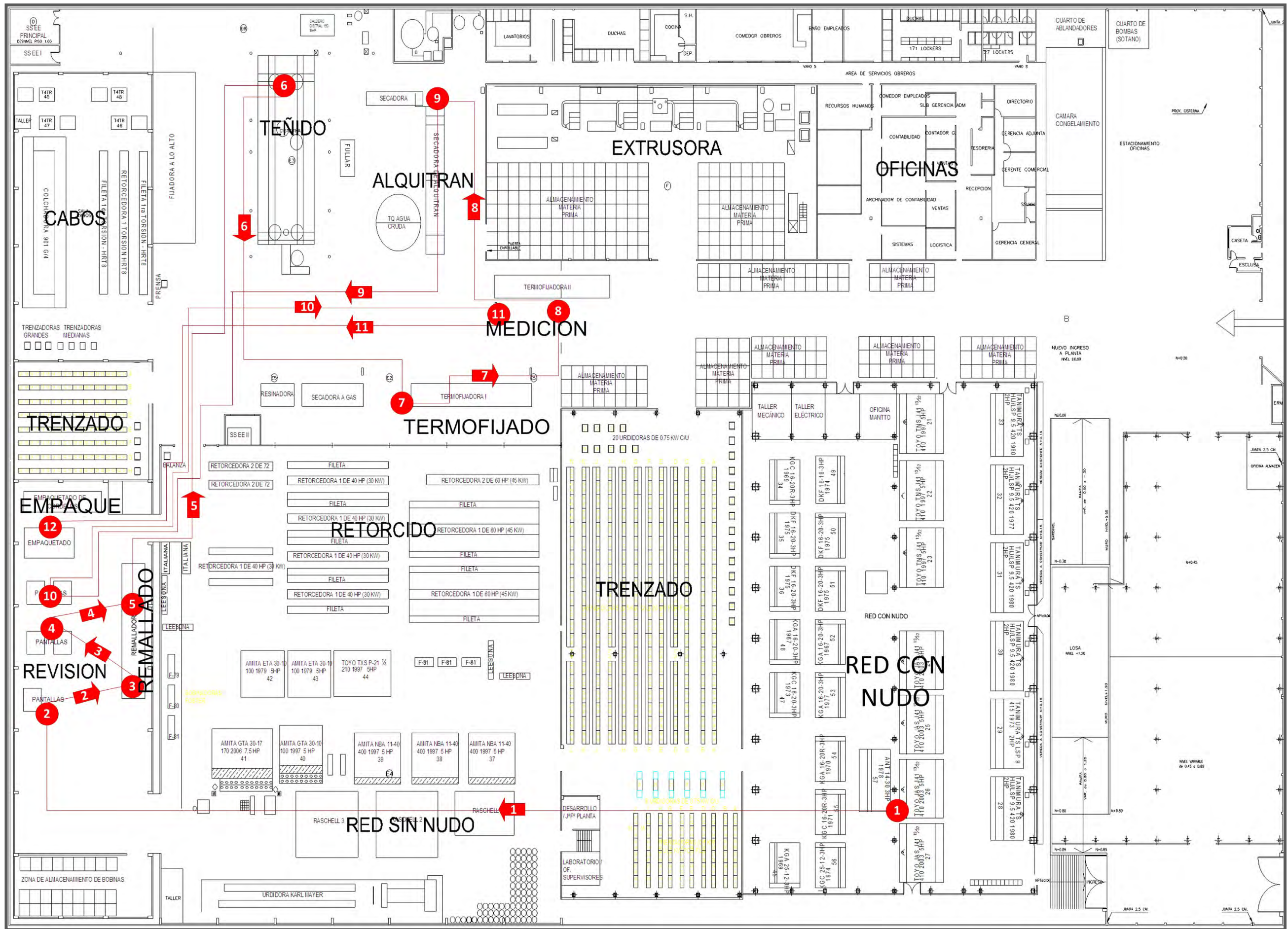


Figura 36: Diagrama de recorrido

- **Factor maquinaria**

- Equipos de oficina: La empresa cuenta con equipos de oficina necesarios para llevar a cabo un mejor funcionamiento de sus áreas. En la Tabla 22, se muestran los equipos que son utilizados y el área al que pertenecen.

Tabla 22: Equipos de oficina

Equipo	Área
Impresora	Logística, Administración y Finanzas, Gerencia de Operaciones
Computadora	Todas
Fax	Logística, Administración y Finanzas, Área Comercial

- Maquinaria y equipos de producción: La empresa cuenta con un gran número de máquinas que facilitan la producción diaria y que permiten fabricar distintos tipos de productos. En la Tabla 23, se muestra la maquinaria de producción y el área que ocupa sobre la superficie.

Tabla 23: Maquinaria de producción

Área	Máquina	Cantidad (n)	Largo (metros)	Ancho (metros)	Altura (metros)	Área (m2)
Tejido RCN	Máquina tejedora RCN	35	7.20	3.70	2.50	26.64
Tejido RSN	Máquina tejedora RSN	2	9.20	6.50	3.20	59.80
Revisión	Pantalla	3	3.86	2.65	2.50	10.23
Teñido / Lavado/ Resinado	Teñidora	2	2.88	2.88	2.50	8.27
	Lavadora	1	2.88	2.88	2.50	8.27
	Resinadora	1	2.88	2.88	2.50	8.27
Desenzimatización	Máquina foulard	1	4.01	2.17	2.50	8.70
Alquitranado	Alquitranadora	1	20.97	12.08	2.50	253.32
Termofijado a lo largo	Termofijadora a lo largo	2	16.92	6.79	2.50	114.89
Prensado	Prensadora	1	1.50	1.00	2.50	1.50
Empacado	Pantalla empacadora	1	3.86	2.65	2.50	10.23
Cordeles	Máquina retorcedora	12	7.00	2.00	2.10	14.00
Bobinado	Máquina bobinadora	10	2.30	1.40	1.80	3.22
Trenzado	Máquina trenzadora	100	1.00	1.00	1.30	1.00
Extruido	Máquina extrusora	1	30.00	7.20	3.00	216.00

Por otro lado, se cuenta con equipos de transporte y análisis de material como las máquinas para ensayo de tracción, montacargas y carretillas. Estos se encuentran especificados en la Tabla 24.

Tabla 24: Equipos de producción

Equipo	Cantidad (n)	L (metros)	A (metros)	Altura (metros)
Máquina de Tracción	2	1.3	1	2
Montacargas	2	3.90	2.20	2.00
Carretilla	10	2.20	1.16	1.20

- **Factor persona**

- Personal: Se observa en la Tabla 25, la cantidad total de colaboradores actuales y proyectados a 3 años.

Tabla 25: Cantidad de personal actual y futuro

Área	Cantidad de Personas Actualmente	Cantidad de Personas en el Futuro
Gerencia General	2	2
Gerencia de Operaciones	10	12
Producción (Operarios)	210	220
Comercial	8	8
Calidad	5	6
Logística	6	8
Mantenimiento y Seguridad	20	18
Administración y Finanzas	10	7
Recursos Humanos	4	5

- Condiciones laborales: Se describirá las condiciones laborales del personal del área de producción.
 - Iluminación: La iluminación no es muy buena en áreas cerradas como tejido, revisión, remalle y cordeles. Asimismo, se observa que no existen ventanas o formas de aprovechamiento de luz en el día.
 - Orden y limpieza: Se observa un ambiente limpio; sin embargo, no se encuentra organizado, existe inventario en proceso colocado de manera aleatoria en toda el área por donde se transita.
 - Ventilación: La ventilación es poco adecuada, debido a que, en época de verano, el ambiente es muy caliente y las áreas descubiertas como termofijado, alquitranado y medición se encuentran a muy altas temperaturas, causando incomodidad en los trabajadores.

- d. **Fatiga:** La fatiga en los operarios es ocasionada por el cansancio visual, ya que se encuentran parados en la mayoría de operaciones y trabajando durante doce horas seguidas.
- e. **Seguridad:** El reglamento de seguridad y salud en el trabajo considera distintas normas y factores que se deben cumplir y exigir para poder estar seguros dentro de la planta. Entre las principales normas de seguridad destaca el uso del equipo de protección personal en todas las áreas.

- **Factor edificio**

Actualmente, la planta cuenta con un área de 19 200 m², el cual está dividido de acuerdo a las áreas de producción y administración que la empresa ha designado. En la Tabla 26, se puede observar la cantidad de área utilizada para las operaciones que desempeña la empresa.

Tabla 26: Área ocupada en la planta

Área	m ²	Descripción
Oficinas administrativas	576	Construido con material noble.
Termofijado a lo largo/ Termofijado a lo alto/ Teñido/ Lavado/ Resinado/ Alquitrinado/ Medición/ Prensado	2 709.38	Se encuentran al aire libre y utilizando un techo de calamina, con excepción de las áreas de alquitrinado y prensado.
Tejido RCN	2 143.03	Construido con material noble.
Tejido RSN/ Retorcido/ Bobinas/ Tejido RCN 2	2 769.59	Construido con una pared de 1.5 m de altura de material noble y lo que resta de pared está hecho de calamina. Adicionalmente, el techo también se encuentra fabricado de calamina.
Remallado/ Revisión	721.22	Construido con material noble.
Cabos	608.14	Construido con una pared de 1.5 m de altura de material noble y lo que resta de pared está hecho de calamina. Adicionalmente, el techo también se encuentra fabricado de calamina.
Trenzado 1	1 233.45	Construido con material noble y el interior se encuentra rodeado de calamina.
Trenzado 2	215.45	Construido con material noble y el interior se encuentra rodeado de calamina.
Almacén de productos terminados	1 295.94	Construido con una pared de material noble que forma parte de los límites de la empresa y el resto de paredes y techo son a base de metal y calamina.
Almacén de materia prima	122.90	Se encuentra al aire libre, sin ningún techo ni límites de espacio.
Almacén de material reciclable	78	Construido con una pared de material noble que forma parte de los límites de la empresa y el resto de paredes y techo son a base de metal y calamina.

Área	m2	Descripción
Servicios higiénicos/ Tópico/ Comedor	450.59	Construido con material noble.
Extruido	865.92	Construido con una pared de 1.5 m de altura de material noble y lo que resta de pared está hecho de calamina. Adicionalmente, el techo también se encuentra fabricado de calamina.
Total	13 789.60	

De esta manera, de la Tabla 26 se puede concluir que la empresa tiene un total de 13 789.60 m2 de área ocupada; sin embargo, no todas las áreas están construidas.

- **Factor movimiento y espera**

- i. Descripción del flujo de producción: Dentro de la planta, los productos en proceso son transportados en pallets con ayuda de un montacargas o de una stocka, de acuerdo a la cantidad y peso de los paños. Sin embargo, cuando deben ser trasladados al cliente, se contrata a una empresa de transportes que llega a la planta de una a dos veces al día y se encarga de distribuir los paños. Por otro lado, se observa que el flujo de producción presenta varios cruces entre procesos, debido a la mala ubicación de las áreas. Además, existe mucho inventario que se encuentra a la espera de ser procesado y que se amontona en las áreas de desplazamiento del personal y de los montacargas, por lo que el tránsito se dificulta.
- ii. Almacenamiento: En la empresa existen dos almacenes con área construida (almacén de productos terminados y almacén de material reciclable) y un almacén sin límites definidos (almacén de materia prima). Para el movimiento de los materiales, solo se cuenta con un montacargas de uso exclusivo para dichas áreas. Los almacenes construidos solo cuentan con 2 pisos; sin embargo, no poseen racks de aprovechamiento de espacio cúbico. Adicionalmente, el flujo de los paños es bastante desordenado, ya que el área de producción deja los paños terminados en la puerta del almacén y permanecen obstruyendo su salida hasta que son almacenados en algún área disponible del almacén. Se observa, además, que no existe ningún letrero que indique la clase de paños almacenados en cada lugar, por lo que solo lo sabe el personal de almacén, gracias a su experiencia.

- **Factor servicio**

- i. Servicios de consumo principal

- a. Agua: Necesaria para la elaboración de vapor en la caldera que alimenta a las máquinas de termofijado, teñido y alquitranado; además, es necesaria para el teñido y lavado de los paños, y para el aseo personal de los colaboradores.
- b. Electricidad: Necesaria para el funcionamiento de las máquinas durante 24 horas al día y de los equipos de las áreas administrativas durante 8 horas al día. Por otro lado, se utilizan fluorescentes durante todo el día en las máquinas tejedoras y en las máquinas de revisión, debido a que el ambiente es oscuro y se requiere tener una buena iluminación para poder operar y evitar fallas; mientras que, en el resto de las áreas de producción y áreas administrativas, solo se utilizan 8 horas al día. Asimismo, se cuenta con equipos de aire acondicionado dentro de las áreas administrativas y oficinas contiguas al área de producción.
- c. Combustible: Necesario para el funcionamiento de las máquinas tejedoras.
- d. Servicio de telefonía e internet: Necesario en las áreas administrativas para la gestión y control del ciclo de negocio de la empresa.

- ii. Servicios para el producto o maquinaria

- a. Control de calidad: Se encarga de verificar que las especificaciones del paño (tamaño de malla, alto del paño, título de cordel, etc.) estén conforme a lo solicitado por el cliente. Además, comprueban si los paños están dentro de las tolerancias de aceptación y mandan a reprocesar, en caso de que sea necesario.
- b. Inspección: Como se mencionó en el Capítulo 2.5, existen tres operaciones destinadas a la inspección de los paños en las que se detectan las fallas en el tejido, verificando los nudos y la forma de las mallas.
- c. Mantenimiento: Supervisa y se dedica al arreglo correctivo de todas las máquinas y equipos de la empresa.

- iii. Servicios para el personal: La empresa cuenta con un vestidor para operarios, 2 baños (uno para hombres y otro para mujeres), dos comedores para el personal y un tópico con un médico disponible. Además, todos los

colaboradores se encuentran asegurados en caso de algún accidente. Por otro lado, la empresa cuenta con un área dedicada al bienestar social que se encarga de velar por la comodidad e integridad de los colaboradores.

- iv. Seguridad en la planta: La empresa cuenta con un comité de seguridad y salud en el trabajo, y una brigada de Defensa Civil en caso de algún siniestro. Para ello, se cuenta con extintores dentro de la planta, alarmas de emergencia y simulacros preventivos contra los siniestros.

- **Factor cambio**

El Gerente de Operaciones ha señalado que la empresa proyecta aumentar su capacidad productiva en un 5%. En ese sentido, se planea el aumento de personal y maquinaria, razón por la cual, en los últimos meses, se viene aumentando dos máquinas tejedoras RCN. Además, se prevé retirar algunas máquinas que ya no se utilizan y que limitan el espacio que se puede ocupar para tener los inventarios más ordenados o para poder redistribuir el orden de las máquinas.

- c. Metodologías de implementación

- **Diagrama de operaciones multiproducto**

Como se señala en el Capítulo 2.4 y el Anexo 2, la empresa cuenta con distintos tipos de producto y, es por ello que, en lugar de un diagrama de operaciones por producto, se presentará, en la Figura 37, el diagrama de operaciones por cada familia de procesos. Cabe resaltar que tanto el volumen como la cantidad de producción para cada familia han sido obtenidos en el Capítulo 4.3.

De esta manera, en función al análisis realizado en la Figura 37, se puede observar la secuencia y orden de las operaciones a las que se someten las familias de productos y, mediante ello, poder determinar las áreas con mayor relación entre sí, de acuerdo a lo calculado en el Anexo 8.

Finalmente, los resultados hallados en el Anexo 8 permiten construir el diagrama de bloques unitarios que se muestra en la Figura 38.

	Familia A	Familia B	Familia C	Familia D	Familia E	Familia F	Familia G	Familia H	Familia I
Tejido RCN	1	1	1	1	1	1			
Tejido RSN							1	1	1
Revisión	2 4 10	2 4 10	2 7	2 6	2 6	2 4 9	2 7	2 9	2 9
Remalle	3 5 11	3 5 11	3 8	3 7	3 7	3 5 10	3 8	3 10	3 10
Teñido/ Resinado/ Lavado	6	6	4			6	4	6	
Desenzimatización									6
Termofijado a lo largo	7	7	5			7	5	7	7
Termofijado a lo alto				4	4				
Medición	8 12	8 12	6 9	5 8	5 8	8 11	6 9	8 11	8 11
Alquitranado	9	9							
Presando		13		9					12
Empacado	13	14	10	10	9	12	10	12	13
PRODUCCIÓN (Kg)	750598.03	195305.00	128033.26	18102.00	520.00	784.00	127641.50	42584.00	226939.55
VOLUMEN (Kg)	50.36%	13.10%	8.59%	1.21%	0.03%	0.05%	8.56%	2.86%	15.23%

Figura 37: Diagrama de operaciones multiproducto

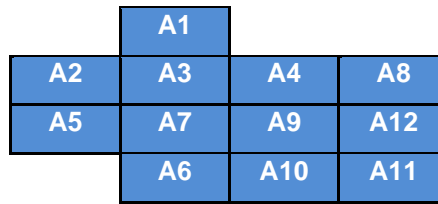


Figura 38: Diagrama de bloques unitarios

- **Balance de línea**

La metodología del balance de línea contribuye a definir la cantidad de máquinas y operarios que son necesarios para satisfacer la demanda de la empresa. Es por ello que, en la Tabla 27, se muestra el resultado del balance aplicado en la empresa, sobre el cual se está considerando lo manifestado por el Gerente de Operaciones sobre el incremento de la demanda en un 5% para los próximos 3 años. De esta manera, se puede concluir que la empresa cuenta con todos los recursos para realizar una producción eficiente, debido a que el resultado coincide con la cantidad de máquinas que la empresa posee actualmente, por tanto, no se deberán adicionar máquinas ni operarios en dichos procesos.

- **Método de Guerchet**

Con el objetivo de obtener el espacio que cada área debería ocupar en la nueva distribución de la planta, se muestra en la Tabla 28 el método de Guerchet, que ayudará a definir el área requerida para cada proceso, respetando espacios destinados a elementos estáticos y a elementos móviles.

d. Alternativas y soluciones de mejora

Con el objetivo de realizar una adecuada comparación, se muestra en la Figura 39 la actual distribución de las áreas y máquinas dentro de la planta. Por otro lado, de acuerdo con los resultados obtenidos en la Figura 38, la Tabla 27 y la Tabla 28, se propone realizar una distribución ideal como la que se muestra en la Figura 41. Sin embargo, debido a que la Gerencia de Operaciones, desea obtener el mayor beneficio en poco tiempo, se sugiere realizar, en primera instancia, una distribución de las máquinas de acuerdo a lo observado en la Figura 40 y, luego iniciar con la inversión para la propuesta ideal.

Tabla 27: Resultados hallados mediante el balance de línea

Máquinas Polifuncionales

Área	Familia A	Familia B	Familia C	Familia D	Familia E	Familia F	Familia G	Familia H	Familia I	N puesto Total	N ajustado Total
Tejido RCN	34,31	0,16	0,07	0,09	0,07	0,03				34,73	35,00
Tejido RSN							1,14	0,65	0,22	2,00	2,00
Revisión	1,44	0,15	0,04	0,11	0,10	0,01	0,29	0,05	0,04	2,24	3,00
Teñido/ Lavado	0,91	0,12	0,03			0,03	0,34	0,15		1,59	2,00
Resinado						0,02	0,14			0,16	1,00
Desenzimatización									0,02	0,02	1,00
Termofijado a lo largo	0,54	0,60	0,10			0,03	0,12	0,40	0,05	1,83	2,00
Termofijado a lo alto				0,10	0,08					0,18	1,00
Alquitranado	0,34	0,05								0,39	1,00
Empaque	0,21	0,05	0,02	0,03	0,02	0,00	0,05	0,02	0,03	0,42	1,00

89

Operarios Polifuncionales

Área	Familia A	Familia B	Familia C	Familia D	Familia E	Familia F	Familia G	Familia H	Familia I	N puesto Total	N ajustado Total
Remalle	6,74	0,40	0,08	0,49	0,02	0,01	0,39	0,09	0,04	8,26	9,00
Medición	0,69	0,11	0,05	0,06	0,05	0,02	0,25	0,10	0,05	1,39	2,00

Tabla 28: Método de Guerchet

Elemento	Cantidad (n)	Lados (N)	L (m)	A (m)	Altura (m)	Área (SS)	Área x N (SG)	Área total: Área x n	SS+SG	k	SE=k*(SS+SG)	ST/unidad	ST
Máquina tejedora RCN	35	2	7,20	3,70	2,50	26,64	53,28	932,40	79,92	0,32	25,22	105,14	3 679,95
Máquina tejedora RSN	2	2	12,95	6,50	3,20	84,18	168,35	168,35	252,53	0,22	56,05	308,58	617,16
Máquina retorcedora	7	1	7,00	2,00	2,10	14,00	14,00	98,00	28,00	0,34	9,59	37,59	263,10
Máquina de nylon	1	1	20,00	4,30	2,10	86,00	86,00	86,00	172,00	0,29	49,99	221,99	221,99
Máquina bobinadora	10	1	2,30	1,40	1,80	3,22	3,22	32,20	6,44	0,40	2,59	9,03	90,27
Termofijadora a lo largo	2	1	16,92	6,79	2,50	114,89	114,89	229,77	229,77	0,29	66,79	296,57	593,13
Prensadora	1	1	1,50	1,00	2,50	1,50	1,50	1,50	3,00	0,24	0,72	3,72	3,72
Medición (pallet)	2	2	2,20	1,16	0,25	2,55	5,10	5,10	7,66	2,88	22,02	29,67	59,35
Pantalla empacadora	1	2	3,86	2,65	2,50	10,23	20,46	10,23	30,69	0,28	8,72	39,41	39,41
TOTAL	61	13	73,93	29,5	19,45	343,20	466,80	1 563,56	810,00	-	241,68	1 051,69	6 4152,84
Montacargas	1	-	3,90	2,20	2,00	8,58	-	8,58	-	-	-	-	-
Carretilla	10	-	2,20	1,16	1,20	2,55	-	25,52	-	-	-	-	-
Operario RCN	35	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	35,00	-	-	-	-	-
Operario RSN	2	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	2,00	-	-	-	-	-
Operario retorcido	4	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	4,00	-	-	-	-	-
Operario de nylon	1	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	1,00	-	-	-	-	-
Operario bobinadora	5	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	5,00	-	-	-	-	-
Operario termofijadora	6	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	6,00	-	-	-	-	-
Operario prensadora	1	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	1,00	-	-	-	-	-
Operario medición	4	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	4,00	-	-	-	-	-
Operario empaque	2	-	1,00	1,00	1,75	1,00	-	2,00	-	-	-	-	-
	71				18,95	20,13	-	94,10	-				

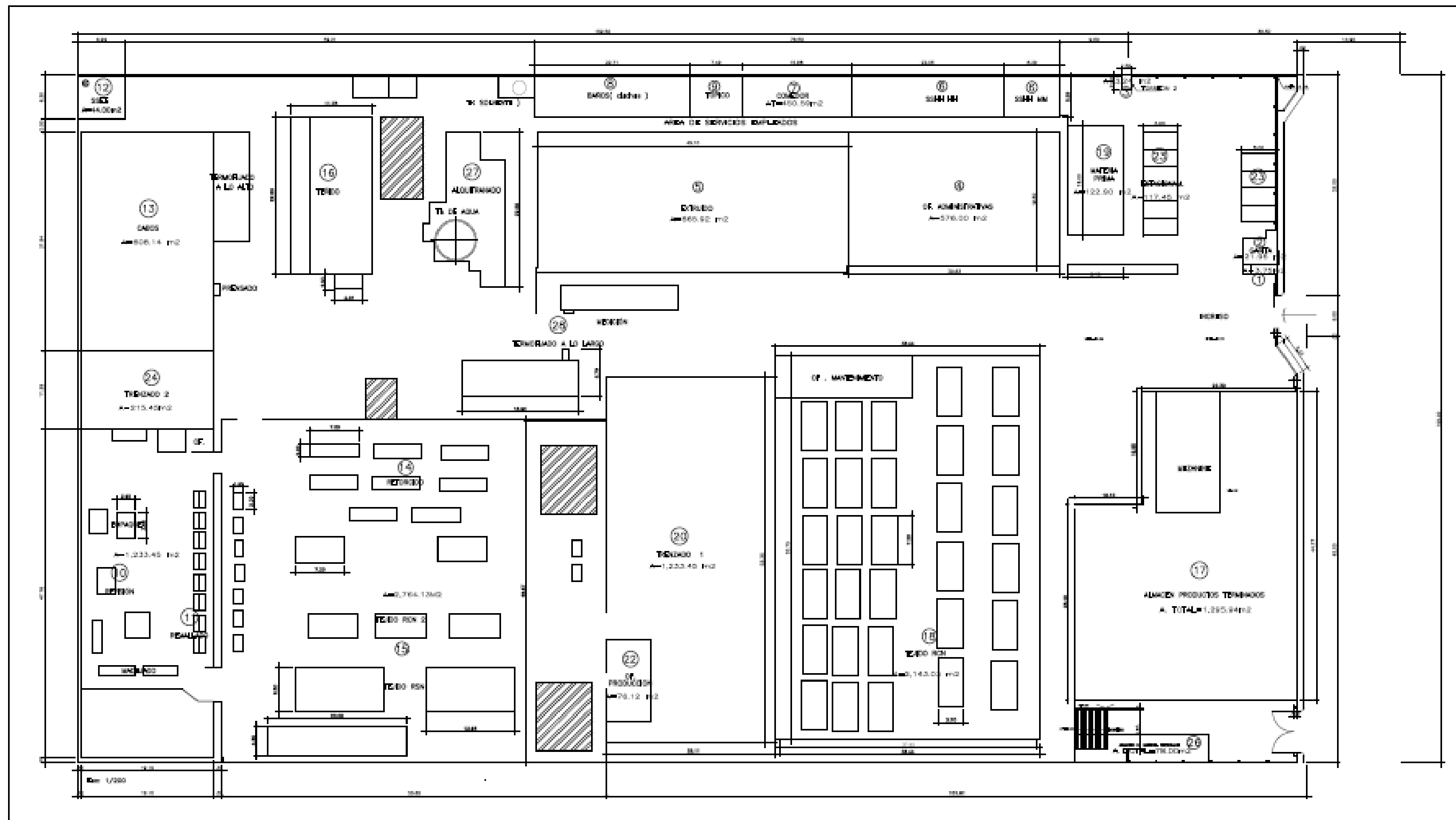


Figura 39: Distribución actual de la planta

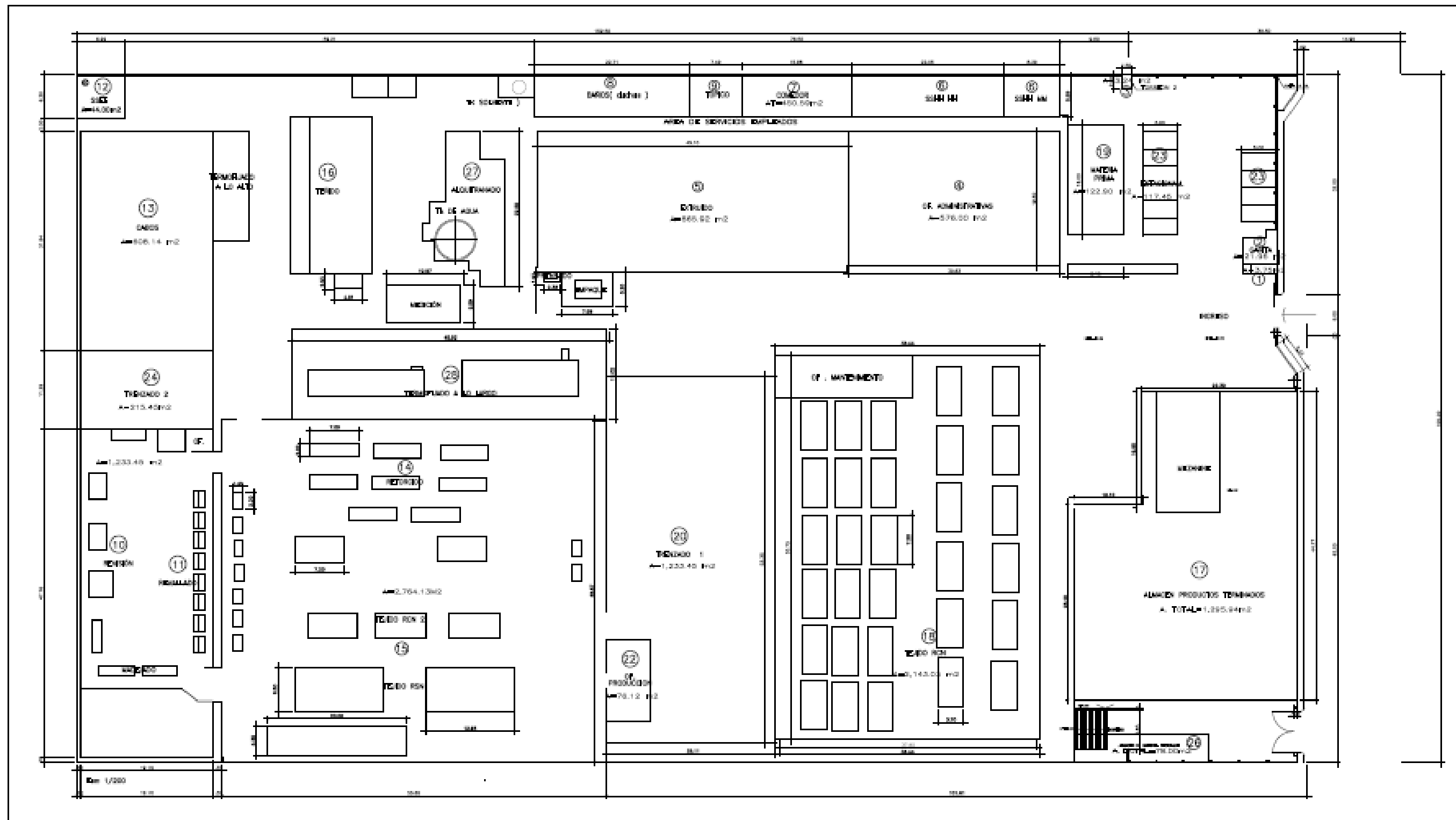


Figura 40: Distribución adaptada de la planta

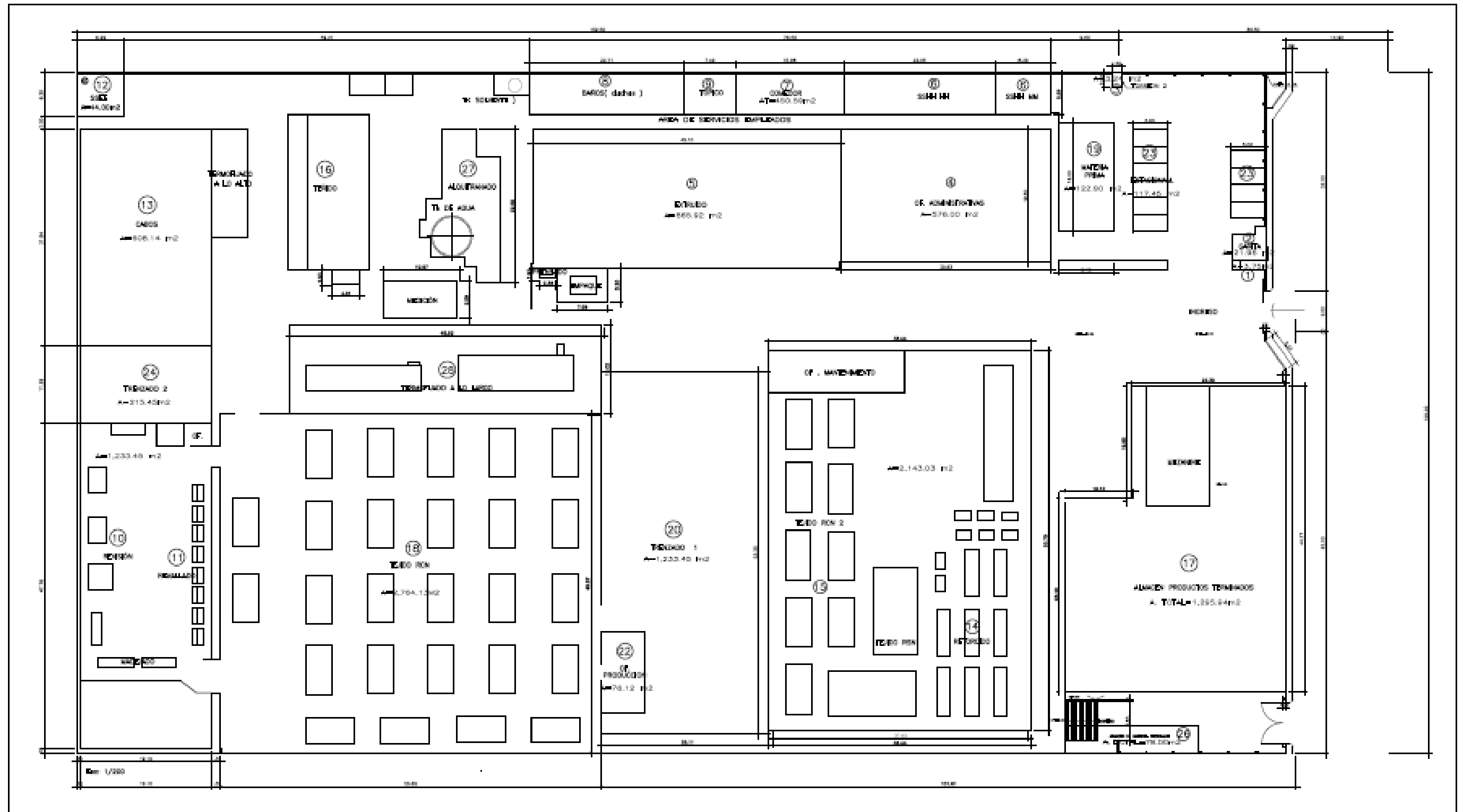


Figura 41: Distribución ideal de la planta

CAPÍTULO 6. Evaluación del impacto económico

El desarrollo del presente capítulo hará referencia a lo señalado en el Capítulo 3 en el punto 9 y considera el impacto económico de la implementación de las herramientas de 5 S, mantenimiento autónomo (pilar del mantenimiento productivo total), SMED y distribución de planta. El análisis propone la evaluación de los gastos que implican cada una de estas herramientas, además de considerar el incremento de las métricas de disponibilidad. De esta manera, se podrá estimar el ahorro significativo que obtendrá la empresa y cuál será el aumento en la productividad de la línea de productos seleccionada.

6.1 Costos de personal

Con el objetivo de garantizar una correcta implementación que pueda obtener los resultados esperados, resulta siendo necesaria la inversión en capacitaciones de los miembros de la organización. En ese sentido, el estudio inicia con el cálculo del costo de la hora-hombre del personal involucrado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29: Costo de hora-hombre

Integrantes	Sueldo (S/.)	Horas al Mes	Costo H-H (S/.)
Consultor			S/. 200.00
Gerente de Operaciones	S/. 8,000.00	160	S/. 50.00
Jefe de Producción	S/. 4,500.00	288	S/. 15.63
Jefe de Mantenimiento, Seguridad y Proyectos	S/. 4,500.00	288	S/. 15.63
Supervisor de Tejido RCN	S/. 2,500.00	288	S/. 8.68
Supervisor de Acabados Finales	S/. 2,500.00	288	S/. 8.68
Supervisor de Mantenimiento	S/. 2,500.00	288	S/. 8.68
Líder de Tejido RCN	S/. 1,200.00	288	S/. 4.17
Líder de Termofijado	S/. 1,200.00	288	S/. 4.17
Equipo de Tejido RCN	S/. 1,000.00	288	S/. 3.47
Equipo de Termofijado	S/. 1,000.00	288	S/. 3.47

Por otro lado, la Tabla 30, señala el costo que asumirá la empresa por la contratación del equipo *Lean* en todo el horizonte del proyecto.

Tabla 30: Costo del equipo Lean

Concepto	Monto (S/.)
Sueldo (Mensual)	S/. 3,500.00
Sueldo (Anual)	S/. 42,000.00
Gratificación (Anual)	S/. 7,000.00
Asignación familiar (Anual)	S/. 900.00
CTS (Anual)	S/. 3,500.00
EsSalud (Anual)	S/. 3,780.00
Costo Total (Anual)	S/. 60,680.00
Total	S/. 121,360.00
Integrantes del equipo Lean	3
Costo total del equipo Lean (Anual)	S/. 182,040.00

6.2 Costos de implementación

Se estima que la implementación de las 5 S, mantenimiento autónomo (pilar del mantenimiento productivo total), SMED y distribución de planta tendrá una duración de doce meses y la evaluación de los costos incurridos serán analizados en un horizonte de tiempo de tres años. De esta manera, se detallarán todos los costos asociados a la propuesta de mejora:

a. Capacitaciones

La descripción de esta etapa contempla a todas las actividades de capacitación que se realizarán en la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*. En ese sentido, se propone tres tipos de capacitación para el desarrollo del plan de mejora continua:

- Capacitación introductoria (Dos horas): Se enfoca en la concientización inicial del personal de la planta.
- Capacitación pre implementación (Ocho horas): Se orienta al planteamiento de las mejoras en el área piloto y busca enseñar a los miembros del equipo autónomo que los resultados no son difíciles de conseguir, si se basa en el trabajo conjunto de todo el equipo. Además, busca proponer los indicadores que evalúen el avance de las mejoras, así como la designación de los operarios a determinadas funciones.

- Capacitación post implementación (Cinco horas): Tiene como principal objetivo el monitoreo y la revisión general de los indicadores logrados. Busca analizar la implementación en el área piloto, para obtener conclusiones que favorezcan a otras posibles áreas de la planta.

Dentro de ese marco, los participantes de las capacitaciones serán los miembros que integran la organización ejecutiva del plan de mejora continua (Véase la Figura 14). De esta forma, se construye la Tabla 32 con el objetivo de determinar el costo del personal asistente, según la herramienta de Lean *Manufacturing* a implementar.

b. Materiales

El total de costos se complementa con la adquisición de ciertos materiales que permitan el correcto desarrollo del plan de implementación. La Tabla 31, analiza el detalle de los elementos, según la herramienta empleada.

Tabla 31: Detalle de materiales empleados

Herramienta	Detalle	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
5 S	Tablero de gestión visual	1	S/. 150.00	S/. 150.00
	Útiles de limpieza (Escobas, recogedores, etc.)	1	S/. 200.00	S/. 200.00
	Balde de pintura 4 l (Verde, Amarillo y Naranja)	3	S/. 17.50	S/. 52.50
	Tarjetas elementos innecesarios	50	S/. 1.50	S/. 75.00
	Repisa para etiquetas	1	S/. 250.00	S/. 250.00
	Papelería (Afiches, trípticos, volantes, etc.)	1	S/. 100.00	S/. 100.00
TPM	Tablero de gestión visual	1	S/. 150.00	S/. 150.00
	Útiles de limpieza (Escobas, recogedores, etc.)	1	S/. 200.00	S/. 200.00
	Tarjetas elementos innecesarios	50	S/. 1.50	S/. 75.00
	Repisa para etiquetas	1	S/. 250.00	S/. 250.00
	Lección Punto a Punto (10 máquinas, 2 hojas por máquina)	20	S/. 15.00	S/. 300.00
	Tarjetas para identificación de máquinas (10 máquinas, 1 tarjeta por máquina)	10	S/. 1.50	S/. 15.00
SMED	Papelería (Formatos, diagramas, etc.)	1	S/. 100.00	S/. 100.00
	Cuchilla circular semi industrial	1	S/. 400.00	S/. 400.00
Distribución de Planta	Papelería (Formatos, diagramas, etc.)	1	S/. 100.00	S/. 100.00
Costo total de materiales empleados				S/. 2,417.50

Tabla 32: Detalle de capacitaciones y costos incurridos

Integrantes	Cantidad	Costo H-H (S/.)	Introducción (2 horas)	Herramienta 5 S		Herramienta TPM		Herramienta SMED		Duración (Horas)	Costo total (S/.)
				Pre Implementación (8 horas)	Post Implementación (5 horas)	Pre Implementación (8 horas)	Post Implementación (5 horas)	Pre Implementación (8 horas)	Post Implementación (5 horas)		
Consultor	1	200.00	x	x	x	x	x	x	x	41	8 200.00
Gerente de Operaciones	1	50.00	x	x	x	x	x	x	x	41	2 050.00
Jefe de Producción	1	15.63	x	x	x			x	x	28	437.50
Jefe de Mantenimiento, Seguridad y Proyectos	1	15.63	x			x	x			15	234.38
Supervisor de Tejido RCN	2	8.68	x			x	x			15	260.42
Supervisor de Acabados Finales	2	8.68	x	x	x			x	x	28	486.11
Supervisor de Mantenimiento	2	8.68	x			x	x			15	260.42
Líder de Tejido RCN	2	4.17	x			x	x			15	125.00
Líder de Termofijado	2	4.17	x	x	x			x	x	28	233.33
Equipo de Tejido RCN	8	3.47	x			x	x			15	416.67
Equipo de Termofijado	4	3.47	x	x	x			x	x	28	388.89
Costo Total											13 092.71

- c. Movimiento de máquinas y acondicionamiento de espacios

Finalmente, la Tabla 33 muestra los costos en los que se ha incurrido en la implementación de la distribución de planta.

Tabla 33: Costos de distribución de planta

Inversiones	Costo propuesta adaptada (S/.)	Costo propuesta ideal (S/.)	Costo total (S/.)
Resanado de los espacios para colocación de máquinas	S/. 4,500.00	S/. 9,000.00	
Relleno y asfalto para espacio dejado por máquinas	S/. 6,000.00	S/. 10,000.00	
Movimiento e instalación de máquinas	S/. 7,000.00	S/. 15,000.00	
Total	S/. 17,500.00	S/. 34,000.00	S/. 51,500.00

6.3 Ahorro generado por la implementación

Luego de haber analizado los costos incurridos, se inicia el cálculo del ahorro en horas-hombre que ha generado la implementación de las herramientas. En ese sentido, se ha tomado en cuenta los estudios de tiempo realizados, la experiencia de campo que han tenido los autores de este trabajo de investigación y los consejos de un experto consultor en la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*.

- a. Ahorro de 5 S

Gracias a la implementación de las 5 S en el área de termofijado a lo largo, las líneas de marcación y las tarjetas de identificación en los paños han contribuido a disminuir el tiempo en que los operarios y/o el montacargas van en busca de los paños. Por otro lado, el personal ya se encuentra capacitado para realizar la limpieza de los equipos, razón por la cual, se ha podido implementar los estándares de limpieza y obtener un ahorro en el tiempo disponible de los operarios. Atendiendo a estas consideraciones, se presenta en la Tabla 34 los resultados obtenidos del ahorro anual generado con la implementación de las 5 S.

Tabla 34: Ahorro 5 S

Búsqueda de pallets para su traslado		Ratios actuales		Tiempo (min/día)		Ahorro anual (horas)	Costo H-H (S/.)	Ahorro total (S/.)
De	Hacia	Cantidad	Tiempo	Actual	Propuesto			
Teñido	Termofijado a lo largo	6 pallets/día	4 min/pallet	24	16	41.60	S/. 4.17	S/. 173.33
Termofijado a lo largo	Medición		2 min/pallet	12	8	20.80	S/. 4.17	S/. 86.67
Total								S/. 260.00

Traslado de pallets		Ratios actuales		Reducción	Tiempo (min/día)		Ahorro anual (horas)	Costo H-H (S/.)	Ahorro Total (S/.)
De	Hacia	Cantidad	Tiempo		Actual	Propuesto			
Teñido	Termofijado a lo largo	6 pallets/día	1.3 min/pallet	35%	7.8	5.07	14.20	S/. 4.17	S/. 59.15
Termofijado a lo largo	Medición		0.2 min/pallet	35%	1.2	0.78	2.18	S/. 4.17	S/. 9.10
Total									S/. 68.25

Reducción	Tiempo de limpieza (min/semana)		Ahorro anual (horas)	Costo H-H (S/.)	Cantidad de operarios	Ahorro Total (S/.)
	Actual	Propuesto				
35%	60	39	18.20	S/. 4.17	6	S/. 455.00
Total						S/. 455.00

b. Ahorro TPM

El ahorro que abarca la aplicación del mantenimiento autónomo (pilar del mantenimiento productivo total) en el área de tejido RCN ha involucrado una disminución considerable en horas hombre y en costos de reparación. En ese sentido, se ha tomado en consideración el indicador de disponibilidad para traducir el incremento anual de paños que tendría la empresa, tras la implementación del mantenimiento autónomo. Cabe resaltar que el área de remalle mantiene tiempos de procesamiento muy altos, a consecuencia de la gran cantidad de fallas que la máquina tejedora genera en los paños. De esta manera, se concluye que una máquina tejedora con menos averías podrá obtener paños de mejor calidad, que podrán ser procesados en menos tiempo y con mayores beneficios para la empresa. La Tabla 35 resume los resultados anuales obtenidos, después de la implementación.

Tabla 35: Ahorro TPM

Métrica	Actual	Meta	Incremento de paños producidos (anuales)	Margen unitario (S/.)	Margen adicional (S/.)
Disponibilidad	77.16%	82.16%	312	S/. 795.24	S/. 248,114.95

c. Ahorro SMED

La implementación de la herramienta SMED en el área de termofijado a lo largo ha sido capaz de reducir el tiempo de producción de 232.6 a 135.47 minutos. De esta manera, se ha logrado un incremento en la producción de paños que es detallado en la Tabla 36.

Tabla 36: Ahorro SMED

Cantidad de Máquinas	Paños producidos		Incremento de paños producidos (anuales)	Margen unitario (S/.)	Margen adicional (S/.)
	Actual	Propuesto			
2	16	29	13	S/. 795.24	S/. 20,676.25

d. Ahorro distribución de planta

Finalmente, la distribución de planta ha generado un ahorro significativo en los tiempos de transporte y el aumento de la cantidad de paños producidos, a consecuencia de un mejor aprovechamiento del flujo de producción. La Tabla 37 y la Tabla 38 ilustran el impacto de la mejora en la empresa.

Tabla 37: Ahorro distribución de planta - Propuesta adaptada

Traslado de pallets		Ratios actuales		Reducción	Tiempo (min/día)		Ahorro anual (horas)
De	Hacia	Cantidad	Tiempo		Actual	Propuesto	
Medición	Empaque	6 pallets/día	2 min/pallet	45%	12	6.6	28.08

Tiempo de proceso	Incremento de horas (anuales)	Incremento de paños producidos (anuales)	Margen unitario (S/.)	Margen adicional (S/.)
0.67	28.08	42	S/. 795.24	S/. 33,328.87

Tabla 38: Ahorro distribución de planta - Propuesta ideal

Traslado de pallets		Ratios actuales		Reducción	Tiempo (min/día)		Ahorro anual (horas)
De	Hacia	Cantidad	Tiempo		Actual	Propuesto	
Tejido RCN	Revisión	9 pallets/día	5.2 min/pallet	35%	46.8	30.42	85.18

Tiempo de proceso	Incremento de horas (anuales)	Incremento de paños producidos (anuales)	Margen unitario (S/.)	Margen adicional (S/.)
1.87	85.18	46	S/. 795.24	S/. 36,222.13

6.4 Cálculo del costo de oportunidad

De la teoría del balance general, se sabe que el pasivo corresponde a todas las deudas y obligaciones que tiene la empresa, mientras que el capital es la inversión que han realizado los dueños o accionistas de la empresa para la construcción y funcionamiento de la misma. De esta manera, el equilibrio se mantiene mediante el principio dual, donde el activo es igual a la suma del pasivo más el capital. En ese sentido, la tasa activa promedio en moneda nacional (TAMN) es una tasa promedio referida a la tasa en moneda nacional que las entidades financieras cobran por sus modalidades de financiamiento.

Dentro de ese marco financiero, el Gerente de Operaciones ha referido la imposibilidad de contar con la inversión necesaria para la implementación del proyecto, por lo que ha considerado la opción de endeudarse a una tasa TAMN del 15,85% ³anual. Por tanto, la definición que el presente trabajo de investigación propone para el costo de oportunidad del capital (COK) consiste en considerar al

³ Consultado en Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS). Para mayor información en: http://www.sbs.gob.pe/app/stats/TasaDiaria_1.asp

COK como lo mínimo que espera ganar la empresa y cuya ganancia deberá de ser capaz de cubrir el préstamo que se ha realizado. Para tal efecto se propone la siguiente relación:

$$TAMN \approx i_{activo\%} < COK\%$$

De acuerdo con la propiedad de transitividad, se podrá considerar a la propuesta como rentable si como mínimo cumple con la siguiente relación:

$$TAMN < COK$$

6.5 Flujo de caja del proyecto

A partir de la información obtenida sobre los ingresos y egresos en los que podría incurrir la empresa en un horizonte de tres años, se elabora el flujo de caja del proyecto en la Tabla 39.

Tabla 39: Flujo de caja del proyecto

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	Implementación 5 S		S/. 783.25	S/. 783.25	S/. 783.25
	Implementación TPM		S/. 248,114.95	S/. 248,114.95	S/. 248,114.95
	Implementación SMED		S/. 20,676.25	S/. 20,676.25	S/. 20,676.25
	Implementación Distribución de Planta		S/. 69,551.00	S/. 69,551.00	S/. 69,551.00
	Total Ingresos	S/. 0.00	S/. 339,125.45	S/. 339,125.45	S/. 339,125.45
Egresos	Implementación herramientas <i>Lean</i>	S/. 13,092.71	S/. 2,417.50	S/. 2,417.50	S/. 2,417.50
	Implementación distribución de planta	S/. 51,500.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
	Equipo <i>Lean</i>	S/. 182,040.00	S/. 182,040.00	S/. 182,040.00	S/. 182,040.00
	Total Egresos	S/. 246,632.71	S/. 184,457.50	S/. 184,457.50	S/. 184,457.50
Flujo de Efectivo	-S/. 246,632.71	S/. 154,667.95	S/. 154,667.95	S/. 154,667.95	

De esta manera, el análisis de los ratios económicos es presentado en la Tabla 40.

Tabla 40: Ratios económicos

COK	15.85%
VAN	S/. 101,590.29
TIR	39.72%
B/C	1.15

CAPÍTULO 7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Las herramientas que han sido propuestas necesitan de las 5 S como instrumento base para la viabilidad de su aplicación, ya que se requiere de orden y estandarización en los procesos para poder implementarse.
- La efectiva aplicación de las herramientas exhorta la responsabilidad de la empresa y sus líderes con la mejora de la planta. Un verdadero compromiso de la alta gerencia y todas las áreas de la empresa podrá garantizar la participación activa de todos sus miembros con los líderes del proyecto.
- Gracias al desarrollo de la herramienta TPM, se reducirán fallas en los paños, por lo que disminuirá la cantidad de paños que requieren ser remallados y, además, se reducirá el tiempo en que los paños son procesados, ya que se tendrá menor cantidad de fallas por paño. De esta manera, la aplicación de los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo permite incrementar en un 5% la disponibilidad de las máquinas tejedoras.
- Con respecto a la implementación de la herramienta SMED, se puede concluir que la reducción del tiempo de preparación de máquina puede generar grandes disminuciones en el *lead time* del producto logrando contraer dicho tiempo de 232.6 minutos a 135.47 minutos y, con ello, aumentar la capacidad de producción de 16 a 29 paños, sin necesidad de aumentar maquinarias que puedan resultar costosas para la empresa.
- La distribución de planta puede llegar a complementar la aplicación de las 5 S, debido a la eliminación de cruces en el recorrido y continuidad del flujo de producción. Además, reduce los tiempos de transporte ahorrando hasta 85.18 horas anuales y contribuye en la mejora de la seguridad y comodidad de los trabajadores.
- Finalmente, se puede concluir que el TIR es de 39.72%, siendo mayor a la tasa TAMN de 15.85%. De esta forma, se demuestra que las mejoras descritas en el presente trabajo de investigación son viables económicamente. Asimismo, la relación Beneficio/Costo de 1.15 indica que por cada sol que la empresa invierta, el retorno es de 15%. Mientras que, el valor del VAN positivo señala que el proyecto es rentable en términos financieros.

7.2 Recomendaciones

- De acuerdo a lo observado, existe un ERP implementado por el líder del grupo económico al que pertenece la empresa, que fue llevado a todas las empresas del grupo, con el objetivo de visualizar la utilidad de todos los negocios. Sin embargo, este solo ha traído un retroceso en cuanto al control y mejora del área de producción. Debido a ello, se recomienda que, para un mejor seguimiento de los procesos de la planta y la mejora continua de los mismos, se debe retomar el antiguo sistema ERP, el cual estaba integrado con PLC'S que controlaban la maquinaria, los tiempos de funcionamiento y paradas de las mismas.

Por otro lado, este sistema estaba adaptado para el tipo de producción de la empresa e integraba la proyección en el tiempo del desarrollo de los procesos productivos, por lo que resulta muy útil para la planificación de procesos, material, etc. Asimismo, con el sistema anterior, se puede controlar distintos indicadores, que, en la actualidad, no es posible calcular.

- Se recomienda tener un mejor nivel de planificación de las ventas y comunicación entre el área comercial y producción, ya que se observa una descoordinación entre ambas áreas. El área comercial recibe pedidos de clientes, sin tomar en cuenta la capacidad de producción; debido a ello, el área de producción, genera gran cantidad de inventario en proceso. Por consiguiente, es necesario que el área de producción informe de su capacidad disponible al área comercial luego de la programación de producción semanal para que así, el área comercial pueda aceptar pedidos de acuerdo a la capacidad de la empresa y no genere ineficiencias dentro de la línea de producción.
- Asimismo, se recomienda implementar un sistema *Kanban*, debido a la gran cantidad de inventario en proceso y desorden generado por el mismo. De esta manera, se tendrán todos los recursos necesarios en la zona de trabajo y en cantidades ideales que no afecten el flujo de producción.
- Finalmente, se recomienda invertir mayor tiempo en crear una cultura organizacional en la empresa y generar compromiso en sus colaboradores, ya que se observa que no existe mucho interés por parte de la empresa ni por parte de los operarios en priorizar un correcto clima laboral, que pueda contribuir en la implementación y el desarrollo de las herramientas propuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRERA, Rafael

2014 "Manual de Lean Manufacturing: TPS Americanizado" [en línea]. *Academia.edu*. Consulta: 01 de junio de 2014.
<http://www.academia.edu/5205722/Manual_de_Lean_Manufacturing_TPS_Americanizado>

CUATRECASAS, Lluís

2010 *Lean management: la gestión competitiva por excelencia: implantación progresiva en siete etapas*. Barcelona: Profit, D.L.

CUATRECASAS, Lluís y Francesca TORRELL

2010 *TPM en un entorno Lean management: estrategia competitiva*. Barcelona: PROFIT.

DE LA FUENTE, David e Isabel FERNÁNDEZ

2005 *Distribución en planta*. Oviedo: Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones.

DOMÍNGUEZ, José, María ÁLVAREZ, Santiago GARCÍA, Miguel DOMÍNGUEZ y Antonio RUIZ

1995 *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.

INSTITUTO DE MEJORA CONTINUA

2013 "Value Stream Mapping (Mapeo del Flujo de Valor)" [en línea]. *Instituto de Mejora Continua*. Consulta: 01 de junio de 2014.
<<http://www.imc-peru.com/vsm.php?cod=1>>

KOGYO, Nikkan y Hiroyuki HIRANO

1991 *Poka-yoke: mejorando la calidad del producto evitando los defectos*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

KRAJEWSKI, Lee, Larry RITZMAN y Manoj MALHOTRA

2008 *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. Octava edición. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.

LEFCOVICH, Mauricio

2014 "KAIZEN – La Mejora Continua aplicada en la Calidad, Productividad y Reducción de Costos – Introducción" [en línea]. *deGerencia.com*. Consulta: 01 de junio de 2014.

<http://www.degerencia.com/articulo/kaizen_la_mejora_continua_aplicada_en_la_calidad_productividad_y_reduccion_de_costos>

MADARIAGA, Francisco

2013 *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid: Bubok Publishing S.L.

NAKAJIMA, Seiichi

1991 *Introducción al TPM: mantenimiento productivo total*. Cambridge: Productivity.

PERSOON, Thomas et ál.

2006 "Improving Preanalytic Processes Using the Principles of Lean Production (Toyota Production System)" [en línea]. *American Journal of Clinical Pathology*. Consulta: 01 de junio de 2014.

<<http://ajcp.ascpjournals.org/content/125/1/16.full.pdf+html>>

RAJADELL, Manuel y José SÁNCHEZ

2010 *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos.

RAMOS FLORES, José Miguel

2012 *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

REY, Francisco

2005 *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Primera edición. Madrid: Fundación Confemetal.

REY, Francisco

2001 *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal.

SHINGO, Shigeo

1990 *Una revolución en la producción: el sistema SMED*. Segunda edición. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.

SOCCONINI, Luis y Marco BARRANTES

2005 *El proceso de las 5's en acción: la metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

SUÁREZ, Manuel

2007 *El Kaizen: la filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total*. México: Panorama.

SUÑÉ, Albert et ál.

2004 *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Primera Edición. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

SUZUKI, Tokutaro

1995 *TPM en industrias en proceso*. Madrid: TGP Hoshin.

VILLASEÑOR, Alberto y Edber GALINDO

2007 *Manual de Lean Manufacturing. Guía básica*. México: Limusa.

WOMACK, James y Daniel JONES

2005 *Lean thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 – Organización de la empresa

ANEXO 2 – Tipos de producto

ANEXO 3 – Fotos del proceso productivo

ANEXO 4 – Detalle sobre la matriz Familia por Proceso – Área de Producción

ANEXO 5 – Criterios utilizados en la aplicación del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE)

ANEXO 6 – Criterios utilizados en la aplicación de las 5 S

ANEXO 7 – Detalle sobre las partes y averías encontradas en el telar

ANEXO 8 – Desarrollo de la metodología para la implementación de la distribución de planta

ANEXO 1: Organización de la empresa

Los puestos y funciones que componen la organización de la empresa en estudio son descritos en la Tabla 1.

Tabla 1: Rol del personal

Puesto	Funciones
Gerente General	Se encarga de dirigir y ejecutar las disposiciones del directorio, ejecutar el plan de negocio y, además, ser el representante legal de la empresa.
Gerente de Operaciones	Se encarga de planificar, dirigir y controlar los recursos humanos, materia prima, financieros y de información que posee la organización, para lograr de manera efectiva y eficiente, el cumplimiento de la producción previamente planificada.
Gerente Comercial	Se encarga de planificar las ventas anuales, semanales y diarias y coordina el tiempo de entrega al cliente. Por otro lado, se encarga de designar la prioridad de producción de cada producto de acuerdo al cliente.
Gerente Financiero	Se encarga de velar y monitorear la disponibilidad de fondos y control de presupuesto. Asimismo, vela por la maximización del patrimonio invertido.
Gerente de Administración y Recursos Humanos	Se encarga de velar por la correcta gestión que da soporte al área de producción, como gestionar las compras, gestionar las tecnologías de información, etc.
Jefe de Producción	Se encarga de velar por el cumplimiento de la producción solicitado en el momento solicitado y de coordinar con los supervisores dicho objetivo.
Jefe de Investigación y Desarrollo	Se encarga de proponer, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar los planes y programas de investigación, desarrollo tecnológico y capacitación, concordantes con la política interna de la institución.
Jefe de Mantenimiento, Seguridad y Proyectos	Se encarga de velar por la seguridad de los colaboradores y del cumplimiento de las normas de seguridad. Por otro lado, se encarga de supervisar y dirigir el mantenimiento de todas las máquinas de la planta y de la ejecución de proyectos de mejora.

Puesto	Funciones
Jefe de Almacén	Se encarga de gestionar los inventarios de los productos terminados y materia prima.
Asistente de Gerencia	Se encarga de organizar y administrar los documentos y encargos de gerencia, además de atender y administrar el flujo de visitantes.
Encargado de Control de Calidad	Se encarga de supervisar la calidad del producto y de tomar medidas para minimizar el producto defectuoso.
Asistente de Control de Calidad	Se encarga de inspeccionar cada muestra de los productos y analizar si cumplen con las especificaciones solicitadas.
Supervisor de Producción	Se encarga de monitorear la producción de cada área y corroborar que todo se realice de acuerdo a lo especificado y solicitado por el cliente.
Asistente de Producción	Se encarga del manejo del SAP producción, elaborar las órdenes de producción y de construir los indicadores de gestión del área.
Analista de Procesos	Se encarga analizar y determinar los procesos productivos, impulsando su gestión óptima y mejora continua, detectando y corrigiendo falencias que afectan a los resultados de la compañía.
Supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional	Se encarga de supervisar e informar las medidas de seguridad y normas de la empresa a todos los colaboradores.
Asistente de Seguridad y Salud Ocupacional	Se encarga de apoyar en la gestión de seguridad de la empresa.
Técnico de Mantenimiento	Se encarga de las reparaciones de las máquinas averiadas.
Jefe de Ventas	Se encarga de supervisar las ventas y de gestionar, de acuerdo al plan de ventas, la correcta negociación con el cliente.
Gestor de Negocio	Se encarga de negociar con el cliente y registrar las especificaciones que permitan satisfacer sus necesidades.
Analista de Exportación y Facturación	Se encarga de la gestión de las exportaciones y su respectiva facturación.
Encargado de	Se encarga de incrementar el valor de la marca y de captar más

Puesto	Funciones
Publicidad y Marketing	clientes para los diferentes productos que produce la compañía.
Contador General	Se encarga del balance de los asientos contables y de gestionar los estados financieros de la empresa.
Sub Contador General	Se encarga de contabilizar las facturas y realizar el cierre contable a fin de mes.
Asistente de Contabilidad	Se encarga de la recepción de facturas y su ingreso en al SAP.
Encargado de Importaciones	Se encarga de la gestión de importación de materia prima y productos afines al sector manufacturero.
Encargado de Créditos y Cobranzas	Se encarga de gestionar los créditos otorgados por la empresa y a la empresa, y su respectivo cobro.
Encargado de Tesorería	Se encarga de la gestión monetaria de la empresa. Además, es el encargado de elaborar el flujo de caja controlando los ingresos y egresos de la compañía.
Auxiliar de Almacén	Se encarga de ayudar a clasificar y organizar el almacén.
Encargado de Tecnologías de Información	Se encarga de administrar las tecnologías y redes de comunicación de la empresa.
Encargado de Logística	Se encarga de la supervisión de la distribución y envío de los productos terminados.
Analista de Logística	Se encarga del manejo de la distribución de productos terminados.
Encargado de Recursos Humanos	Se encarga de la gestión de personal y capacitaciones dentro de la empresa.
Asistente Social	Se encarga de velar por el bienestar del colaborador y de la realización de eventos que promuevan la integridad y compañerismo.
Asistente de Recursos Humanos	Se encarga de la documentación de personal ingresante y cesante.

Finalmente, la Figura 1 muestra organigrama general de la empresa en estudio.

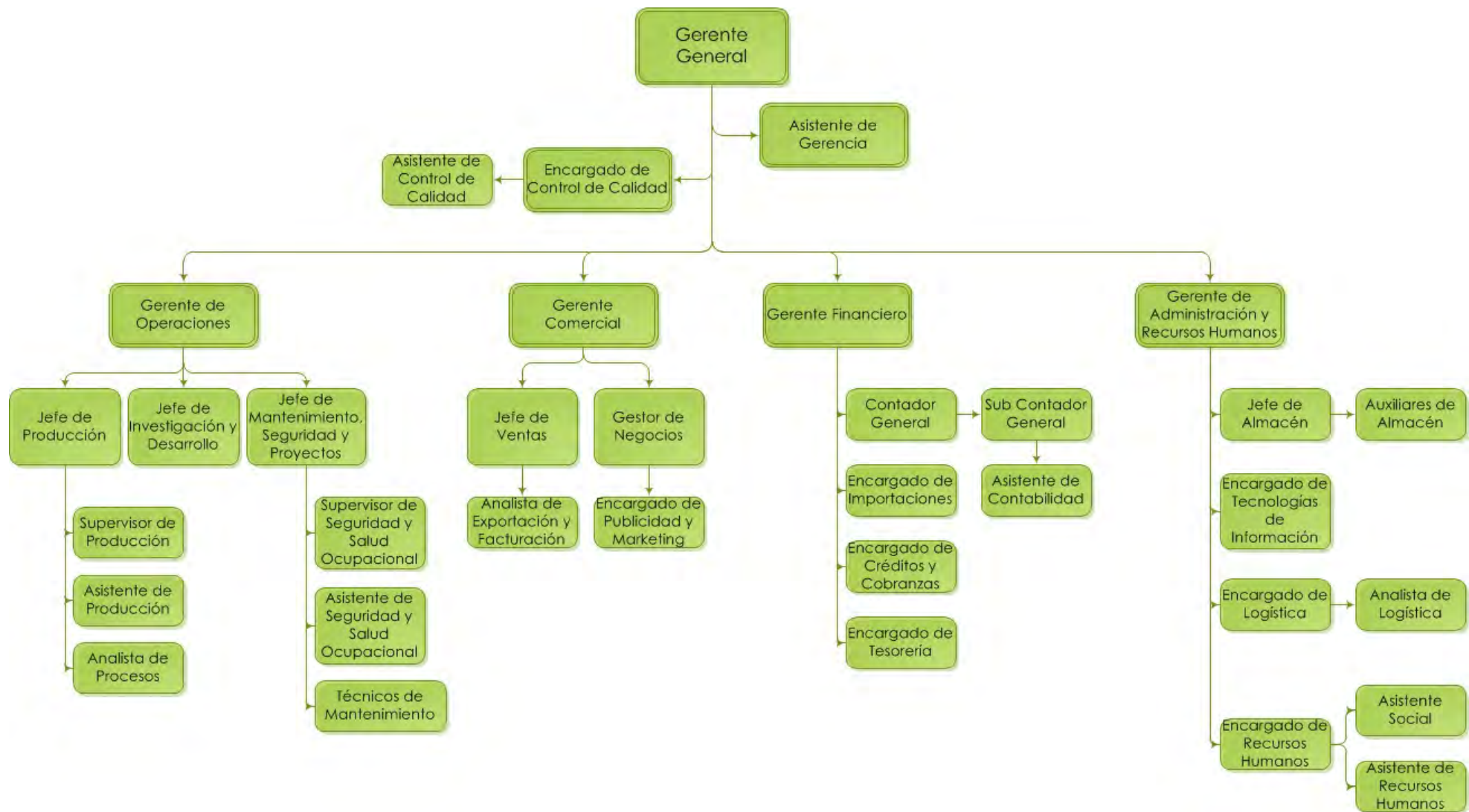


Figura 1: Organigrama general de la empresa en estudio

ANEXO 2: Tipos de producto

Los otros tres tipos de producto que la empresa en estudio produce son los siguientes:

- Redes sin Nudo: Son paños que se han tejido en una máquina tejedora Rashel la cual teje los paños para la red malla por malla avanzando de fila en fila hasta completar el largo del paño. Es por ello que, estos paños no necesitan nudos para formar la malla, sino que cada malla esta tejida unida a la otra. En la Figura 2, se exhibe una muestra de Red sin Nudo.

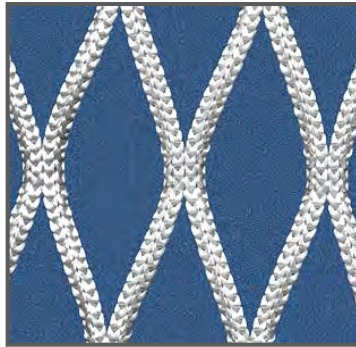


Figura 2: Red sin Nudo

- Cabos: Son grandes cuerdas muy resistentes que se usan para atar las redes al barco o atar el ancla al barco. Un ejemplo de cabo se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Cabo

- Cordeles: Son hilos trenzados o torcidos que están formados por fibras de nylon, poliéster, polietileno o polipropileno. En la Figura 4, se presenta un cordel torcido y, en la Figura 5 se presenta un cordel trenzado.



Figura 4: Cordel Torcido



Figura 5: Cordel Trenzado

ANEXO 3: Fotos del proceso productivo

El proceso productivo de redes con nudo se compone de varias etapas que son presentadas desde la Figura 6 hasta la Figura 13.



Figura 6: Proceso de Tejido



Figura 7: Proceso de Revisión



Figura 8: Proceso de Remallado



Figura 9: Proceso de Teñido



Figura 10: Proceso de Termofijado



Figura 11: Proceso de Medición



Figura 12: Proceso de Alquitrinado



Figura 13: Proceso de Empaquetado

Tabla 4: Matriz Familia - Área para Transporte

Transporte														
		Área de Producción												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Total
Familia por Proceso	Familia A	X		X						X	X		X	5
	Familia B	X		X						X	X		X	5
	Familia C	X		X						X			X	4
	Familia D	X		X						X			X	4
	Familia E	X		X						X			X	4
	Familia F	X		X						X			X	4
	Familia G			X						X			X	3
	Familia H			X						X			X	3
	Familia I			X						X			X	3

Tabla 5: Matriz Familia - Área para Sobreprocesamiento

Sobreprocesamiento														
		Área de Producción												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Total
Familia por Proceso	Familia A			X				X		X	X			4
	Familia B			X				X		X	X			4
	Familia C			X				X		X				3
	Familia D			X						X				2
	Familia E			X						X				2
	Familia F			X				X		X				3
	Familia G			X				X		X				3
	Familia H			X				X		X				3
	Familia I			X				X		X				3

Tabla 6: Matriz Familia - Área para Exceso de Movimientos

Exceso de Movimientos														
		Área de Producción												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Total
Familia por Proceso	Familia A			X						X				2
	Familia B			X						X				2
	Familia C			X						X				2
	Familia D			X						X				2
	Familia E			X						X				2
	Familia F			X						X				2
	Familia G			X						X				2
	Familia H			X						X				2
	Familia I			X						X				2

Tabla 7: Matriz Familia - Área para Defectos

Defectos														
		Área de Producción												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Total
Familia por Proceso	Familia A	X				X		X						3
	Familia B	X						X						2
	Familia C	X						X						2
	Familia D	X				X								2
	Familia E	X												1
	Familia F	X				X		X						3
	Familia G		X			X		X						3
	Familia H		X			X		X						3
	Familia I		X					X						2

ANEXO 5: Criterios utilizados en la aplicación del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE)

Los criterios que complementan el desarrollo del Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) del proceso de producción de redes para la familia de productos “A”, son mostrados en la Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 8: Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Tabla 9: Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

ANEXO 6: Criterios utilizados en la aplicación de las 5 S

El proceso de clasificación de las 5 S es presentado en la Figura 14, con el objetivo de mostrar un criterio que permita separar los objetos innecesarios, obsoletos, dañados y necesarios.

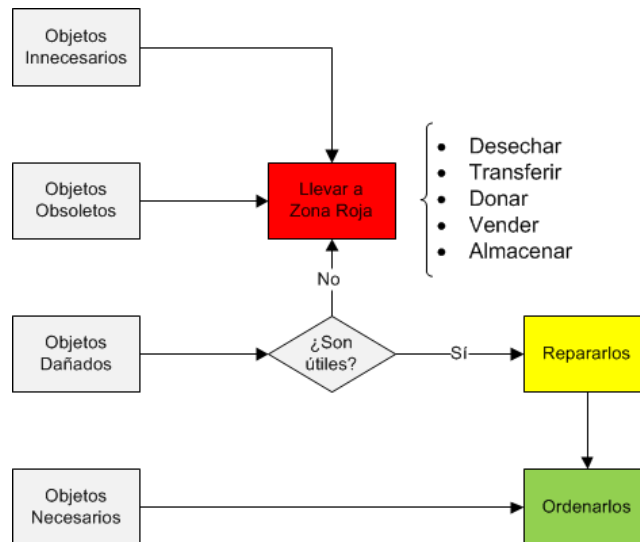


Figura 14: El proceso de clasificación 5 S

Por otro lado, la Tabla 10 detalla la frecuencia de uso y los criterios que han sido utilizados para el etiquetado de los objetos en el área de trabajo.

Tabla 10: Criterios para etiquetado de objetos en el área de trabajo

Frecuencia de Uso		Criterio	Color de Tarjeta
Alto	Elementos usados una vez a la semana, todos los días o cada hora para la realización de la labor.	Objetos y herramientas que son utilizadas una vez o más en cada una de las unidades producidas del puesto de trabajo.	Verde
Promedio	Elementos utilizados más de una vez al mes.	Objetos y herramientas que no son utilizadas para la fabricación de todas las unidades producidas en el puesto de trabajo.	Amarillo
Bajo	Elementos que no han sido usados el año pasado o que sólo han sido usados una vez en los últimos seis a doce meses.	Objetos y herramientas que corresponden a otra área de la producción.	Naranja
		Objetos y herramientas que no son necesarias en el proceso productivo y que no serán de utilidad en ninguna área de la empresa.	Rojo

ANEXO 7: Detalle sobre las partes y averías encontradas en el telar

Con el objetivo de detallar las partes del telar que permita contribuir en el aprendizaje de todos los operarios, ampliar sus tareas de mantenimiento y alimentar el deseo de mantener el equipo en óptimas condiciones. Se presenta y describe las ocho partes principales de la máquina tejedora:

- **Fileta de Urdimbre:** Es la estructura de la máquina encargada del almacenamiento de bobinas para el tejido. Su mayor o menor capacidad, estará en función a la cantidad de bobinas que puedan ser colocadas en las púas de la estructura.
- **Cuneta:** Es el espacio de la máquina que almacena las lanzaderas de bronce y los carretes que contienen los hilos verticales conocidos como trama.
- **Bancada y transmisión:** Es la estructura que sostiene a la máquina y está compuesta por piñones y engranajes.
- **Sistema de rodillos:** El sistema de rodillos está compuesto por tres elementos: El primero, permite la alimentación de los hilos que provienen del filete de urdimbre y facilita su tejido cada vez que haya un cruce con la trama. El segundo, corresponde a los rodillos de avance de malla y, el tercero, es el encargado de ir entregando el paño como producto terminado del proceso.
- **Sistema hidráulico:** El sistema hidráulico está presente en las máquinas de marca TOYO y cumple la función de detener la caída de barra. Por otro lado, las máquinas que datan de la década del ochenta, poseen un freno mecánico que les ayuda a cumplir con la misma función.
- **Sistema de control:** Está compuesto por los sensores, controladores y actuadores que permiten la detección de averías en el proceso de fabricación, y la parada de la máquina en caso de presentarse eventos como el rompimiento de la urdimbre de hilo, rompimiento y agotamiento de la trama de hilo, sobresaltos de la lanzadera, etc.
- **Sistema eléctrico:** Es una colección de circuitos que se encargan de encender, arrancar, cargar e iluminar la máquina de telar.
- **Motor:** Es el encargado de transmitir potencia al telar y permitir su funcionamiento.

Luego de haber definido las ocho partes de la máquina tejedora, se identifica en la Figura 15, la cantidad de averías que ha sido ocasionada por cada parte, con el fin de elegir las partes del telar que hayan tenido la mayor cantidad de incidencias.

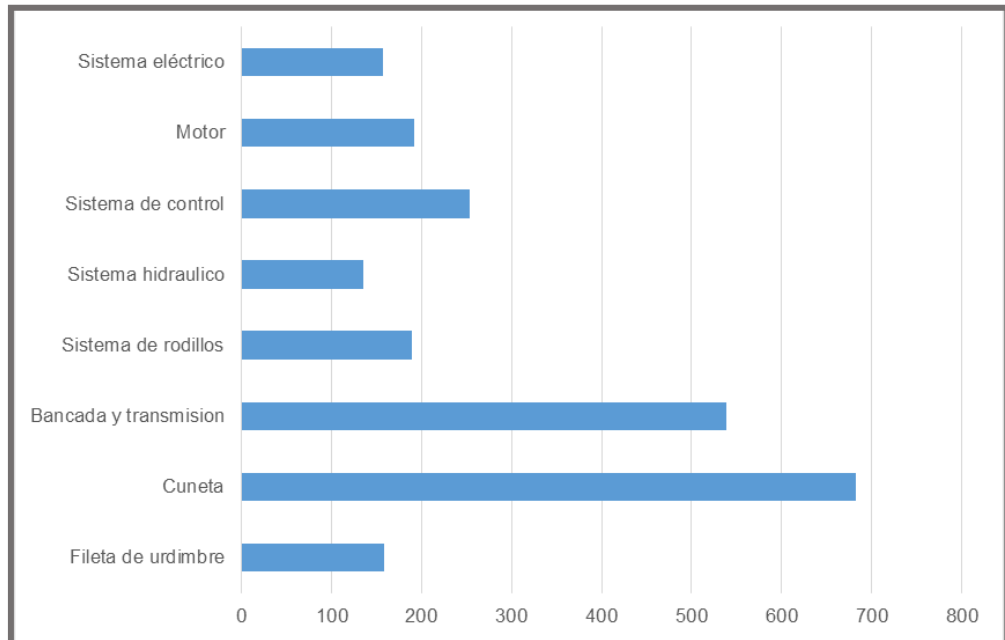


Figura 15: Cantidad de averías en una máquina tejedora

De esta manera, se puede concluir que de un total de 2 307 averías reportadas en los meses de noviembre y diciembre del 2013, y enero del 2014, la cuneta es la parte de la máquina que mayores problemas ha tenido con 683 averías, seguida de la bancada y transmisión con 539 averías.

ANEXO 8: Desarrollo de la metodología para la implementación de la distribución de planta

El análisis del presente anexo complementa la metodología propuesta en el Capítulo 5.4.1. De esta manera, en función al análisis realizado en el diagrama de operaciones multiproducto, se puede observar la secuencia y orden de las operaciones a las que se someten las familias de productos y, mediante ello, poder determinar las áreas con mayor relación entre sí, de acuerdo a lo calculado en el gráfico de trayectoria que se detalla en el siguiente punto.

- **Gráfico de trayectoria**

El siguiente paso consiste en elaborar el gráfico de trayectoria sumando los porcentajes de la fila VOLUMEN (Kg) del diagrama de operaciones multiproducto, para todas las familias que tengan la misma secuencia de procesos que relacionen áreas similares.

Por ejemplo, del proceso 1 al proceso 2, las familias A, B, C, D, E y F van desde el área de tejido RCN al área de revisión, por lo que se deberá sumar los porcentajes de volumen de producción de todas estas familias y colocarlo en la Tabla 11, considerando que la primera columna y fila representan la denominación que cada área de producción obtuvo en el Capítulo 4.3.2 y la siguiente relación:

Fila → Columna = Área del 1er proceso → Área del 2do proceso

El paso siguiente será colocar en la celda A1 → A3 la suma de $50,36 + 13,1 + 8,59 + 1,21 + 0,03 + 0,05 = 73,34$ y, de la misma manera, se procede con el resto. Atendiendo a estas consideraciones, se ha podido obtener el gráfico de trayectoria de la Tabla 11.

Tabla 11: Gráfico de trayectoria

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
A1			73,34									
A2			26,65									
A3				263,5								
A4			63,51		83,52	15,23		1,24	100			
A5							83,52					
A6							15,23					
A7									98,75			
A8									1,24			
A9			36,53							63,46	29,54	70,45
A10			63,46									
A11												29,54
A12												

- **Análisis relacional de actividades**

Continuando con la metodología planteada, se procederá a analizar las relaciones entre áreas, de acuerdo al valor del porcentaje hallado en el gráfico de trayectoria de la Tabla 11. De esta manera, se utilizarán la tabla relacional de actividades (números) y la tabla relacional de actividades (letras).

- Tabla relacional de actividades (Números): Se coloca en cada rombo o en cada cruce de áreas, el porcentaje de relación entre áreas obtenido en el gráfico de trayectoria de la Tabla 11 y se grafica la tabla relacional de actividades en la Figura 16.

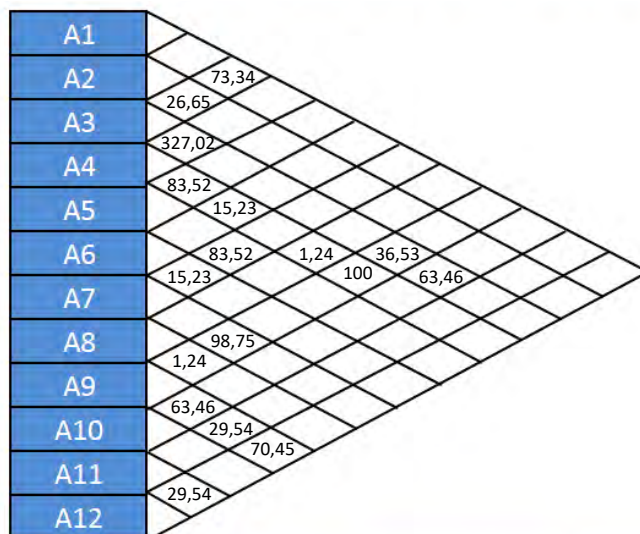


Figura 16: Tabla relacional de actividades (Números)

Se ordena de mayor a menor los porcentajes obtenidos en la Figura 16 y se asigna una letra para relacionar las áreas de acuerdo a la siguiente regla:

$$A \leq 5\% \cdot NR \quad E \leq 10\% \cdot NR \quad I \leq 15\% \cdot NR \quad O \leq 20\% \cdot NR \quad U > 50\% \cdot NR$$

NR = Número de Relaciones

$$= (\text{Número de áreas}) \cdot (\text{Número de áreas} - 1) / 2 = 66 \text{ relaciones}$$

De esta forma, se obtiene la Tabla 12 con las letras respectivas para cada porcentaje de relación de la Figura 16.

Tabla 12: Tabla de relación Letra - Número

A	327,02
E	100
	98,75
	83,52
	83,52
I	73,34
	70,45
	63,46
	63,46
O	36,53
	29,54
	29,54
	26,65
	15,23
	15,23
	1,24
	1,24

- ii. Tabla relacional de actividades (Letras): Se reemplaza cada número con la respectiva letra que se le asignó en la Tabla 12 y se obtiene el gráfico de la Figura 17.

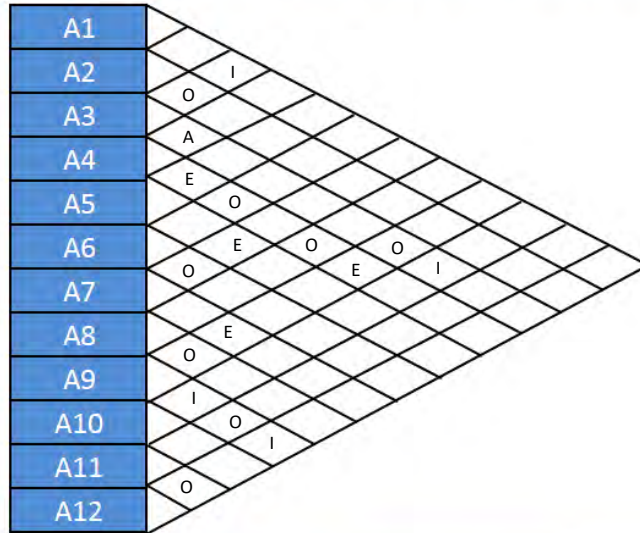


Figura 17: Tabla relacional de actividades (Letras)

En la Figura 17, se muestra las relaciones entre áreas siendo la letra A la relación más fuerte y la fuerza de la relación va disminuyendo hasta llegar a la letra U, que es representada por los espacios en blanco.

- **Diagrama de bloques unitarios**

- Paso 1: Para obtener el diagrama de bloques unitarios, se deberá utilizar como base el método de Francis, el cual consiste en ordenar las relaciones de la Figura 17. En ese sentido, se cuenta cada letra en las filas de la Tabla 13 y se coloca en la columna A, E, I, O, U, según corresponda.

Finalmente, se atribuye un Ratio de Cercanía Total (RCT), el cual es la suma total de puntajes obtenido por cada letra, multiplicado por los coeficientes mostrados en la siguiente regla:

$$A=10000, E=1000, I=100, O=10, U=0$$

De esta manera, el resultado hallado es mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13: Paso 1 – Método de Francis

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A	E	I	O	U	RCT
A1		U	I	U	U	U	U	U	U	U	U	U	0	0	1	0	10	100
A2	U		O	U	U	U	U	U	U	U	U	U	0	0	0	1	10	10
A3	I	O		A	U	U	U	U	O	I	U	U	1	0	2	2	6	10 220
A4	U	U	A		E	O	U	O	E	U	U	U	1	2	0	2	6	12 020
A5	U	U	U	E		U	E	U	U	U	U	U	0	2	0	0	9	2 000
A6	U	U	U	O	U		O	U	U	U	U	U	0	0	0	2	9	20
A7	U	U	U	U	E	O		U	E	U	U	U	0	2	0	1	8	2 010
A8	U	U	U	O	U	U	U		O	U	U	U	0	0	0	2	9	20
A9	U	U	O	E	U	U	E	O		I	O	I	0	2	2	3	4	2 230
A10	U	U	I	U	U	U	U	U	I		U	U	0	0	2	0	9	200
A11	U	U	U	U	U	U	U	U	O	U		O	0	0	0	2	9	20
A12	U	U	U	U	U	U	U	U	I	U	O		0	0	1	1	9	110

- ii. Paso 2: Se ordenan las áreas de la Tabla 13 siguiendo los siguientes pasos:
- La primera área en colocar es la que tiene mayor RCT. Si hay empate entre dos o más áreas, se elige el que tenga mayor número de A. Si persiste el empate, se toma al azar uno de ellos.
 - La siguiente área en colocar será la que tenga una A con el primero y con el mayor RCT. Si persiste el empate, se elige uno al azar.
 - La tercera área en ser colocada será la que tenga mayor RCT entre los que tengan una A con alguna de las áreas ya colocadas. Si no existen departamentos con A, se elige el de mayor RCT entre los que tengan relación E con cualquiera de los departamentos colocados. Si no existen E, se continúa con I y así sucesivamente. Si existen empates, se elige uno al azar.
 - La siguiente área se designará siguiendo el mismo procedimiento que se hizo para seleccionar la tercera área y así hasta asignar un orden a todas las áreas de la Tabla 13.

Atendiendo a estas consideraciones, el resultado hallado se obtiene en la Tabla 14.

Tabla 14: Paso 2 – Método de Francis

Orden	Área	Motivo
1º	A4	Área con mayor RCT.
2º	A3	Área que tiene A con el 1º.
3º	A9	Área que tiene E con el 1º y es el de mayor RCT.
4º	A7	Área que tiene E con el 3º y es el de mayor RCT.
5º	A5	Área que tiene E con el 1º y con el 4º.
6º	A10	Área que tiene I con el 2º y el 3º.
7º	A12	Área que tiene I con el 3º y es el de mayor RCT.
8º	A1	Área que tiene I con el 1º.
9º	A8	Área que tiene O con el 1º y con el 3º y se eligió del empate.
10º	A6	Área que tiene O con el 1º y el 4º y se eligió del empate.
11º	A11	Área que tiene O con el 3º y 7º.
12º	A2	Área que tiene O con el 2º.

- iii. Paso 3: Se realiza la ubicación relativa entre áreas, para ello se siguen los siguientes pasos:
- a. Se representa cada área por medio de un cuadrado denominado bloque unitario y se coloca la primera área de la Tabla 14 (área A4), como se muestra en la Figura 18 en la parte superior izquierda. La numeración del 1 al 8 corresponde a las 8 posiciones posibles para colocar la siguiente área. De aquí en adelante, la numeración de las posiciones se realiza empezando por la cara del área ya colocada que esté más a la izquierda y arriba (en este orden). Considerar sólo las casillas adyacentes a los departamentos colocados.
 - b. Puesto que existen 8 posibilidades donde colocar la siguiente área, se calculará la tabla de “valores de posición ponderados” (VVP). El VVP es la suma de todos los valores de adyacencia del departamento a colocar con respecto a los ya colocados. Se emplea el siguiente criterio:
 - o Si la zona es adyacente por medio de “borde” el puntaje a acumular es el 100% del valor que corresponde a la relación con el departamento que se tiene tal borde.

8	7	6
1	A4	5
2	3	4

Posición	VPP
1,5,3,7	10000
2,4,6,8	5000

10	9	8	7
1	A3	A4	6
2	3	4	5

Posición	VPP
1	10
2,10	5
6	1000
5,7	500
3,9	510
4,8	1010

12	11	10	9
1	A3	A4	8
2	3	A9	7
	4	5	6

Posición	VPP
1,2,9,10	0
11,12	0
8,4,6	500
3,5,7	1000

12	11	10	9
1	A3	A4	8
2	A7	A9	7
3	4	5	6

Posición	VPP
1,6,7,12	0
2,4,8,10	1000
3,5,9,11	500

12	11	10	9	
14	13	A3	A4	8
1	A5	A7	A9	7
2	3	4	5	6

Posición	VPP
1,2,3,8	0
9,14	0
5,7,11,13	100
4,6,8	50
10,12	50

14	13	12	11	
16	15	A3	A4	10
1	A5	A7	A9	9
2	3	4	A10	8
	5	6	7	

Posición	VPP
1,2,3,5,6	0
7,11,12,13	0
14,15,16	0
4,8,10	50
9	100

16	15	14	13		
18	17	A3	A4	12	11
1	A5	A7	A9	A12	10
2	3	4	A10	8	9
	5	6	7		

Posición	VPP
1,2,3,4,5,6	0
7,8,9,10,11	0
12,13,18	0
14,16	50
15,17	100

17	16	15			
18	A1	14	13		
20	19	A3	A4	12	11
1	A5	A7	A9	A12	10
2	3	4	A10	8	9
	5	6	7		

Posición	VPP
4,8,13	5
14	10
1,2,3,5,6,7	0
9,10,11,15	0
16,17,18	0
19,2	0
12	15

17	16	15			
18	A1	14	13	12	
20	19	A3	A4	A8	11
1	A5	A7	A9	A12	10
2	3	4	A10	8	9
	5	6	7		

Posición	VPP
4,14	10
3,13	5
1,2,4,5,6,7	0
8,9,10,11	0
12,15,16	0
17,18,19,20	0

17	16	15			
18	A1	14	13	12	
20	19	A3	A4	A8	11
1	A5	A7	A9	A12	10
2	3	A6	A10	8	9
	4	5	6	7	

Posición	VPP
10	10
9,11	5
1,2,3,4,5,6	0
7,12,13,14	0
15,16,17,18	0
19,20	0
8	15

17	16	15			
18	A1	14	13	12	
20	19	A3	A4	A8	11
1	A5	A7	A9	A12	10
2	3	A6	A10	A11	9
	4	5	6	7	8

Posición	VPP
19	10
18	5
1,2,3,4,5	0
6,7,8,9,10	0
11,12,13,14	0
15,16,17,20	0

Figura 18: Paso 3 - Método de Francis

- o Si la zona es adyacente por medio de “vértice”, el puntaje a acumular es el 50% del valor que corresponde a la relación con el departamento que se tiene tal vértice.

En este caso, la siguiente área a colocar sería el A3 el cual tiene una relación A con A4 cuyo puntaje es 10 000. Entonces, en las posiciones 1, 3, 5 y 7 el VPP será de 10 000 en cada una, por ser zonas adyacentes por medio de borde con A4. En las posiciones 2, 4, 6 y 8 el VPP será de 5 000 (o 50% de 10 000) por ser zonas adyacentes por medio de vértice con A4. La posición elegida será siempre la de mayor VPP, empezando por la posición “oeste”, la que aparezca primero. En este caso, corresponde a la posición 1.

- c. Se procede a colocar la siguiente área que es el A9. El mayor VPP es 1 010 y se da en las posiciones 4 y 8. La primera posición con el mayor VPP empezando por el oeste será la posición 4.
- d. Las demás áreas se colocarán una a una siguiendo el mismo método, hasta que todas las áreas hayan sido colocadas. De esta manera, se obtiene el diagrama de bloques mostrado en la Figura 19.

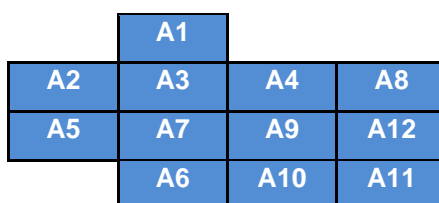


Figura 19: Diagrama de bloques unitarios