

## REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

# ***APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA LA MEJORA DE PRODUCCIÓN EN EMPRESA TEXTIL***

**Autor: MIRANDA MIRANDA JOSUE**

**Tesis presentada para obtener el título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y SERVICIOS**

**Nombre del asesor:  
ING. ALDO JAIME PURECO NIÑO**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





**UVAQ**

M.R.

**UNIVERSIDAD  
VASCO DE QUIROGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS Y  
SERVICIOS**

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA LA MEJORA  
DE PRODUCCIÓN EN EMPRESA TEXTIL**

**TESIS**

**Que para obtener el título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y SERVICIOS**

**PRESENTA  
MIRANDA MIRANDA JOSUÉ**

**ASESOR  
ING. ALDO JAIME PURECO NIÑO**

**CLAVE: 16OSU50V**

**LIBRO: LIC100412**



019  
ZAVALA

T2703

**MORELIA, MICHOACÁN**

**MAYO, 2019**



**UNIVERSIDAD  
VASCO DE QUIROGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS Y  
SERVICIOS**

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN PARA LA MEJORA  
DE PRODUCCIÓN EN EMPRESA TEXTIL**

**TESIS**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL EN PROCESOS Y SERVICIOS**

**PRESENTA**

**MIRANDA MIRANDA JOSUÉ**

**ASESOR**

**ING. ALDO JAIME PURECO NIÑO**

CLAVE: 16OSU50V

ACUERDO: LIC100412

MORELIA, MICHOACÁN

MAYO, 2019

## **Agradecimientos.**

Lic. Jesús Antonio Miranda Ocaña.

Sra. Sandra Angélica Miranda Villarreal.

Ing. Jorge Pérez Villarreal.

Sra. Lilia Villarreal.

Lic. Cecilia Montserrat Paulin Carlos.

Ing. Aldo Jaime Pureco Niño.

Ing. Daniel Pureco Niño.

## **Resumen:**

La necesidad de conocer el comportamiento de eventos en un sistema de producción es la base para tomar acciones que atiendan los problemas principales, es por ello que se implementaron indicadores en la empresa Agujetas Lago del Bajío S.A de C.V. buscando la certeza en el análisis para tomar acciones correctivas y preventivas a problemas constantes que generan tiempos muertos en el área de producción conocida como "trenzado", la idea es simple, un sistema autónomo a las operaciones dentro del área de trenzado que permita estudiar el tiempo en que una maquina cambia de artículo, tiempo en el cual sucede un problema mecánico, paros por falta de materia prima, etc. Da una idea clara al jefe de planta de las acciones a tomar (acciones correctivas y preventivas), siendo analizados en base a herramientas de calidad como lo son los diagramas de Pareto, diagramas Ishikagua, Histogramas, Polígonos de frecuencia, etc.

La prioridad es dar una solución en base a la filosofía Lean Manufacturing, buscando la agilidad en el proceso de la mano con la funcionalidad y eficiencia de esta área.

## **Abstrac**

The need to know the behavior of events in a production system is the basis for taking actions that address the main problems, that is why an automatic data acquisition system was generated in Agujetas Lago del Bajío S.A de C.V. looking for certainty in the analysis to take corrective and preventive actions to constant problems that generate downtime in the area of production known as "braided", the idea is simple, an autonomous system to the operations within the area of braiding that allows to study with accuracy the time in which a machine changes article, time in which a mechanical problem occurs, stoppages due to lack of raw material, etc. It gives a clear idea to the plant supervisor of the actions to be taken (corrective and preventive actions), being analyzed based on quality tools such as Pareto diagrams, Ishikagua diagrams, Histograms, frequency polygons, etc.

The priority is to give a solution based on the Lean Manufacturing philosophy, seeking the agility in the process hand in hand with the functionality and efficiency of this area.

1.1. Introducción

1.1.1. Objetivo

1.1.2. Alcance

1.2. Metodología

1.2.1. Fase 1

1.2.2. Fase 2

1.2.3. Fase 3

1.3. Herramientas

1.3.1. Just in Time

1.3.2. Inventarios

1.3.3. Kanban

1.3.4. SMED

Capítulo 2 Marco

## Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>ii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema .....	2
Objetivo General.....	5
Objetivos particulares .....	5
Justificación.....	5
Hipótesis.....	5
Metodología.....	6
<b>Capítulo 1 Marco teórico</b> .....	<b>8</b>
1.1. Manufactura Esbelta.....	8
1.1.1. Principios de Manufactura Esbelta.....	9
1.1.2. Áreas de Aplicación.....	10
1.2. 5 S.....	10
1.2.1. Pasos de las 5 S.....	11
1.2.2. Beneficios de las 5 S.....	12
1.2.3 Tipos de Desperdicio.....	13
1.3. Herramientas Manufactura Esbelta.....	17
1.3.1. Just in Time.....	17
1.3.2. Jidoka.....	18
1.3.3. Kaizen.....	19
1.3.4. SMED.....	20
<b>Capítulo 2 Marco de referencia</b> .....	<b>21</b>

2.1. Agujetas Lago de Bajío.....	21
2.2. Misión.....	21
2.3. Visión.....	22
2.4. Personal.....	22
2.5. Capacitación.....	22
2.6. Expansión.....	23
2.6.1. Almacén.....	23
2.6.2. Almacén de Materias Primas.....	24
2.6.3 Trenzado.....	34
2.6.4. <i>Devanado</i> .....	40
2.7. Estándares.....	45
<b>Capítulo 3. Revisión técnica.....</b>	<b>52</b>
3.1. Plan de ataque.....	52
3.2. Presentación del prototipo.....	53
3.3. Uso de Herramientas Estadísticas.....	56
<b>Capítulo 4. Metodología.....</b>	<b>59</b>
4.1. Recopilación de datos.....	59
4.2. Interpretación de Datos.....	62
4.3 Acciones Correctivas.....	65
<b>Capítulo 5. Resultados.....</b>	<b>70</b>
Recopilación de Datos.....	70
<b>Fallos mecánicos.....</b>	<b>74</b>
Interpretación de Datos.....	76
5.1. Diseño del sistema.....	76
5.1.1 Operadores.....	76

5.1.2 Mecánicos. ....	77
5.1.3 Adquisición de datos.....	79
Objetivo principal. ....	102
Objetivos particulares. ....	102
<b>Conclusiones. ....</b>	<b>104</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>105</b>
<b>Índice de Ilustraciones. ....</b>	<b>106</b>
<b>Referencias electrónicas. ....</b>	<b>107</b>
<b>Formatos ..... </b>	<b>108</b>
Reporte de Mantenimiento .....	108
Reporte de Eficiencia y Calidad.....	110

## Introducción.

### Antecedentes.

A finales del siglo XIX surgió el primer pensamiento Lean Manufacturing en Japón por parte de Sakichi Toyoda, quien aumentó la productividad de los trabajadores, añadiendo valor al sistema JIT, y estableció el Toyota Production System (TPS). El modelo se basaba en producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita, esto se complementó con la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, a través del sistema SMED.

Lean Manufacturing surge a partir de la cultura que adoptaron las empresas japonesas que tenían como objetivo aplicar mejoras en la planta de fabricación. Consiguieron mejorar los resultados tanto en los puestos de trabajo como en las líneas de fabricación.

Hoy en día Lean Manufacturing es eliminación de todas aquellas actividades que absorben recursos, pero no crean valor: defectos, mudas, inventario inmovilizado, esperas, movimientos de traslado, etc.

Para este trabajo se consultó la tesis "Metodología para Mejora de la Productividad en una Línea de Producción a Través de la Aplicación del Modelo 3M (Mano de Obra, Máquinas y Materiales) para la Eliminación de Desperdicios" realizada por "Zozaya Torres Carlos Alberto" pues en ella se aborda una técnica de lean manufacturing, la cual nos dice que para tener mayor productividad se deben eliminar los 7 desperdicios (Sobreproducción, tiempos muertos, transportación, procesamiento, inventario, movimiento innecesario, defectos de producto).

También se consultó la tesis "Implementación de Manufactura Esbelta en la Línea de Producción De La Empresa SEDEMI S.C.C." elaborada por "Carpio Mejía Juan Carlos" debido a que en ella se mencionan otro tipo de herramientas lean, que serían de utilidad para el estudio y mejora en los tiempos de producción de la presente tesis.

Dichas herramientas son: JIT (Just In Time), Kanban, 5's y Pull System (Sistema de Arrastre).

### **Planteamiento del problema.**

Actualmente Agujetas Lago tiene el área de trenzado como principal área productora en su giro, la cual cuenta con 9 líneas de entre 17 y 19 máquinas trenzadoras cada una, además de la línea 2 que se compone de 27 trenzadoras, estas trenzan la agujeta que posteriormente es cortada y empuntada en otra área de la empresa.

Con el paso del tiempo se han generado gastos por mermas, tiempos muertos, baja eficiencia, entre otros en esta área, así como deficiencia de producción en la misma, el problema radica en la falta de indicadores en el área de trenzado, dado que la función principal de los operadores es la reactivación de las máquinas que se han detenido por su sistema Poka-Yoke (poka significa "equivocación" y yoke "evitar", por lo general son sistemas mecánicos o administrativos que evitan fallas en el funcionamiento del proceso) y como función secundaria es supervisar la calidad del producto en producción, sin embargo, no se cuenta con un apoyo visual del estado de las máquinas, enumerando los problemas que se encuentran en este proceso podremos observar los siguientes:

1. Tiempos muertos excesivos en las maquinas trenzadoras, dado que el área a supervisar es relativamente grande para una persona que debe de enfocarse en inspeccionar la calidad con la cual se está generando el producto semiterminado, esto provoca que descuide máquinas que se han detenido haciendo deficiente la producción en esta área.
2. Falta de indicadores de producción, como lo pueden ser mermas recurrentes, índice OEE (Operation efficient equipment), tiempo total de fabricación, entre otros. Actualmente la empresa tiene un sistema manual en el cual se registra la producción

por turno, con la finalidad de dar un estímulo de productividad a los operarios del área de trenzado, sin embargo, no se toman en cuenta factores como tiempos muertos, fallos mecánicos, defectos de producción y mermas.

3. Clientes internos, si bien los procesos en la empresa son supervisados de manera individual, la relación entre las áreas es importante, dado que dependen la una de la otra para poder trabajar, en otras palabras, el área anterior al área de trenzado (devanado), provee de carretes de hilo que alimentan a las maquinas trenzadoras para su correcto funcionamiento, sin embargo, el área de devanado presenta diversos problemas para proveedor de carretes al área de trenzado dado que sus tiempos de producción no satisfacen la demanda de trenzado.
  
4. Sobreproducción, dado a la homogeneidad del proceso es difícil apreciar a simple vista las cualidades con las que se produce la agujeta, estas dependen de las especificaciones del cliente que varían desde el color de la agujeta, hasta la resistencia de la misma, las "muestras" solicitadas por los clientes son elaboradas en máquinas que cumplan con las características de tejido en la agujeta, una vez producidos y aprobados por el cliente se procede a descomponer la agujeta en cuestión, separando el forro (capa exterior de la agujeta, la cual es visible y generalmente lleva colores con greca o un solo color) y el alma (cordón de algodón regenerado o poliéster que da volumen y resistencia a la agujeta, este componente va dentro del forro por lo cual no es visible a simple vista) para pesarlos y conocer la cantidad aproximada de hilo por agujeta, la medida en la cual se solicita la muestra también debe ser tomada en cuenta dado que un gruesa (nombre técnico que representa una bolsa de plástico que contiene 144 agujetas sin importar el artículo, color o medida) contiene un número determinado de agujetas, pero cada agujeta puede llevar de 4 hasta 6 filamentos por hebra con la que se compone, una vez conocida la cantidad de material necesario para la elaboración de una gruesa en un artículo en particular se procede a hacer la proyección de la producción y así

- abastecerse de los materiales necesarios para la producción demandada por los clientes.

La empresa tiene 2 puntos de revisión en el proceso de fabricación de agujetas, el primero es durante los primeros 20 minutos de cambio de cada turno, los operadores utilizan este tiempo para revisar la cinta generada por maquina buscando defectos visibles, de ser encontrados son reportados al supervisor en turno para su manejo adecuado, este consiste en separar el producto con defecto del producto que cuenta con los estándares de calidad, se registra el peso de la merma y se anota el resultante en una bitácora para valorar el incentivo semanal del operador que produjo dicha merma, el otro punto de inspección es en el área de empuntado, durante el proceso de cortar y empuntar la agujeta (proceso físico-químico en el cual el cordón es envuelto en una capa de acetato que reacciona químicamente con la acetona y calor para conseguir un terminado rígido, esto se hace a través de la cámara de dados en la máquina que genera presión para asegurar una punta fuerte), la operadoras revisan todas las agujetas fabricadas, separando aquellas que tengan defectos, la merma resultante de este proceso se contabiliza como merma general y afecta el incentivo general de la planta, estos 2 puntos de inspección son postproducción, lo cual significa que todo lo que tenga defectos revisar en estos puntos simbolizara merma para la empresa.

### **Objetivo General.**

Aumentar la producción en el área de trenzado aplicando Lean Manufacturing.

### **Objetivos particulares.**

- Disminuir tiempos muertos en el área de trenzado.
- Reducir mermas.
- Aumentar el índice de EGE (Eficiencia Generada por Equipo).
- Crear un sistema automático de adquisición de datos.

### **Justificación.**

Mediante la implementación de una estrategia de Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) enfocada en un plan de mejora para el área de producción, se verán beneficiados tanto la empresa, por el ahorro de recursos y la reducción de costos, como los trabajadores al reducir los tiempos muertos en la producción. Por parte del cliente, sus encargos serán elaborados dentro de las fechas estipuladas evitando un retraso en sus líneas de producción por parte de la empresa Agujetas Lago S.A. de C.V.

En cuanto a las implicaciones prácticas que aportaría el presente proyecto, sería el uso preciso de materiales para la elaboración de agujetas, un sistema, el cual genere indicadores que colaboren con la productividad y reducción de mermas. De igual manera como valor teórico el aporte a la empresa sería la adquisición de nuevos conocimientos sobre la importancia de optimizar los procesos buscando reducir de la manera más eficiente los procesos innecesarios a través de herramientas de la ingeniería industrial como lo es la manufactura esbelta.

### **Hipótesis.**

“La implementación de indicadores elevará la productividad y reducirá desperdicios”.

## Metodología.

1. El primer paso en este proceso será conocer la capacidad instalada tomando en cuenta que “lo que no se mide, no se puede mejorar; Peter Druker, 2013, Principios de la calidad del software de watts Humphrey V”. Es necesario un punto de partida para conocer el estado actual de la planta (ciclo Deming) haciendo un comparativo entre la producción utilizada y la capacidad instalada, esto dará una idea certera en la brecha de mejora que se propone aprovechar.
2. Conocer las causas principales de desperdicio, dentro de los diversos factores por los cuales se generan mermas podremos mencionar el tiempo muerto, defectos de fabricación, estándares equivocados, etc. El generar un sistema que permita al jefe de planta conocer las causas más impactantes en la producción le ayudara a tomar acciones contundentes a la corrección de acciones.
3. Analizar posibles causas (Diagrama de Ishikawa) por las cuales se generan los problemas más relevantes para mejorar la eficiencia de esta área con las áreas de relación directa a trenzado (supervisor de producción, mantenimiento, programación de la producción).
4. Diseñar un sistema automático para recopilar los datos necesarios para el estudio.
5. Elaborar un prototipo que pueda ser instalado de manera relativamente rápida en cada una de las maquinas trenzadoras.
6. Realizar pruebas piloto en una muestra de las maquinas con el software y hardware instalados en el área de trenzado.

7. Analizar los datos obtenido, buscando atacar el problema más relevante en este periodo de tiempo.
8. Ejecutar acciones correctivas que ataquen directamente el problema principal que arroje la prueba piloto a través de los diagramas de Pareto.
9. Comparar resultados posteriores con los nuevos resultados a partir de la ejecución de acciones correctivas.

## Capítulo 1 Marco teórico.

### 1.1. Manufactura Esbelta.

Es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios, es decir, ajustados.

La creación de flujo se focaliza en la reducción de los siete tipos de "desperdicios" en productos manufacturados:

- Sobreproducción.
- Tiempo de espera.
- Transporte.
- Exceso de procedimientos.
- Inventario.
- Movimientos.
- Defectos.

Eliminando el despilfarro, utilizar más material del que es necesario, por ejemplo, si se sabe que una trenzadora es capaz de producir 16.5 cm de cinta por minuto, se llega al resultado de que por cada 16 horas de trabajo (2 turnos) producirá una gruesa en medida de 110 cm, y un carrete de hilo dura 3 turnos no es necesario llenar por completo el carrete, dado que este se cortara para volver a utilizarlo en devanado para elaborar otro carrete de distinto hilo, mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el coste. Las herramientas lean incluyen procesos continuos de análisis, producción pull, y elementos y procesos a prueba de fallos, con la filosofía del Monozukuri, el termino Monosukuri hace referencia a una palabra japonesa que significa "proceso de fabricación de alguna cosa", en esta práctica lo que se busca es optimizar únicamente los procesos que den valor al producto (cadena de valor).

Un aspecto crucial es que la mayoría de los costes se calculan en la etapa de diseño de un producto. Esto reduce los riesgos del proyecto, o lo que es lo mismo, el coste según el ingeniero, pero a base de aumentar los riesgos financieros y disminuir los beneficios. Las buenas organizaciones desarrollan y repasan listas de verificación para validar el diseño del producto.

### **1.1.1. Principios de Manufactura Esbelta.**

- Calidad perfecta a la primera: Búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: Eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: Reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": Los productos son tirados por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: Producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

### 1.1.2. Áreas de Aplicación.

- Gestión.
- Planificación y ejecución.
- Reducción de actividades sin valor añadido.
- Exceso de producción o producción temprana.
- Retrasos.
- Transportes desde o hacia el lugar del proceso.
- Inventarios.
- Procesos.
- Defectos.
- Desplazamientos.
- Calidad.

### 1.2. 5 S.

Las 5S fue un programa desarrollado por Toyota para conseguir mejoras duraderas en el nivel de organización, orden y limpieza; además de aumentar la motivación del personal.

La operatividad concreta de estos principios se instrumenta implantando una estrategia denominada y conocida internacionalmente como las 5 S por provenir de los términos japoneses:

Seiri: subordinar, clasificar, descartar

Seiton: sistematizar, ordenar

Setso: sanear y limpiar

Seiketsu: simplificar, estandarizar y volver coherente

Shitsuke: sostener el proceso, disciplinar

### 1.2.1. Pasos de las 5 S.

#### **Seiri (subordinar, clasificar, descartar).**

Es necesario iniciar en las áreas de trabajo y administrativas retirando los elementos innecesarios para la operación. Estos artículos se colocan en un lugar de almacenamiento transitorio en donde a su vez se seleccionan los que son utilizables para otra operación y se desechan o descartan los que se consideran inútiles liberando espacios y eliminando herramientas obsoletas.

#### **Seiton (sistematizar, ordenar).**

A los elementos que no se retiraron y que se consideran necesarios se les asigna un lugar delimitando su espacio de almacenamiento, visualización, y utilización pintando líneas de señalización de áreas con líneas, siluetas, poniendo etiquetas, letreros, o utilizando muebles modulares, estantes, etc. El ordenar de esta manera otorga grandes beneficios tanto para el trabajador como para la organización

#### **Seiso (sanear y limpiar).**

La limpieza sistematizada como parte del trabajo diario permite a su vez la inspección y la identificación de problemas de averías, desgaste, escapes o de cualquier tipo de defecto, además de que da un mantenimiento regular que hace más seguro el ambiente de trabajo al disminuir los riesgos que causa la suciedad y se pueden tomar acciones concretas que reduzcan o eliminen las causas primarias de contaminación brindando como en el caso anterior beneficios directos al trabajador en su salud y seguridad así como a la organización en sí.

### **Seiketsu (simplificar, estandarizar y volver coherente).**

Mantener los estados de limpieza y organización utilizando los pasos anteriores. Esta etapa se puede decir que es la etapa de aplicación. Con estandarizar mantendremos permanentemente un entorno productivo e impecable, recordando los 3 principios siguientes:

- Selección: No objetos innecesarios.
- Orden: No desorganización.
- Limpieza: No suciedad.

### **Shitsuke (sostener el proceso, disciplinar).**

Esta etapa es la cual mantiene que todos los pasos anteriores se cumplan paso a paso y que no se rompan los procedimientos.

#### **1.2.2. Beneficios de las 5 S.**

- Lograr la eliminación de despilfarro en diferentes áreas e incrementar la mejora de condiciones de higiene, seguridad y salud ocupacional, también es la plataforma para desarrollar cualquier sistema de producción enfocado a la satisfacción del cliente, mejoramiento del medio ambiente y desarrollo integral del personal operacional.
- Si bien se puede decir que las 5 S son fundamentales para los rubros mencionados es necesario mencionar las 4 primeras S que van relacionadas a los integrantes de los grupos que tienen la intención de ejecutar las 5 S enfocadas al área de trabajo, a la empresa.

Alguno de los benéficos más importantes serían los siguientes:

- El empleado adquiere un sentido de pertenencia, seguridad y se siente motivado.
- Se genera una cultura organizacional.
- Se potencia y se economiza el uso y la respuesta del tiempo.
- Se incrementa la vida útil de los equipos.
- Se reducen las mermas y las pérdidas por producciones con defectos.
- Se elaboran productos de una mayor calidad.

### **1.2.3 Tipos de Desperdicio.**

A medida que se utilicen herramientas y técnicas de manufactura esbelta, se comprobará la eliminación de ocho tipos de desperdicio:

- **Movimiento:** El desperdicio de movimiento tiene dos elementos, el movimiento humano y el movimiento de las máquinas, dichos movimientos están relacionados con la ergonomía del lugar donde se trabaja, afectando así a la calidad y la seguridad.
- **Sobreproducción:** Es el que más afecta a una industria, ocurre cuando las operaciones continuas debieron ser detenidas o cuando se hacen productos de previsión, para stock, antes de que el cliente los pida.
- **Espera:** Término aplicado en aquellos períodos de inactividad de un proceso ya que esta acción no agrega valor y a veces resulta en un sobrecoste del producto.
- **Transporte:** Se refiere al movimiento innecesario de materiales de una operación a otra sin ser requeridos.

- **Procesado extra:** Se refiere a operaciones extras como retrabajos, reprocesos, manejo de materiales innecesarios y almacenamiento debido a algún defecto, sobreproducción o inventario insuficiente.
- **Corrección:** se relaciona con la necesidad de corregir productos defectuosos. Se compone de todos los materiales, tiempo y energía involucrados en reparar los defectos.
- **Inventario:** condiciones cuando el flujo se restringe en una planta y cuando la producción no está marchando a ritmo. La producción de inventario que nadie quiere en ese momento desperdicia espacio y estimula daños y obsolescencias en los productos.
- **El conocimiento desconectado:** existe cuando se tiene una desconexión entre la compañía con sus clientes y/o proveedores.

Mediante la filosofía de 5'S se da como propuesta el siguiente plan para eficientar el proceso de trenzado.

### **Seiri.**

Actualmente en el área de trenzado se cuenta únicamente con los materiales y herramientas necesarios para el funcionamiento adecuado del área, esto sin entorpecer las labores naturales de proceso, sin embargo, la utilización de alarmas visuales para conocer la situación actual de las maquinas colabora con una eficiencia superior a la actual, colocar semáforos que indiquen la falta de hilo o alma ayuda a los operadores a actuar de manera rápida y oportuna en acciones que prevengan mermas, las trenzadoras que se alimentan de alma pueden durar aproximadamente 5 minutos trabajando sin generar desperdicio aun cuando el julio de alma (bobina de madera en la

cual se devana algodón regenerado) se ha terminado dado que aunque el julio está vacío, aun cuelga un tramo del alma bajo la máquina que seguirá siendo jalado por ella como se muestra en la ilustración 1.



**Ilustración 1,**  
**Alma sobrante en trenzadora kokobun,**

### Seiton.

Actualmente en el área de trenzado se cuenta únicamente con los materiales y herramientas necesarios para el funcionamiento adecuado del área, esto sin entorpecer las labores naturales de proceso, se cuenta con 3 o 4 canastillas por línea (esto depende de la cantidad de máquinas con las que cuenta cada línea), en ellas se depositan de 15 a 20 carretes de hilo suministrados por el área de devanado para alimentar las trenzadoras, la programación actual del área es muy aleatoria, esto quiere decir que aunque son 9 líneas de producción con un total de entre 17 y 19 máquinas por línea no se programan artículos con colores similares por línea, esto quiere decir que en la línea 2 podría estarse produciendo un artículo negro y en la línea 8 podría estarse produciendo otro, esto en una primera instancia no suena mal, sin embargo, al tener separadas 2 máquinas que necesitan el mismo tipo de hilo obliga a los operadores a usar más de una canastilla para tener a la mano los carretes de hilo para reactivar las máquinas una vez que se detengan mediante su sistema poka yoke, programar artículos en máquinas continuas reduce el espacio requerido en las canastillas, así como los tiempos de traslado de los operadores de las canastillas con hilo a las máquinas paradas por falta de hilo.

### Seiso.

La limpieza cotidiana de las máquinas colabora con su funcionamiento adecuado, en las trenzadoras se encuentran aditamentos que se pueden retirar con facilidad para cambiar un carrete vacío de uno lleno, estas piezas son pequeñas y pueden llegar a caer cerca de un engrane que con el tiempo por la misma vibración de la máquina puede generar un desperfecto, la intención de limpiar y lubricar cotidianamente las máquinas es evitar precisamente este tipo de incidentes.

La limpieza del área de trabajo es fundamental para eliminar posibles accidentes, en el área se trabaja con hilo y alma, los cuales pueden trincarse en flechas o engranes generando focos de atención, debido a que si alguno de estos llega a sujetarse a la vestimenta de algún operador este podría resultar gravemente lastimado.

El aceitado en el área es una acción diaria, una lubricación adecuada genera un correcto funcionamiento entre los componentes de las trenzadoras, sin embargo, el exceso de aceite puede generar escurrimientos que terminan en el suelo y pueden provocar un accidente por lo cual se recomienda una limpieza diaria de su área de trabajo.

### **1.3. Herramientas Manufactura Esbelta.**

Las herramientas Lean son una variedad de procedimientos e indicadores que funcionan con la metodología 5 S, en este caso utilizaremos los siguientes debido a la necesidad del caso de estudio:

- Just in Time.
- Jidoka.
- Poka yoke.
- Andon.
- Kaizen.
- SMED.

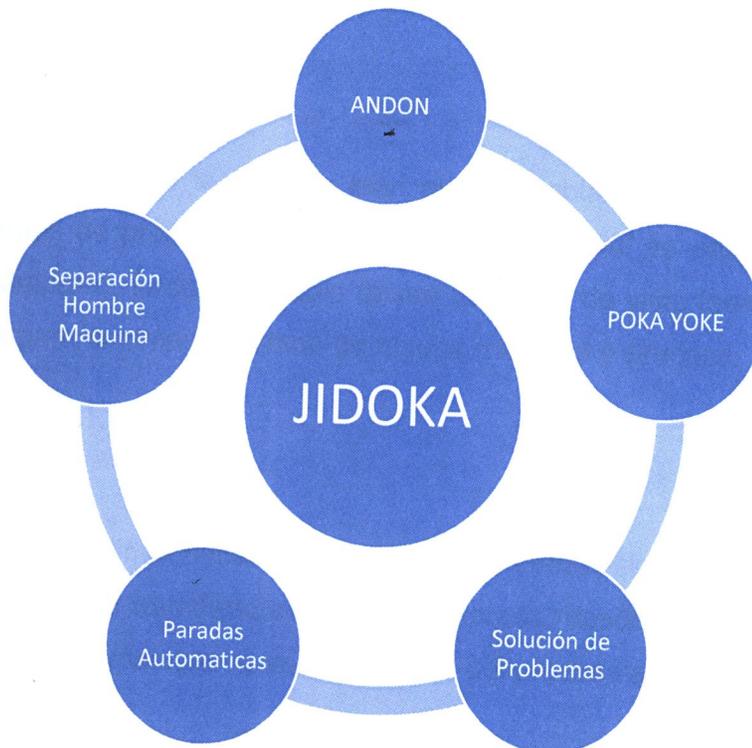
#### **1.3.1. Just in Time.**

El JIT es un sistema de gestión de inventarios que se desarrolló en Japón en los años 1980 con el fabricante de automóviles, Toyota, como la estrella de este proceso productivo. No tardó mucho en verlo extendido en Japón y, como en esos tiempos las

grandes empresas tenían mucha competencia, muchos gastos y la necesidad de reducirlos, estas prácticas se extendieron rápidamente.

### 1.3.2. Jidoka.

Significa automatización con un toque humano, es asegurar el control de la calidad en la fuente, es no permitir que pase un defecto al proceso siguiente, en contraste con los procesos tradicionales que realizan inspección al final de la línea, descartando los productos defectuosos, la composición de SMED se puede apreciar de mejor manera en la ilustración 2.



**Ilustración 2 .**  
**Composición de JIDOKA.**  
Fuente: <https://leanbox.es/jidoka/>

#### 1.3.2.1. Poka yoke.

Un poka yoke es un sistema generalmente mecánico el cual impide equivocaciones por el factor humano, consiste en un diseño en el mecanismo de la maquinaria el cual obliga al operador a hacer las cosas correctamente, de lo contrario esta no se activa,

poka yoke es una palabra japonesa que se compone de 2 términos:

Poka: Errores imprevistos.

Yoke: Acción de evitar.

En resumen, un poka yoke es un mecanismo que nos ayuda a evitar errores imprevistos.

### **1.3.2.2. Andon.**

Conocido por pertenecer a la filosofía lean el cual habla acerca de la comunicación visual en las áreas de producción de una empresa, “andon” es una palabra japonesa que significa “lámpara”, lo cual viéndolo desde un punto de vista lean nos habla sobre alertas visuales para conocer el estado de alguna maquina o proceso.

### **1.3.3. Kaizen.**

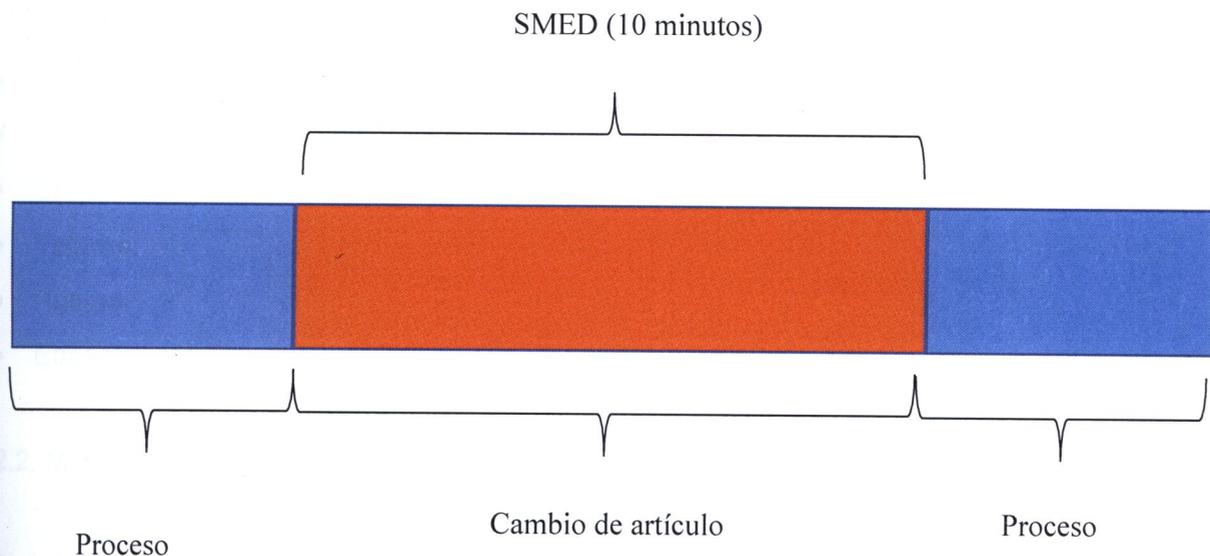
Proceso de mejora continua basado en acciones concretas, simples y poco onerosas, y que implica a todos los trabajadores de una empresa, desde los directivos hasta los trabajadores de base supervisen a su compañero del proceso anterior.

Esto es algo que se consigue externamente a través de inversiones materiales y financieras o confiando en técnicas de otros para resolver los problemas propios.

### 1.3.4. SMED.

En gestión de la producción, SMED (Single-Minute Exchange of Die) es un método de reducción de los desperdicios en un sistema productivo que se basa en asegurar un tiempo de cambio de herramienta de un solo dígito de minutos.

Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute. Se entiende por cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria, como se representa de manera visual en la ilustración 3.



**Ilustración 3.**  
**Esquema SMED.**  
Creación propia.

## Capítulo 2 Marco de referencia.

### 2.1. Agujetas Lago de Bajío.

Empresa ubicada en calle trajano #101, colonia Betania en León, Guanajuato que cuenta con más de 25 años de experiencia en el giro textil siendo la producción de agujetas de giro industrial su principal trabajo manufacturero, cuenta con diversas áreas para la fabricación de agujeta con una amplia variedad de especificaciones técnicas en sus productos, la cantidad de productos que manejan son controlados en características dadas como el tamaño, grosor, resistencia, color, productos dieléctricos, etc.

Las áreas de producción en la empresa son los siguientes:

- Trenzado.
- Devanado.
- Empuntado.
- Telares.
- Agujas.
- Encerado.

### 2.2. Misión.

Satisfacer las necesidades de sujeción en textiles para los distintos componentes en equipos de seguridad, deportes, médicos, automotrices, transporte y donde sea necesario sujetar un elemento móvil.

Lograr a través de las mejoras tecnológicas y materiales proveer a nuestros clientes actuales y futuros un producto adecuado a sus necesidades, siendo para cada uno de

ellos la mejor alternativa en servicio y calidad disponible en el mercado sin importar su ubicación geográfica.

A través de la congruencia entre nuestra visión, acciones e integridad en nuestro manejo cotidiano, generar a nuestros inversionistas, socios comerciales, laborales y entorno, un crecimiento sustentable que les permita alcanzar sus expectativas al vincularse con nuestra empresa.

### **2.3. Visión.**

Ser el mejor proveedor de sistemas de sujeción textiles.

### **2.4. Personal.**

La empresa actualmente trabaja de lunes a viernes con 2 turnos al día, los cuales en conjunto suman una fuerza laboral de más de 40 personas, en su mayoría operadores en las diversas áreas de la empresa, en el área administrativa se tiene a dos responsables en ventas y producción y como gerente principal al dueño de la empresa.

### **2.5. Capacitación.**

De acuerdo con el encargado de producción, los tiempos para capacitar a una persona independiente del área de trabajo en el cual se va a desempeñar, es de aproximadamente 2 meses, en el cual se da un curso de capacitación las primeras semanas indicando como es el procedimiento adecuado y teniendo como apoyo visual las especificaciones que se deben tener al momento de la elaboración de la agujeta.

## 2.6. Expansión.

La empresa actualmente tiene impacto de mercado principalmente en León, Guanajuato. Sin embargo, sigue buscando la manera de expandirse en el país de manera segura, teniendo representantes de venta en zonas del bajío.

La empresa ha entrado en una etapa de crecimiento, buscando tener un margen más amplio de productividad para las diversas necesidades del mercado textil comprando nuevas máquinas extranjeras.

### 2.6.1. Almacén.

El área de almacenes es la columna vertebral de la planta, sin un control claro y preciso de este, ninguna actividad dentro o fuera de la empresa podría ser llevada a cabo con éxito, actualmente se maneja a través del software Contpaqi, el cual es una herramienta virtual que permite el acceso a varios usuarios para compartir la misma información en tiempo real.

Los almacenes son divididos en 4 rubros:

- Almacén de materias primas
- Almacén de producto en proceso.
- Almacén de producto terminado.
- Almacén de mantenimiento.

### 2.6.2. Almacén de Materias Primas.

Almacén encargado del control, orden y resguardo de materia prima utilizado en las diversas áreas de la planta, el almacenista lleva un control en base a la teoría de máximos y mínimos, ¿Cómo funciona esto?

Al ser solicitado un material específico, este es solicitado a través de un formato llamado "solicitud de materiales", en el cual las operadoras especifican el tipo de hilo, color y cantidad necesarios para cumplir con los objetivos de producción. Una vez entregados los materiales a las áreas solicitantes, el almacenista entrega los formatos al auxiliar administrativo para descargar la información en el software contpaqi, el cual a medida que pasa el tiempo, crea una base de datos que muestra el consumo periódico de cada uno de los materiales, mejor conocido como Kardex.

Al ir de la mano de una supervisión diaria del estado del almacén físico, le permite al almacenista actuar de manera oportuna, ejemplo:

La experiencia la ha enseñado al almacenista que hay materiales de consumo diario, como lo es el hilo negro 1/150 ( 1/150 hace referencia al calibre del hilo, que en la industria textil se conoce como denier, esto hace referencia a la relación entre masa y distancia por filamento, se considera un denier a aquel filamento que da como resultado 1 gramo por 9,000 m de largo, existen 2 formas de hablar del denier, denier total o denier por filamento, en cualquiera de los 2 casos la relación masa distancia es la misma con la excepción que en el denier total se consideran todos los filamentos que se encuentran en una hebra de hilo, en el caso del hilo 1/150, al conocer que 1 denier es igual a 1grs/9000m, 1/150 hace referencia a 0.00666 grs /9000m), al tener un consumo de 72 kg al día, esto permite que se hagan compras programadas contemplando tiempos de producción y envío, se sabe que el material debe ser pedido con 3 días de anticipación, en otras palabras, si el material es solicitado a los proveedores el día

lunes, este llegara el jueves de la misma semana, por lo cual debe calcular los tiempos para que su almacén no se agote antes de la llegada del material.

Las cantidades producidas de artículos que usan materiales base como lo es el negro 1/150 no varían mucho a excepción de temporadas altas, en estos casos se revisa de manera semanal el comportamiento del Kardex (base histórica de del comportamiento de los productos en el almacén, enfocándose en las entradas y las salidas por artículo) por el supervisor de almacenes y se hace una evaluación del consumo diario en la planta, si este es superior al promedio se solicita una cantidad mayor de material al proveedor para tener un stock que le permita actuar en situaciones extraordinarias en el movimiento de los materiales, esto autorizado por la gerencia de producción, de ser el caso contrario se solicita la cantidad normal de material (200 kg) que funcionara como un colchón en temporadas bajas y se adapta el tiempo y cantidad necesarias para no tener materia extra ni que falte en un momento dado. Veamos el siguiente ejemplo:

El almacenista de Agujetas Lago del Bajío S.A. de C.V. desea controlar su almacén de mediante inventarios máximos y mínimos, él cuenta con los siguientes datos:

$P_p$  = Punto de pedido.

$T_r$  = Tiempo de reposición de inventario (días).

$C_p$  = Consumo medio diario.

$C_{mx}$  = Consumo máximo diario.

$C_{mn}$  = Consumo mínimo diario.

$E_{mx}$  = Existencia máxima.

$E_{mn}$  = Existencia mínima (Inv. de seguridad).

$C_p$  = Cantidad de pedido.

$E$  = Existencia Actual.

Dónde:

$$E_{mn} = (C_{mn})(T_r)$$

$$P_p = ((C_p)(T_r)) + E_{mn}$$

$$E_{mx} = ((C_{mx})(T_r)) + E_{mn}$$

$$CP = E_{mx} - E$$

Analizando el kardex del artículo 06 (código del color café) en el que al momento de elaborar el análisis contaba con 66 kg, obtendremos los siguientes datos.

Datos conocidos:

$$C_{mn} = 1 \text{ Kg}$$

$$C_{mx} = 184 \text{ Kg}$$

$$C_p = 15 \text{ kg}$$

Por lo cual:

$$E_{mn} = \left( \left( 1 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \right) (6 \text{ dias}) \right) = 6 \text{ kg}$$

$$E_{mx} = \left( \left( 184 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \right) (6 \text{ dias}) \right) + 6 \text{ Kg} = 1,110 \text{ Kg}$$

$$P_p = \left( \left( 15 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \right) (6 \text{ dias}) \right) + 6 \text{ Kg} = 96 \text{ Kg}$$

$$C_p = (1,110 \text{ kg} - 66 \text{ kg}) = 1044 \text{ Kg}$$

Con la finalidad de eficiente el historial de entradas y salidas del kárdex, se coloca en el buscador del programa ya sea esta una refacción, herramienta, etc. Que se desee analizar.

Esta es la forma de trabajar con los materiales de consumo común dentro de la planta, pero ¿Cómo trabajar con los materiales de bajo movimiento en la planta?

En general los materiales de bajo movimiento son debido al color del que están conformados (los materiales de bajo movimiento son aquellas gamas de colores que no se tiñen en masa, los colores teñidos en masa son negro, blanco y beige, fuera de estos 3 todos los demás se consideran de bajo movimiento). El color del hilo está regido en base a solicitudes especiales del cliente y se dice que son de bajo movimiento dado que conforman un porcentaje bajo en la fabricación de agujeta, ejemplo:

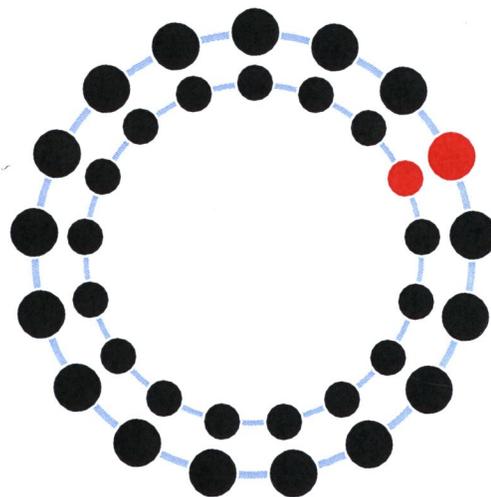
Cliente solicita una muestra de agujeta de trenzado con base en negro y detalles en rojo, siendo esta una agujeta redonda con un diámetro de 8 mm y una resistencia de 80 Kg a la tensión transversal. El encargado de producción revisa las muestras solicitadas por el área de ventas y organiza la producción de estas en máquinas que no afecten la programación de la semana, en este caso se trata de una agujeta que se produce en trenzadoras de 32 malacates (malacate hace referencia a la base en la cual se coloca el carrete de hilo en las trenzadoras, el cual dispensa el hilo para la fabricación de agujeta), debido a las especificaciones del cliente en cuanto a tipo de tejido, la resistencia solicitada se basa en la cantidad de hebras (se considera hebra a aquel hilo que se compone de 2 o más filamentos) que el artículo deberá llevar en su composición junto con la cantidad de alma, en cuanto al diseño o dibujo al que se refiere podemos entender los siguiente:

De los 32 malacates que conforman esta muestra solo 2 serán de color rojo, lo cual representa el 6.25% del producto final, por lo cual es considerado un color no predominante. Si llevamos esta comparación a los niveles que manejan los almacenes estaríamos hablando que de los 700 kg aproximados que se fabrican como producto terminado, solo el 6.25%, ósea 43.5 kg serán de color, siempre y cuando todos los pedidos fueran del mismo tipo de dibujo, que en la realidad suelen ser el 40% de los pedidos totales.

La cantidad promedio cada 15 días de materiales de alto movimiento oscila entre los 800 y 600 kg, de los cuales son destinados el 40% a ser trenzados con otros colores en una relación 93.75% - 6.25% que en cantidades simbolizan que de los 200 kg de un color de alto movimiento solo 80 kg serán trenzados con otros colores (5 kg), los proveedores envían cajas de hilo de 36 kg, y si por cada 15 días serán un utilizados solo 5 kg, simboliza que cada caja comprada por color se terminara en un lapso de 3 meses y medio aproximadamente, lo cual lo lleva a ser un color de bajo movimiento.

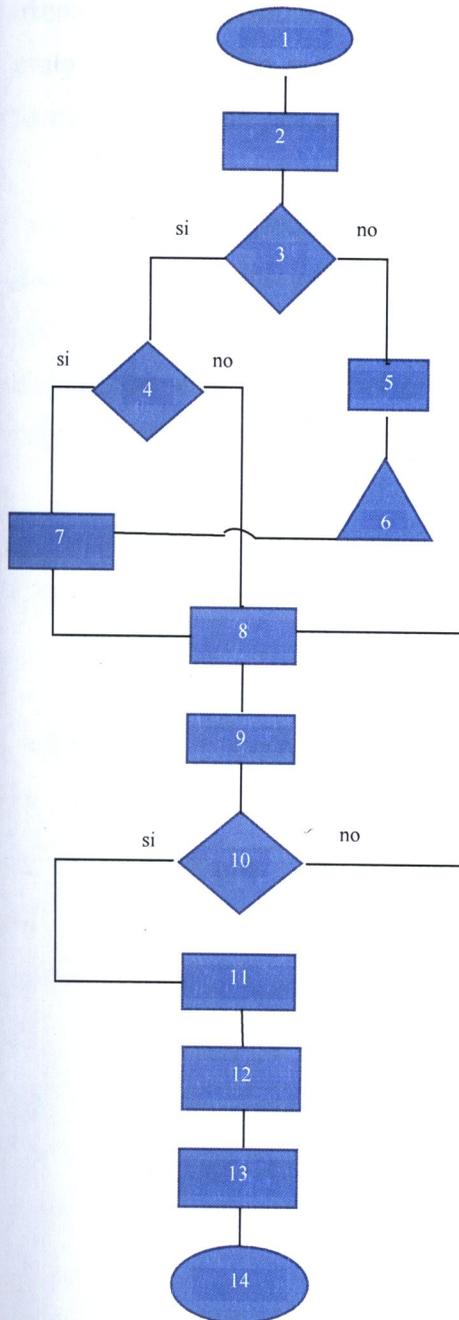
El método por el cual se tiene un control de los colores de bajo movimiento es a través de arqueos semanales de inventarios, el supervisor de almacenes estudia el comportamiento de la programación, inventario de máquinas (condición y programación de los artículos que están siendo procesados en la planta), kárdex de materias primas para tener controlados los consumos de colores de bajo movimiento, permitiendo hacer solicitudes de compra de manera oportuna.

Dependiendo de las solicitudes del cliente es posible que se agregue un proceso adicional a la fabricación de muestras, esto se debe a que se necesite desarrollar un nuevo color o tono, el dibujo de la agujeta (al usar la expresión “dibujo” en el giro textil se refieren a las grecas, combinación de colores y combinaciones de hilos en un tejido), en la ilustración 4 podemos apreciar el vestido de una trenzadora kokobun con hilos negros y rojos para formar un dibujo punteado.



**Ilustración 4.**  
Vista superior de una trenzadora kokobun con dibujo a dos puntos.  
Creación propia.

Diagrama de flujo en el proceso de elaboración de nuevos artículos.



1. Inicio
2. Área de ventas presenta muestra a la gerencia de producción.
3. ¿Se cuenta con los materiales necesarios para desarrollar la muestra?
4. ¿Se necesitan ajustes adicionales en la maquinaria?
5. Solicitar el material a proveeduría.
6. Espera de 22 días.
7. Ajustar máquina.
8. Producir muestra.
9. Presentar muestra al cliente.
10. ¿El cliente aprobó la muestra?
11. Dar de alta el producto.
12. Producir pedido.
13. Entregar al cliente.
14. Fin

En casos como este se procura no guardar material en el almacén, dado que por lo general es utilizado por único evento, sin embargo, puede llegar a negociarse con el cliente para convertirlo en un producto de línea y ser controlado como el resto de materia prima, este puede llegar a ser de alto o bajo movimiento dependiendo de la cantidad solicitada por el cliente.

Por otra parte, los arqueos realizados tanto en el almacén de materias primas como en producto en proceso y producto terminado permiten llevar un control de producción. Las fichas técnicas de los artículos revelan un peso promedio por metro lineal de cada artículo, de esta manera el programador del área de empuntado puede visualizar la programación de la siguiente manera:

*Orden del cliente: 15 gruesas.*

*Artículo: 383-02-13-120*

Código	Color
01	Blanco.
02	Negro.
05	Amarillo.
10	Azul Marino.
11	Naranja.
12	Azul Rey.
13	Rojo Cereza.

$\underbrace{383}$  -  $\underbrace{02 - 13}$  -  $\underbrace{120}$   
 Artículo      Códigos de      Medida de  
    colores                    corte

Tabla 1  
Tabla de código de color y color que representa dicho código.

El área de devanado es capaz de procesar 1,200 carretes de hilo llenados en su totalidad, lo cual representa un 24.83% de los carretes que componen el vestido (la palabra "vestido" hace referencia al "vestido de máquinas", esto dentro del giro textil simboliza que una maquina ha sido surtida de hilo y se ha colocado por los guía hilos para su correcto trenzado) de las 151 máquinas trenzadoras que se encuentran en la planta, un carrete de hilo lleno en su totalidad es capaz de suministrar hilo a una trenzadora durante 8 horas de trabajo real, posteriormente el carrete vacío es regresado al área de devanado para su llenado nuevamente.

En cuanto a tejido se refiere, las trenzadoras genera 159 metros de cinta en 2 turnos completos (16 horas), durante cada turno a cada máquina se le cambian en promedio de 7 y 8 carretes, esto significa que en un turno el área de trenzado tiene una demanda de carrete devanado de 1133 carretes de hilo, si el pedido debe ser entregado en un lapso de 2 semanas se programan las maquinas dependiendo del tiempo disponible, cada gruesa (nombre que se le da a una bolsa con 144 agujetas sin importar la medida, colores o articulo), las cuales serán cortadas en la medida solicitada por el cliente, en este ejemplo 120 cm. Desde el punto matemático podemos entenderlo de la siguiente forma:

Dado que las medidas a las que se cortan las agujetas varían desde los 30 cm a los 2 m de largo, procederemos a convertir la demanda de gruesas a metros para poder estandarizar la programación a medidas de 110 cm, dado que una gruesa de 110 cm es la producción estándar de una trenzadora kokobun.

Fórmula para convertir a metros las gruesas:

$$(Cg)(Na)(Md) = M$$

Donde:

*Cg*: Cantidad de gruesas.

*Na*: Es una constante de 144.

*Md*: Medida a cortar.

*M*: Metros a fabricar.

Aplicando la formula en este ejemplo nos resulta en la siguiente formula:

$(20 \text{ gruesas}) (144) (1.20 \text{ m}) = 3,45.6 \text{ m de cinta necesarios para cumplir con el pedido}$

Posteriormente es necesario conocer la cantidad de tiempo que le tomara al área de trenzado producir los metros necesarios para cumplir con el pedido.

Fórmula para obtener el tiempo de producción por maquina:

$$(M)(Ck)(Nm) = T$$

Donde:

*M*: Metros a fabricar.

*Ck*: Capacidad de produccion de una trenzadora kokobun  $(79.5 \frac{m}{\text{truno}})$ .

*Nm*: Numero de maquinas utilizadas en la producción.

*T*: Tiempo en el que se producira "M".

Aplicando la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$(3,456m) / (79.5m) = 43.4 \text{ turnos (21.7 días).}$$

Si es una solicitud de urgencia por parte del cliente, esta puede ser atendida en menor tiempo vistiéndolo más máquinas con el mismo artículo para acelerar el proceso:

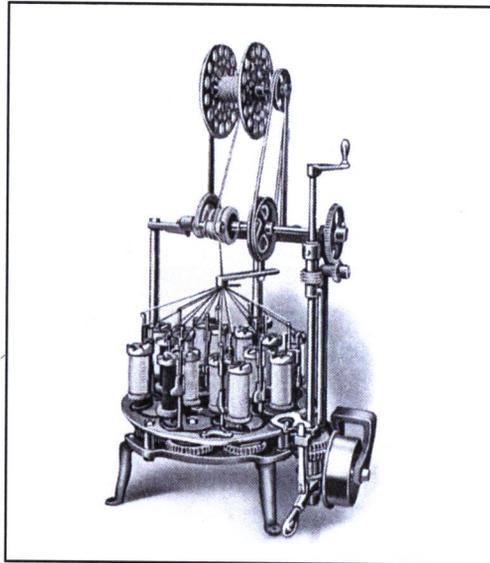
- *Una máquina vestida = 21.7 turnos (173.88 hrs).*
- *Cinco máquinas vestidas = 4.34 turnos (34.77 hrs).*
- *Diez máquinas vestidas = 2.17 turnos (17.38 hrs).*

La programación en el área de trenzado depende de los compromisos de entrega a los demás clientes, por procedimiento se espera a que las máquinas terminen de producir solicitudes anteriores para ser vestidas con nuevos pedidos. Pueden llegarse a vestir una cantidad importante de máquinas para cumplir con los pedidos, existen máquinas que están programadas a trabajar con un solo artículo dado que la solicitud del cliente es continua y por ende, se han vuelto artículos de línea continua, en el caso que se está presentando se puede programar una trenzadora a trabajar durante día y medio para producir lo solicitado y empuntar el último día, dado que el área de empuntado tiene capacidad suficiente para la elaboración de 110 gruesas por operador en un turno de 8 horas sin tener importancia la medida a la cual se solicita.

### 2.6.3 Trenzado.

Área principal de producción, en ella se cuenta con 9 líneas de producción las cuales cuentan con 151 máquinas trenzadoras en total, estas máquinas trabajan de manera independiente, cada una compartiendo un eje principal el cual hace funcionar el arreglo mecánico, en ellas una cantidad determinada de hilos es trenzado dependiendo de las especificaciones del cliente, como lo es el tipo de hilo por la resistencia o por el color.

Las maquinas no son iguales debido a que algunas tienen una capacidad mayor para manejar carretes, esto repercute directamente al producto terminado. En la ilustración 5 se podrá apreciar de mejor manera la maquina mencionada.



**Ilustración 5**  
**Composición de trenzadora kokobun.**

En el centro del marco en el cual se sostienen los hilos, cuenta con una apertura en la cual pasa el alma de la agujeta (el alma de la agujeta es un cordón de algodón el cual le da cuerpo y volumen a la agujeta), la cual de igual forma que con el caso de los hilos, depende de las especificaciones del cliente, aunque a diferencia de los hilos, esta solo aumenta en número.

Cabe mencionar que en la industria textil, específicamente en el área de cordones existen varios modelos de máquinas trenzadoras, en el caso de agujetas lago se manejan trenzadoras de modelo kokobun, a diferencia de otras su principal característica es que son máquinas de funcionamiento mecánico, las cuales comparten una misma flecha la cual genera movimiento a todo el funcionamiento de la máquina.

Esta área es la principal fuerza productora de la empresa, en la cual de 3 a 4 operadores supervisan las máquinas para tener una calidad adecuada en el producto, la cantidad de operadores varía en base a la capacitación y/o programación, el personal nuevo (menos de 6 meses) se le asignan de 2 a 3 líneas hasta que consiga dominar y adquirir la habilidad suficiente para el manejo rápido de las máquinas, el personal operativo con más experiencia puede llegar a controlar hasta 4 canales simultáneamente, algunos de los defectos que pueden llegar a presentarse en este proceso son los siguientes:

Las máquinas cuentan con un sistema Poka Yoke en la base, el cual hace que las trenzadoras se detengan automáticamente al detectar la falta de hilo en alguno de los carretes, estos se encuentran colocados en unas bases conocidas como “malacates” estas, a la vez de funcionar como una base en la cual se sostiene el carrete de hilo tiene la función de equipar al carrete con contrapeso y trinquete como se muestra en la ilustración 6.



**Ilustración 6.**  
Círculo A trinquete, círculo B  
contrapeso.

Durante la capacitación del personal de trenzado se les ha colocado una tabla con muestra física de los defectos que pueden encontrar en el proceso productivo de trenzado, este se puede apreciar en la ilustración 7.



**Ilustración 7.**  
Listado de defectos que pueden generarse en el proceso de trenzado.

¿Cuál es la finalidad de esto?, el trinquete funge como un freno al carrete para que este no regrese su giro, además de un seguro para que no salga por encima del malacate por la tracción de la máquina, el contrapeso tiene una doble función, el dar tensión al hilo para que el cordón no resulte flojo y como parte del funcionamiento del sistema poka yoke, el contrapeso se encuentra sostenido únicamente por el hilo que se está trabajando en la máquina, al acabarse el hilo este se desliza a la base del malacate, el cual al estar girando en el plato de las trenzadoras kokobun termina llegando al embrague que libera la transmisión de la maquina con la flecha alimentadora para así detener automáticamente la máquina, en las siguientes figura podrá apreciar de manera visual lo antes mencionado.



**Ilustración 8.**  
**Posición A poka yoke inactivo, posición B poka yoke activo.**  
 Creación propia.

Los operadores de trenzado revisan 3 veces por turno la calidad del producto en cuestión, esto se hace de manera visual, entran en las líneas que se les asignaron y revisan que el cordón este siendo producido con las especificaciones del producto dictaminadas en la ficha técnica, ejemplo:

**Artículo: 383**

**Filamentos por hebras: 4-1/150 (cada hebra debe llevar 4 filamentos de denier 1/150)**

**Cantidad de almas: 5**

**Cantidad de malacates: 36**

**Posición de la maquina: 1-1-1**

Esta información se encuentra en la ficha técnica localizada en el marco superior de cada máquina, los operadores deben cerciorarse de que, en este caso, los carretes manejados en esta trenzadora sean de 4 hebras, la cantidad de almas sea la indicada, el número de malacates sea el correspondiente y que la maquina haya sido ajustada a la posición solicitada.

La posición de la maquina se refiera al acomodo de los malacates, estos pueden compararse con un cruce vehicular, en el cual en cada intersección pasara 1 malacate del lado izquierdo y uno de lado derecho, uno y uno o visto en manera numérica 1-1.

Entendido esto ahora podemos visualizar el movimiento de los malacates, sabemos que pasara uno de la izquierda, seguido por uno de la derecha y de nuevo uno de la izquierda (1-1-1).

Actualmente las posiciones que se manejan en la empresa son:

- 1-1-1
- 2-2-2

La segunda posición nos indica que pasaran primero 2 malacates de lado izquierdo, seguidos por otros 2 de lado derecho y se repite el ciclo, este arreglo es mejor conocido como “encuartado de máquina” o “tejido de dama”.



**Ilustración 9.**  
**Posición 1-1-1.**



**Ilustración 10.**  
**Posición 2-2-2.**

Si durante el proceso de revisión alguno de los factores no coincide con las especificaciones de la ficha técnica se harán las correcciones correspondientes, ya sea al informar al área de devanado sobre el error de devanar carretes fuera del estándar solicitado o al área de mantenimiento al ver que la maquina no está la posición requerida y se extraerá todo el cordón producido para ser llevado a las mermas por ser un producto fuera de estándar.

Una vez concluido esta revisión, los operadores proceden a inspeccionar la cinta procesada por la máquina, esta debe de encontrarse libre de los defectos ya antes mencionados en la página 35, si cuenta con algún defecto el proceso a seguir es cortar el cordón defectuoso para trasladarlo a mermas.

Las maquinas son ajustadas de acuerdo con la programación de esta área, a través del libro de cambios de máquina, el jefe de planta indica en que línea y cual maquina se cambiará, el libro indica de qué manera esta vestida y a que artículo se vestirá, ejemplo:

Línea 8	Maquina 2		
383-02-08	a	383-02-43L	

De esta forma tanto los operadores de trenzado, devanado y mantenimiento están conscientes de los cambios que deberán hacer en sus respectivas áreas.

#### 2.6.4. Devanado.

Área precedente al trenzado, las trenzadoras kokobun son alimentadas a través de carretes de hilo de varias hebras, estos carretes son elaborados en el área de devanado, el proceso por el cual la “devanadora” elabora los carretes de cierto tipo de hilo es a través de la herramienta kanban, esto se hace a través de las operadoras de trenzado, en la ilustración 12 y 13 se podrá apreciar de mejor manera el área de devanado.

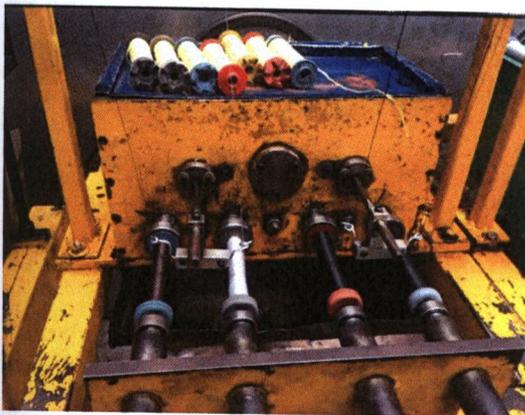


Ilustración 12.  
Maquina devanadora de 4 puntas.



Ilustración 11.  
Área de devanado.

Una vez iniciado el turno los operadores se encuentran con los operadores del turno anterior para conocer el estado del área, los puntos a revisar entre operadores del turno anterior son los siguientes:

- Estado de la máquina en cuanto a carrete.
- Fallas mecánicas presentadas en el turno.
- Cantidad de carretes actuales.
- Cambios de artículo pendientes.
- Tiempo de trabajo de la máquina.

Entre los diferentes puntos a revisar por los operadores se encuentran 2 que son importantes para el área de devanado, estos son la cantidad de carretes actuales y el estado de las maquinas en cuanto a carretes.

La cantidad de carretes actuales representa la cantidad de “materia prima” que ya á sido procesada por el área de devanado y está lista para ser consumida por el proceso de trenzado, pero aún sigue sin estar vestida en la máquina, supongamos que se tienen 6 máquinas de 32 malacates vestidas en un color negro, esto significa que actualmente se están utilizando 192 carretes de hilo en estas máquinas, el cálculo es simple:

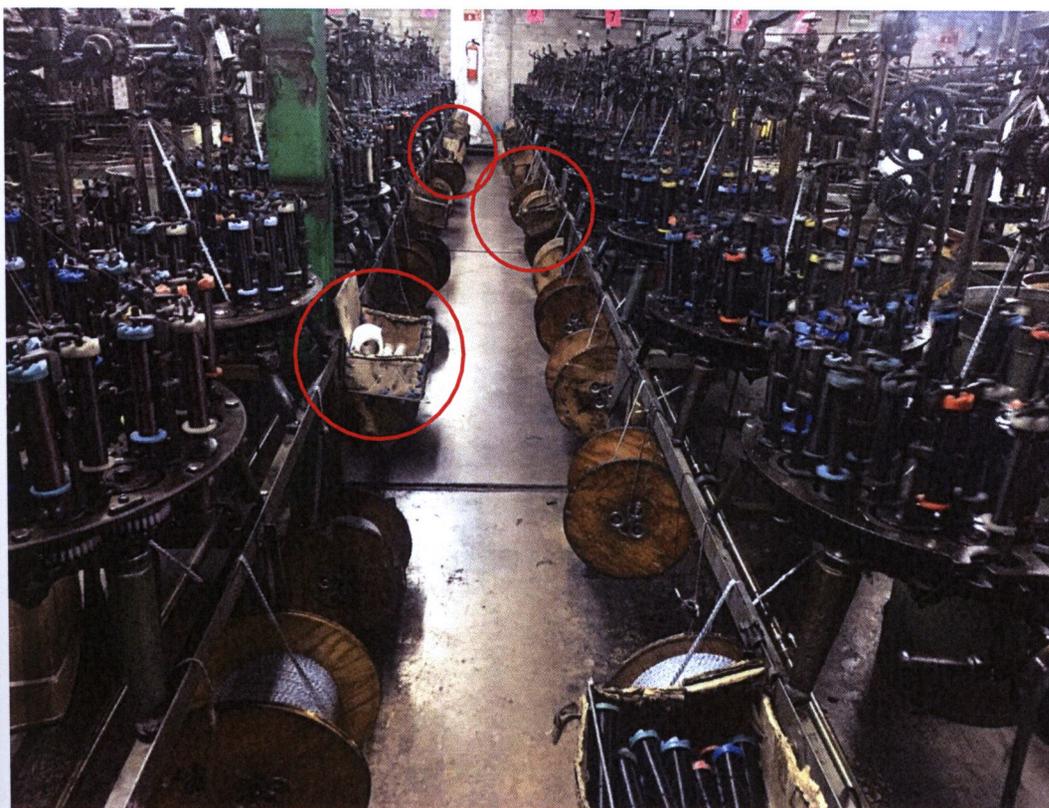
(Cantidad de malacates) (Cantidad de máquinas) = cantidad de carretes necesarios para trabajar.

Los operadores del area de trenzado manejan distintos articulos, por los cual el area de devanado no puede dar los mismos carretes aunque sean del mismo color, dado que estos pueden ser de distinto denier, por lo cual se separa en cajas por operador para no utilizar carretes fuera de estandar en los articulos como se ve en la ilustración 13.



**Ilustración 13.**  
Depósito de carretes devanados listos para usarse en el área de trenzado.

De manera simultánea a esta cantidad cada línea de trenzado contiene pequeñas cajas que no contienen más de 20 carretes en su haber, de tal forma que al ser consumido alguno de los carretes que están sirviendo en el proceso de trenzado, este pueda ser cambiado de manera rápida para continuar con la elaboración de agujeta, se puede visualizar de mejor manera en la ilustración 14.



**Ilustración 14.**  
Cajas de hilo en líneas de trenzadoras kokobun.

El otro punto de importancia para el área de devanado es el estado de la maquina en cuanto a carrete. El vestido de una maquina en teoría debería ser homogéneo en cuanto a la cantidad de hilo que contiene cada carrete, sin embargo hacerlo de esta manera representa un retraso importante tanto en el área de devanado como en el área de trenzado, actualmente el área de devanado cuenta con un total de 5 puntas para alimentar al área de trenzado, cada una de ellas tarda aproximadamente 2 minutos en procesar el hilo en el carrete, esto quiere decir que el área de devanado es capaz de suministrar 150 carretes por hora, si bien una maquina kokobun consume un carrete en aproximadamente 8 horas en trenzadoras medianas (32 malacates) y de 4 a 6 horas en máquinas pequeñas (16 malacates). Si todo el hilo fuera consumido al mismo tiempo por todas las maquinas kokobun se necesitarían más de 4800 carretes con hilo para volver a vestir las máquinas.

En ese periodo de tiempo el área de devanado sería incapaz de proveer de carrete suficiente para atender la demanda del área de trenzado, por lo cual no es conveniente que los carretes se terminen de manera simultánea, esto se logra haciendo carretes de  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{3}{4}$  de llenado, consiguiendo así un consumo diferente a los que se comparten en la máquina, las diferencias de consumo entre los carretes montados en una maquina es el estado de la maquina en cuanto a carretes, debido al conocimiento empírico de los operadores y a una buena capacitación, son capaces de localizar a simple vista los carretes que están por consumirse en un lapso menor a 1 hora, esto les permite actuar de manera eficaz solicitando más carrete al área de devanado si es que no se cuenta con ese carrete en las cajas encontradas en las líneas de producción, al inicio de cada turno para evitar la escasez de carrete.

La alta cantidad de carrete demandado es otro problema, debido a que la empresa no cuenta con una cantidad grande de carrete limpio (sin hilo y sin cortes) para tenerlo en almacén, por lo cual los operadores del área de trenzado son responsables de suministrar al área de devanado carrete limpio para que este pueda cumplir con su apropiado funcionamiento.

## 2.7. Estándares.

El funcionamiento de todas las maquinas productoras de tejido tienen el mismo principio de funcionamiento, en el ramo textil la medida con la cual el tejido es medido es conocido como "pick" o puntos por pulgada (PPP), al analizar el tejido de una agujeta se mide la cantidad de puntadas que esta tiene en una pulgada lineal, la forma en la cual una máquina de tejido lineal da una cierta cantidad de puntadas está regida a través de la velocidad de arrastre del tejido.

Para entender de una manera más simple el funcionamiento de lo mencionado anteriormente imaginemos a un camión que traza líneas para carreteras, este dispara pintura durante 10 segundos y se detiene 5 segundos de manera independiente a la velocidad a la cual vaya el vehículo, ahora si bien el camión avanza a una velocidad de 100 metros por minuto este generara líneas divisorias de 16.66 metros de largo, entendiéndolo mejor con la siguiente ecuación:

V = Velocidad del camión = 1.66 m/s.

T = Tiempo durante el cual se esparce la pintura = 10 s.

D = Distancia lineal pintada

$D = (V)(T) = (16.66 \text{ m/s})(10\text{s}) = 16.66 \text{ m}$

Ahora si queremos conocer la cantidad de líneas que tendrán cada 100 metros deberemos de incluir la variable del tiempo en el cual el aspersor de pintura deja de arrojar pintura.

V = Velocidad del camión = 1.66 m/s.

T = Tiempo durante el cual se esparce la pintura = 10 s.

D = Distancia lineal pintada = 16.66 m.

$T_1$  = Tiempo durante el cual se detiene el aspersor = 5s.

CL = Cantidad de líneas

$$CL = \frac{100 \text{ m}}{(V)(T+T_1)} = \frac{100 \text{ m}}{((1.66 \text{ m})(10\text{s} + 5 \text{ s}))} = \frac{100 \text{ m}}{24.9 \text{ m/s}} = 4.01 \text{ Lineas por cada 100 metros lineales}$$

De la misma manera funciona las puntadas en las máquinas de tejido lineal, la velocidad del camión representa la velocidad de arrastre del tejido, y el tiempo que funciona el aspersor y el tiempo en el cual está parado representa el tiempo en el que la aguja teje y el tiempo en el que la aguja esta fuera de la cinta.

### ¿Por qué es importante entender esto?

El paso de los rodillos de tracción tiene una relación directa en la velocidad de salida de la trenza, en pocas palabras, un artículo con un menor número de picks se producirá más rápido que un artículo con un alto contenido de picks.

La programación, el stock de carretes y los tiempos de trabajo de máquinas que procesen artículos de picks abiertos son tratados de manera distinta a lo natural, de tal forma que el stock de carretes es menor, dado que con poco hilo se consigue producir muchos más metros lineales que en artículos con picks cerrados.

La velocidad de salida de la cinta permite hacer programas en los cuales no se tenga que trabajar las 24 horas una máquina, permitiendo darle prioridad a maquinas con artículos más demandantes en cuanto a su producción.

La capacidad de producción por maquina es conocida por estudios anteriores en la fábrica, el método es sencillo, una vez que se aprobó la muestra por el cliente se procede a conocer la capacidad de producción por minuto de la maquina bajo los estándares del artículo, se marca el inicio de la cinta una vez que se pasó por los rodillos de salida de la máquina, la maquina es activada simultáneamente con un cronometro, se espera un minuto y se detiene la máquina, marcando de nuevo la marca en la salida de los rodillos, se mide la cantidad de metros que se produjeron y el cálculo precedente es simple.

De tal manera que conociendo la velocidad en la que se produce un artículo, se programa la producción, buscando eficientar y no sobre producir.

Conociendo el concepto básico mediante el cual se generan los picks se debe de entender que las maquinas pueden ser ajustadas a una mayor o menor velocidad de arrastre de salida de la cinta, cambiando por lo general el juego de engranes que marcan la velocidad de salida de la máquina, esto dependiendo del estándar del artículo.

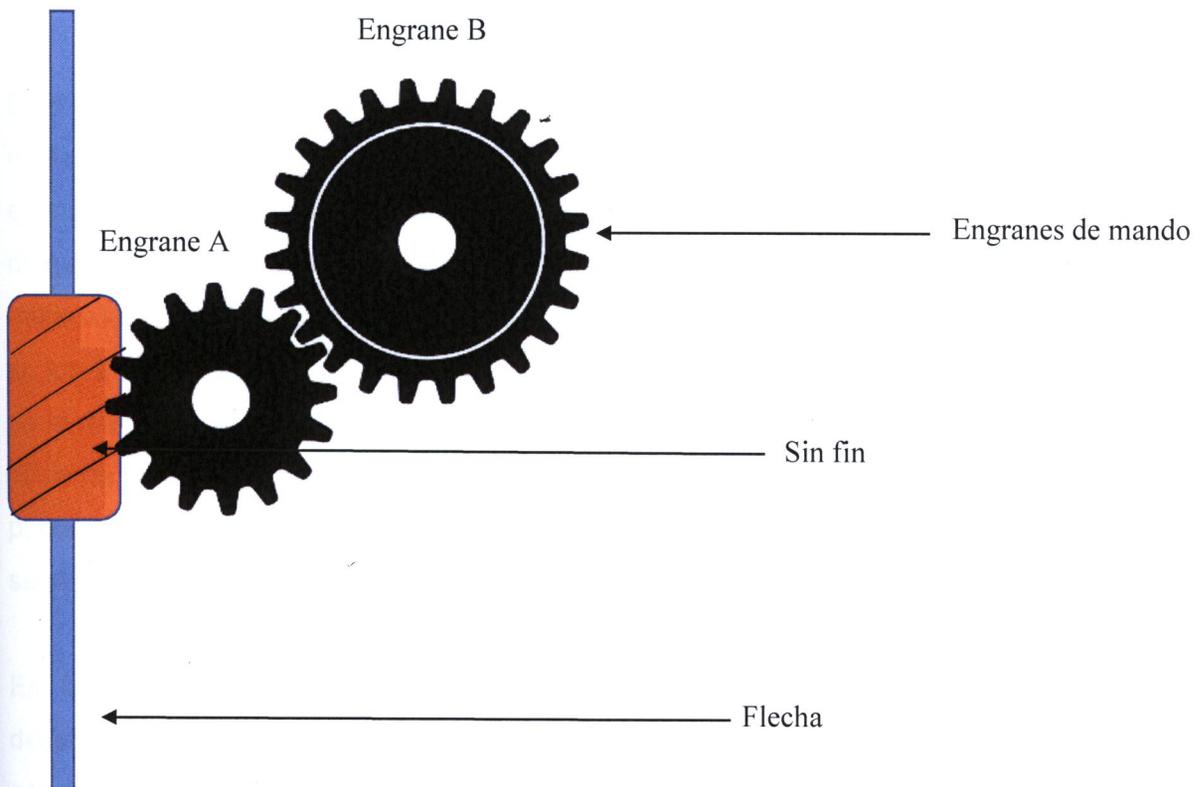
Entendiendo que menor velocidad de salida representa una mayor cantidad de picks y mayor velocidad de salida representa una menor cantidad de picks, el juego de engranes marcara los puntos por pulgada, dependiendo de la velocidad de arrastre que estos marquen, en el área de trenzado kokobun se manejan distintos pasos de engranes, conocidos como engranes de mando, dado que ellos marcan la velocidad de salida de tejido, el juego de engranes que se pueden manejar son con los siguientes números de dientes por engrane:

- 100 dientes.
- 90 dientes.
- 85 dientes.
- 80 dientes.
- 70 dientes.
- 65 dientes.
- 60 dientes.
- 55 dientes.
- 50 dientes.
- 45 dientes.
- 40 dientes.

El arreglo de engranes en trenzadoras kokobun está basado en 2 engranes de mando, el primero es manipulado a través del giro de la flecha engranada directamente con la polea de mando en la cual se encuentra el sin fin que traslada el movimiento a este engrane, teóricamente para la empresa, el rpm óptimo para cada kokobun es de 110 rpm, esto simboliza que cada minuto la flecha en la que se encuentra el sin fin que alimenta al primer engrane de mando dará 110 vueltas. De la misma forma que el ejemplo anterior, los tiempos de movimiento de los malacates son un sistema independiente a la velocidad de arrastre de la máquina, esto quiere decir que independientemente de cuál sea la velocidad a la cual los rodillos de arrastre jalaran la

cinta, los malacates giraran de manera continua sin aumentar o disminuir la velocidad de giro.

Si bien la velocidad de giro del sin fin es un mecanismo independiente a la velocidad de arrastre, es importante debido a que este alimentara al primer engrane de mando, visualizado de mejor manera en la ilustración 15.



**Ilustración 15.**  
**Arreglo de engranes A y B en trenzadoras kokobun.**  
Creación propia.

La relación entre los engranes de mando es una división entre la cantidad de dientes que posee cada uno:

Engrane A= 80 dientes

Engrane B= 45 dientes

$$\text{Relación} = \frac{B}{A} = \frac{45 \text{ dientes}}{80 \text{ dientes}} = 0.5625$$

Esto quiere decir que por cada vuelta completa que realice el engrane A, el engrane B realizara 0.5625 vueltas con relación al engrane A, esta relación a diferencia del ejemplo del camión que traza líneas en una carretera, es utilizada debido a que la maquina kokobun tiene movimientos relacionados entre sí, aunque el movimiento de los malacates y la velocidad de los rodillos de salida son sistemas “independientes” entre sí, los 2 están regidos por el mismo engrane de mando que es el que marca el tiempo de la máquina, por lo cual manejar la relación entre engranes resulta en un método más eficiente que manejarlo con velocidades de salida debido a que existen factores que pueden hacer que una maquina no alcance las 110 rpm optimas como lo es una banda sucia, banda floja, poleas mal alineadas, mal ajuste de engranes y sin fin, etc.

En la siguiente tabla se mencionan los problemas que no permiten un óptimo desempeño de las trenzadoras kokobun, mencionando las causas por las cuales se generan y las soluciones que se pueden dar para corregir dichos problemas.

Tabla de causas y soluciones por las cuales una trenzadora kokobun no alcanza los 110 rpm.

Problema	Causa	Solución
Banda sucia	En el aceitado cotidiano de las trenzadoras el aceite que se encuentra dentro de los engranes de la maquina tiende a soltar aceita que cae sobre la polea de mando o la banda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar banda</li> </ul>
Banda floja	Durante el reemplazo de una banda o un arreglo mecánico en la maquina las bandas pueden llegar a quedar flojas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortar y volver a pegar la banda.</li> <li>• Colocar rondanas en las bases de la trenzadora kokobun levantando la máquina y trenzando la banda.</li> </ul>
Poleas mal alineadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal ajuste</li> <li>• Desgaste natural del perno que sostiene a la polea.</li> <li>• Abocardamiento de la polea por falta de aceitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar polea</li> <li>• Reemplazar polea y perno.</li> </ul>
Mal ajuste de engranes y sin fin	Al realizar un cambio de artículo, se sustituyen los engranes A y B, estos deben de ajustarse al sin fin ejerciendo presión excesiva entre las cuerdas y dientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste mecánico</li> </ul>

Tabla 2

Tabla de causas y soluciones a problemas en trenzado.

Debido al cuidado y la necesidad de usar herramienta para modificar los picks de las máquinas, la tarea ha sido asignada al área de mantenimiento, esto a través de una comunicación continua con el jefe de mantenimiento, permite que a través del formato de cambio de máquinas se lleven a cabo los cambios de artículo de manera óptima.

Los problemas que puedan llevarse a cabo durante el proceso de trenzado ya sea por un error humano o por un desgaste natural de la maquina son informados al área de mantenimiento mediante el libre de reportes de mantenimiento, cabe mencionar que el personal operativo no cuenta con una capacitación en el funcionamiento mecánico de las maquinas, ellos generan reportes aclarando lo que ellos ven en la maquina como pueden ser ruidos extraños, movimientos forzados que se canalizan en causas marcadas en el reporte, que con el tiempo y de manera empírica logran detectar, agilizando y ubicando a los mecánicos para una rápida reparación, en el reporte de mantenimiento se ha logrado identificar a lo largo del tiempo todos los posibles problemas que puedan ocasionar un producto de mala calidad o merma excesiva, los operadores de la línea se encargan de inspeccionar su producto e informar mediante estos reportes al área de mantenimiento para su corrección.

### **Capítulo 3. Revisión técnica**

#### **3.1. Plan de ataque.**

Al entrar en un proceso de mejora en la empresa se decidió a empezar con una de las áreas más problemáticas y críticas dentro del proceso, el área de trenzado, en conjunto con ingenieros mecatrónicos, sistemas e industriales se formuló una serie de puntos de mejora para proponer una solución.

De tal manera que se llevó una de las maquinas trenzadoras a la ciudad de Morelia, Michoacán. Para hacer pruebas con sensores y el software recopilador de datos para su presentación como indicadores a través de Excel.

Este proceso fue uno de los más tardados debido a las especificaciones del jefe de producción, debía de ser un sistema que no entorpeciera el trabajo de los operadores y al mismo tiempo un sistema robusto que no fuera fácil de manipular por el personal o

por movimientos mecánicos dentro del proceso, por lo cual se vio en la necesidad de buscar diversos componentes electrónicos que cumplieran con las especificaciones requeridas, además de esto se tomaron en cuenta el ruido eléctrico que puede generarse a través de los motores en la empresa, para que no generara “datos fantasma” en la obtención de datos del software.

La intención de diseñar un software que recopilara datos es poder usarlo como un indicador a través de las herramientas “lean” programadas en hojas de Excel, de tal manera que esto señale de manera automática y en tiempo real la situación de la producción.

### **3.2. Presentación del prototipo.**

Durante el proceso de experimentación con la trenzadora, se llegó a la conclusión de que lo mejor sería llevar un prototipo al área de producción para obtener resultados reales del software a manejar, lo cual llevo a las siguientes propuestas:

- **Software.**

La adquisición de datos estará guardada en un sistema gratuito para aminorar los costos del proyecto, este programa es compatible con Excel, el cual es la herramienta principal que utilizan actualmente en la empresa.

En el programa de Excel se elaborarán las plantillas de indicadores como lo son los niveles de control, VSM (Value Stream Mapping), EGE (eficiencia Generada por Equipo), y un Lay Out que permita visualizar la situación del área de trenzado en tiempo real.

El lay Out presentado fue una idea base en la cual sería fácil identificar las máquinas y su estado debido a que en la actualidad, si una maquina se detiene no hay otro apoyo visual más que la falta de movimiento para que una persona se dé cuenta que

hace falta hilo o tiene un problema mecánico, cuando la maquina es atendida y se dan cuenta que tiene un fallo mecánico se coloca un cono en la manija superior de la trenzadora el cual es un indicador visual para los mecánicos que esa trenzadora necesita apoyo mecánico, aun así es difícil visualizarlos entre la cantidad de máquinas.

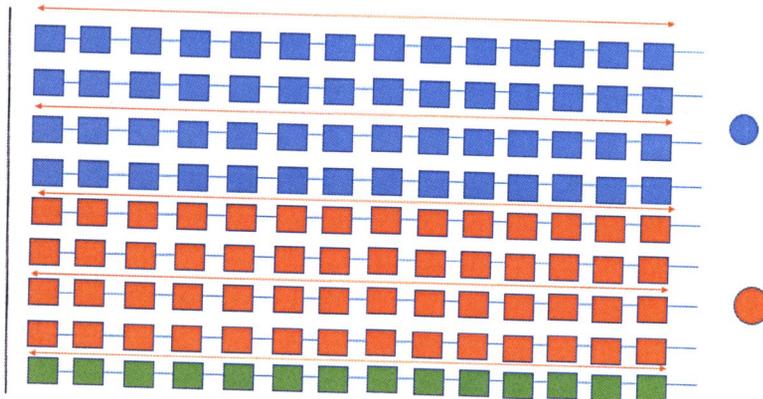
Cuando se habló con el encargado de producción menciono que sería de utilidad tener otros 2 indicadores visuales que serían la falta de hilo por parte de devanado y la falta de alma por el área de almas.

Esto tendría su color independiente de los otros y se manejó de la siguiente forma:

- Rojo (Falta de hilo en trenzadora).
- Verde (fallo mecánico).
- Amarillo (Falta de alma).
- Morado (Falta de hilo por devanado).

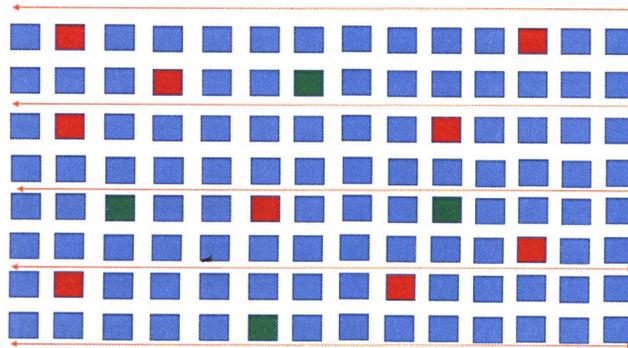
De tal manera que el Lay Out del software se vería como la ilustración 16.

• Área de trenzado



**Ilustración 16.**  
**Lay out en la interfaz.**  
Diseño por Ing. Daniel Pureco Niño.

Una vez implementado el sistema que detectará porque tipo de fallo se detuvo el software nos mostrara la interfaz como se muestra en la ilustración 17.



**Ilustración 17**  
**Visualización del estado de las maquinas en el área de trenzado a través del software.**  
Diseño por Ing. Daniel Pureco Niño.

Este Lay Out está planeado tenerlo tanto en administración, como en devanado y taller mecánico agilizando las labores correctivas para obtener un mayor índice de productividad.

### **3.3. Uso de Herramientas Estadísticas.**

El software mencionado con anterioridad arroja una serie de datos que por sí solos no nos dan un planteamiento claro de las principales causas que ocasionan mermas o tiempos muertos dentro de la operación, debido a esto se elaboró un método en el cual se agruparan los datos registrados para un posterior análisis.

El software registra los siguientes datos:

- Hora en la que la maquina se estuvo.
- Causa por el cual la maquina se ha detenido.
- Hora de reparación o reactivación del mecanismo.
- Tiempo muerto neto.

Con estos datos se procede a llenar la base de datos mediante la cual se implementan los análisis, el cual se basa en herramientas estadísticas de calidad como lo es, por ejemplo, el diagrama de Pareto.

Los datos son registrados en la base de datos compatible con el programa Excel registrados de la siguiente forma:

Archivo Inicio Insertar Diseño de páginas Fórmulas Datos Revisar Vista Desarrollador ¿Qué desea hacer? Reportes mantenimiento - Excel (Error de activación de productos)

Pegar Calibri Fuente Ajustar texto Combinar y centrar General Formato Dar formato Estilos de celdas Insertar Eliminar Formato Autotexto Rellenar Ordenar y Borrar filar seleccionar

18931 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U

Fecha	seman	Area	Turno	Operad	Causa	Linea	Maquil	T. de pñ	mes	año
8300	13	Arrendo	3	Arrendo	15	10	2	2	mayo	2018
8301	13	Karina	2	Karina	1	6	2	2	mayo	2018
8302	13	Karina	2	Karina	2	6	6	6	mayo	2018
8303	13	Karina	2	Karina	15	6	8	8	mayo	2018
8304	13	Gacela	2	Gacela	6	9	4	4	mayo	2018
8305	13	Gacela	2	Gacela	22	8	8	4	mayo	2018
8306	13	Gacela	2	Gacela	22	8	8	8	mayo	2018
8307	13	Gacela	2	Gacela	8	7	7	11	mayo	2018
8308	13	Gacela	2	Gacela	17	7	10	10	mayo	2018
8309	13	Gacela	2	Gacela	8	7	13	13	mayo	2018
8310	13	Rooio	1	Rooio	2	4	4	10	mayo	2018
8311	13	Rooio	1	Rooio	0	5	6	5	mayo	2018
8312	13	Rooio	1	Rooio	2	4	3	8	mayo	2018
8313	13	Rooio	1	Rooio	19	5	3	1	mayo	2018
8314	13	Rooio	1	Rooio	19	5	14	14	mayo	2018
8315	13	Rooio	1	Rooio	19	5	5	21	mayo	2018
8316	13	Rooio	1	Rooio	19	5	5	33	mayo	2018
8317	13	Rooio	1	Rooio	19	5	10	33	mayo	2018
8318	13	Cadaha	1	Cadaha	11	8	8	20	mayo	2018
8319	13	Cadaha	1	Cadaha	6	8	10	33	mayo	2018
8320	13	Cadaha	1	Cadaha	6	8	9	14	mayo	2018
8321	13	Cadaha	1	Cadaha	6	8	4	22	mayo	2018
8322	13	Cadaha	1	Cadaha	11	7	8	15	mayo	2018
8323	13	Cadaha	1	Cadaha	6	8	1	14	mayo	2018
8324	13	Lucia	3	Lucia	9	6	7	7	mayo	2018
8325	13	Lucia	3	Lucia	8	5	9	9	mayo	2018
8326	13	Lucia	3	Lucia	6	6	4	6	mayo	2018

Hoja1 Hoja2 Hoja3

Ilustración 18.  
 Base de datos del software diseñado para la adquisición automática de datos.

En él se aprecia la fecha, semana en curso, área procedente de información, turno en el cual se registró el paro, operador encargado de línea, causa de paro, línea a la cual pertenece, maquina parada, tiempo muerto neto.

Con estos datos se procede a evaluar mediante el diagrama de Pareto las causas principales de paro en máquinas.

Los estudios estadísticos son elaborados de manera semanal, en la cual se deberán de hacer las acciones correctivas posibles, de tal manera que se vea reflejada una reducción de tiempos muertos dentro del área de trenzado, el procedimiento es el siguiente:

1. Alimentación de base de datos.
2. Agrupamiento de registros por causas específicas.
3. Conteos de reportes específicos.
4. Elaboración de tabla general.
5. Grafica de Pareto.
6. Acciones correctivas.
7. Análisis de resultados.

Si bien la repetición de un problema de reparación rápida como lo es el caso de banda caída, que no dura más de 1 minuto en ser reparada, no llega a tener el mismo impacto que una máquina pierda su sincronía, una trenzadora kokobun llega a perder su sincronía en el arreglo de engranes debido a desgaste ya sean en las guías de los engranes de ala alta y ala baja, por un desgaste en la base del malacate o por una acumulación de hilo dentro del juego de engranes, esto genera que se adelante o atrasen los dientes de un engrane y por reacción en cadena ocurre lo mismo con el

resto de engranes que constituyen dicha máquina, en el arreglo de engranes esto es una de las causas principales a tratar debido a la repetitividad de esta durante el proceso de trenzado, una de las bases del sistema lean es la erradicación de causantes de tiempos muertos, el cual es evaluado con el área correspondiente para encontrar la solución más óptima al problema presentado.

## **Capítulo 4. Metodología.**

### **4.1. Recopilación de datos.**

Actualmente el método mediante el cual se obtienen los datos para analizar es a través de reportes de mantenimiento llenados de manera manual, estos reportes son elaborados por el personal operativo del área de trenzado en el cual se indica la fecha, hora, línea, máquina y causa por la cual los operadores creen es la causa mecánica por la cual está saliendo un producto de mala calidad o mal funcionamiento de la máquina, el procedimiento es simple, durante la operación de las máquinas trenzadoras kokobun los operadores van revisando la calidad de la cinta producida, como se mencionó en capítulos anteriores existen diversos defectos generadores de merma, estos defectos se dividen en dos principales causas, causas de operación y fallos mecánicos.

Las causas de operación están relacionados con un mal manejo de la máquinas como puede ser colocar el carrete mal, debido a que el sentido de giro en el cual se desenrolla el hilo es un factor importante para las tensiones del tejido, que un hilo este con una tensión diferente al resto genera una secuencia visible en el tejido de la cinta, este es conocido como “hilo jalado” y es un defecto considerado como merma debido a que una vez trenzado es imposible recomodar el tejido.

El hilo procedente de los carretes lleva un repaso a través de ojillos dentro del malacate, estos ojillos pueden tener cortes por desgaste natural, es comprensible que el hilo al estar con una tensión continua y a una velocidad constante tiende a cortar el

material con el que tiene contacto, esta fisura dentro de la estructura del malacate genera tensión adicional al hilo, provocando tensiones diferentes entre los hilos que componen la cinta.

Los operadores están capacitados para diferenciar una causa de otra, si es una causa operativa, en el caso de que se trate de una causa operativa el operador procede a darle solución, ejecutando las acciones correctivas que le competen, que en este caso particular es acomodar el carrete de hilo en el sentido de giro correcto para regular tensiones en el tejido, de lo contrario, al tratarse de un fallo mecánico se procede a colocar una señal visual con un cono de color verde sobre la máquina y a elaborar el reporte de mantenimiento correspondiente.

Una vez elaborado el reporte de mantenimiento, los mecánicos proceden a revisar los reportes de cada una de las áreas de tal forma que se pueda dar una atención oportuna a cada una de ellas, se cuenta con un mecánico por turno, en el caso del área de trenzado el mecánico en turno procede a revisar de manera ordenada por hora de registro cada una de las máquinas, una vez que se encuentra frente a la máquina en cuestión, procede a inspeccionar lo que el operador cree que es la causa por la cual el producto está saliendo con defectos y por la cual la máquina ha dejado de funcionar de la manera correcta.

En ciertos casos puede llegar a ocurrir que el problema reportado como falla mecánica en realidad se trate de un problema operativo, en estos casos el operador a cargo de la línea es informado a través del mecánico y se le explica de manera clara cuál ha sido el problema por el cual la máquina ha dejado de funcionar de manera correcta.

En caso contrario, el mecánico procede con la reparación correspondiente, en un caso como el que se ha mencionado con anterioridad el procedimiento es relativamente sencillo, se localiza el malacate desgastado que presente señales de corte por hilo y se sustituye por uno nuevo, los errores en la elaboración de reportes de mantenimiento

suelen estar relacionados con personal nuevo dentro del área de trenzado, el motivo por el cual el mecánico le explica en que consistió su error se basa en complementar su capacitación dentro del manejo de trenzadoras kokobun.

Una vez concluida la labor del mecánico este regresa al estante donde se encuentran los reportes de mantenimiento, en el coloca la hora en la cual reparo el reporte atendido y firma para conocer qué persona atendió el reporte.

Los reportes de mantenimiento que han sido cerrados de manera exitosa son archivados por el jefe de mantenimiento para su posterior captura en el formato de Excel presentado con anterioridad.

Es importante conocer la causa y el método de recopilación de datos actuales para entender en que se basa el estudio presentado en las planillas de Excel, el cual funciona para la aplicación de herramientas de calidad como lo es el diagrama de Pareto y analizar los resultados mediante diagramas de pescado.

Para términos de responsabilizar al personal operativo y mecánico se han separado las actividades a realizar en el área de trenzado y asignándoles a cada uno.

Funciones del operador	Funciones del mecánico
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactivar maquinas por activación de poka yoke.</li> <li>• Cambiar hilo en los cambios de artículo.</li> <li>• Proveer de alma a las kokobun que procesen artículos con alma.</li> <li>• Acomodar carretes mal puestos.</li> <li>• Desatorar bobina de almas.</li> <li>• Ajustar contrapesos en malacates.</li> <li>• Limpiar hilo de máquina.</li> <li>• Cambiar carretes doblados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de cabeza plana y cabeza para cordón.</li> <li>• Ajustar presión en rodillos de salida.</li> <li>• Cambiar malacates.</li> <li>• Sincronizar engranes.</li> <li>• Cambio de engranes de paso.</li> <li>• Lubricación de componentes.</li> <li>• Poner banda.</li> <li>• Cambiar posición 1-1-1 o 2-2-2.</li> <li>• Colocar ojillos en malacates.</li> <li>• Ajustar clutch del mecanismo.</li> </ul>

Tabla 3

Responsabilidades de personal operativo y mecánico en trenzado.

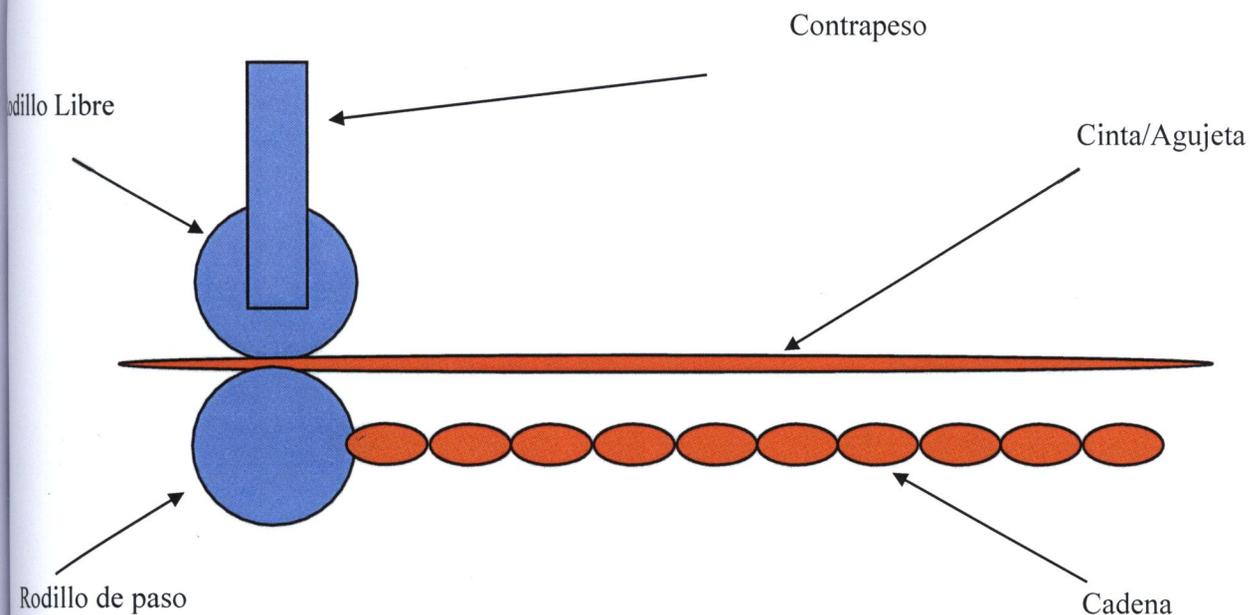
#### 4.2. Interpretación de Datos.

Una vez que se han capturado los reportes de mantenimiento correspondientes a la semana en curso, se elabora un análisis en el cual señale las causas principales de tiempos muertos.

Mediante los datos obtenidos se obtienen diagramas de Pareto los cuales contribuyen con identificar de manera gráfica los principales problemas mecánicos que ocasionan tiempos muertos en el proceso de trenzado, diagramas de Ishikawa (Diagramas causa y efecto) los cuales contribuyen con las posibles soluciones y erradicación de causas raíz en la generación de fallos mecánicos, generalmente estos diagramas son presentados al equipo de mantenimiento con la finalidad de que todos sus miembros estén enterados del problema a enfocarse durante la semana siguiente y que aporten ideas para la resolución exitosa con esta misma.

Los reportes de mantenimiento son un método efectivo en la obtención de datos, sin embargo, no demuestran el trasfondo del problema o en otras palabras no enseñan la causa raíz por la cual se generan los fallos mecánicos.

Durante el proceso de fabricación de cinta en el área de trenzado los gusanos que llevan el tiempo a través de los engranes de paso enroscan la cinta que es jalada por los rodillos de salida, estos rodillos y su velocidad de arrastre están regidos por un sistema de cadenas y catarinas que componen a la máquina, en la ilustración 19 se puede apreciar de mejor manera lo antes mencionado.



**Ilustración 19.**  
**Diagrama de funcionamiento de rodillos de tracción en trenzadora kokobun.**  
 Creación propia.

La ilustración 19 hace referencia a la ilustración 20 mostrada a continuación, esto con la finalidad de localizar y apreciar de mejor manera los componentes mencionados en la ilustración 19.



**Ilustración 20**  
Vista lateral de rodillos de tracción en trenzadoras kokobun.

El fallo por trenza caída generalmente se debe a una falta de tracción debido a una mala colocación del contrapeso, este al no ejercer la presión suficiente entre los rodillos de salida deja de tener tracción y la trenza deja de ser jalada con la misma velocidad, esto puede generar defectos como pinzado al no tener una tracción uniforme, la cinta genera zonas más cortas o angostas debido al tiempo en el cual se somete el trenzado en dicha área.

El arreglo de los rodillos generalmente es manipulado por el personal operativo por la siguiente razón, al momento de vestir y desvestir una maquina kokobun, la cinta es acomodada nuevamente por las áreas existentes en la máquina, entre ellas se encuentran los rodillos de salida, al no colocar adecuadamente el contrapeso esta tiende a regresar o a dejar de moverse, generando defectos. La información obtenida para este defecto arroja más a una mejora en la capacitación en el personal operativo que a un ajuste mecánico, de tal forma que se ataque el problema raíz en lugar de seguir reparando “descuidos” del personal operativo.

#### **4.3 Acciones Correctivas.**

Una vez analizados los datos procedentes del área de trenzado se procede a explicar los datos clave para un plan correctivo eficaz, en primera instancia se analiza si el problema a tratar es de índole operativa o mecánica, esto se logra a través de una comunicación clara en el manejo de la información con el jefe de planta, de tal manera que, tanto el jefe de planta como el jefe de mantenimiento se encuentren enterados de la situación.

**¿Por qué la necesidad de que estén enteradas las 2 partes?**

Al igual que en una enfermedad, los síntomas no son más que la advertencia de un problema interno en el organismo, de igual manera los problemas reflejados en el área de producción son los síntomas de una causa más profunda, que generalmente necesita ser analizado por los 2 puntos de vista que operan en esta área, veamos el siguiente caso:

En el proceso de fabricación de cordones en el área de trenzado, los carretes son colocados sobre bases llamadas malacates, estos son piezas ensambladas entre los engranes de ala alta y ala baja, de tal manera que se mueven alrededor del plato superior de la maquina mientras el arreglo de engranes es activado mediante la polea demandando, su función es mover el hilo para trenzarlo justo por abajo del reunidor de la máquina, los malacates y su ensamble en las trenzadoras kokobun se pueden apreciar de mejor manera en las ilustraciones 21 y 22.



**Ilustración 22.**  
**Malacate.**



**Ilustración 21.**  
**Malacates colocados en trenzadora kokobun.**

Colocados de igual manera que el carrete, se encuentran 2 componentes más colocados sobre el malacate, estos son el trinquete y contrapeso, los cuales tienen las siguientes funciones.

### **Trinquete:**

Colocado sobre el carrete que descansa sobre el malacate, funge como freno al giro del carrete sobre el cilindro que compone al malacate, esto con la finalidad de que el giro no sea brusco y desenrolle el hilo de manera suave, dado que el carrete cuenta con espigas en una de sus caras superiores, las cuales al girar el carrete funcionan como tope junto con el trinquete.

### **Contrapeso:**

Colocado en la paleta frontal del malacate, funge como tensor de hilo, existen contrapesos de 10 y 8 gramos en la fábrica, durante el proceso de fabricación de cordón en trenzadoras kokobun debe cuidarse que las tensiones sean las mismas, dado que de no ser así generaran el defecto conocido como "hilo jalado" al tener tensiones diferentes creara un patrón distinto entre las hebras que constituyen el tejido de la agujeta, adicional a esta función, una vez que el hilo se ha terminado del carrete, el contrapeso cae a la base del malacate, de tal manera que cuando este pase por la palanca del sistema poka yoke, esta se active, deteniendo la máquina, los malacates se deslizan sobre las ranuras mostradas en la ilustración 23 y son utilizados como se muestra en la ilustración 24 con los carretes montados sobre ellos.



**Ilustración 23**  
**Fotografía de plato superior de trenzadora kokobun.**



**Ilustración 24**  
**Fotografía de trenzadora vestida. 68**

Durante el proceso de fabricación, el defecto conocido como “hilo jalado” está asociado generalmente a un desgaste en los orificios encontrados en el malacate por los cuales se pasa el hilo para ser tensado por el contrapeso, este desgaste es ocasionado por la fricción que tiene el hilo con el plástico que constituye al malacate, dicha abertura genera que el hilo se atore o adquiera una mayor tensión debido a la fricción que se genera en las paredes que constituyen al corte realizado por la fricción entre el plástico y el hilo, la solución general es cambiar el malacate por uno nuevo, para prolongar la vida de los malacates se optó por colocar ojillos de metal en los barrenos por los que pasa el hilo en el malacate como se muestra en las ilustraciones 25 y 26.



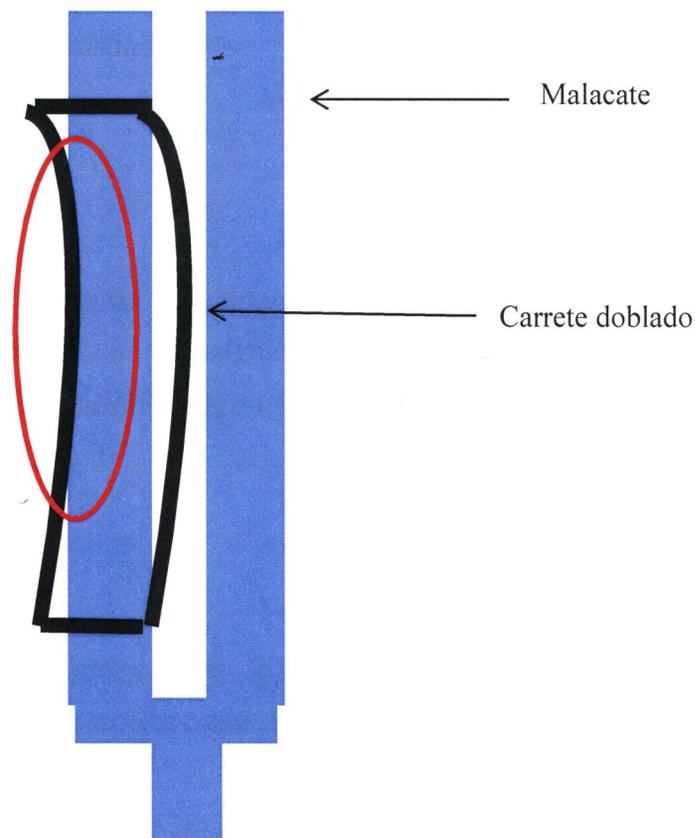
**Ilustración 24.**  
Ojillo lateral de malacate.



**Ilustración 23.**  
Ojillo superior de malacates.

Una vez realizado el cambio del malacate, se volvió a accionar la trenzadora kokobun, sin embargo, siguió generando el mismo defecto, inspeccionando la máquina y sus componentes no había razón alguna por la cual siguiera teniendo más tensión un hilo que otro, los contrapesos eran del mismo peso, los malacates que constituían la máquina se encontraban en buenas condiciones, sin cortes por fricción.

Al agotarse las posibilidades de que fueran componentes de las maquinas, se procedió a pedir otro punto de vista al jefe de planta, este al revisar los carretes que se estaban utilizando se percató que estos se encontraban doblados. Un carrete se dobla por una tensión excesiva en el devanado, generando una deformación en el cilindro que lo constituye y así arqueando el carrete, estos carretes al ser colocados en los malacates no giraban libremente, sino que tenían una tensión adicional debido a la fricción que se generaba entre el malacate y las paredes internas del carrete, esto se puede visualizar en la ilustración 23.



**Ilustración 25.**  
**Carrete doblado en malacate.**  
Creación propia.

Tomando en cuenta la nueva información, se procedió a evaluar la condición del resto de los carretes que componían al artículo procesado en la trenzadora kokobun, colocando carretes rectos que remplazaron aquellos que presentaron deformaciones (doblados), dando así una solución al defecto del hilo jalado.

El caso mencionado con anterioridad es la explicación primordial del porque unir a dos áreas en la toma de decisiones en realizar correcciones, tener diferentes puntos de vista permite enriquecer el conocimiento y análisis de los factores a mejorar o corregir (mejora continua y círculo de calidad).

## Capítulo 5. Resultados.

A lo largo de un año se repitieron continuamente los procesos de estudio, análisis y corrección en diversos casos, en ocasiones teniendo que hacer capacitaciones al personal operativo y en otros cambiando o modificando la maquinaria encontrada en el área de trenzado.

### Recopilación de Datos.

Del 4 de mayo al 10 de mayo del 2018 se presentaron varios reportes de mantenimiento, los cuales arrojaron la base de datos que se presenta a continuación.

Fecha	Semana	Area	Turno	Operador	Causa	Linea	Maquina	T. Paro	Mes	Año
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	3	6	6		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	6	5	6		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	2	6	3		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	2	4	7		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	2	3	12		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rocio	8	6	13		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	1	Rita	1	1	25		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Mary	2	4	7		mayo	2018

04/05/2018	11	trenzado	2	Mary	6	4	6		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	8	2	5		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	2	1	10		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	8	2	12		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	2	1	14		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	2	2	3		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	7	1	22		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Armando	7	1	23		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	8	5	17	20	mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	8	5	4	10	mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	8	7	11	25	mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	8	5	4	103	mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	8	7	11		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Lucia	6	5	6		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Graciela	2	9	8		mayo	2018
04/05/2018	11	trenzado	2	Graciela	2	9	8		mayo	2018

Tabla 4

Base de datos obtenidos de los reportes de mantenimiento.

La tabla 4 tiene en la columna con el título “causa”, números en su haber, estos números hacen referencia a un problema en cuestión, ligado a un número para términos de agilidad en la elaboración de los reportes, estas causas se pueden ver en el anexo de formatos en el apartado “reporte de mantenimiento”.

EL tiempo utilizado para esta tabla es en segundos debido a que por lo general son reparaciones de entre 30 a 90 segundos de atender a excepción de máquinas atoradas, cambios de engranes, malacates, etc.

La base de datos es llenada en base a los reportes de mantenimiento que cada operador elabora durante su jornada diaria en caso de presentarse problemas mecánicos con las máquinas que se encuentran en sus líneas de producción, el formato de “Reportes de Mantenimiento” puede observarse en la sección de “Formatos” en este documento, cada una de las columnas brinda datos para el análisis de estos.

El proceso del llenado de la base de datos actualmente es un proceso manual, en el cual el supervisor de calidad toma diariamente los reportes de mantenimiento del día

anterior, de tal forma que no entorpezca el trabajo de los operados y mecánicos al llevarse reportes que se encuentren abiertos, buscando mantener actualizada la información de causas mecánicas que justifiquen un bajo porcentaje de producción según el EGE (Eficiencia Generada por Equipo), el EGE o OEE (Operation Efficient Equipment) es una herramienta de calidad que permite conocer la eficiencia real de la maquinaria procesadora dentro de una empresa, esta herramienta toma en cuenta 3 factores:

- Disponibilidad.

La disponibilidad de un equipo en cuanto a uso posible de producción, dentro del cual se deben tomar en cuenta factores que reducen el tiempo debido a arranques, cambio de piezas y espera por secuencias.

- Rendimiento.

Durante el proceso productivo se debe tomar en cuenta los micro-paros de las máquinas debido a que se deben suministrar con materia prima una vez que se esté acabando.

- Calidad

Del 100% de piezas producidas por una máquina cuantas realmente son aptas para salir al mercado, en otras palabras, la cantidad de merma es un factor para tomar en cuenta en el porcentaje de calidad.

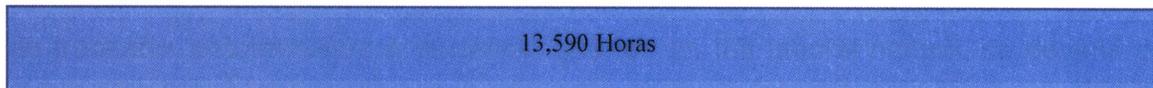
Ejemplo:

Las máquinas kokobun tienen una planeación de uso de 90 horas semanales, debido a que son 2 turnos los que se manejan, sin embargo al inicio de la semana se toma un periodo de 10 minutos en los arranques de motor que representan 90 minutos de espera por ser 9 líneas en total, el tiempo de paro por comida a los trabajadores, son 15

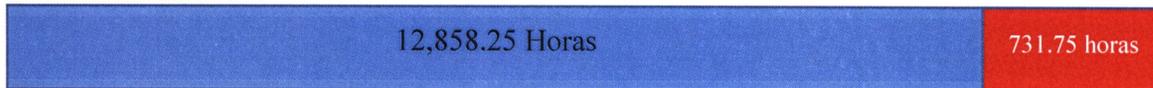
minutos por turno lo cual representan 255 minutos a la semana por máquina, al tener un total de 151 máquinas da como resultado lo siguiente:

$$(255 \text{ minutos})(151 \text{ maquinas}) = 38,505 \text{ minutos} + 90 \text{ minutos} = 731.75 \frac{\text{horas}}{\text{semana}}$$

Producción planeada.



Tiempo real disponible.



Aun tomando en cuenta los arranques y paros programados se deben considerar factores como lo son los cambios de artículos, cambios de engranes, fallos mecánicos, activaciones de poka yoke. En promedio los tiempos son los siguientes:

- Cambio de articulo (30 minutos).
- Cambio de engranes (10 minutos).
- Fallos mecánicos (3.5 minutos promedio por maquinas totales).
- Activación de poka yoke (8.5 minutos).

Los tiempos muertos por cambio de artículo son por cada evento, tomando en cuenta que por lo general a la semana se realizan alrededor de 30 cambios se está hablando de que en realidad se tiene un tiempo de paro de:

$$(30 \text{ min})(30 \text{ eventos}) = 900 \text{ minutos} = 15 \frac{\text{horas}}{\text{semana}}$$

Al igual que en los cambios de engranes.

$$(10 \text{ minutos})(30 \text{ eventos}) = 300 \text{ minutos} = 5 \frac{\text{horas}}{\text{semana}}$$

### Fallos mecánicos.

Tomando en cuenta que, por generalizar el impacto de los tiempos muertos en el área de trenzado, esto conlleva a visualizar que, en un día laboral natural, se detiene cada máquina 3.5 minutos, esto simboliza lo siguiente:

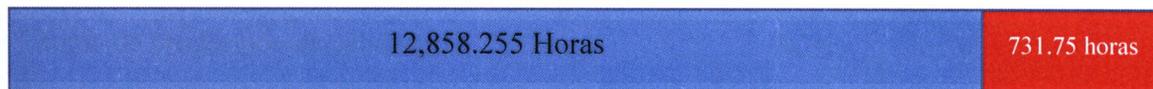
$$(3.5 \text{ minutos})(151 \text{ maquinas})(6 \text{ dias}) = 528.5 \text{ minutos} = 52.8 \text{ horas}$$

El mismo caso con la activación de poka yoke.

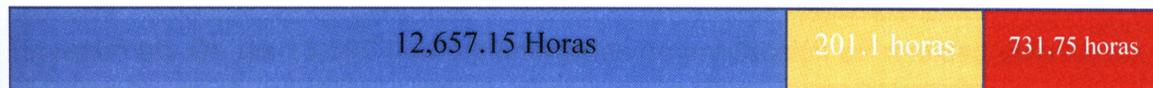
$$(8.5 \text{ minutos})(151 \text{ maquinas})(6 \text{ dias}) = 7701 \text{ minutos} = 128.3 \text{ horas}$$

En total representan 201.1 horas de paros no programados.

Tiempo real disponible.



Producción real



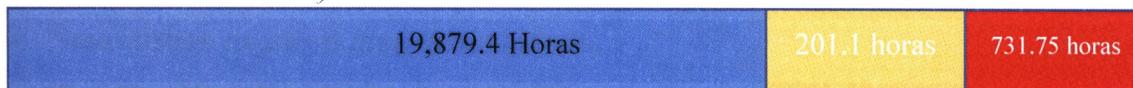
Una vez tomados en cuenta los factores que reducen el tiempo productivo de la maquina se deben considerar los factores que dan como resultado productos defectuosos (merma).

Durante el primer semestre de año 2018 se tuvo un promedio semanal de merma del 9.12%, dentro de esta merma son considerados los defectos de producción, malos empuntillados, errores de tono, error en corte, etc.

Tomando en cuenta que el trabajo efectivo de las trenzadoras kokobun fue de 12,657.15 horas, le restaremos el 9.12% dado que es el porcentaje que las maquinas trabajaron generando defecto.

$$(12,657.15 \text{ hrs})(0.0912) = 1,154 \text{ horas.}$$

Producción real.



Tiempo de producción de calidad.



En resumen. De las 13,590 horas planificadas de producción en realidad solo fueron efectivas 11,502.8 horas, que representan el 84.64 % de eficiencia según el indicador EGE.

## **Interpretación de Datos.**

### **5.1. Diseño del sistema.**

Entender el método de trabajo en el área de trenzado es fundamental para la elaboración de un sistema adquisitivo de datos como en el diseño del hardware a implementar en las líneas de producción, empecemos por entender el sistema actual mediante el cual se trabaja.

#### **5.1.1 Operadores.**

Al contratar un operador nuevo en el área es necesario pasar por una capacitación, la cual dura de 2 a 3 semanas dependiendo de la capacidad que demuestre el operador en cuestión, durante sus primeros días (de 7 a 14 días) se pone a trabajar como un auxiliar con un operador experimentado, dentro de sus funciones encontraremos las siguientes:

- Traer hilo a los cajones de las líneas productivas.
- Traer almas desde el área de devanado.
- Cambiar hilos de máquinas que se han parado por sistema poka yoke.

Esto tiene la finalidad de que vaya familiarizándose con el mecanismo de la máquina, generarle habilidad en el manejo de carretes al colocarlos en los malacates y por sus respectivos ojillos, entender las diferencias en los hilos que se encuentran en los carretes al conocer si son de 4, 5, 6, etc. Hebras y entender cómo cambiar el alma y pasarla a través del reunidor de la trenzadora kokobun sin generar un atorón de hilo.

Una vez que al operador se le ha desarrollado la velocidad adecuada en el cambio de un carrete (de 10 a 20 segundos) se procede a la siguiente fase de su capacitación, en la cual se le explica cuáles son los defectos que pueden aparecer en el proceso de trenzado, aclarándole como se ve y generalmente a que se debe, de la mano con esto se le asigna una línea para que empiece a “controlar” (al usar la palabra controlar hablamos de que un operador controla una o varias líneas de trenzadoras buscando que ninguna maquina se detenga), esto se logra mediante un sistema de trabajo, el cual funciona haciendo que el operador haga un recorrido de maquina en maquina sin importar que ya se haya percatado del paro de una que no se encuentra de manera inmediata, durante este recorrido se va revisando el estado de los carretes, si están por acabarse se detiene la máquina y se procede a hacer el cambio del carrete ya antes mencionado, esto se hace con la finalidad de que la maquina no pare de manera imprevista, sino que sea un paro controlado, la activación del sistema poka yoke en este caso es una ayuda auxiliar para no generar mermas por falta de algún hilo, pero la activación de varias máquinas simboliza un mal control de línea. El punto principal por el cual se le explica de manera clara el motivo por el cual la producción puede salir con merma o existe un mal funcionamiento en la maquina lo cual haga deficiente la producción es para que genera la información a través de los reportes de mantenimiento.

Posteriormente se van agregando líneas hasta llegar a un máximo de 4 dependiendo de su capacidad para controlar dichas líneas.

### **5.1.2 Mecánicos.**

La función principal de un mecánico es mantener todas las maquinas funcionando, si existieran elementos que comprometan la integridad de la maquinaria, como pueden ser piezas desgastadas, bandas con una tensión exagerada, calentamiento de piezas, etc. Se informan al jefe de mantenimiento para tomar la decisión de parar o de programar su mantenimiento respectivo, en cuanto al área de trenzado se refiere, el mecánico en

turno estará al pendiente de cualquier indicador visual (cono verde) que se coloque en las trenzadoras kokobun, por lo general se encuentran limpiando o aceitando las maquinas, durante este proceso supervisan que no se encuentren conos verdes un su área, de ser así, proceden a ver el reporte de mantenimiento, el cual les dará una guía para conocer la posible causa del mal funcionamiento de la máquina, ejemplo:

"Si un reporte está indicando el defecto de pinzado inmediatamente pensara el mecánico en un problema con los rodillos de tracción, dado que estos están vinculados directamente con el jalón en el cordón, lo cual puede provocar un defecto como pinzado".

Al momento de evaluar la maquina se cerciora de que no tenga otro posible fallo para que trabaje bien sin volver a presentar fallos mecánicos.

Los fallos mecánicos ocurren por diversas causas como lo son:

### **1. Elementos de diferentes compuestos en las maquinas.**

Las trenzadoras kokobun están compuestas por hierro fundido, malacates de polipropileno, engranes de polietileno, entre otros. El desgaste que se genera en los elementos plásticos es mucho mayor que en elementos metálicos, lo cual hace necesario el cambio de piezas, una pieza desgastada puede generar atorones, una desincronización en los engranes, hilos jalados, etc.

### **2. Exceso de lubricación.**

La lubricación en cualquier mecanismo es necesaria para la prolongación de vida de las piezas que lo conforman, sin embargo, un exceso de lubricación en las trenzadoras kokobun puede generar que la banda patine en la polea de mando,

generando que esta tenga bajas RPM, el exceso de lubricación en algunos casos puede llegar a ensuciar el cordón producido, siendo este también merma.

### **3. Malos ajustes.**

Los ajustes que se realizan durante el proceso productivo van desde el cambio de engranes de paso hasta un cambio completo de cabeza, el mal ajuste de una de las piezas que componen el sistema de transmisión, por dar un ejemplo, genera que las piezas estén forzadas entre sí, haciendo que aun con una buena lubricación se desgasten de manera prematura.

### **4. Mal uso de la maquinaria.**

Los operadores están capacitados para hacer un buen uso de las trenzadoras kokobun, sin embargo, llegan a ocurrir descuidos que generan un movimiento o hasta ruptura de piezas, esto ocurre por un mal vestido de la máquina, al no colocar los hilos de la manera correcta, este llega a enredarse entre los malacates, provocando que se doblen o rompan en sus bases, un mal cambio de alma puede hacer que se cree una obstrucción por hilo en el reunidor de la máquina, moviendo el reunidor y forzando el sistema de transmisión.

Una vez concluida su tarea, procede a llenar el reporte de mantenimiento con la hora en la que termino la reparación y su firma.

#### **5.1.3 Adquisición de datos.**

De manera diaria se registran los reportes de mantenimiento del día anterior, esto se hace con la finalidad de no entorpecer el trabajo al retirar los reportes aun abiertos, generando que el trabajo de los mecánicos se vuelva más tarado, debido a que si se retiran los reportes abiertos en el turno, los mecánicos no podrían conocer la situación

actual de la maquinaria, de tal manera que se empieza por registrar los paros de máquinas a través de una tabla elaborada en Excel, la cual es llenada a mano debido a que se carece de un sistema automático para la elaboración de las bases de datos.

En la ilustración 24 se busca conocer las máquinas que han presentado el mayor número de reportes durante la semana como primer paso.

**Ilustración 26.**  
**Formato de reportes de mantenimiento.**

El formato se compone de 10 columnas que representan el área de trenzado, de las cuales 9 están conformadas por trenzadoras kokobun (de la 1 a la 9), anterior a la línea 1 se encuentra una línea adicional, sin embargo, esta está compuesta por trenzadoras de marca Yitai, por lo cual no las tomaremos en cuenta.

Los renglones representan las máquinas encontradas en la línea, aunque la línea 2 cuenta con 27 máquinas en su totalidad, la línea 3 tiene 18 por lo cual nunca se verán reportes a partir de este número, como se puede apreciar se encuentran 11 máquinas que se reportaron más de 2 veces en una semana, esta tabla nos enseña el estado de

las maquinas en la semana del 25 al 31 de enero del 2019, aunque se hizo hincapié en las máquinas que se encontraban a partir de la línea 3, debido a que las maquinas localizadas en la línea 2 son máquinas de 16 malacates, estas máquinas producen agujeta poco usual y por lo tanto son poco utilizadas, dejando de ser una prioridad a corto plazo.

La tabla nos indica presentar una atención principal en las maquinas siguientes:

Línea	Maquina
3	17
4	5
5	6
7	4
8	8
8	15
9	1

De las cuales revisando el libro de mantenimiento se pudieron recolectar los siguientes datos:

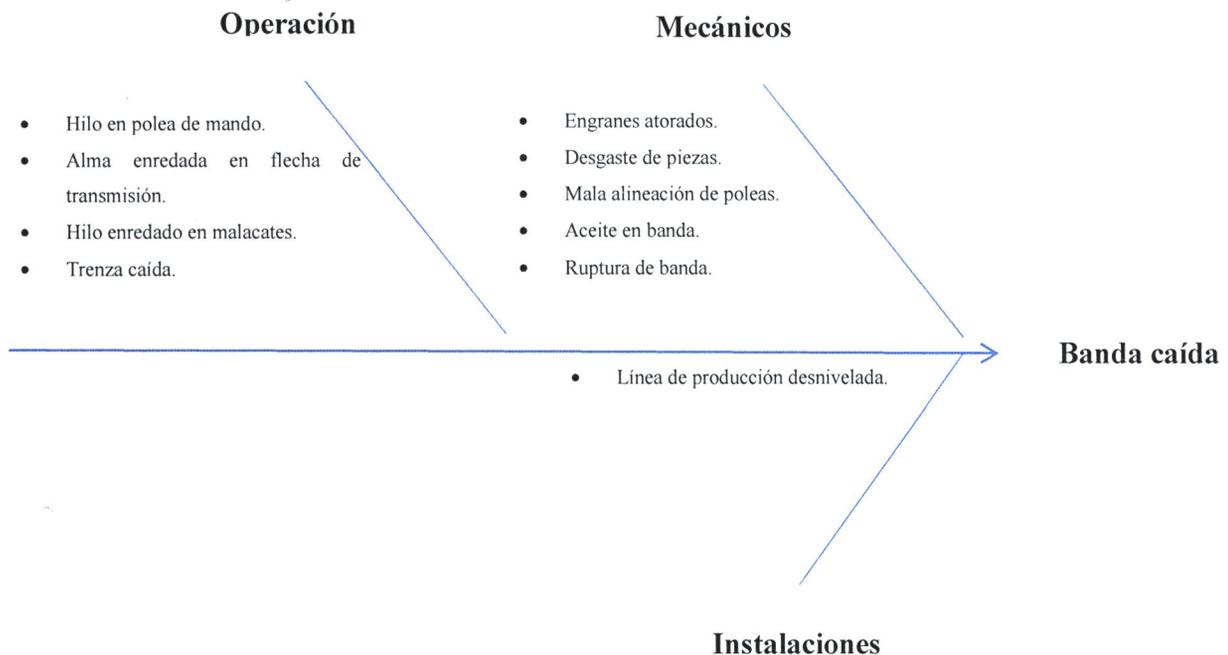
Línea	Maquina	Causa 1	Causa 2	Causa 3
3	17	Atorada	Atorada	Atorada
4	5	Atorada	Banda	Atorada
5	6	Banda	Banda	Atorada
7	4	Banda	Banda	No para
8	8	Paro continuo	Atorada	Banda
8	15	Banda	Banda	Banda
9	1	Pinzado	Pinzado	Pinzado

Conociendo las máquinas que presentaron un mayor número de reportes y las causas por las que se reportaron, se ha delimitado el problema al estudio de 7 máquinas, tomaremos de ejemplo la maquina 5 de la línea 4.

Teniendo en cuenta que las causas por las cuales fue reportada la máquina 5 de la línea 4 (L4M5) podemos entender lo siguiente:

- 2/3 partes de los reportes se deben a la caída de la banda de transmisión.
- Las piezas que involucran atorones y bandas caídas están ensambladas una a la otra.
- Existen factores tanto mecánicos como operativos que puedan generar estos problemas.
- Aunque fue una maquina con un alto número de reportes, máquinas de la línea 5 también tuvieron reportes por banda caída.

Ahora analizando los puntos ya antes mencionados podemos indagar en posibles causas mediante diagrama de Ishikawa para atacar las 2 causas de reportes (banda caída y atorado), los diagramas de Ishikawa se generan mediante juntas con el jefe de planta y el jefe de mantenimiento para considerar todas las posibles causas.



**Diagrama 1**  
**Diagrama de Ishikawa para banda caída.**

En el primer diagrama de Ishikawa nos da un punto de referencia para entender la posible causa que genere que una banda se caiga, veamos los puntos mencionados.

- **Mecánicos.**

-Engranés atorados.

Para entender él porque es una posible causa que los engranes de ala alta y ala baja se atoren pueden generar que la banda se caiga hay que comprender el funcionamiento del sistema de transmisión de las trenzadoras kokobun, debajo de cada trenzadora encontraremos una flecha compartida por todas las trenzadoras de una línea, esta flecha tiene a lo largo poleas alineadas debajo de las poleas de mando de cada una de las trenzadoras kokobun, entonces la transmisión del movimiento es a través de una banda plana que conecta la polea de mando con la polea de la flecha. Entendiendo esto se sabe que si los engranes de ala alta y ala baja se atorán, detendrán también los dientes que conforman la polea de mando, entonces al no moverse generara que la banda empiece a patinar sobre la polea de mando provocando que periódicamente se caiga o se rompa.

-Desgaste de piezas.

El desgaste de piezas puede ser un factor que provoque el atorón de los engranes de ala alta y ala baja, aunque también el desgaste en la polea de mando (abocardado) puede generar que la polea no gire de manera paralela a la polea encontrada en la flecha de la línea, generando así que la banda por el movimiento irregular termine cayendo, el desgaste del perno que sostiene a la polea de mando genera el mismo resultado que el desgaste de la polea de mando, este desgaste se acelera sin una lubricación adecuada.

-Mala alineación de poleas.

Tanto la polea de mando como la polea de la flecha deben estar perfectamente alineadas entre sí, de lo contrario la banda tendrá un movimiento “antinatural” y por ende terminará cayendo o desgastando de manera más drástica el perno y la polea de mando.

-Aceite en la banda.

El aceitado de las trenzadoras kokobun es una tarea diaria de los mecánicos, sin embargo, el exceso de lubricación puede generar que el aceite llegue a zonas que no deben estar lubricadas, como lo es la banda que conecta las poleas de mando y las poleas de la flecha, el que una banda esta aceitada genera que patine sobre las poleas en las que se encuentre y termine por caer.

-Ruptura de banda.

El desgaste en los componentes de las maquinas es un proceso natural que no puede ser evitado, aunque si prolongado, en el caso de las bandas que conforman el sistema de transmisión de las trenzadoras kokobun pueden llegar a tener rupturas parciales, lo cual le da a la banda una medida mayor a la que fue ajustada, cabe destacar que las bandas que son colocadas en el sistema de transmisión no se compran a la medida, son vulcanizadas a la medida que se necesite en el sistema de transmisión, debido al diseño de este tipo de trenzadora.

- **Operación.**

-Hilo en polea de mando.

Durante el proceso de trenzado, en el cambio de carretes viene implícito el hacer nudos entre el hilo que ya está montado en la máquina y el hilo procedente de carretes nuevos, el sobrante del nudo es cortado y de no tener cuidado puede llegar a terminar en zonas en las que puede causar problemas como los son dentro de los engranes de ala alta y ala baja, generando atorones que pueden provocar que la banda se caiga, eso puede suceder de igual manera en la misma polea de mando, haciendo que el movimiento sea forzado y termine por hacer patinar la banda y esta termine rompiéndose o cayéndose.

-Alma enredada en flecha de transmisión.

Al igual que en el caso anterior, la sustitución de un julio vacío por uno lleno de alma, viene implícito el hacer nudos y cortar el excedente de hilo, en este caso trenza de algodón regenerado, sin embargo, al ser colocado por debajo de la trenzadora kokobun no tiene el mismo riesgo de caer dentro del mecanismo de la máquina, pero sí de enredarse en la polea de la flecha de transmisión, al hacer esto crea una masa de hilo que impide que la banda se mantenga ajustada entre la polea de mando y la polea encontrada en la flecha de transmisión.

-Hilo enredado en malacates.

Los carretes de hilo utilizados en las trenzadoras kokobun, como ya se ha explicado a lo largo de este trabajo, provienen del área de devanado, esta área tiene como función suministrar carretes de hilo de la cantidad de hebras que requiera. Durante el proceso de devanado de carretes las maquinas devanadoras cuentan con filetas (estructura mecánica en la cual se soporta el hilo con el cual se llenan los carretes, estas estructuras funcionan en otras máquinas de giro textil como lo pueden ser urdidores, semel, trompos, etc.) compartidas, en las cuales se coloca el hilo a devanar, generalmente en denier 1/150 y 1/300 dependiendo del artículo a montar, si los operadores no tienen el suficiente cuidado de regular las tensiones individuales de las hebras esto genera tensiones distintas en los carretes, lo cual ocasiona que se generen madejas de hilo en los ojillos encontrados en los malacates, en el mejor de los casos el hilo se rompe provocando que el contrapeso caiga y activado el sistema de poka yoke, de otro modo la madeja de hilo que obstruye el paso del hilo provoca que el carrete que sigue girando empiece a desbordar hilo, el cual se enreda en los malacates provocando que se atore la máquina.

-Trenza caída.

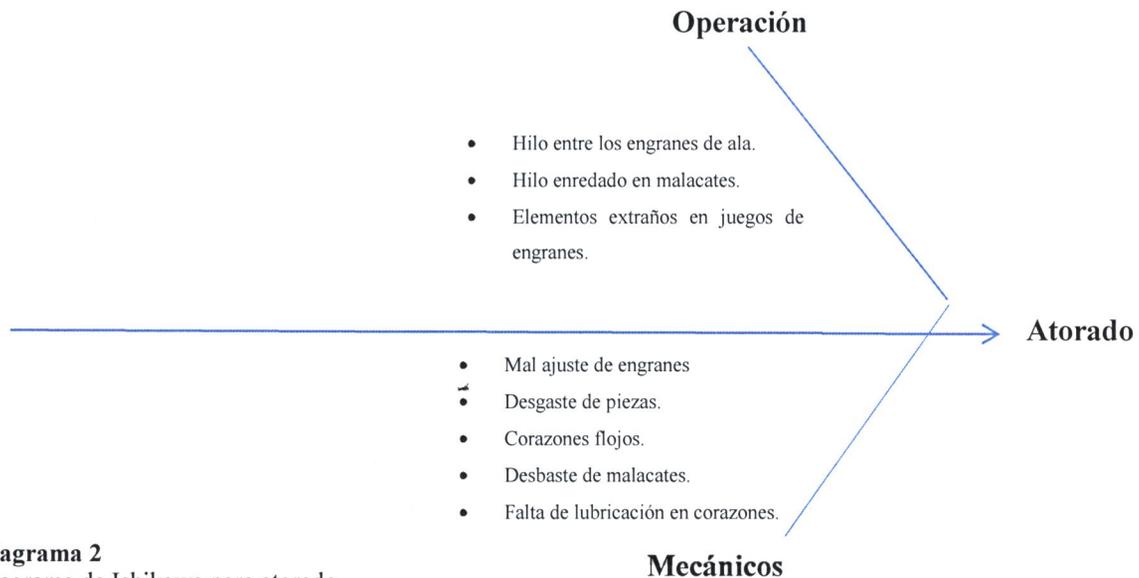
En el proceso de producción de las trenzadoras kokobun, como se ha mencionado con anterioridad, el suministro de materiales para el correcto funcionamiento de la maquina es un proceso aleatorio a lo largo de la jornada laboral, durante el cual se cambian carretes y julios que están por acabarse, el problema de la trenza caída radica en un mal cambio de almas, al hacer un nudo demasiado grueso es incapaz de pasar a través del ojillo que reúne los hilos haciendo que estos trencen, la obstrucción del hilo a través del ojillo hace que los hilos vayan trenzando en una posición cada vez más baja hasta llegar al nivel de los malacates, al llegar los hilos a esta posición ocurre lo mismo que los hilos enredados en los malacates, haciendo que estos traben los engranes de ala por consiguiente, detengan la polea de mando.

- **Instalaciones.**

-Línea de producción desnivelada.

La empresa se encuentra en un área geográfica que en temporadas de lluvia llega a inundarse y genera socavones en secciones de la planta, al hacer esto las líneas de las trenzadoras kokobun son desplazadas algunos centímetros por año, lo cual genera que la flecha principal, encontrada debajo de las trenzadoras kokobun, se arqueé provocando que las poleas de la flecha y las poleas de mando queden desalineadas, esto genera que las bandas se caigan de manera continua, en casos como este es relativamente fácil de identificar el problema dado que la mayor parte de la línea presenta el problema de bandas caídas, lo cual es un indicador de que se ha perdido la paralelidad de las poleas.

En este segundo diagrama de Ishikawa tocamos los factores que conllevan a que una trenzadora kokobun quede atorada como se muestra en el diagrama 2.



**Diagrama 2**  
Diagrama de Ishikawa para atorado.

-Mal ajuste de engranes.

Los engranes de ala alta y ala baja son conocidos también como engranes macho y hembra, la diferencia que tiene además de que el ala se encuentra en una altura diferente uno respecto a otro, es la posición de los dientes de los engranes viéndolo por su cara superior, mientras que en los engranes macho tendrá siempre un diente visible a través de las ranuras encontradas en sus alas, el engrane hembra tendrá 2 dientes visibles a través de la ranura encontrada en sus alas, también cabe mencionar que la altura de un engrane macho siempre será superior a la de un engrane hembra, dado que no funcionaría el arreglo de engranes si ambos tuvieran la misma altura.

Lo que define si el cambio a un engrane macho o un engrane hembra es la siguiente, los engranes son comprados siendo engranes comunes, es decir, no son machos ni hembras, los engranes tienen que pasar por un proceso de ensamblado antes de ser usados en las trenzadoras kokobun, el proceso es simple, se define que engrane se necesita (macho o hembra) y se ensambla moviendo la parte baja del engrane en la

cual se encuentran los dientes hasta que coincida con las características del engrane buscado, posteriormente se hacen 2 pequeñas perforaciones en la base del engranes entre la pieza que corresponde a las alas y a los dientes del engrane, en estos barrenos se colocan spirols (lamina enrollada), que funcionan como tope para que no se pueda mover el ajuste del engrane.

La causa principal del ensamblado es precisamente controlar perfectamente la posición de la ranura entre las alas, debido a que entre ellas se mueven los malacates, el no hacer un ensamblado correcto, provoca que las ranuras entre las alas no queden simétricas y por lo tanto el malacate se estará atorando en esta zona, existe la posibilidad también de que los engranes se encuentren bien ensamblados pero mal ajustados en la máquina, si las ranuras entre las alas no coinciden perfectamente, el malacate no podrá moverse entre ellos, para entender de mejor manera la composición en las ilustraciones 25 y 26.



**Ilustración 28.**  
**Vista superior de un engrane hembra.**



**Ilustración 27.**  
**Vista superior de un engrane macho.**

-Desgaste de piezas.

Si bien el desgaste en las piezas de las trenzadoras kokobun es un proceso natural de la operación, no son simultáneos, principalmente se encuentra desgaste en las ranuras de las alas de los engranes debido a que en ellas se encuentra el contacto con los malacates, cuando una ala se desgasta por su mismo uso natural, esta abre más la ranura entre sus alas, generando que la simetría entre una ranura y otra no sea perfecta, esto provoca que los malacates se muevan de manera antinatural y terminan por atorarse entre las ranuras desgastadas.

Otro desgaste que puede ocasionar un atorón en la trenzadora kokobun son los mismos malacates, su base es la que se mueve entre las ranuras de los engranes, esta base tiende a desgastarse únicamente del lado que tiene contacto con las alas de los engranes, lo cual va carcomiendo solo un lado de la base, al no tener una base que abarque la totalidad de las ranuras el malacate tiende a ladearse y haciendo más difícil el movimiento a través de los rieles formados por los corazones de la trenzadora, eventualmente la banda que está en la polea de mando no tendrá el agarre suficiente para mover el juego de engranes con un malacate así de desgastado y terminara por atorarse continuamente.

-Corazones flojos.

Los corazones son el componente que encierra el juego de engranes entre las placas de las trenzadoras kokobun, adicional a esto forman el riel por el que se mueven los malacates sobre la placa superior de las trenzadoras, estos corazones tienen un barreno central en el centro por el cual se hace pasar un tornillo de 7" ½ de largo que afianza la posición del corazón una vez que este se aprieta con su tuerca, debido al movimiento de los malacates y la vibración de la máquina estos tienen a aflojarse periódicamente generando que el riel de paso de los malacates se deforme ya sea

haciéndolo más angosto o menos angosto, esto genera que los malacates se atoren en estas secciones provocando atorones en la trenzadora.

-Desbaste de malacates.

Al hacer el cambio de un malacate desgastado por uno nuevo, se deben de hacer modificaciones en los malacates nuevos dado que provienen de un proceso de inyección a molde, por lo cual tiene bordes que pueden ocasionar problemas en el manejo del hilo rasgándolo o rompiéndolo, se toman los malacates y con lija y disco de desbaste se liman todas estas impurezas en la pieza, una de ellas es el rebajar el diámetro de la base del malacate para que pueda moverse sin ser forzada a través de las ranuras de los engranes de ala, esto debe hacerse con cuidado buscando no rebajar más de 2 mm de diámetro, de lo contrario el malacate empezara a desgastarse de una manera más rápida por el juego que el malacate tendrá con los engranes de ala, el no rebajar el diámetro de un malacate implica que la maquina tendrá que soportar más esfuerzo al hacer que se mueva de manera muy justa entre las ranuras de los engranes, en cualquiera de los 2 casos el resultado es el mismo, una trenzadora atorada.

-Falta de lubricación en corazones.

Como se ha mencionado con anterioridad, en las trenzadoras kokobun es importante una lubricación controlada de manera diaria, al carecer de carters que almacenen el aceite dentro de sus componentes, una de las zonas a lubricar es precisamente los corazones, en ellos se encuentra un aceitero que lleva el aceite al arreglo de engranes, el aceite ayuda al movimiento del malacate entre sus alas y al mismo giro de los engranes sobre su eje, una falta de lubricación genera un desgaste más rápido, forzar la máquina y reduce su velocidad de producción, en si la falta de lubricación es un factor que nos llevara a generar causas que terminaran atorando la máquina.

- **Operación**

-Hilo entre los engranes de ala.

Durante el proceso productivo las operadoras cortan el hilo excedente entre los empalmes de hilo al reemplazar un carrete vacío por uno lleno en las trenzadoras kokobun, este hilo de no tener cuidado en su manejo termina dentro del arreglo de engranes que junto con el aceite y grasa generan estopas de hilo que forzan el movimiento tanto de los engranes como de los malacates, este esfuerzo adicional genera desgastes prematuros así como posibles movimientos de posición en los engranes haciendo que estos se desincronicen con el resto de los engranes generando atorones.

-Hilo enredado en malacates.

El hilo enredado en los malacates puede producirse de diversas fuentes como lo es un mal devanado, un mal ajuste de engranes de paso que generan trenza caída, desgaste de los ojillos en malacate, etc. El principio es el siguiente, una vez que un hilo se empieza a enredar entre los malacates, este se va apretando cada vez más a medida que la trenzadora hace girar los malacates a través de su riel, una vez que se acumula mucho hilo y se tensa mucha los malacates se vuelve imposible el movimiento de los malacates, los cuales al no poderse mover transmiten ese esfuerzo a los engranes de ala mediante sus bases que son las que los conectan, esto en resumen genera un atorón.

-Elementos extraños en juego de engranes.

Durante el proceso de trenzado, las operadoras hacen uso de herramientas que les ayudan a agilizar su trabajo, entre ellas se encuentran las agujas de gancho, estas son agujas muy pequeñas que suelen utilizar para pasar de manera rápida el hilo de los

carretes a través de los ojillos de los malacates, al ser elementos muy pequeños tienden a caerse y perderse de la vista con facilidad, estos pueden caer dentro del juego de engranes y al ser elementos metálicos generan atorones al impedir el movimiento de los engranes de ala.

Una vez concluido el análisis del diagrama de Ishikawa, se tomaron en cuenta los puntos comunes entre un diagrama y otro, esto reduce la cantidad de causas en ambos diagramas atacando 2 puntos al mismo tiempo, en este caso son los siguientes:

- Hilo enredado en malacates.
- Desgaste de piezas.
- Mal ajuste de engranes.

Tomando en cuenta estos 3 factores se procede a buscar soluciones prácticas con cada uno.

-Hilo enredado en malacates.

Como se mencionó anteriormente, la causa por la cual el hilo se enreda en los malacates puede provenir de diversas fuentes, como lo es el devanado, el desgaste de los ojillos en los malacates, un mal cambio de carrete.

El devanado del carrete es el proceso anterior al trenzado, en él se devanan los carretes que alimentaran las trenzadoras kokobun con hilos de diferente denier de acuerdo a los estándares de artículo, como pueden ser carretes de 4 hebras de denier 1/150 cada hebra, sin embargo, si el devanado del carrete se llena por mucho tiempo, el

hilo en el carrete forma un diámetro demasiado grande, lo cual una vez colocado en el malacate no puede girar con libertad, esto puede generar diversos defectos, hablando exclusivamente del problema de atorones en máquinas, el carrete que gira con dificultad va rasgándose en sus paredes externas, lo cual rompe el hilo devanado y genera estopas de hilo que terminan enredándose en el juego de malacates, por otro lado los carretes devanados deben ser llenados simétricamente de centro a extremos del carrete, si esto no ocurre se crean bordes más gruesos que generan los mismos problemas que un carrete devanado excesivamente.

Analizando estos puntos se tomaron las siguientes medidas:

En el llenado del carrete se elaboró un estudio de tiempos y movimientos por el jefe de mantenimiento con la finalidad de conocer el tiempo de devanado para un llenado de carrete óptimo.

Los carretes deben ser llenados de hilo con un diámetro entre 2.5 cm y 2.7 cm para su libre giro en el malacate dado que el espacio entre la base en la que descansa el carrete en el malacate y el brazo repartidor de hilo tiene un espacio de 1.5 cm.

El estudio de tiempos y movimientos reveló que por cada segundo el diámetro del carrete devanado por hilo aumenta 1.38 mm de diámetro, esto se obtuvo de medir con un calibrador el aumento en el diámetro del carrete después de devanarlo durante 30 segundos y así sucesivamente cada 30 segundos.

Esto se obtuvo mediante la siguiente tabla:

Tiempo devanado	Tipo de Hilo	Diámetro del hilo devanado en carrete.
30 segundos	4 hebras 1/150	0.42 cm
60 segundos	4 hebras 1/150	0.87 cm
90 segundos	4 hebras 1/150	1.32 cm
120 segundos	4 hebras 1/150	1.78 cm
150 segundos	4 hebras 1/150	2.15 cm
180 segundos	4 hebras 1/150	2.63 cm

Conociendo la cantidad de volumen que da cada toma de tiempo por segundo se obtuvieron los siguientes datos:

Toma de tiempo 1:

$$\frac{\frac{0.42 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{30 \text{ segundos}} = 0.0035 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

Toma de tiempo 2:

$$\frac{\frac{0.87 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{60 \text{ segundos}} = 0.0036 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

Toma de tiempo 3:

$$\frac{\frac{1.32 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{90 \text{ segundos}} = 0.0036 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

Toma de tiempo 4:

$$\frac{\frac{1.78 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{120 \text{ segundos}} = 0.0037 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

Toma de tiempo 5:

$$\frac{\frac{2.15 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{150 \text{ segundos}} = 0.0035 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

Toma de tiempo 6:

$$\frac{\frac{2.63 \text{ cm}}{4 \text{ hebras}}}{180 \text{ segundos}} = 0.0036 \text{ cm de incremento de diametro por hebra en un segundo}$$

En promedio el aumento del diámetro del hilo se encuentra en 0.0036 cm/seg la cual nombramos como constante de crecimiento en devanado representada en esta ecuación con el símbolo "Φ", con lo cual se obtiene la siguiente ecuación para obtener el diámetro deseado:

$$\frac{\text{Diametro deseado}}{(\text{N}^\circ \text{ de hebras})(\Phi)} = \text{Tiempo de devanado}$$

Ejemplo:

$$\frac{2.65}{(4)(0.0036)} = 184.02 \approx 180 \text{ segundos}$$

De tal forma se elaboró una tabla para controlar y estandarizar los tiempos de devanado conociendo ya el número de hebras necesarias para cada artículo:

N° de hebras	Tiempo para devanar
2	368 segundos
3	245 segundos
4	180 segundos
5	147 segundos
6	122 segundos
8	90 segundos

Actualmente los operadores toman el tiempo de sus máquinas mediante sus propios relojes, se tiene planeado colocar temporizadores a las máquinas para que estas trabajen el tiempo necesario dependiendo del número de hebras necesarias.

Por otra parte el problema de un llenado no simétrico tiene una relación directa con las guías de las devanadoras, en ellas se encuentran hechos por alambre galvanizado de calibre 10, sujeto a las flechas que marcan la carrera del pistón mediante opresores, estudiando este arreglo se percató que el barreno por el cual se introduce el alambre galvanizado tiene un diámetro más grande que el alambre por 1 mm, el cual permite que este tenga juego para que el alambre galvanizado se mueva de manera indeseada y ocasione llenados asimétricos, la solución a este fueron 2 propuestas:

La primera se basaba en fabricar nuevas bases que sostuvieran al alambre galvanizado de manera más efectiva, lo cual simbolizaba un gasto tanto en materiales como trabajo de tornería.

La segunda opción fue trabajar con los materiales ya disponibles, rellenando el espacio sobrante de los barrenos con polipropileno, de tal manera que afianzara el agarre del opresor con el alambre galvanizado.

Se optó por probar el sistema de polipropileno dado que no representaba un gasto adicional, a diferencia de la fabricación de piezas nuevas, esta medida dio resultado eliminando los devanados asimétricos en las devanadoras, este ajuste no presenta desgastes adicionales para la maquina ni se desgastará, dado que no es una pieza que tenga movimientos entre sus componentes.

### **Desgaste de piezas y malos ajustes.**

El desgaste de piezas es un proceso natural en la operación de las trenzadoras kokobun, existen factores que aceleran este proceso de desgaste, entre ellos se encuentran el mal ajuste de engranes y falta de lubricación.

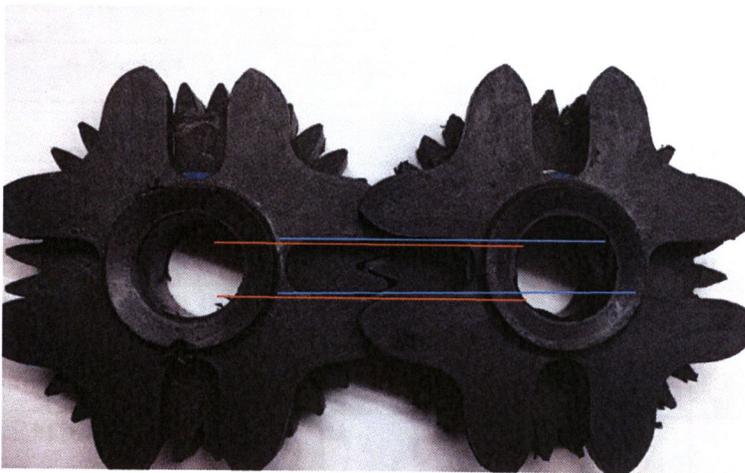
Las medidas que se tomaron en cuenta para eliminar estos factores fueron las siguientes:

El ajuste de engranes de ala alta y ala baja es un ajuste de precisión, durante el reemplazo de los engranes deben de tomarse en cuenta factores como lo son el ensamble de engranes ya sean macho o hembra, el empalme de ranuras de ala entre un engrane y otro, espacio entre los dientes de los engranes principalmente.

El ensamble de engranes macho o hembra fue resuelto mediante capacitaciones al personal de mecánicos por parte de fabricantes kokobun, en el cual se explicó la importancia y método más efectivo en el ensamblado de engranes.

En cuanto al resto de los factores mecánicos que desgastan de manera acelerada las piezas se llegaron a acuerdos de estándares en el acomodo de engranes, el empalme

de las ranuras de alas tiene que ser preciso con un espacio de flexibilidad en el ajuste de no más de 1 mm, estos acuerdos se llegaron a través de hacer pruebas con los engranes haciendo cada vez más grande la diferencia entre el empalme de los engranes con 3 mecánicos kokobun, ellos hicieron pruebas al ajustar estos engranes en una máquina que sirvió para hacer pruebas y llegaron a la conclusión de que 1 mm de desviación es lo máximo que podrá tolerarse para no tener problemas durante el funcionamiento de la máquina, como se muestra en la ilustración 27.



**Ilustración 29.**  
**Empalme de ranuras de ala.**

De tener más de 1 mm de separación se llega a la conclusión de que el o los engranes fueron ensamblados de forma incorrecta y se regresa al proceso de ensamble de engranes macho y hembra. Por otro lado, se estipulo un sistema de lubricación en trenzadoras kokobun de no más de 16 horas trabajadas sin lubricación, esto implica que al inicio de cada tercer turno se deben lubricar las maquinas

La implementación de estas correcciones fue medible a través del reporte de calidad semanal el cual nos dio el siguiente resultado:

MERMAS	25-31 ENERO		1-7 FEBRERO	
	MANTENIMIENTO	0	0%	0
TRENZADO	59.4	61%	33.8	51%
ALMA BOTADA	0	0%	0	0%
TROMPOS	2.6	3%	9.8	15%
TELARES	5.2	5%	3.4	5%
VARIOS	0	0%	0	0%
HILO	6.2	6%	8	12%
PUNTA	23.2	24%	11	17%
<b>TOTAL (KG)</b>	<b>96.6</b>	<b>100%</b>	<b>66</b>	<b>100%</b>
<b>GRUESAS FAB.</b>	<b>1146</b>		<b>913</b>	
<b>PESO PROMEDIO</b>	<b>0.9629</b>		<b>1.03759</b>	
<b>PESO ESTIMADO DE FABRICACIÓN</b>	<b>1103.48</b>		<b>947.32</b>	
<b>MERMA %</b>	<b>8.75%</b>		<b>6.97%</b>	

Tabla 5

Tabla de resultados semanales.

Como se observa en la tabla, se tuvo una reducción significativa en la merma generada en el área de trenzado a comparación con la semana en la cual se elaboró el estudio.

Este análisis y correcciones se hicieron a lo largo de 1 año obteniendo los siguientes resultados, en la ilustración 29 podemos ver el comportamiento de las gruesas como unidad de medida a lo largo del año y en la ilustración 30 el comportamiento de la merma.

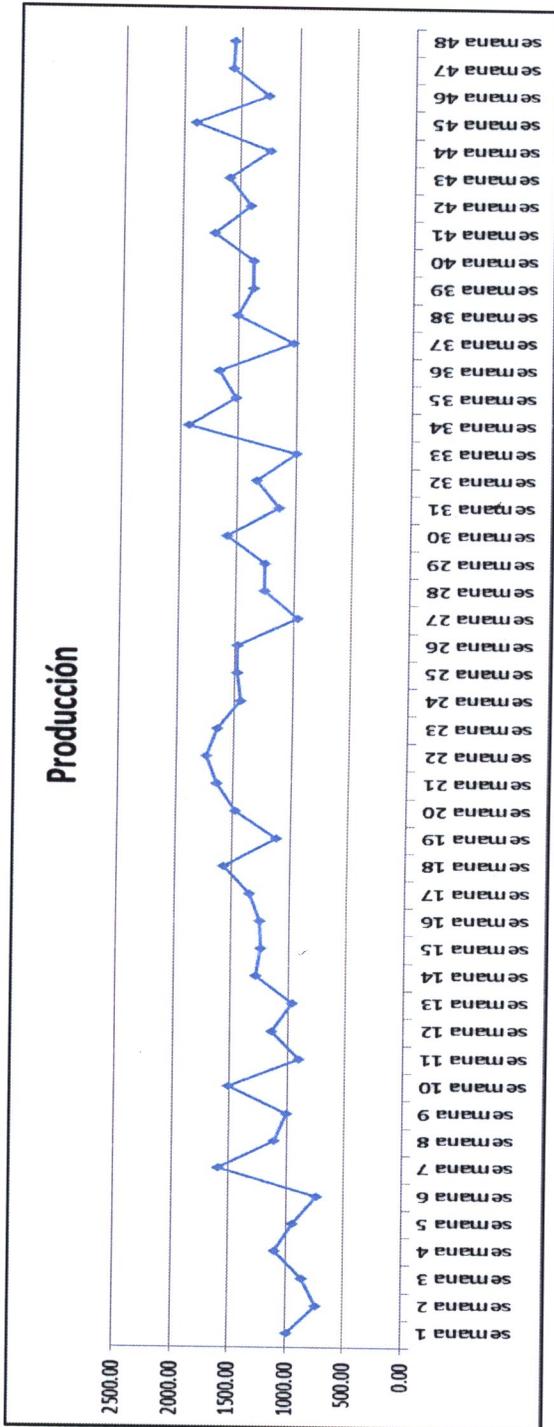


Ilustración 31.  
 Grafica de producción año 2018.

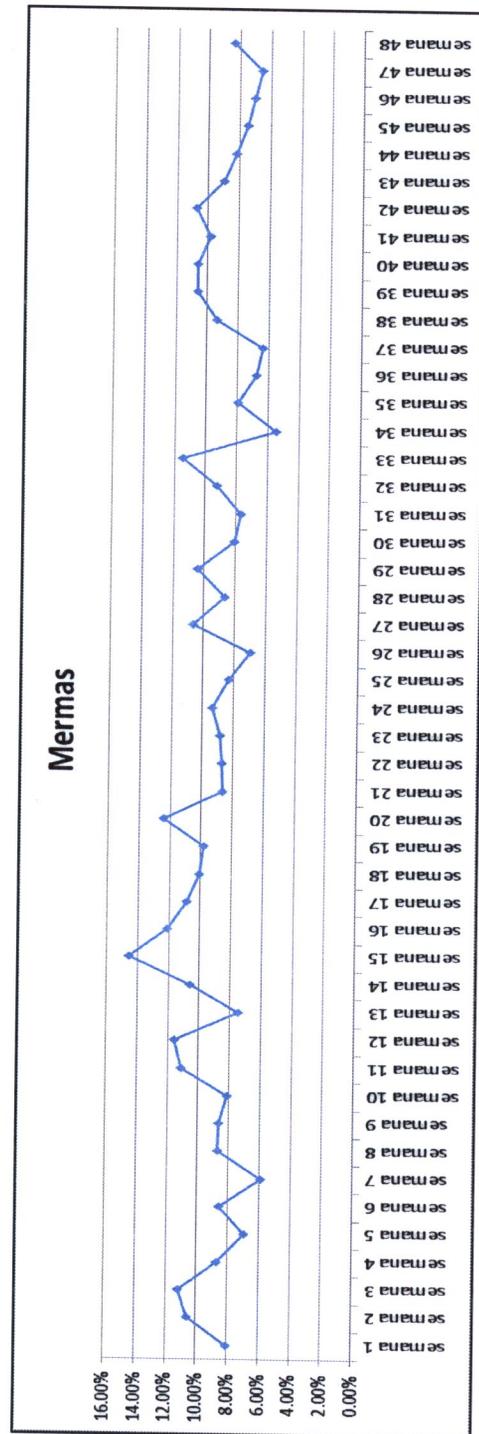


Ilustración 30.  
 Grafica de mermas año 2018.

### **Objetivo principal.**

La hipótesis del trabajo era aumentar la productividad implementando indicadores en el área productiva, en los cuales podemos observar que a inicios del año se producían alrededor de 950 gruesas semanales y cerró el año con una producción de 1,550 gruesas semanales, incremento la producción en un 63.15%.

### **Objetivos particulares.**

#### **Reducción de mermas.**

Mientras que en las mermas se mantuvieron entre el 8.07% al 8.41%, no se tuvo una reducción significativa, lo cual nos lleva a enfocar la metodología del trabajo en la reducción de mermas y no de tiempos, con lo cual se está trabajando en la actualidad.

#### **Disminuir tiempos muertos.**

Si bien la corrección de problemas a eficientico el uso del tiempo en el área productiva, al eliminar paros por fallos mecánicos o por malos procesos operativos se ha conseguido reducir tiempos muertos que contribuyen con la mejora de productividad.

Durante las semanas siguientes del 31 de enero del 2018 se capturaron los datos de los reportes de mantenimiento semana tras semana y se analizaron bajo este sistema dando como resultado acciones correctivas, cambios de sistemas y creación de sistemas productivos nuevos.

### **Sistema automático de adquisición de datos.**

Si bien se implementaron pruebas beta en planta, el sistema de adquisición de datos aun no es confiable dado al diseño del hardware que se implementó, sin embargo, se continúa diseñando para su uso en un futuro.

## Conclusiones.

- El análisis de datos permite conocer el panorama general de la fábrica, sin embargo, indagar en el trasfondo de ellos nos lleva a dar soluciones prácticas a problemas de índole mayor y la acumulación de los estudios llevan a una mejora continua en los sistemas productivos de cualquier empresa.
- La mejora resultante del análisis de datos es clave para atacar problemas específicos, este trabajo de investigación estuvo basado en mejorar tiempos de producción, debido a esto no se obtuvieron mejoras significativas en la reducción de mermas.
- Existen datos que no se tomaron en cuenta en este trabajo debido a la complejidad de adquirirlos, como lo son los tiempos de operación, ciertamente es muy complejo conocer los tiempos muertos de máquinas que no sean por fallos mecánicos dado la cantidad de máquinas con las que se trabajan, debido a esto es necesario tener un sistema de adquisición de datos como el prototipo presentado en este trabajo para obtener datos reales y así atacar los problemas de manera certera.
- La comunicación entre las áreas aledañas a la producción es de vital importancia para atacar todas las posibles causas que generen fallos en los procesos productivos, cada punto de vista enriquece la toma de decisiones y aportan ideas en la solución de problemas.

## **Bibliografía.**

Luz Montiel, M. (1996).

El Concepto de Calidad Aplicada a Las Empresas de Servicio.

Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma De Nuevo León.

Zozaya Torres Carlos Alberto (2005).

Metodología para Mejora de la Productividad en una línea de Producción a Través de la Aplicación del Modelo 3M (Mano de Obra, Máquinas y Materiales) para la Eliminación de Desperdicios.

Monterrey, Nuevo León. México. Tecnológico de Monterrey.

Fernández Hatre, A. (2008).

Calidad en las empresas de servicios.

Asturias, España: Centro para la calidad en Asturias - Instituto de Fomento Regional.

Carpio Mejía Juan Carlos (2012).

Implementación de Manufactura Esbelta en la Línea de Producción De La Empresa SEDEMI S.C.C.

Riobamba. Ecuador. Universidad Nacional de Chimborazo.

## Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1, Alma sobrante en trenzadora kokobun,.....	15
Ilustración 2 . Composición de JIDOKA. Fuente: <a href="https://leanbox.es/jidoka/">https://leanbox.es/jidoka/</a> .....	19
Ilustración 3. Esquema SMED. Creación propia. ....	21
Ilustración 4. Vista superior de una trenzadora kokobun con dibujo a dos puntos.....	29
Ilustración 5 Composición de trenzadora kokobun.....	35
Ilustración 6. Circulo A trinquete, circulo B contrapeso.....	36
Ilustración 7. Listado de defectos que pueden generarse en el proceso de trenzado. ....	37
Ilustración 8. Posición A poka yoke inactivo, posición B poka yoke activo. ....	38
Ilustración 9. Posición 1-1-1. ....	40
Ilustración 10. Posición 2-2-2. ....	40
Ilustración 11. Área de devanado. ....	41
Ilustración 12. Maquina devanadora de 4 puntas. ....	41
Ilustración 13. Depósito de carretes devanados listos para usarse en al área de trenzado. ....	43
Ilustración 14. Cajas de hilo en líneas de trenzadoras kokobun.....	44
Ilustración 15. Arreglo de engranes A y B en trenzadoras kokobun.....	50
Ilustración 16. Lay out en la interfaz.....	55
Ilustración 17 Visualización del estado de las maquinas en el área de trenzado a través del software. ....	56
Ilustración 18. Base de datos del software diseñado para la adquisición automática de datos. ....	58
Ilustración 19. Diagrama de funcionamiento de rodillos de tracción en trenzadora kokobun.....	64
Ilustración 20 Vista lateral de rodillos de tracción en trenzadoras kokobun. ....	65
Ilustración 21. Malacates colocados en trenzadora kokobun.....	67
Ilustración 22. Malacate. ....	67
Ilustración 23. Ojillo superior de malacates.....	69
Ilustración 24. Ojillo lateral de malacate. ....	69
Ilustración 25. Carrete doblado en malacate. ....	70
Ilustración 26. Formato de reportes de mantenimiento.....	81
Ilustración 27. Vista superior de un engrane macho. ....	90
Ilustración 28. Vista superior de un engrane hembra.....	90

Ilustración 29. Empalme de ranuras de ala. ....	100
Ilustración 30. Grafica de mermas año 2018.....	102
Ilustración 31. Grafica de producción año 2018. ....	102

### Referencias electrónicas.

- <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/05-MPM-Cap2-Final.pdf>
- <https://www.sistemasoe.com>





## Reporte de Eficiencia y Calidad

### REPORTE DE EFICIENCIA Y DESPERDICIO

SEMANA													
MANTENIMIENTO													
GUJAS													
LENZADO													
LEMA BOTADA													
COMPOS													
LARES													
ARIOS													
LO													
UNTA													
EVOLUCION													
ermas Anteriores													
TAL (KG)	0.00	0%	0.00	0%	0.00	0%	0.00	0%	0.00	0%	0.00	0%	0.00
uesas FAB.													
ISO PROMEDIO													
ISO ESTIMADO FAB													
ERMA													