

**Máster en Gestión de la Calidad y
Reingeniería de Procesos
2018**

EOI Escuela de
organización
industrial

SEWN PRODUCTS INCORPORATED

PROYECTO

Optimización del Proceso de Fabricación de Piezas en *Chenille*



Damaris Sánchez

Johanna R. Morillo N.

Katherine E. Reynoso A.

Mirna Matos

Rosario Liriano C.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	7
DEFINIR	
I. ESTRUCTURA EMPRESARIAL	10
II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
III. CUADRO DEL PROYECTO.....	12
IV. MAPA DE PROCESOS Y DIAGRAMA DE FLUJO	13
4.1 Mapa de Procesos.....	13
4.2 SIPOC del Proceso	13
4.3 Diagrama de Flujo del Proceso.....	14
MEDIR	
V. RECOLECCIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS DEL PROCESO	15
VI. MEDICIÓN DE DATOS.....	15
6.1 Defectos por Calidad.....	15
6.1.1 Defectos de Calidad en el Proceso.....	16
6.1.2 Defectos por Turno	17
6.1.3 Defectos por Operario.....	17
6.1.4 Defectos por Máquina	18
6.2 Tiempos Muertos.....	18
6.2.1 Tiempos Muertos Registrados por Mes.....	19
6.2.2 Tiempos Muertos por Motivo	21
6.2.3 Tiempos Muertos por Turno	22
6.2.4 Tiempos Muertos por Operario	24
6.2.5 Tiempos Muertos por Máquina	25
VII. CAPACIDAD DEL PROCESO	27
ANALIZAR	
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS	30
8.1 Diagramas de Causa y Efecto (ISHIKAWA).	30
8.2 Matriz de Priorización.	32
8.3 Análisis del Modo de Fallo y Efecto (AMFE).	33
IX. COMPROBACIÓN DE LAS CAUSAS	34
9.1 Pruebas Defectos de Calidad	34

9.1.1 Causa: Antigüedad de la Máquina	34
9.1.2 Causa: Sobrecarga de Trabajo	36
9.1.3 Causa: Nivel de Experiencia del Personal	37
9.1.4 Causa: Variabilidad Entre un Mismo Material	38
9.2 Pruebas Tiempos Muertos	39
9.2.1 Causa: Antigüedad de la Máquina	39
9.2.2 Causa: Nivel de Experiencia del Personal	44
MEJORAR Y CONTROLAR	
X. OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS	49
10.1 Identificación de Mejoras.	49
10.2 Desarrollo de Mejoras.	50
10.2.1 Programa de Mantenimiento Autónomo y Kamishibai..	50
10.2.2 Programa de Mantenimiento Preventivo.....	52
10.2.3 <i>Standard Work Instruction Sheets</i>	55
10.2.4 Metodología 5S..	57
10.2.5 Implementación de Sistema de Luces Andon..	60
10.2.6 Matriz de Habilidades..	62
10.2.7 <i>Training Within Industry (TWI)</i>	64
10.3 Análisis Económico de las Soluciones Seleccionadas.	67
10.3.1 Pizarra Kamishibai y 5S..	68
10.3.2 Sistema Andon.....	68
10.4 Diagrama de Gantt.	69
10.5 Análisis Sustitución de Maquinaria.....	69
XI. PLAN DE CONTROL.....	71
CONCLUSIÓN.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	73

INTRODUCCIÓN

Sewn Products Incorporated (SPI), es una empresa filial de Jostens® dedicada a la confección de emblemas y artículos de reconocimiento, cuyo mercado se concentra básicamente en las escuelas de EEUU, registrando ventas anuales que sobrepasan los 1.5 millones de unidades de *Chenille* y 150,000 unidades de *Jackets*. La empresa está adherida al sistema de Zonas Francas de Exportación de la República Dominicana y se encuentra localizada en la tercera etapa del Parque Industrial Víctor Manuel Espaillat Mera de la ciudad de Santiago de los Caballeros, cuenta con 958 empleados (en su mayoría mujeres) y solo el 80% del total de las operaciones se realizan en República Dominicana, éstas incluyen: diseño gráfico, manufactura, recursos humanos, embarque, compras y tecnología, recibiendo respaldo en la parte de ventas, servicio al cliente y soporte en el manejo y documentación administrativa desde Greenville, Ohio (Estados Unidos).

Jostens® es una marca concentrada en el canal académico y de logros estudiantiles, que ofrece productos y servicios que ayudan a sus clientes a celebrar la excelencia académica y fomentar el espíritu estudiantil y deportivo. Sus productos incluyen diplomas, anuarios, joyas y bienes de consumo (como togas, birretes, emblemas, abrigos, banderolas, entre otros). A su vez, **Jostens®** pertenece a la multinacional **Newell Brands** la cual es una empresa líder mundial de bienes de consumo con una sólida cartera de marcas conocidas, como Paper Mate®, Sharpie®, Dymo®, EXPO®, Parker®, Elmer's®, Coleman®, Marmot®, Oster®, Sunbeam®, FoodSaver®, Mr. Coffee®, Graco®, Baby Jogger®, NUK®, Calphalon®, Rubbermaid®, Contigo®, First Alert®, Waddington y Yankee Candle®.

En sus comienzos, Sewn Products Incorporated sólo elaboraba emblemas para otras compañías que se dedicaban a la costura de uniformes de equipos deportivos, uniformes escolares y universitarios. Para ese entonces las características de elaboración se simplificaban al corte de tipo manual, posteriormente se incursiona en el bordado a mano (*Hand Chenille*), estableciendo de manera formal un turno completo de trabajo.

A medida que transcurrían los años, Sewn Products Incorporated fue incursionando más en el mercado de tejidos de emblemas, incrementando de paso las exigencias internas acorde a los nuevos clientes y la complejidad de los diseños, como consecuencia, la producción creció a 3,000 unidades semanales.

A partir de este momento, y con el objetivo de consolidar la producción bajo un mismo techo, en el año 2000 se toma la decisión de mover todas las operaciones de producción de *Chenille* a las instalaciones de República Dominicana e inicia el traslado de las máquinas automáticas desde la planta de Estados Unidos. Más adelante, en el 2010, se transfiere toda la manufactura de *Jackets* convirtiéndose así en una planta simultánea donde se producen emblemas, *Jackets* y uniformes, los cuales son decorados in-house y posteriormente despachados hacia el cliente final.

Su misión es “diseñar, desarrollar y manufacturar para nuestros clientes productos y servicios de extraordinaria calidad que permitan destacar los logros y el alto desempeño en las diversas actividades de las que participan, proporcionando al mismo tiempo un ambiente de trabajo justo y seguro”.

Su visión es “convertirnos en el centro integral de servicios y manufactura líder en el respaldo de los programas que promueven el desempeño excepcional”.

Sus valores son calidad, mejora continua, equidad, compromiso y respeto.

Desde el momento de la transferencia, el área de producción se encuentra segmentada en dos grandes áreas, *Apparel*, dedicada exclusivamente a la confección de la prenda de vestir (*Varsity Jackets* y Uniformes), manejando el 100% de las órdenes de costura; y *Chenille*, dedicada a la manufactura de los emblemas y piezas decorativas (*Varsity Emblems*) cuyo proceso automático maneja el 91% del total de piezas facturadas al año, mientras que el 9% restante es manejado en la sección manual.

Dada la delicada razón de las operaciones, premiar la excelencia académica y deportiva, la satisfacción del cliente debe de ser garantizada en todas y cada una de las etapas del proceso, desde que el cliente coloca la orden hasta que se realiza la entrega del producto final. En ese mismo orden, cabe destacar que cada pieza de *Chenille* y cada Jacket son únicos en su clase, la personalización en el proceso no tiene límites y atiende a la combinación realizada entre la diversidad de actividades en las que el estudiante se destaca y el uso de las insignias características de la institución educativa.

Desde finales del 2016, Sewn Products Incorporated atraviesa por un proceso de aumento en la cartera de vendedores lo que trae consigo un aumento en la demanda, esta oportunidad de crecimiento brinda a la empresa un incremento de la facturación y rentabilidad de las operaciones, pero de igual forma requiere de un ajuste en el proceso y en la capacidad de respuesta de toda la cadena logística que vaya acorde a los nuevos requerimientos y, que a su vez, sea capaz de brindar la suficiente flexibilidad para que la empresa logre adaptarse a dos factores claves, la creatividad e ingenio de los estudiantes y la complejidad de los nuevos tiempos.

Por otro lado, es necesario destacar que, en los últimos años, el proceso de fabricación de piezas de *Chenille* ha experimentado un aumento significativo en el número quejas y reclamaciones recibidas de parte de los clientes, esto debido a los retrasos generados en el tiempo de entrega de las órdenes, así como también en la calidad del producto recibido.

Para hacer frente a esta problemática la empresa decide cambiar las estructuras de ingeniería y calidad de la organización y designar de manera formal un equipo completo para cada planta, es decir que en lugar de tener un solo equipo de cada departamento para la totalidad de operaciones (*Chenille+Apparel*) destina recursos exclusivos para cada proceso, esto con la finalidad de iniciar un proceso de mejora y mitigar los efectos de las debilidades del proceso.

De igual forma, han surgido nuevos competidores cuyas fortalezas les han permitido innovar en el desarrollo de emblemas más complejos, estructurando además un proceso con menores tiempos de entrega, así como también precios más bajos.

En virtud de lo planteado se propone identificar aquellos procesos críticos que requieren de una mejora para evitar frenar el crecimiento de la organización.

El presente informe reúne los hitos del proyecto desarrollados y proporciona una propuesta de análisis y optimización de resultados para el proceso automático de fabricación de piezas de *Chenille* de Sewn Products Incorporated, esto con la finalidad de hacer frente a los nuevos requerimientos de crecimiento. Dicha propuesta será realizada bajo el marco de la Metodología Lean Six Sigma que corresponde a un método estructurado y flexible para mejorar radicalmente los resultados de una organización. Como primera etapa se planteará la definición del problema, luego de realizarán las mediciones de los datos que posteriormente serán analizados y finalmente se desarrollarán un plan de mejora con los controles de lugar, tal como es indicado en el siguiente esquema:

Definir	<ul style="list-style-type: none">• Determinar Clientes y CTQs.• Planteamiento de Mapas de Proceso y Cuadro de Proyecto.
Medir	<ul style="list-style-type: none">• Medir y Analizar las Y's.
Analizar	<ul style="list-style-type: none">• Identificar y Priorizar las X's.• Plantear y Comprobar Hipótesis.
Mejorar	<ul style="list-style-type: none">• Identificar y Desarrollo Mejoras.
Controlar	<ul style="list-style-type: none">• Identificar Elementos de Control.• Desarrollar Plan de Control.

Tabla 1. Metodología de Lean Seis Sigma. Fuente: Máster en Gestión de Calidad y Reingeniería de Procesos. Módulo 8, Reingeniería de Procesos II. Tema 1, Introducción y Visión General de LSS, EOI, Madrid, España, 2018, pág. 21.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

5S: Metodología que consta de cinco etapas para eliminar desperdicios de las áreas de trabajo y facilitar las labores cotidianas.

Análisis del Modo de Fallo y Efecto (AMFE): Es una herramienta que evalúa el riesgo de un fallo en función de tres aspectos: el modo, la causa y el efecto.

Andon: Sistema de comunicación utilizado para alertar de forma visual o audible la aparición de un problema en un proceso productivo.

Back: Segunda pieza de felpa, generalmente de color contrastante, utilizada para fines decorativos.

Biela: ó *Spiral Bevel*, pieza de una máquina que transforma los movimientos rectos en rotación.

Buckram: Estabilizador utilizado para el proceso de bordado de las piezas. Evita la ondulación de la felpa durante el proceso de bordado.

CAD: *Computer Aided Design*, Software utilizado para el bordado del *Chenille* en máquinas automáticas.

CAM: ó *CAM Shaft*, pieza de una máquina, es un pasador de eje de levas.

Chenille: Tejido suave creado con puntada cerrada o de musgo, utilizado para la confección de emblemas. Este tipo de tejido crea un efecto “toalla” o de “alfombra”.

Chenille Film: Plástico utilizado como sostén y sobre el cual se colocan las piezas cortadas de felpa para iniciar el proceso de bordado.

CTQs: (*Critical to Quality*) por sus siglas en inglés, son parámetros o indicadores internos de calidad.

Cut File: Proceso de corte mediante un troquel o pieza con filo.

Desperdicios: Unidades que no son aprovechables.

Detalle: Línea guía para iniciar el bordado. Es exclusivamente utilizada en el proceso manual.

Die Cut: Proceso de corte mediante una cortadora automática.

Distribución: Proceso mediante el cual la orden es enviada al departamento de diseño para iniciar el proceso de producción.

Emblema: Figura o insignia que presenta una idea o cosa.

Factory Work Order (FWO): Orden de trabajo. Documentación utilizada en el proceso de producción para conocer los detalles de la orden.

Fallas Mecánicas: Parada inesperada de la maquinaria que impide que ésta realice la función para la que fue diseñada.

Gestión Visual: Cualquier dispositivo o sistema de comunicación que indique el estado de algo con un solo vistazo.

Hand: Proceso manual de confección de emblemas, generalmente utilizado para diseños muy complejos.

IC: Límites de confianza.

Kamishibai: Disciplina de programación y seguimiento de actividades. Gestión visual de tareas a través del sistema de auditorías de tarjetas "T".

Lead Time: Tiempo que ocurre desde el momento en el que se coloca la orden hasta que el cliente la recibe.

Lean Seis Sigma (LSS): Método estructurado y flexible para mejorar radicalmente los resultados de una empresa.

Leva: ó *Ball Bearing*, pieza de una máquina que transforma los movimientos rotativos en rectos.

Looper: Hilo inferior.

Mantenimiento Autónomo: Mantenimiento que se basa en la participación de los operadores para la realización de las actividades básicas de mantenimiento e inspección.

Mantenimiento Preventivo: Mantenimiento que se realiza de manera anticipada con el objetivo de detectar fallas que puedan llevar al mal funcionamiento del equipo.

Mantenimiento Productivo Total: Metodología que ayuda a las empresas a enfocar actividades de mantenimiento al logro de los objetivos de disponibilidad de los equipos, calidad de las piezas producidas y eficiencia de las líneas de producción.

Mantenimiento: Conservación de una herramienta, máquina u objeto en buen estado para evitar su deterioro.

Matriz de Habilidades: Indicador que mide la flexibilidad de los procesos y las personas. Pone en evidencia las competencias de cada integrante en cada habilidad.

Montura: Cadeneta (con fines decorativos) utilizada para fijar el top y el back. Generalmente de color contrastante al top y al *Chenille*.

Niple: Tubo de metal u otro material con rosca en sus dos extremos a través del cual se enhebra la máquina de CAD.

Pantógrafo: Dispositivo guiado por rieles de movimiento que sirve de guía para colocar el estabilizador utilizado para el bordado de las piezas de *Chenille*.

Patches: Nombre utilizado para la denominación de los emblemas y artículos de *Chenille*.

Rebarba: Arista o borde saliente de una cosa.

Relleno: Cuerpo del *Chenille*.

Re-trabajo: Esfuerzo adicional necesario para la corrección de una inconformidad en algún producto.

Scrap: Desperdicio, chatarra o residuo (palabra inglesa).

SPI: Sewn Products Incorporated.

Standard Work Instruction Sheet: Instrucciones de trabajo o guía de pasos diseñada para asegurar el cumplimiento de los procesos de forma consistente.

Tarjeta “T”: Tarjeta en forma de “T” que lista las actividades a realizar de forma secuencial.

Tiempo de respuesta: Periodo de tiempo que tarda el mecánico en reaccionar ante la ocurrencia de alguna parada.

Tiempo Muerto: Periodo de tiempo en el que la máquina no se encuentra en funcionamiento.

Top: Primera pieza de felpa sobre la cual se hará el bordado.

Training Within Industry (TWI): Programa de desarrollo cuya finalidad es instruir y mejorar la habilidad de los operados en la realización de las tareas.

VG: Nivel o grado de viscosidad.

X’s: Son aquellas variables de entrada del proceso. Causas o problemas.

Y’s: Son aquellas variables de salida del proceso. Efectos o síntomas.

I. ESTRUCTURA EMPRESARIAL

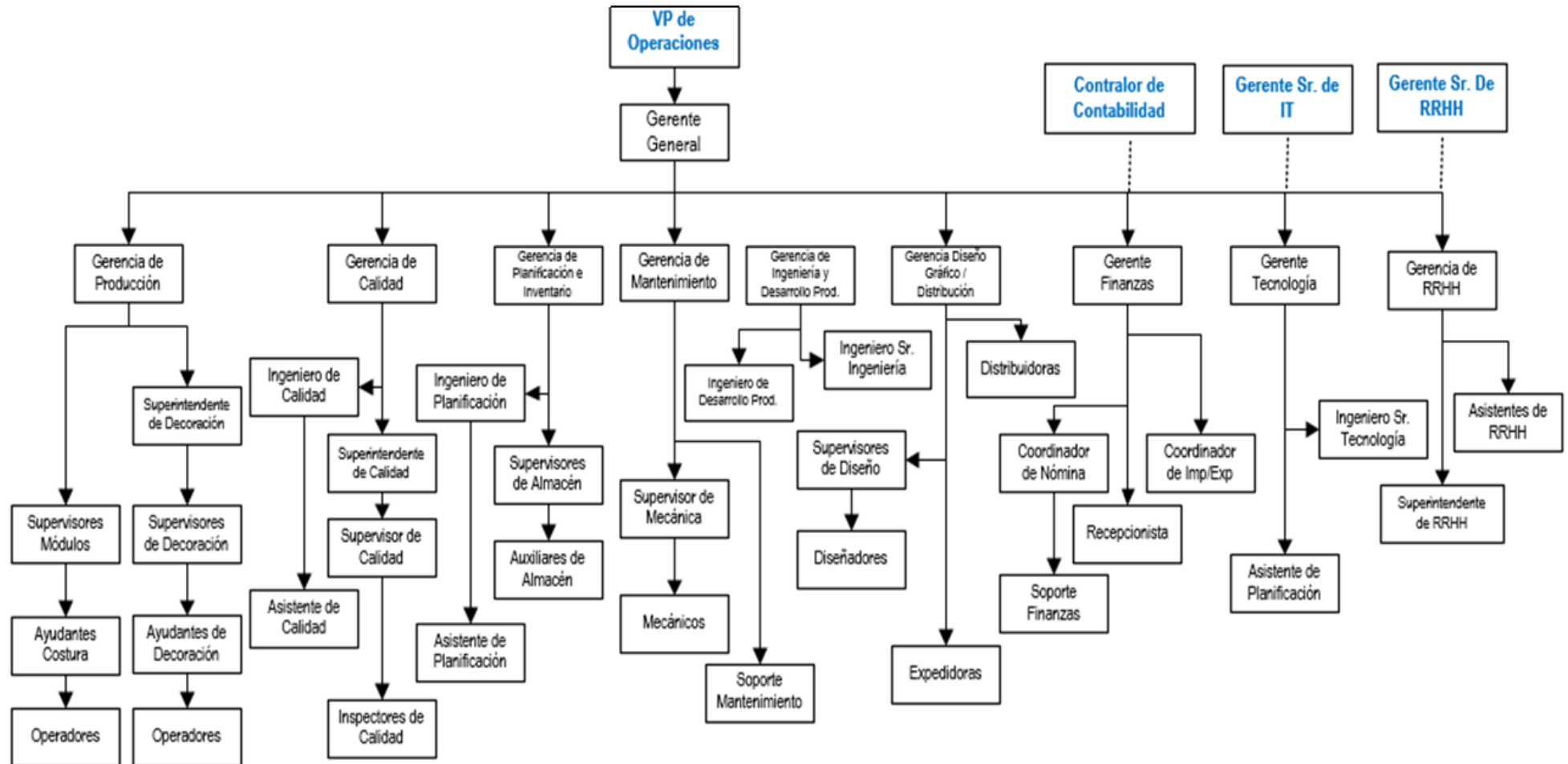


Gráfico 1. Organigrama de Sewn Products Incorporated. Fuente: Elaboración Propia. Datos SPI

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el área de producción de *Chenille* se encuentra dividida en dos grandes secciones, el proceso automático y el proceso manual. El proceso automático maneja el 91% del total de piezas facturadas al año, mientras que el 9% restante es manejado en la sección manual. El proceso automático cuenta con 24 máquinas bordadoras de *Chenille*.

Para conocer la problemática que presenta el proceso de producción de *Chenille* y cómo se desarrolla el mismo, realizamos entrevistas y observaciones en la planta de producción, logrando identificar los siguientes problemas principales:

- Tiempos muertos que promedian los 144 minutos por parada, por máquina.
- Gran cantidad de re-trabajo.
- Niveles de desperdicios que representan alrededor del 78% del total de la producción.
- Tiempos de respuesta que promedian los 65 minutos, desde el momento en que ocurre la parada hasta que el mecánico se presenta a la reparación de la misma.
- Eficiencia operativa que en promedio no alcanza el 80% por semana.
- Horas extras que superan las 10 horas semanales por persona.
- Incremento de gastos operativos.

Es evidente que esta situación compromete seriamente los resultados del área y el desempeño general de la organización, no sólo en términos de calidad y productividad sino en el clima laboral debido a que marca un precedente en términos de insatisfacción y frustración en el personal ya que, en muchas ocasiones la retribución económica de los empleados se ve afectada por el incumplimiento. Cabe destacar que los más afectados por esta problemática son los clientes internos: Accionistas, Alta Gerencia, Supervisores, Inspectores de Calidad, Mecánicos y Operarios que experimentan en su día a día, tanto a nivel operativo como financiero, los problemas generados en el proceso. El cliente final de SPI recibe un producto terminado que en el 99% de los casos cumple con las especificaciones definidas, sin embargo, la cantidad de reprocesos y desperdicios generados para lograr estos resultados es muy significativa.

Con fines de mitigar esta situación, la empresa ha tomado medidas que incluyen:

- Designación de una auditora que monitoree el comportamiento del proceso, desde el inicio hasta el final, y valide todos los ajustes necesarios.
- Contratación de un mecánico de forma fija, que esté todo el tiempo disponible para brindar soporte con las fallas mecánicas.
- Preservación de las piezas buenas de las máquinas “muertas” (máquinas que no son útiles para fines de producción) para que estas sirvan de repuestos en caso de que se presente algún fallo en las que sí están siendo utilizadas en el área.

Esta práctica, ha permitido corregir sobre la marcha los problemas generados en el proceso, sin embargo, pese a los esfuerzos, no ha servido como garantía para prevenir la ocurrencia de los mismos.

Descrito el escenario anterior, no cabe dudas que es necesario el diseño de un proyecto de mejora bajo la metodología Lean Seis Sigma, que contemple una propuesta de valor con miras a resolver la situación actual del área automática de Sewn Products Inc., la finalidad del mismo deberá ser la optimización del proceso automático permitiendo a la empresa reducir las horas extras trabajadas por persona, la cantidad de desperdicios generados en el proceso, los re-trabajos, así como también los tiempos muertos.

III. CUADRO DEL PROYECTO

A continuación, se presenta el cuadro del proyecto donde se definen los objetivos y la planificación del mismo:

Cuadro Proyecto																
Nombre del Proyecto		Optimización del Proceso de Fabricación de Piezas en <i>Chenille</i> , Implementando la Metodología Lean Seis Sigma.														
<i>Champion</i>		Gerente de Calidad														
Líder del Proyecto/Green Belt		Ingeniero de Calidad														
Miembros del Equipo		Gerente de Producción, Superintendente de Calidad, Supervisor de Producción, Gerente de Mantenimiento, Operador.														
Justificación del Proyecto																
El proceso de fabricación de piezas en <i>Chenille</i> de la Empresa Sewn Products Incorporated presenta deficiencias que se evidencian, en la generación de una cantidad excesiva de desperdicios, que en la actualidad representan el 78% del total de los desperdicios de producción, así como también en tiempos muertos que promedian los 144 minutos y en una gran cantidad de re-trabajos. Todo esto se ha traducido en un incremento de los gastos operativos de la empresa asociados al proceso.																
Enunciado del Problema																
La eficiencia operativa del proceso de fabricación de piezas en <i>Chenille</i> , en promedio no alcanza el 80% por semana, lo que ha comprometido el desempeño general de la organización y ha afectado sus resultados económicos, de calidad y de clima laboral.																
Alcance																
Este proyecto abarca la identificación y análisis de las causas, así como la propuesta de mejoras de los resultados del proceso de fabricación de piezas en <i>Chenille</i> de la empresa Sewn Products Incorporated.																
Objetivos del Proyecto																
Este proyecto tiene como objetivos principales: <ul style="list-style-type: none"> • Disminuir en un 35% la cantidad de desperdicios generados. • Reducir en un 45% la tasa de defectos en el proceso. • Disminuir los tiempos muertos en un 85%. • Reducir en un 35% la cantidad de horas extras trabajadas por persona. 																
CTQs																
Disminución de desperdicios.																
Funcionamiento correcto de los equipos.																
Aumento de la eficiencia operativa.																
Disminución de los tiempos muertos.																
Disminución de la cantidad de horas extras por persona.																
Beneficios del Proyecto																
Financieros								Otros Beneficios								
Reducción de los gastos operativos								Aumento de la productividad.								
								Incremento de la satisfacción del personal.								
								Disminución de la tasa de defectos.								
								Reducción de re-trabajos.								
Plan del Proyecto																
Etapas	Periodos (Semanas)															
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S21	S40
Definir																
Medir																
Analizar																
Mejorar																
Controlar																

Cuadro 1. Cuadro del Proyecto. Fuente: Plantilla de la Escuela de Organización Industrial, EOI, 2018, Madrid, España y Elaboración Propia. Datos SPI

IV. MAPA DE PROCESOS Y DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación se detalla el Mapa de Procesos de SPI, el Diagrama SIPOC, donde se incluyen los suplidores, entradas, salidas y clientes del proceso y el Diagrama de Flujo del proceso de fabricación de piezas de *Chenille*, los cuales serán analizados para generar soluciones de mejoras que permitan alcanzar los objetivos de este proyecto.

4.1 Mapa de Procesos

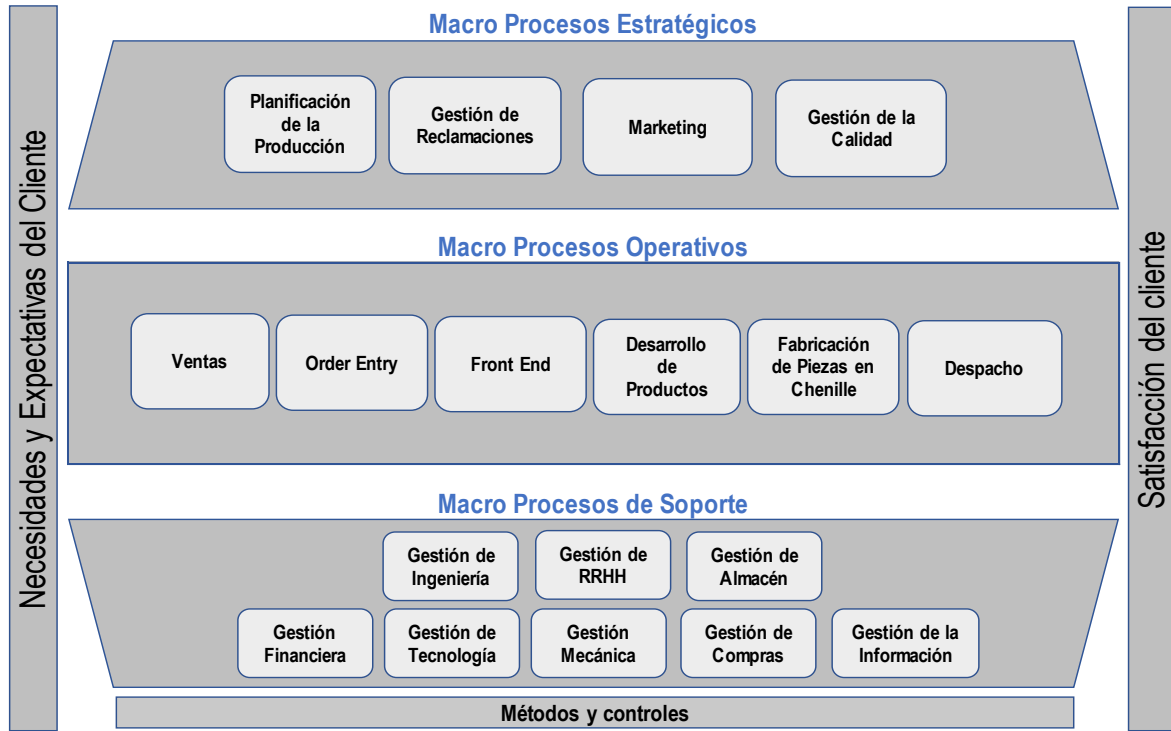


Gráfico 2. Mapa de Procesos SPI. Fuente: Elaboración Propia. Datos SPI

4.2 SIPOC del Proceso

SIPOC DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS DE CHENILLE				
Proveedor(es)	Entradas	Proceso	Salidas	Ciente(s)
Cliente	Orden de trabajo e información sobre el diseño	1. Recepción de la orden	Piezas en Chenille	Dealers
Dealers	Requerimientos	2. Diseño del arte	Satisfacción del Cliente	Escuelas
National Spinning	Hilos	3. Fabricación de la piezas		Universidades
Ching Chao	Felpa	4. Entrega al cliente		Usuario final
National Nonwovens	Felpa			
Tajima	Maquinarias y softwares			

Tabla 2. SIPOC Proceso de Fabricación de Piezas en Chenille. Fuente: Elaboración Propia. Datos SPI

4.3 Diagrama de Flujo del Proceso

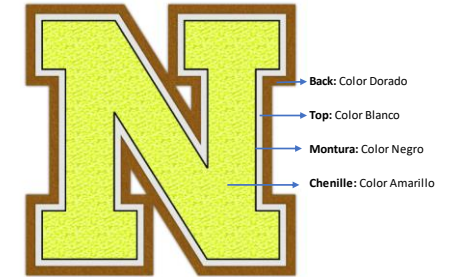
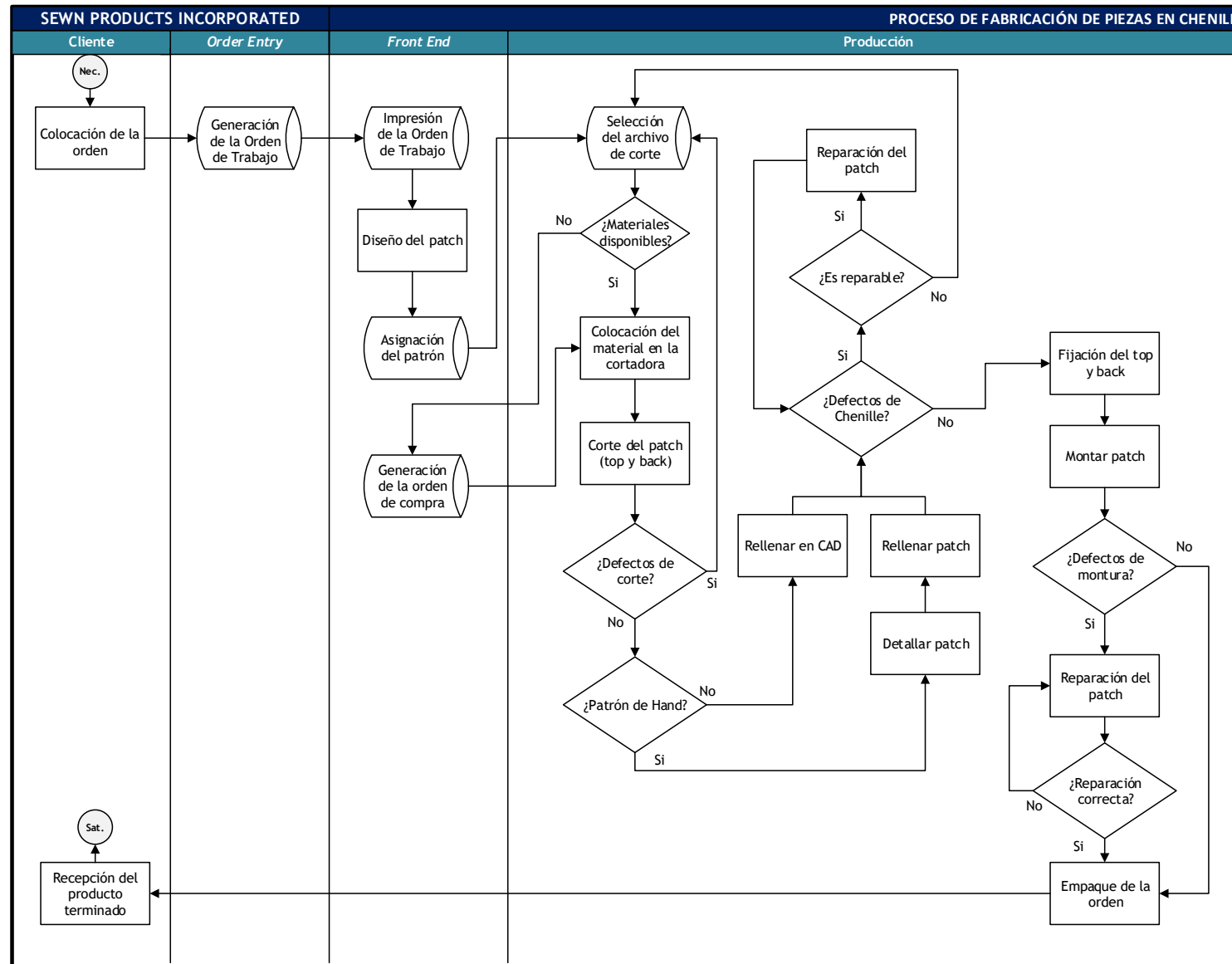


Figura 1. Pieza en Chenille.
Fuente: Elaboración Propia. Datos SPI

Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Piezas en Chenille de SPI. Fuente: Elaboración Propia. Datos SPI

V. RECOLECCIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS DEL PROCESO

A los fines de evaluar los principales síntomas del proceso de fabricación de piezas en *Chenille* de la empresa SPI, en base a los resultados y la capacidad del mismo, se han recolectado datos históricos relativos a los **Tiempo Muertos y Defectos**, que son las “Y’s” que estaremos analizando a lo largo del presente trabajo. Dichos datos corresponden a los meses desde julio hasta diciembre del año 2017.

A continuación, se podrán visualizar los gráficos descriptivos e interpretaciones de los datos recolectados, relacionados con los **Tiempos Muertos, los Defectos y la Capacidad del Proceso**.

VI. MEDICIÓN DE DATOS

Partiendo de haber definido nuestros CTQs, así como también el objetivo del proyecto, que es la mejora del proceso de fabricación en piezas de *Chenille*, pasamos a la medición de los datos recopilados a lo largo de 6 meses de producción (julio-diciembre 2017). La intención es identificar con qué frecuencia se generan los fallos en el proceso, así como también identificar los tipos de defectos, para determinar cómo influyen las “Y’s” en nuestros clientes internos, así como en nuestro proceso.

Teniendo en cuenta que la fase de medir tiene como objetivo principal identificar las características de nuestro proceso, para determinar el rendimiento o capacidad del mismo, desde nuestro enfoque buscamos identificar esas fallas frecuentes en el proceso automatizado haciendo una comparación desde el punto de vista: operarios/defecto, máquina/defecto, turnos/defecto, así como comprobar si los tiempos muertos se ven influenciados por las mismas causas: operarios, turnos y máquina.

6.1 Defectos por Calidad

Para el proceso de inspección de calidad de piezas en *Chenille*, las muestras son tomadas atendiendo al tamaño de la orden producida y mediante un proceso de inspección visual. Se procede a verificar la cantidad de piezas seleccionadas e identificar las que se consideran como conformes y no conformes, según su aspecto y especificaciones de colores y tamaño, siendo el objetivo del proceso de fabricación, no superar el 1.5% de rechazo.

Entre los defectos atribuibles al proceso de fabricación de *Chenille*, podemos encontrar los siguientes:

- **Relleno Alto:** altura de bordado por encima de lo establecido para el diseño y combinación de colores a trabajar, provocando que el bordado se perciba inflado o esponjoso.
- **Relleno Bajo:** altura del bordado por debajo de lo establecido para el diseño y combinación de colores a trabajar, provocando que el bordado se perciba incompleto o con puntadas faltantes.
- **Poco Espacio para Montura:** margen de espacio disponible entre el inicio del bordado de *Chenille* y el borde de la felpa insuficiente para realizar la cadeneta final.
- **Relleno Inconsistente:** patrón direccionado en el bordado de *Chenille*, causando que el mismo se vea rasgado o aruñado.

- **Cadeneta Rota:** costura inicia intermitente, causando que la pieza de vea picada o tijereada.
- **Material o Color Incorrecto:** elementos en la pieza que no están acorde a las especificaciones del cliente.
- **Relleno Sucio:** cualquier tipo de suciedad en la superficie de la pieza de *Chenille*.
- **Borde con Hilos:** pelusilla alrededor del bordado.
- **Diseño Incorrecto:** arte que no se corresponde con los requerimientos del cliente.
- **Otros:** cualquier otro defecto no listado anteriormente y que comprometa la apariencia de la pieza.

6.1.1 Defectos de Calidad en el Proceso

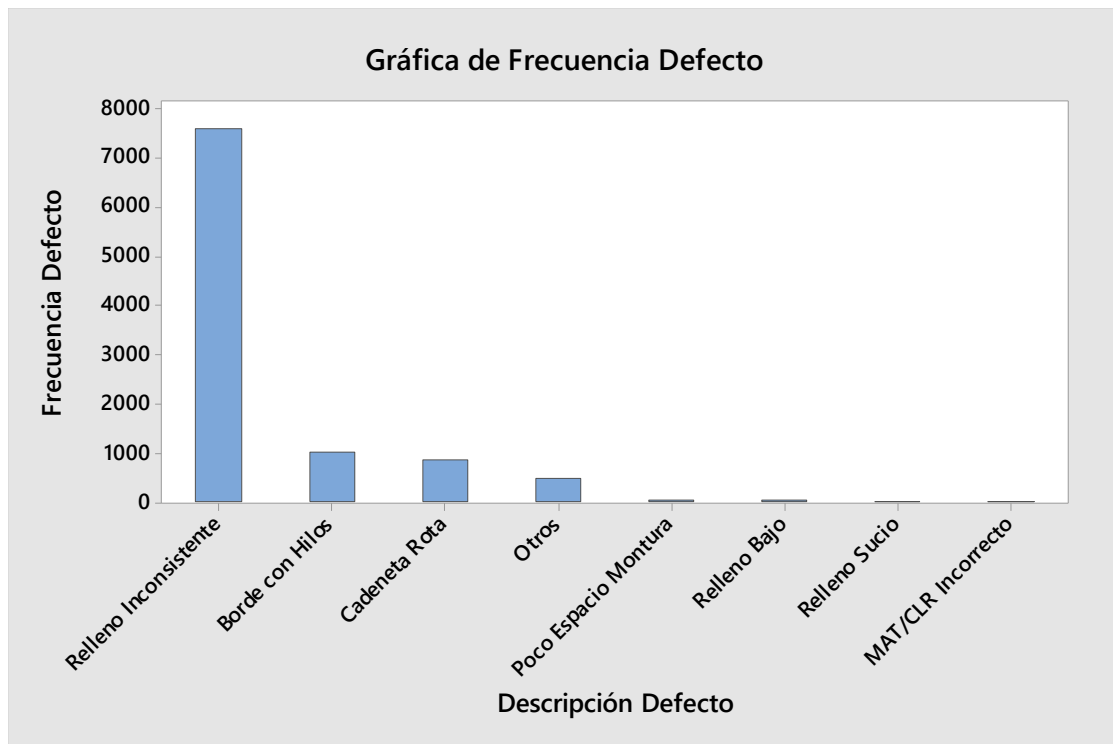


Gráfico 3. Frecuencia de Defectos. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como observamos en la *Gráfica de Barras* relacionada a los defectos más frecuentes producidos en el proceso, distinguimos como el “Relleno Inconsistente” posee mayor presencia, representando aproximadamente un 76% del total de defectos de calidad, impactando así al producto. Cabe destacar que las fallas por concepto a “Borde con Hilos” y “Cadeneta Rota”, son vistos de manera similar en el producto, los demás defectos son de menos ocurrencia en el proceso de fabricación.

6.1.2 Defectos por Turno

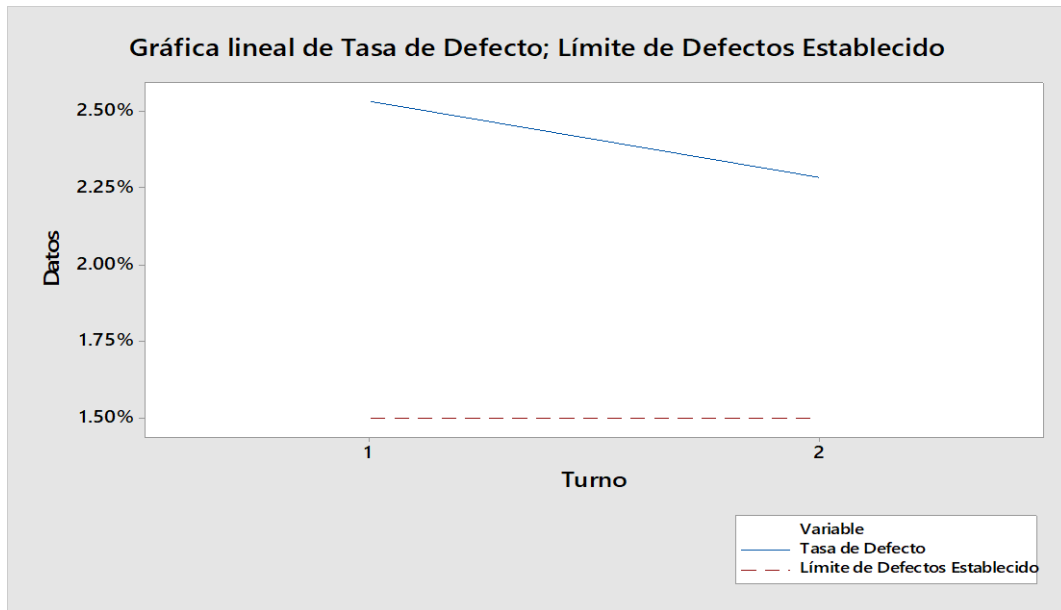


Gráfico 4. Motivo Defectos por Turno. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

En la *Gráfica Lineal* utilizada en los defectos por turno (ver gráfico 4), nos podemos percatar que la tasa de incidencia por defectos se ve más frecuente durante el turno 1, que durante el turno 2, está muy por encima de los 2.50% de defectos, lo que nos indica que sobrepasa el límite de defectos establecidos por la empresa, el cual es de un 1.50%. El segundo turno consta de una menor cantidad de incidencias por defectos, debido a que no siempre se suelen utilizar todas las máquinas.

6.1.3 Defectos por Operario

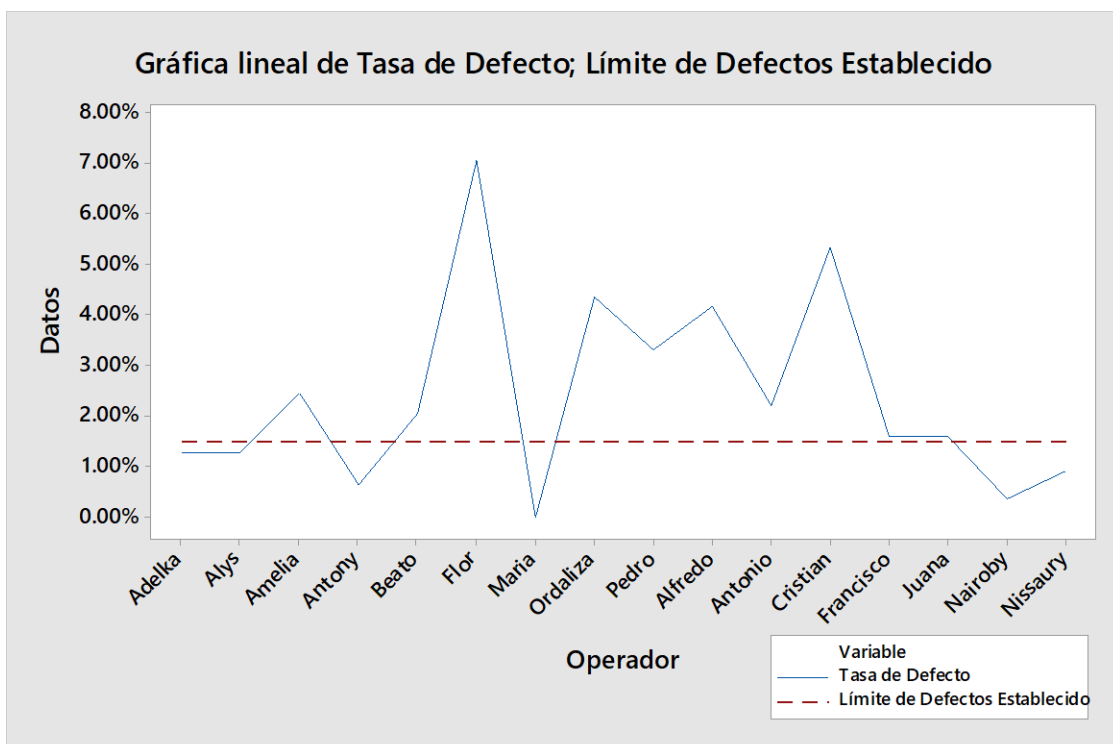


Gráfico 5. Motivo Defectos por Operario. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Según la *Gráfica Lineal* que representa la cantidad de defectos que se generan por operario, vemos que durante el turno de trabajo de la operadora “Flor”, se ha generado un 7% por encima de los demás operarios, teniendo la mayor incidencia comparado a los demás, de esa misma forma se refleja que los operarios “Cristian”, “Ordaliza” y “Alfredo” presentan un porcentaje de incidencias de un 4-5% durante su turno de trabajo. Con esto se puede determinar que los operarios influyen en la calidad del producto final, lo que conlleva a que el 2.4% de desperdicio que se genera en una orden de producción se ve influenciada por estos.

6.1.4 Defectos por Máquina

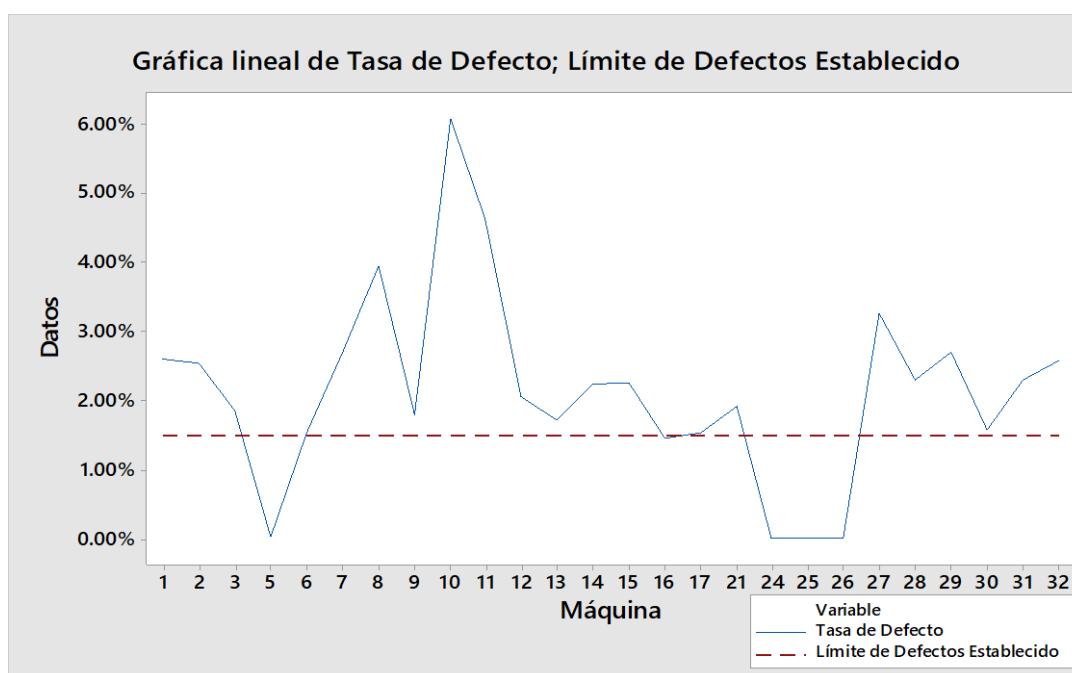


Gráfico 6. Motivo Cantidad de Defectos por Máquina. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se visualiza en la *Gráfica Lineal* de la cantidad de defectos producidos por máquina, observamos que la máquina 11 produce un 6% de los defectos en el producto, seguido de la máquina 8 con un 4%, la máquina 27 con un 3% y las demás máquinas, aunque su nivel de fallas es menor, sobrepasan el 1.50% de defectos permitidos en la orden de producción. Particularmente las máquinas 5, 24, 25 y 26 no presentan defectos por encima del límite permitido.

En resumen con respecto a los defectos de calidad del proceso, se puede afirmar que el 2.4% de desperdicios que se generan de manera global, se deben en gran medida al defecto “Relleno Inconsistente”, así como por los tipos de máquinas que se utilizan y de modo significativo por los operarios que trabajan durante el proceso.

6.2 Tiempos Muertos

Los datos recolectados sobre los “Tiempos Muertos” se estratificaron por factores relacionados con:

- **Mes:** comprendidos entre julio y diciembre del año 2017.
- **Motivo:** corresponde a la causa que originó la parada durante el proceso de producción.
- **Turnos:** turno A y turno B.

- **Operarios:** personal involucrado de manera directa con la fabricación.
- **Maquinaria:** para la elaboración de las piezas en *Chenille*, se hacía uso hasta diciembre 2017, de 23 máquinas, las cuales se dividen en dos grupos, según el año de fabricación y modelo:

Modelo	Año de Fabricación	Unidades
TMCE-112	1988	De la 1 a la 14
TMCE-G612	1995	De la 15 a la 32 ¹

Tabla 3. Grupos de Máquinas, por Modelo y Año de Fabricación. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

A continuación, se muestran los tiempos muertos registrados en minutos para los meses de julio a diciembre de 2017, para cada uno de los factores antes mencionados.

6.2.1 Tiempos Muertos Registrados por Mes

Con la finalidad de visualizar el total de minutos de tiempos muertos que se registró durante los meses del periodo de estudio, se presenta la siguiente gráfica.

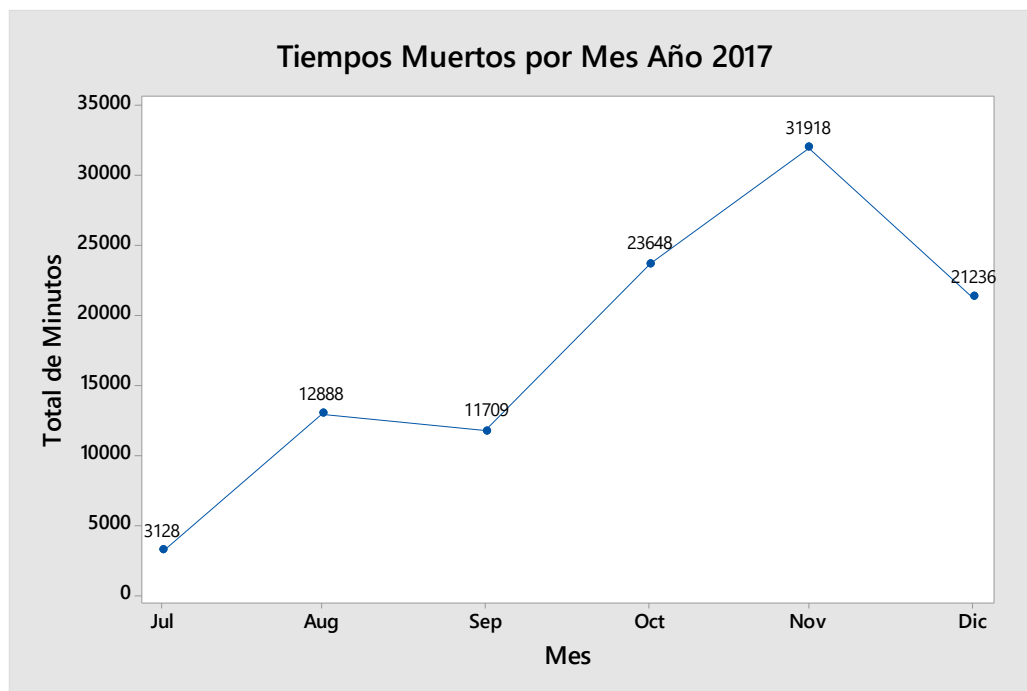


Gráfico 7. Tiempos Muertos por Mes. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se verifica en el *Gráfico 7*, entre los meses de julio a noviembre de 2017, con excepción del mes de septiembre, se registró una tendencia al alza respecto a los minutos de paradas, registrándose luego en el mes de diciembre un descenso en la cantidad de minutos.

Es evidente que los meses donde se registraron cantidades superiores de tiempos muertos fueron “octubre”, con 23,648 minutos, que representan aproximadamente 394 horas, y el mes de “noviembre” con 31,918 minutos, lo que representa aproximadamente 532 horas.

¹ SPI discontinuó el uso de las unidades 4 y de la 19 a la 26.

Respecto a los motivos que ocasionaron los tiempos muertos durante los meses de “octubre” y “noviembre”, se recolectaron los datos presentados gráficamente a continuación.

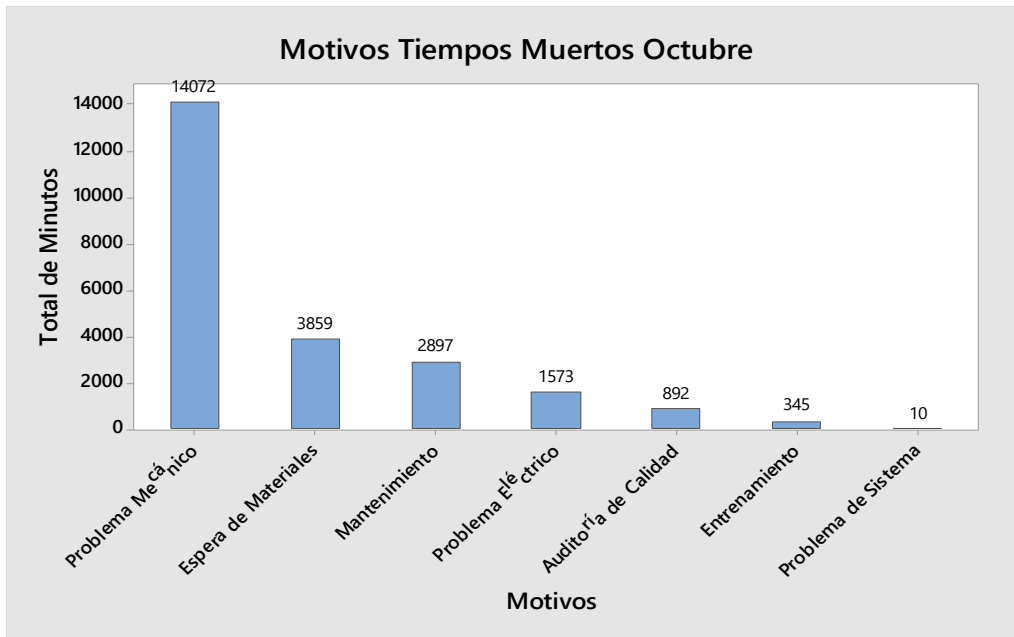


Gráfico 8. Motivos Tiempos Muertos octubre. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Según se verifica en el Gráfico 8, la mayor cantidad de tiempos muertos, en minutos, durante el mes de octubre se produjo a causa de “Problemas Mecánicos” de la maquinaria utilizada para el proceso de producción de piezas en *Chenille*, registrándose paradas que totalizan unos 14,072 minutos, lo que corresponde a 245 horas aproximadamente y representan un 62% del total de tiempos muertos ocurridos durante dicho mes.

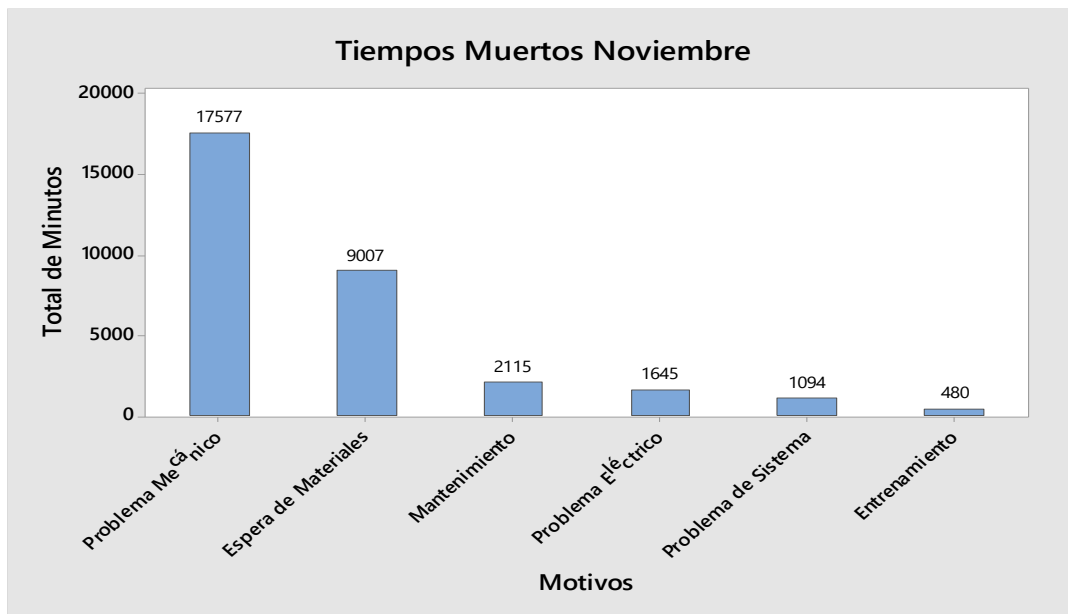


Gráfico 9. Motivos Tiempos Muertos noviembre. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Con relación al mes de “noviembre”, la mayor cantidad de tiempos muertos fueron también ocasionados por “Problemas Mecánicos” de la maquinaria utilizada para el proceso de producción,

registrándose paradas por dicho motivo de 17,577 minutos, lo que corresponde a 293 horas aproximadamente y representan un 55% del total de tiempos muertos ocurridos durante dicho mes.

Cabe destacar que la segunda causa que predominó, tanto en el mes de “octubre” como en el de “noviembre”, fue “Espera de Materiales”.

6.2.2 Tiempos Muertos por Motivo

Los motivos que se registraron como causa de la ocurrencia de tiempos muertos fueron:

- Problema Eléctrico
- Problema Mecánico
- Problema de Sistema
- Mantenimiento
- Espera de Materiales
- Auditoría de Calidad
- Entrenamiento

A continuación, se presenta un *Gráfico de Pareto*, a los fines de identificar visualmente cuáles motivos originaron aproximadamente el 80% de los tiempos muertos registrados durante el período de análisis (julio-diciembre 2017).

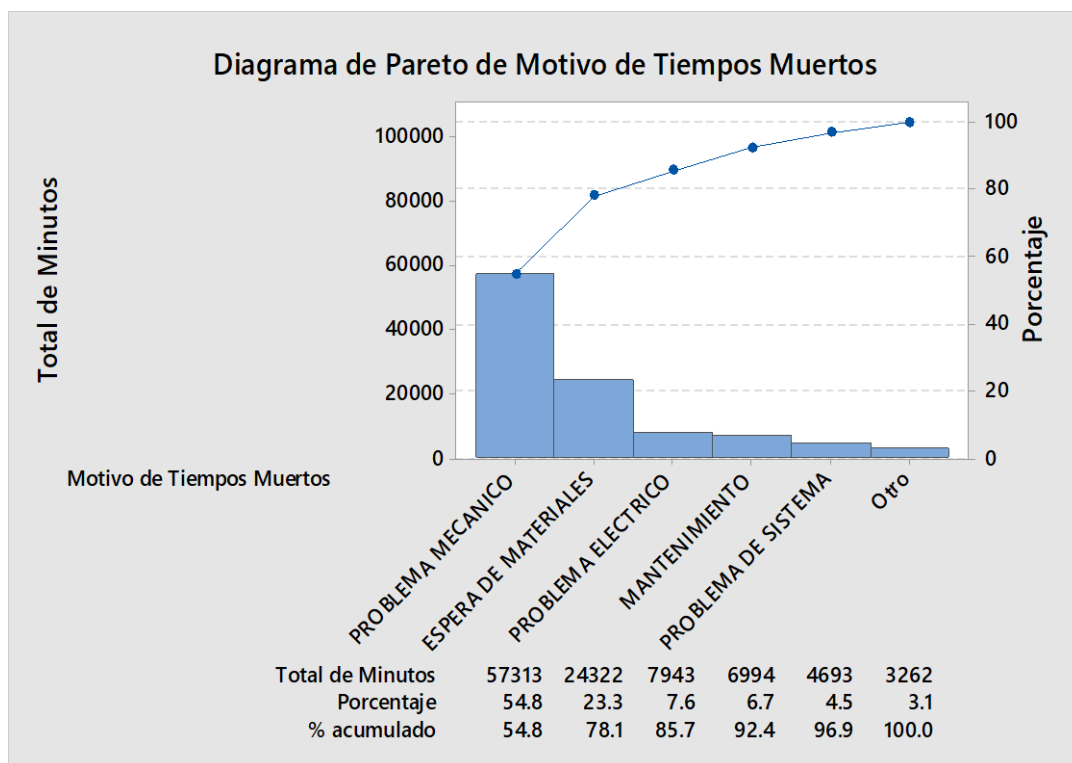


Gráfico 10. Diagrama de Pareto de Motivos Tiempos Muertos. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se visualiza en el *Diagrama de Pareto*, 54.8% de los tiempos muertos fueron ocasionados por “Problemas Mecánicos”, seguido de un 23.3% a raíz de la “Espera de Materiales”, para un porcentaje acumulado de 78.1%. Estos dos motivos ocasionaron tiempos muertos por un total de 81,635 minutos, lo que es igual a 1,361 horas aproximadamente.

Es evidente según el *Gráfico 10*, que el principal motivo de los tiempos muertos está relacionado con inconvenientes mecánicos de las maquinarias utilizadas para el proceso de producción.

6.2.3 Tiempos Muertos por Turno

El proceso de producción de piezas en *Chenille*, es ejecutado en dos turnos de operaciones: Turno A y Turno B. A los fines de identificar si el turno pudiera estar relacionado con los tiempos muertos y de saber cuál turno presenta una mayor cantidad (en minutos) de tiempos muertos, se analizaron los datos correspondientes, presentándose los resultados en el siguiente “Gráfico de Barras”.

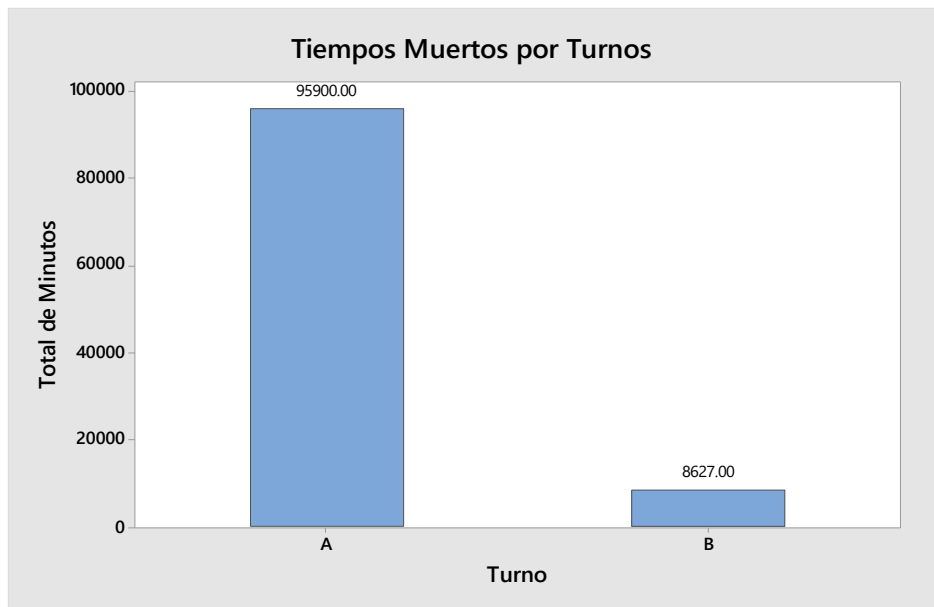


Gráfico 11. Tiempos Muertos por Turnos. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se representa en el *Gráfico 11*, existe una diferencia marcada entre la cantidad de minutos de tiempos muertos registrados para el “Turno A” y para el “Turno B”. Dicha diferencia asciende a 87,273 minutos, dígase a 1,455 horas aproximadamente.

Según los datos recolectados, en el “Turno A” ocurrieron 679 incidentes o situaciones que provocaron los 95,900 minutos de tiempos muertos indicados en el gráfico, mientras que, en el caso del “Turno B”, solo se registraron 42.

A los fines de verificar los motivos que ocasionaron los tiempos muertos para cada turno, se presentan los gráficos a continuación.

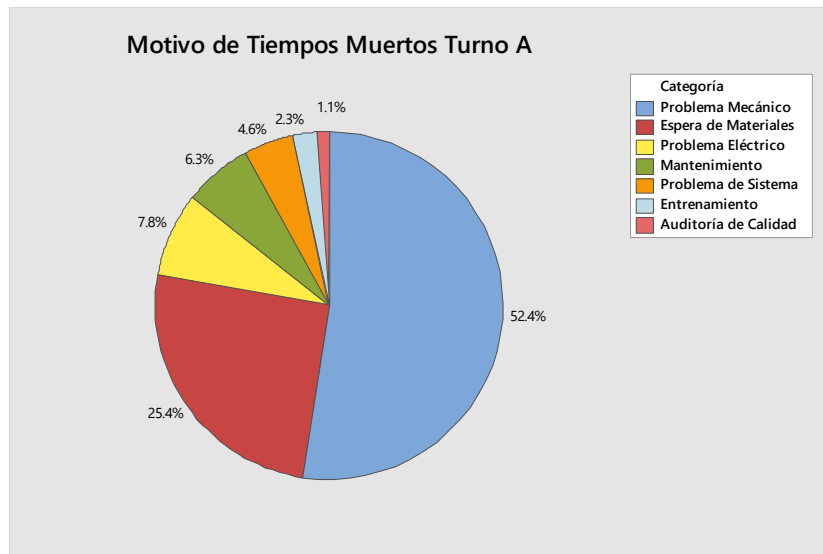


Gráfico 12. Motivo de Tiempos Muertos, Turno A. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Conforme se visualiza en el Gráfico 12, el mayor porcentaje (52.4%) de tiempos muertos durante el “Turno A” corresponde a “Problema Mecánicos”, para los cuales se registró un total de 50,294 minutos. En segundo lugar, está la “Espera de Materiales”, con 24,322 minutos, lo que representa un 25.4% del total de tiempos muertos registrados para dicho turno.

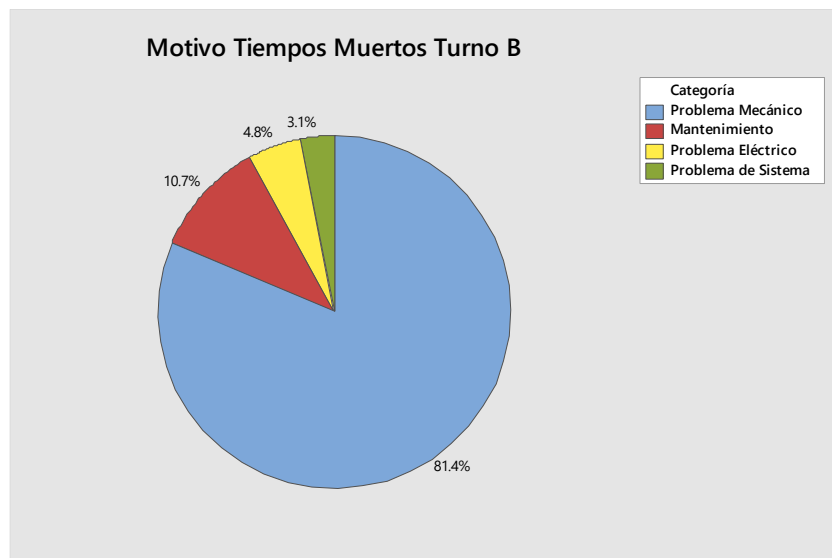


Gráfico 13. Motivo de Tiempos Muertos, Turno B. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se muestra en el Gráfico 13, los minutos de tiempos muertos por “Problemas Mecánicos” representaron el 81.4% del total registrado para el “Turno B”, lo que suponen 7,019 minutos. Como segundo motivo de mayor incidencia, está el “Mantenimiento” brindado a las maquinarias, el cual totalizó unos 920 minutos que representa el 10.4% del total de tiempos muertos registrados para dicho turno.

Cabe resaltar que el “Turno A”, trabaja más órdenes que el “B” y que en este último es menor la cantidad de operarios que ejecuta el proceso, lo que pudiera en parte justificar la diferencia de tiempos muertos entre un turno y otro; sin embargo, tras el análisis de los motivos de estos tiempos muertos, se puede concluir que en ambos turnos predominan los problemas relativos al funcionamiento de las máquinas.

6.2.4 Tiempos Muertos por Operario

De julio a diciembre de 2017, se registraron datos de tiempos muertos de diecinueve (19) operarios, que participaron en el proceso de producción de piezas en *Chenille*.

A continuación, se muestra un *Gráfico de Barras* con los tiempos muertos en minutos que acumuló cada operario.

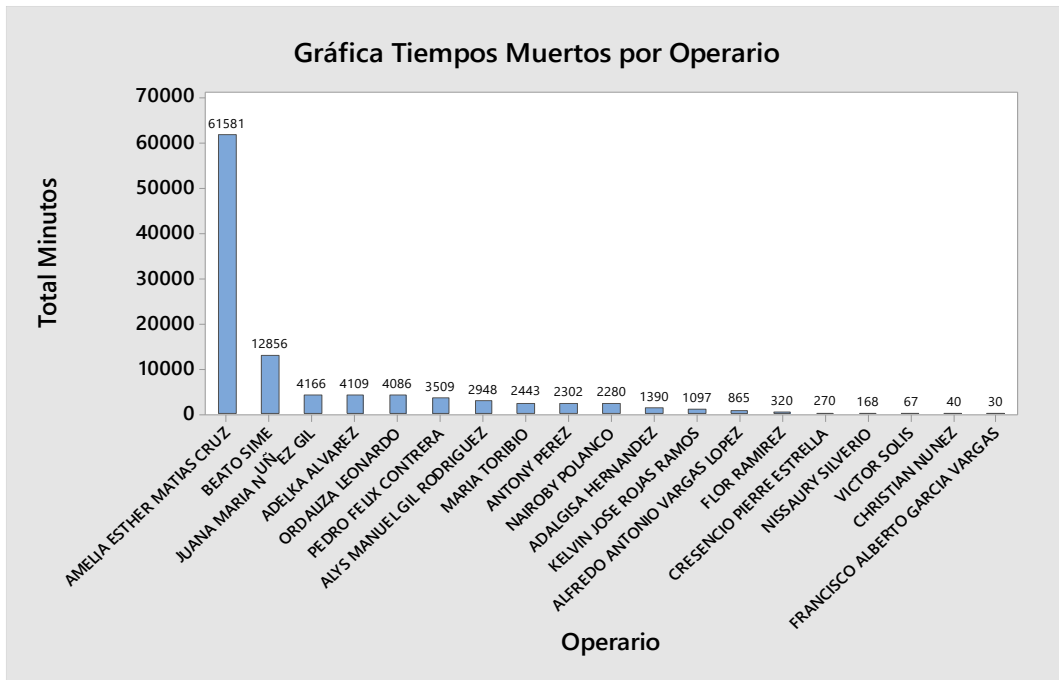


Gráfico 14. Tiempos Muertos por Operario. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Conforme se verifica en el *Gráfico 14*, el operario con mayor tiempo muerto es “Amelia Esther Matías Cruz”, con un total de 61,581 minutos. Dada la diferencia de tiempos muertos registrados entre este operario y los demás, se verificó tanto el turno al que éste pertenece, así como también los motivos que originaron las paradas.

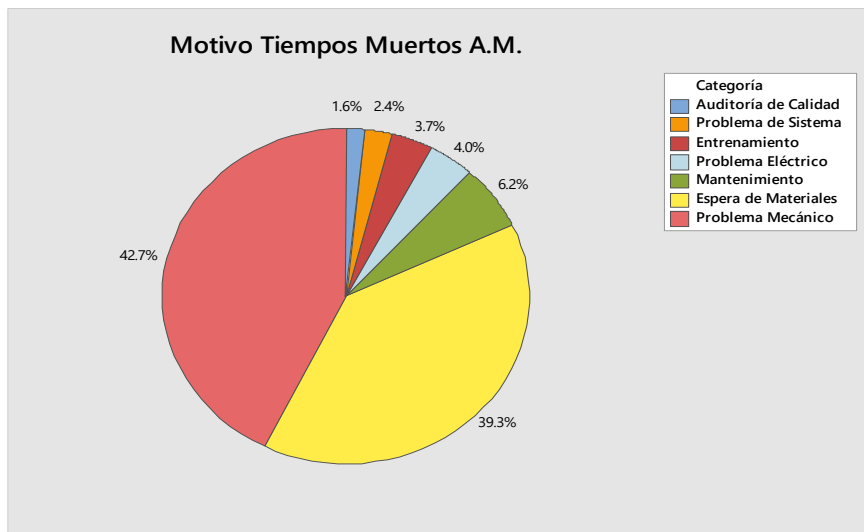


Gráfico 15. Motivos Tiempos Muertos A.M. (Amelia Matías). Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

“Amelia Matías”, opera en el “Turno A”, que como se indicó anteriormente es el que mayor cantidad de tiempos muertos, en minutos, registró. Por otro lado, los motivos reportados por esta como causantes de las paradas fueron “Problema Mecánico”, con un 42.7% (26,290 minutos) y “Espera de Materiales” con un 39.3% (24,217 minutos) del total de minutos.

Sin embargo, conforme los datos levantados, la causa que se reportó mayor número de veces fue la de “Espera de Materiales” con una frecuencia de 165 veces; en el caso de “Problemas Mecánicos”, la frecuencia fue de 108 veces.

6.2.5 Tiempos Muertos por Máquina

Como se ha verificado en el análisis de los factores anteriores, los problemas relacionados con la maquinaria son los que han resaltado como causales principales de los tiempos muertos.

A continuación, se presenta un *Gráfico de Barras* con los tiempos muertos (en minutos), registrados para las veintitrés (23) máquinas que hasta diciembre 2017 formaban parte del proceso de producción de piezas en *Chenille* y un *Gráfico de Pastel*, donde se representan los valores en porcentaje de los tiempos muertos, según la antigüedad de las máquinas.

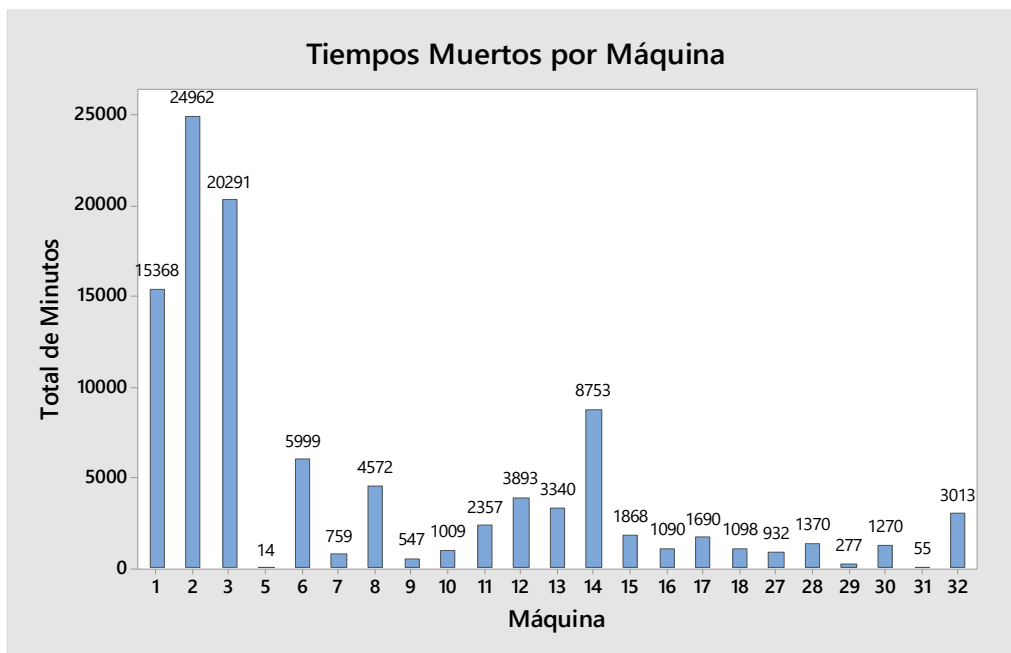


Gráfico 16. Tiempos Muertos por Máquina. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Como se visualiza en el *Gráfico 16*, la máquina “Dos” fue la que registró un mayor tiempo de parada, con un total de 24,962 minutos, que representan alrededor de 416 horas. A esta máquina, le sigue la máquina “Tres”, con 20,291 minutos, que traducidos a horas, representan aproximadamente 338 horas.

A los fines de ilustrar las razones de dicha cantidad de minutos en tiempos muertos, tanto en la máquina “Dos” como en la “Tres”, se presentan los siguientes *Gráficos de Pastel*, con los motivos de paradas registrados para las referidas máquinas.

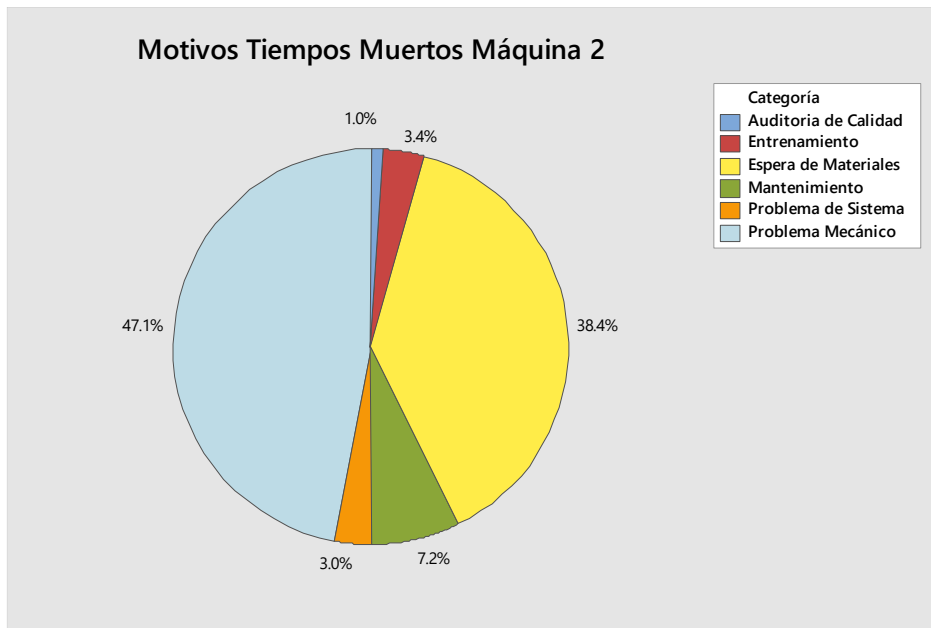


Gráfico 17. Motivos Tiempos Muertos, Máquina 2. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

De los 24,962 minutos de parada registrados para la máquina “Dos”, el 47.1% (11,756 minutos) corresponden a “Problemas Mecánicos” y un 38.4% (9,573 minutos) a “Espera de Materiales”.

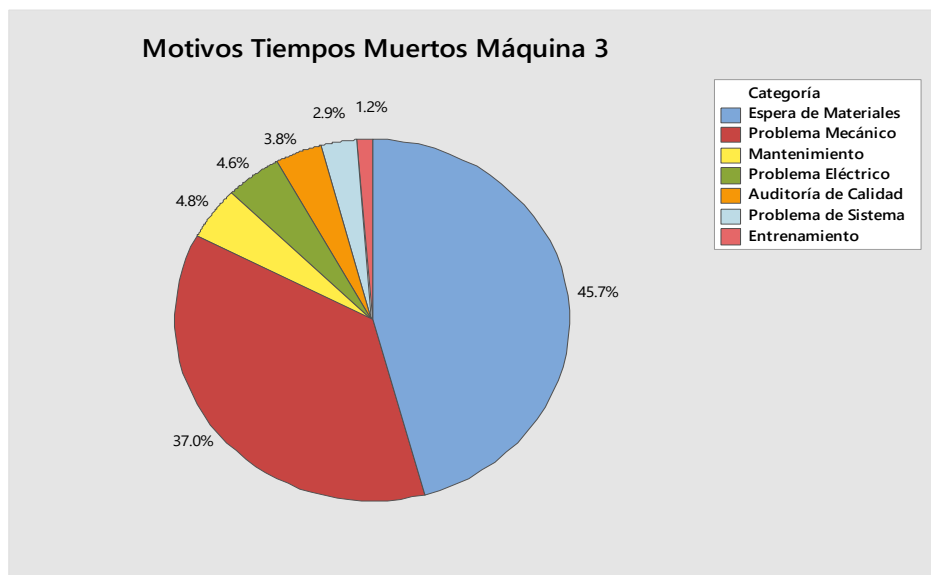


Gráfico 18. Motivos Tiempos Muertos, Máquina 3. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

De los 20,291 minutos de parada registrados para la máquina “Tres”, el 45.7% (9,272 minutos) corresponden a “Espera de Materiales” y un 37.0% (7,498 minutos) a “Problema Mecánico”.

Con relación a la antigüedad de las máquinas, como se indicó al principio de este acápite, el proceso de producción de piezas en *Chenille* de SPI, cuenta con maquinarias que se dividen en dos grupos, según los años de fabricación y el modelo. Un grupo de máquinas (de la 1 a la 14) data del año 1988 y el otro grupo (de la 15 a la 32) data del año 1995.

A los fines de analizar si la antigüedad de las máquinas es un factor que influyó o no en ocasionar una mayor cantidad de tiempos muertos, se recolectaron datos relacionados, los cuales se presentan en la siguiente *Gráfica de Pastel*.

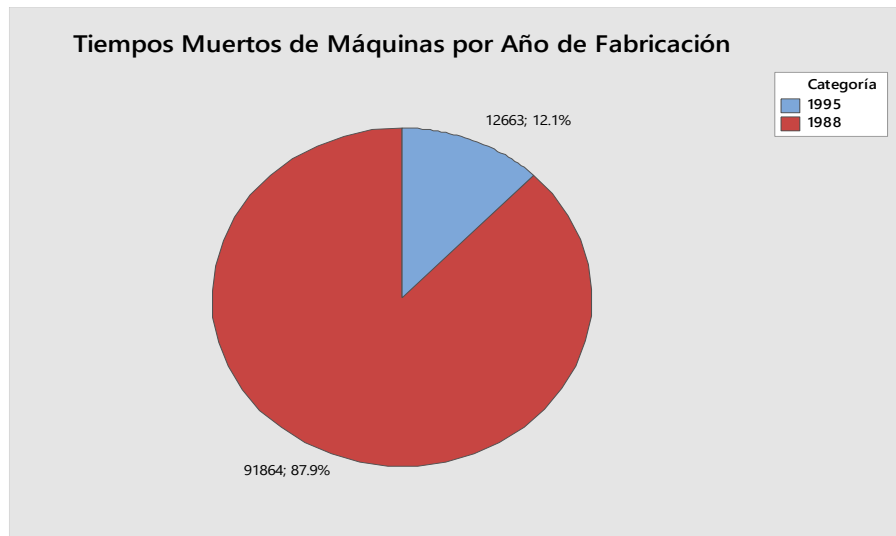


Gráfico 19. Tiempos Muertos de Máquinas por Año de Fabricación. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Según se visualiza en el *Gráfico 19*, la mayor cantidad de tiempos muertos, 91864 minutos, registrados durante el período julio-diciembre 2017, fueron ocasionados por las máquinas de mayor antigüedad, es decir, de 1988. Lo que confirma que la antigüedad de las máquinas si es un factor, que pudiera estar influyendo sobre los tiempos muertos del proceso de fabricación de piezas en *Chenille*.

Al verificarse cuál es el principal motivo de parada registrado para las máquinas de 1988 (de la 1 a la 14) se identificó que era “Problema Mecánico” con un total de 48,378 minutos, lo que representa el 52,66% de los tiempos muertos ocasionados por este grupo de máquinas.

Luego de estas mediciones, se concluye que “Problema Mecánico” y “Espera de Materiales” son los motivos que más han contribuido en la ocurrencia de tiempos muertos en la mayoría de los factores analizados (turno, operario y máquina).

VII. CAPACIDAD DEL PROCESO

Atendiendo a que la empresa sólo ha establecido límites internos para la tasa de defectos, se procederá a realizar el análisis de capacidad en base a los defectos del proceso.

Tomando en cuenta que las variables de salida para el proceso de inspección son de tipo cualitativo y que la aceptación o rechazo se basa en la apariencia constituida por la combinación de colores y particularidades del arte seleccionado por el cliente, únicamente se consideran parámetros de tipo atributo bajo el criterio binomial de “Pasa” o “No pasa”.

A continuación, se muestra una tabla con los hallazgos de piezas desde la semana 29 hasta la 52 (julio-diciembre 2017).

La primera columna contiene el tamaño de la orden (piezas inspeccionadas) y la segunda, la cantidad de piezas no conformes, seguido a esta tabla se compartirá el análisis de capacidad correspondiente a los datos proporcionados.

Semana	Piezas inspeccionadas	Piezas no conformes
29	12971	252
30	20705	462
31	16410	572
32	19068	935
33	1281	35
34	1619	25
35	1218	10
36	1072	90
37	15678	637
38	19629	701
39	15809	834
40	16565	594
41	18818	765
42	17033	288
43	15626	340
44	19936	352
45	9068	602
46	9203	480
47	8804	354
48	13624	307
49	24170	469
50	32212	101
51	42795	600
52	28130	180

Tabla 4. Hallazgos de Piezas en Análisis de Capacidad. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

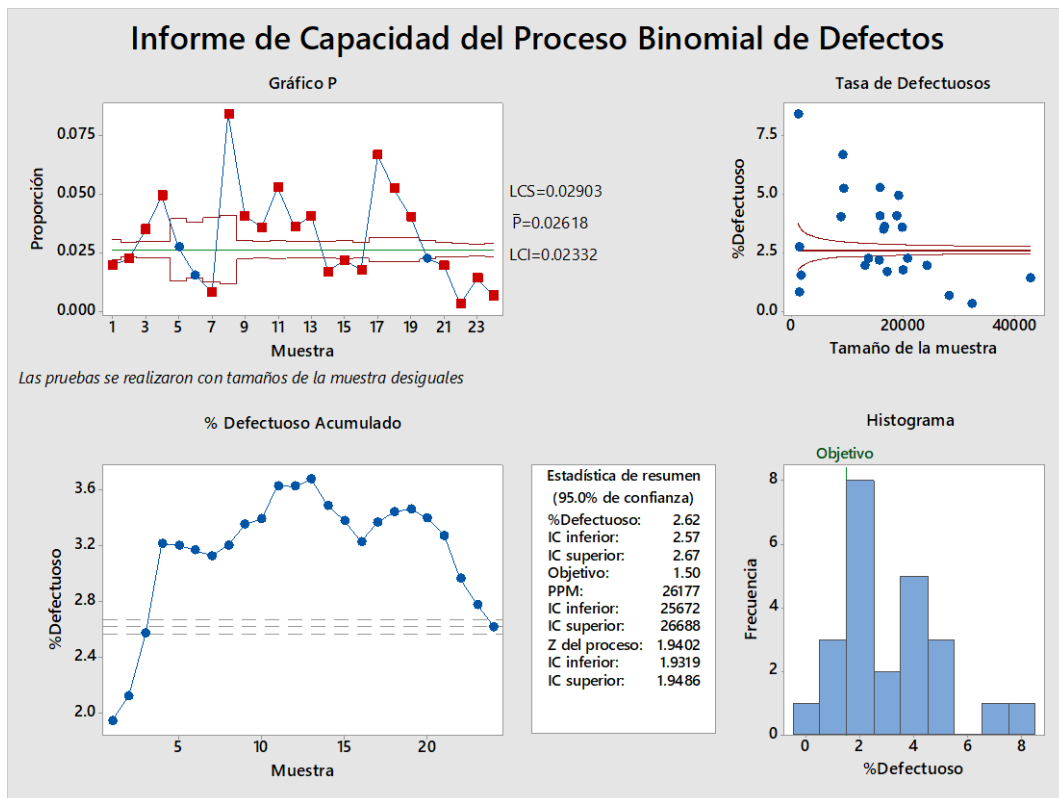


Gráfico 20. Informe de Capacidad del Proceso Binomial de Defectos. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017, Minitab 18

Consideraciones acerca de los gráficos:

- El *Gráfico P*, muestra la proporción de defectos por cada muestra (unidades no conformes), así como sus límites. Se puede observar que 21 de las 24 muestras tomadas, se encuentran fuera de los límites establecidos, ya que sus valores están fuera de los límites de la variación esperada, siendo esto indicio de que el proceso es poco estable.
- El gráfico *% Defectuoso Acumulado*, muestra una tendencia bastante marcada por encima del límite superior del % defectuoso permitido.
- Con el gráfico *Tasa de Defectuosos*, se observa que para los tamaños de muestras menores o iguales a 20,000 no hay una tendencia marcada o correlación entre el tamaño de la muestra y la tasa de defectos, claramente se observa que los puntos están distribuidos por encima y por debajo de la línea central sin ninguna dependencia aparente.
- El *Histograma*, muestra que el porcentaje de productos defectuosos es mayor que el porcentaje objetivo, lo que evidencia un incumplimiento de este parámetro. De igual forma, esto queda confirmado al observar que el IC superior y el % defectuoso, son mayores que el objetivo establecido.

En cuanto a la tabla “Estadística de resumen” podemos resaltar las siguientes consideraciones:

- Las *PPM* (partes por millón defectuosas), indican que de 1,000,000 de piezas, se espera que 26,177 serán consideradas como defectuosas. Este valor de PPM corresponde a un % de defectuosos de aproximadamente 2.62%.
- Los *Límites de Confianza Superior e Inferior (IC)*, indican que se puede estar 95% seguro de que el % defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 2.57% y 2.67%.
- El *Valor Z* del proceso de 1.9402 es menor que 2, que suele considerarse el valor mínimo necesario para un proceso con capacidad; expresando la capacidad mediante este estadístico podemos estimar, que la tasa de defectos corresponde a 2.62% aproximadamente.

En conjunto, esta estadística de resumen indica que el proceso de fabricación de piezas de *Chenille*, no es capaz de cumplir con las especificaciones establecidas. Un alto porcentaje de piezas son rechazadas por lo que es necesario determinar la causa raíz de los rechazos, así como también las oportunidades de mejora del proceso.

El estudio de la capacidad sobre los Defectos por Calidad fue el único que se abordó en esta sección, debido a que existe un estándar o un límite definido por la empresa, sin embargo para los Tiempos Muertos no se ha establecido límite alguno.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

En la etapa de análisis se identificará y profundizará en las causas de las principales problemáticas del proceso de fabricación de piezas en *Chenille* de la empresa SPI que fueron descritos en la fase de medir y que corresponden a: Defectos de Calidad y Tiempos Muertos.

8.1 Diagramas de Causa y Efecto (ISHIKAWA)

Con fines de identificar las posibles causas que dan origen al problema, se efectuó una lluvia de ideas que presentamos a continuación en los diagramas de Causa-Efecto.

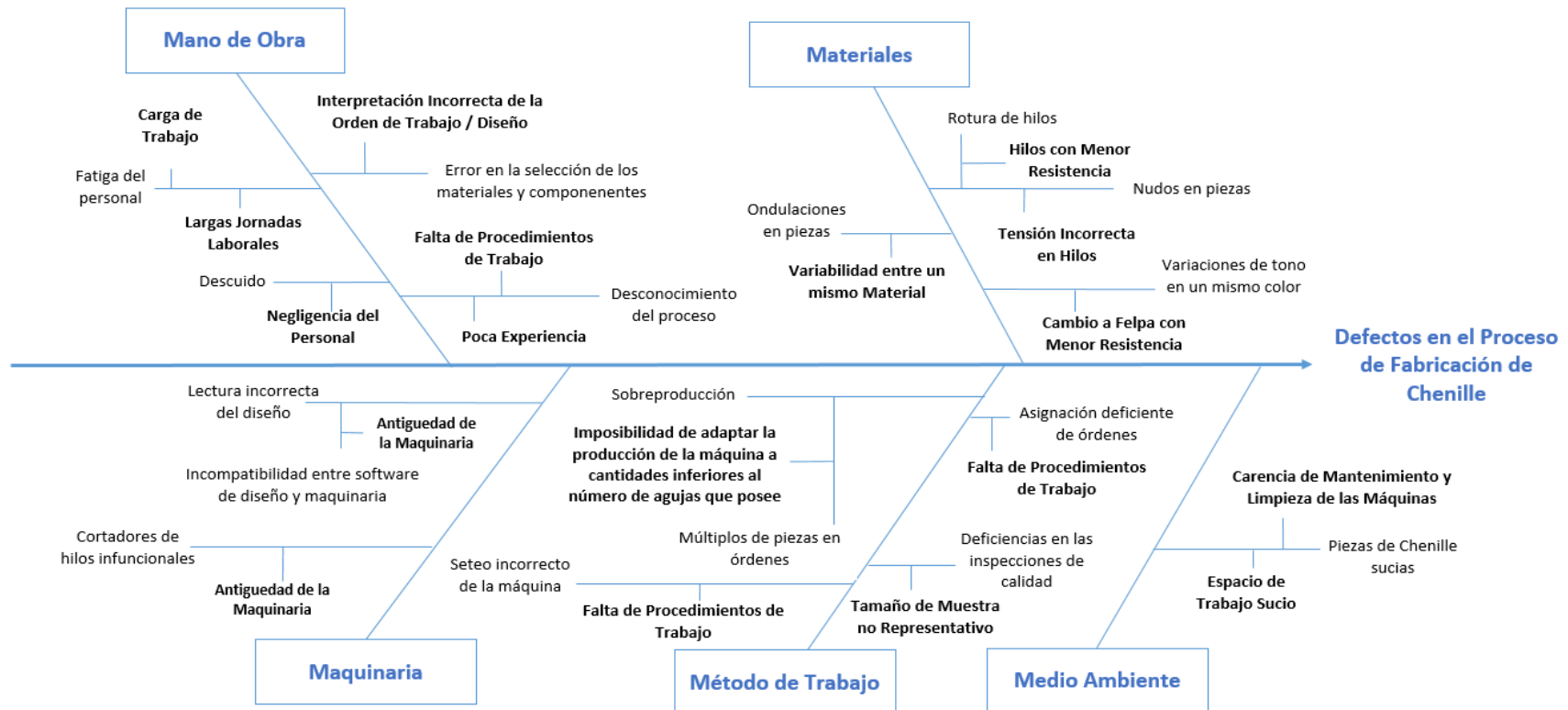


Gráfico 21. Diagrama de Causa y Efecto de Defectos de Calidad. Fuente: Elaboración propia.

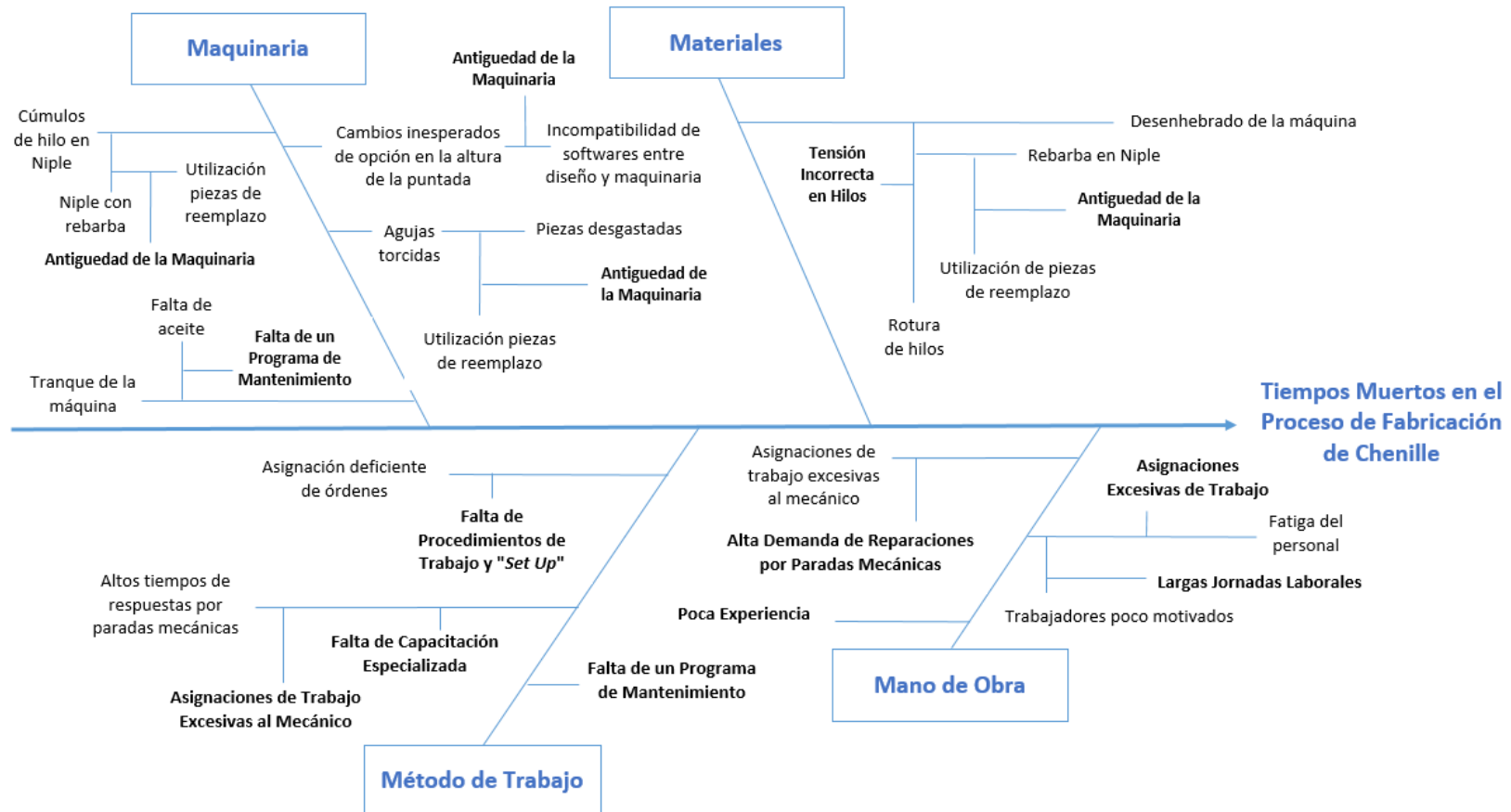


Gráfico 22. Diagrama de Causa y Efecto de Tiempos Muertos. Fuente: Elaboración propia.

8.2 Matriz de Priorización

Como resultado de la identificación de las posibles causas de mayor incidencia, plasmadas en los diagramas de Causa-Efecto anteriores, se muestra a continuación la priorización de las mismas, efectuada a los fines de identificar las causas de mayor incidencia sobre las problemáticas expuestas.

Matriz de Priorización Y-X				
Importancia para el cliente		5	5	Valor Total
No. de la Y		1	2	
Descripción de la Y		Tiempos Muertos	Calidad	
1	Antigüedad de la máquina.	5	5	50
2	Falta de un programa de mantenimiento.	4	2	30
3	Asignación de trabajo excesiva al mecánico.	3	1	20
4	Falta de un procedimiento de trabajo.	2	4	30
5	Sobrecarga de trabajo.	2	5	35
6	Largas jornadas laborales.	3	3	30
7	Tamaño de la muestra no representativo.	1	4	25
8	Falta de capacitación especializada.	2	2	20
9	Espacio de trabajo sucio.	1	3	20
10	Carencia de mantenimiento y limpieza de las máquinas.	1	3	20
11	Imposibilidad de adaptar la producción de la máquina a cantidades inferiores al número de agujas que posee.	3	1	20
12	Tensión incorrecta en hilos.	1	4	25
13	Hilos con menor resistencia.	1	3	20
14	Variabilidad entre un mismo material.	2	5	35
15	Interpretación incorrecta de la orden de trabajo/diseño.	1	3	20
16	Alta demanda de reparaciones por paradas mecánicas.	3	3	30
17	Nivel de experiencia del personal.	4	5	45
18	Negligencia del personal.	1	2	15
19	Cambio a felpa con menor resistencia.	1	3	20

Tabla 5. Matriz de Priorización Y-X Fuente: Elaboración Propia.

8.3 Análisis del Modo de Fallo y Efecto (AMFE)

Con el fin de evaluar el riesgo de un fallo en función de la frecuencia con la que ocurre, la severidad de las consecuencias y la posibilidad de que los mecanismos de control sean capaces de identificarlo antes de que tenga consecuencias para el cliente, hemos realizado el análisis de modo de Fallo y Efecto (AMFE) que presentamos a continuación:

Producto	Función	Modo de fallo	Causa	Efecto	Grav. (G)	Ocur. (O)	Detec. (D)	NPR
Letra Chenille (Automática)	Bordado de Chenille en la felpa	Aguja fuera de posición	Tornillo de barra roto	Relleno inconsistente	5	8	8	320
		Altura de aguja muy baja	Graduación incorrecta de la barra de aguja	Cadeneta rota	5	10	8	400
		CAM desgastado	Fricción rolo de la biela	Cadeneta rota	6	4	9	216
				Relleno inconsistente	6	4	9	216
		Cuchilla desgastada	Posición incorrecta de gancho	Hilos sueltos	2	3	7	42
		Falta de aire	Compresor de aire dañado	Tapón de hilo en el plato	6	5	8	240
		Gancho caja de looper doblado	Hilo acumulado	Relleno de dos colores	5	8	7	280
		Graduación incorrecta del niple	Tornillo de niple flojo	Plástico roto	6	5	7	210
		Leva fuera de tiempo	Rotura en rolo	Niple roto	7	6	8	336
		Looper revirado	Motor fuera de tiempo	Relleno inconsistente	7	5	8	280
		Motor desconfigurado	Exceso de aceite en motor	Cadeneta rota	5	5	9	225
				Hilos sueltos	2	5	7	70
				Relleno inconsistente	6	5	9	270
			Roce de cuchilla con el looper	Hilos sueltos	2	9	7	126
		Niple con rebarba	Niple posición incorrecta	Bordado deshilachado	2	7	7	98
Plástico flojo	Colocación incorrecta en el plato	Tapón de hilo en el plato	6	8	7	336		
Plato fuera de sitio	Tornillos rotos por vibración	Aguja rota	8	10	8	640		

Tabla 6. Análisis del Modo de Causa y Efecto (AMFE) Fuente: Elaboración propia.

Donde;

G= Gravedad.
O= Ocurrencia.

D= Detección.
NPR= Nivel de Prioridad de Riesgo.

Como podemos observar en el AMFE de la Tabla 6, el modo de fallo “Plato fuera de sitio” causado por “Tornillos rotos por vibración” es el de mayor impacto, con un Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR) de 640. En segundo lugar, con un NPR de 400, tenemos la “Altura de aguja muy baja” causada por una “Graduación incorrecta de la barra de aguja”. Podemos afirmar que estos modos de fallo están asociados a las causas: “Antigüedad de la máquina” y “Nivel de experiencia del personal” respectivamente.

Partiendo de la Matriz de Priorización X-Y y del AMFE realizado, se ha determinado que las cuatro posibles causas de retrasos (tiempos muertos) y problemas de calidad en el proceso de fabricación de *Chenille* son las siguientes:

- Antigüedad de la máquina.
- Sobrecarga de trabajo.
- Nivel de experiencia del personal.
- Variabilidad entre un mismo material.

IX. COMPROBACIÓN DE LAS CAUSAS

A los fines de comprobar las principales causas de los síntomas del proceso de fabricación de piezas en *Chenille*, que fueron identificadas utilizando la Matriz de Priorización X-Y y el AMFE, se han recolectado datos históricos relativos a la antigüedad de la maquinaria, sobrecarga de trabajo, nivel de experiencia del personal y variabilidad entre un mismo material, que son las “X’s” que estaremos analizando a lo largo del presente trabajo. Dichos datos corresponden a los meses desde julio hasta diciembre del año 2017.

A continuación, se podrán visualizar las pruebas estadísticas realizadas correspondientes a las “X’s”, así como las interpretaciones de las mismas, relacionadas con los defectos de calidad y tiempos muertos.

9.1 Pruebas Defectos de Calidad

9.1.1 Causa: Antigüedad de la Máquina

- Planteamiento de las Hipótesis.

Ho: La antigüedad de la máquina NO influye en la generación de defectos en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*.

Ha: La antigüedad de la máquina SI influye en la generación de defectos en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*.

- Recopilación de los Datos.

El proceso de recopilación de los datos fue realizado por el personal de Calidad según la antigüedad de la máquina, utilizando piezas inspeccionadas en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille* para el periodo julio-diciembre de 2017. A continuación presentamos un resumen de los datos:

Máquina	Piezas Aceptadas	Piezas Rechazadas
TMCE-112	165,514	4,282
TMCE-G612	242,697	5,775

Tabla 7. Datos de Piezas Inspeccionadas por Tipo de Máquina. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

Como se muestra en la Tabla 3, del total de piezas inspeccionadas para el modelo TMCE-112 (1988), 165,514 fueron aceptadas y 4,282 piezas fueron rechazadas, mientras que para el modelo TMCE-G612 (1995), 5,775 se consideraron defectuosas y 242,697 fueron aceptadas.

- **Resultados de la Prueba de Dos Proporciones.**

Para confirmar si la antigüedad de la máquina es una variable que influye en la generación de defectos en el proceso, realizamos una prueba de dos proporciones cuyos resultados presentamos a continuación:

Prueba e IC para dos proporciones

Método

p_1 : proporción donde Muestra 1 = Evento

p_2 : proporción donde Muestra 2 = Evento

Diferencia: $p_1 - p_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Evento	Muestra p
Muestra 1	165514	4282	0.025871
Muestra 2	242697	5775	0.023795

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0.0020758	(0.001100; 0.003052)

IC basado en la aproximación a la normal

Prueba

Hipótesis nula $H_0: p_1 - p_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Método	Valor Z	Valor p
Aproximación normal	4.17	0.000
Exacta de Fisher		0.000

Tabla 8. Resultado de Prueba de Dos Proporciones por Tipo de Máquina. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en los resultados de la prueba realizada, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia entre proporciones no contiene el valor cero (correspondiente a la hipótesis nula), lo que nos indica que las proporciones son diferentes para los modelos TMCE-112 y TMCE-G612.

Asimismo, el valor P obtenido es 0, inferior a 0,05, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alternativa. Es decir, concluimos que verdaderamente existe una diferencia entre la proporción de defectos de ambos tipos de máquina, en donde, el modelo más antiguo (TMCE-112) supera el porcentaje de defectos generados en el proceso productivo.

9.1.2 Causa: Sobrecarga de Trabajo

- **Planteamiento de las Hipótesis.**

Ho: La cantidad de defectos generados en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille* NO depende de la cantidad de máquinas manejadas por el operador.

Ha: La cantidad de defectos generados en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille* SI depende de la cantidad de máquinas manejadas por el operador.

- **Recopilación de los Datos.**

El proceso de recopilación de los datos fue realizado por el personal de Calidad y tabulados de acuerdo a la cantidad de máquinas manejadas por el operador. A continuación presentamos un resumen de los datos correspondientes al total de piezas inspeccionadas para el periodo julio-diciembre de 2017 en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*:

Cantidad de Máquinas	Piezas Aceptadas	Piezas Rechazadas
3 Máquinas	183,818	4,364
2 Máquinas	224,393	5,693

Tabla 9. Datos de Piezas Inspeccionadas por Cantidad de Máquinas. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

Como se muestra en la Tabla 9, del total de piezas inspeccionadas, para los operadores que manejan 3 máquinas de forma simultánea, 4,364 piezas fueron rechazadas, mientras que para los operadores que manejan 2 máquinas, 5,693 se consideraron defectuosas.

- **Resultados de la Prueba Chi Cuadrada.**

Para confirmar si la cantidad de defectos generados en el proceso de fabricación depende de la cantidad de máquinas manejadas de forma simultánea por el operador, realizamos una prueba prueba chi-cuadrada cuyos resultados presentamos a continuación:

Estadísticas tabuladas: Máquinas manejadas; Columnas ... a de trabajo

Filas: Máquinas manejadas Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	Piezas Aceptadas	Piezas Rechazadas	Todo
Dos	224393	5693	230086
	224554	5532	
	0.1150	4.6692	
Tres	183818	4364	188182
	183657	4525	
	0.1407	5.7090	
Todo	408211	10057	418268

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	10.634	1	0.001
Relación de verosimilitud	10.658	1	0.001

Tabla 10. Resultados de Prueba Chi Cuadrada por Cantidad de Máquinas Manejadas. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en los resultados de la Tabla 10, el valor p de la prueba de Pearson es de 0,001, inferior a 0,05, por lo que procedemos a rechazar la hipótesis nula y concluimos que la cantidad de defectos generados en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille* depende de la cantidad de máquinas manejadas por el operador, es decir de la sobrecarga de trabajo.

Si analizamos las diferencias entre el conteo real y el conteo esperado según la cantidad de máquinas, podemos comprobar que, para el caso de los operadores que manejan 3 máquinas de forma simultánea, la cantidad de piezas rechazadas es menor a la esperada, lo contrario sucede con los que manejan 2 máquinas, en donde el conteo observado es más grande que el esperado, indicando que existe cierta dependencia entre ambas variables.

9.1.3 Causa: Nivel de Experiencia del Personal

- **Planteamiento de las Hipótesis.**

Ho: La cantidad de piezas con defectos NO depende del nivel de experiencia del personal.

Ha: La cantidad de piezas con defectos SI depende del nivel de experiencia del personal.

- **Recopilación de los Datos.**

El proceso de recopilación de los datos fue realizado por el personal de Calidad y tabulados de acuerdo a los años de experiencia del operador. A continuación presentamos un resumen de los datos correspondientes al total de piezas inspeccionadas para el periodo julio-diciembre de 2017 en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*:

Nivel de Experiencia	Piezas Sin Defectos	Piezas con Defectos
< 5 años	198,966	4,666
> 5 años	209,245	5,391

Tabla 11. Datos de Piezas Inspeccionadas por Nivel de Experiencia. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

Como se muestra en la Tabla 11, del total de piezas producidas por los operarios de SPI dentro del periodo julio-diciembre de 2017 (418,268), para los operadores con un nivel de experiencia menor a 5 años, 4,666 resultaron con defectos, mientras que, para los operadores con una experiencia mayor a 5 años, 5,391 se consideraron defectuosas.

- **Resultados de la Prueba Chi Cuadrada.**

Para confirmar si la cantidad de piezas con defectos depende del nivel de experiencia del personal, realizamos una prueba chi-cuadrada cuyos resultados presentamos a continuación:

Estadísticas tabuladas: Antigüedad; Columnas de la hoja de trabajo

Filas: Antigüedad Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	Piezas Sin Defectos	Piezas con Defectos	Todo
Menor de 5	198966	4666	203632
	198736	4896	
	0.267	10.824	
Mayor de 5	209245	5391	214636
	209475	5161	
	0.253	10.269	
Todo	408211	10057	418268

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	21.612	1	0.000
Relación de verosimilitud	21.637	1	0.000

Tabla 12. Resultados de Prueba Chi Cuadrada por Nivel de Experiencia. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en los resultados de la Tabla 12, el valor p de la prueba de Pearson es 0,000, inferior a 0,05, por lo que procedemos a rechazar la hipótesis nula y concluimos que la cantidad de piezas con defectos depende del nivel de experiencia del personal.

Si analizamos las diferencias entre el conteo real y el conteo esperado según la antigüedad del operador, podemos comprobar que, para el caso de los operadores con menos de 5 años de experiencia, la cantidad de piezas rechazadas es menor a la esperada, lo contrario sucede con los que tienen más de 5 años de experiencia, en donde el conteo observado es mayor que el esperado, indicando que existe cierta dependencia entre ambas variables.

9.1.4 Causa: Variabilidad Entre un Mismo Material

- **Planteamiento de las Hipótesis.**

Ho: La cantidad de piezas con defectos NO depende del tipo de material por proveedor.

Ha: La cantidad de piezas con defectos SI depende del tipo de material por proveedor.

- **Recopilación de los Datos.**

El proceso de recopilación de los datos fue llevado a cabo y tabulado durante las auditorías de calidad diariamente. A continuación presentamos un resumen de los datos correspondientes al total de piezas defectuosas por proveedores de materiales, para el periodo Julio-Diciembre 2017 en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*:

Proveedores	Piezas Conformes	Piezas Defectuosas
National Nonwovens	14,872	938
Shinwon	11,160	685

Tabla 13. Datos de Piezas Conformes y Defectuosas por Proveedor. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

- Resultados de la Prueba Chi Cuadrada.

Para confirmar si los defectos generados durante la fabricación dependen de los materiales suministrados individualmente por los dos proveedores contratados, realizamos una prueba chi-cuadrada cuyos resultados presentamos a continuación:

Estadísticas tabuladas: Proveedores, Columnas de la hoja de trabajo

Filas: Proveedores Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	Piezas Conformes	Piezas Defectuosas	Todo
National Nonwovens	14872	938	15810
	14882.2	927.8	
	0.00693	0.11108	
Shinwon	11160	685	11845
	11149.8	695.2	
	0.00924	0.14827	
Todo	26032	1623	27655

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado
Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	0.276	1	0.600
Relación de verosimilitud	0.276	1	0.599

Gráfico 14. Resultados de Prueba Chi Cuadrada de Piezas Conforme y Defectuosas por Proveedor. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en los resultados de la tabla 14, el valor p de la prueba de Pearson es 0,600, superior a 0,05, por lo que NO RECHAZAMOS la hipótesis nula y concluimos que la cantidad de piezas con defectos, NO DEPENDE del tipo de material por proveedor.

9.2 Pruebas Tiempos Muertos

9.2.1 Causa: Antigüedad de la Máquina

- Planteamiento de las Hipótesis.

Ho: La dispersión de los tiempos muertos por paradas mecánicas en el proceso de producción NO depende de la antigüedad de la máquina.

Ha: La dispersión de los tiempos muertos por paradas mecánicas en el proceso de producción SI depende de la antigüedad de la máquina.

- **Recopilación de los Datos.**

El proceso de recopilación de los datos fue realizado por el personal de Calidad utilizando piezas inspeccionadas en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille* para el periodo julio-diciembre de 2017. A continuación presentamos un resumen de los datos correspondientes al total de paradas por día debido a causas mecánicas, según el modelo de la máquina:

	TMCE-112	TMCE-G612		TMCE-112	TMCE-G612		TMCE-112	TMCE-G612
1	40	0	33	862	0	65	90	50
2	1170	0	34	750	0	66	760	10
3	791	75	35	0	90	67	852	555
4	57	25	36	0	210	68	370	0
5	831	55	37	0	255	69	139	125
6	80	15	38	1113	0	70	283	35
7	260	745	39	285	0	71	207	549
8	106	5	40	1398	0	72	70	75
9	0	25	41	1080	0	73	171	68
10	105	100	42	225	0	74	17	0
11	190	0	43	1710	0	75	581	0
12	93	35	44	110	0	76	212	70
13	227	594	45	0	229	77	133	35
14	221	73	46	630	110	78	154	75
15	0	42	47	2340	495	79	85	600
16	570	0	48	2292	0	80	0	20
17	0	11	49	21	0	81	189	25
18	130	0	50	1340	10	82	1539	0
19	285	35	51	1170	0	83	480	25
20	54	75	52	1150	0	84	30	0
21	100	0	53	1160	0	85	90	65
22	0	20	54	1215	30	86	760	10
23	85	0	55	570	570	87	852	90
24	0	480	56	45	0	88	330	465
25	90	145	57	540	0	89	913	0
26	90	0	58	1160	0	90	155	0
27	1548	0	59	1785	0	91	1398	0
28	0	25	60	570	570	92	1260	0
29	510	0	61	90	625	93	135	0
30	90	15	62	1638	0	94	1620	0
31	0	50	63	480	25	95	510	50
32	0	10	64	30	15	96	510	50

Tabla 15. Datos de Piezas Inspeccionadas por Día según la Máquina. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

Según la sumatoria de los datos que se muestran en la Tabla 15, para el modelo TMCE-112 (año fabricación: 1988) el tiempo total de paradas es de 48,377 minutos, mientras que para el modelo TMCE-G612 (año fabricación: 1995) es de 8,936 minutos.

- **Resultados de la Prueba de Igualdad de Varianzas.**

Para confirmar si la dispersión de los tiempos muertos por paradas mecánicas en el proceso de producción tiene relación con la antigüedad de la máquina, realizamos una prueba de igualdad de varianzas.

Con fines de verificar si los datos obtenidos corresponden a una distribución normal hemos realizado una prueba normalidad según el tipo de máquina, cuyos resultados presentamos a continuación:

Prueba de Normalidad

Planteamiento de las Hipotesis:

Ho: Los datos SI siguen una distribución normal.

Ha: Los datos NO siguen una distribución normal.

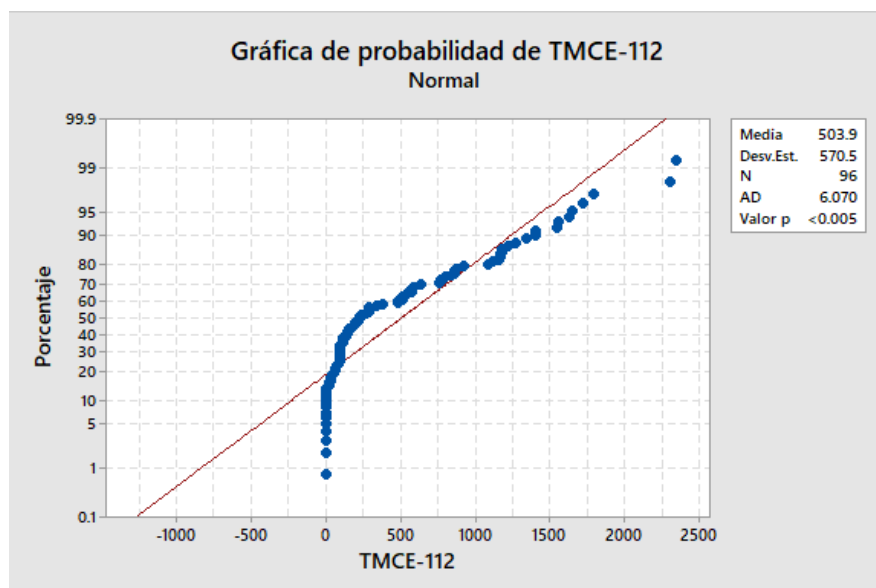


Gráfico 23. Resultados de Prueba de Normalidad de Máquina TMCE-112. Fuente: Minitab 18

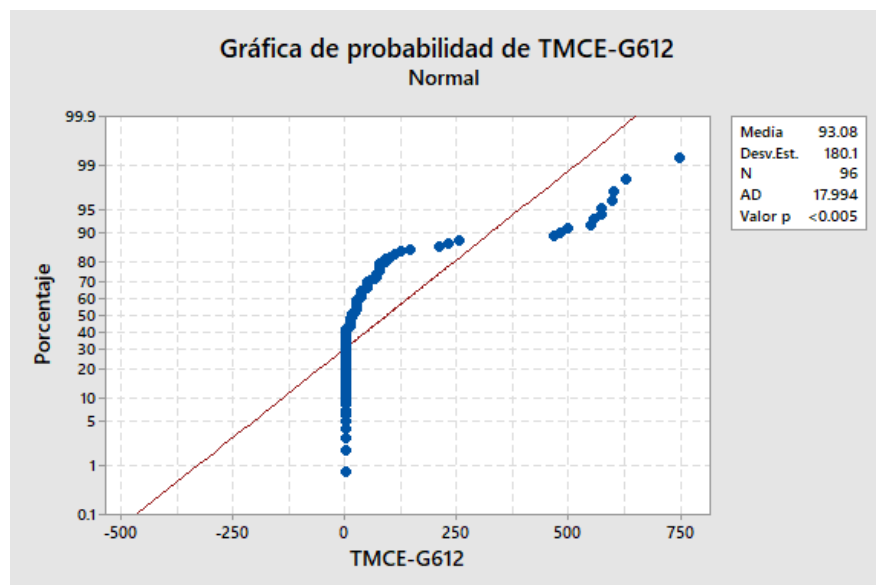


Gráfico 24. Resultados de Prueba de Normalidad de Máquina TMCE-G612. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en las Gráficas 23 y 24, en ambos tipos de máquina, los puntos no se encuentran alineados con la recta de probabilidad. Asimismo, los valores de P mostrados son inferiores a 0,05 (0,005 y 0,005 respectivamente), lo cual nos permite asegurar que los valores contenidos en la Tabla 11 no siguen una distribución normal.

Prueba de Igualdad de Varianzas

Luego de comprobar que los datos no siguen una distribución normal, podemos proceder a realizar la prueba de igualdad de varianzas que presentamos a continuación:

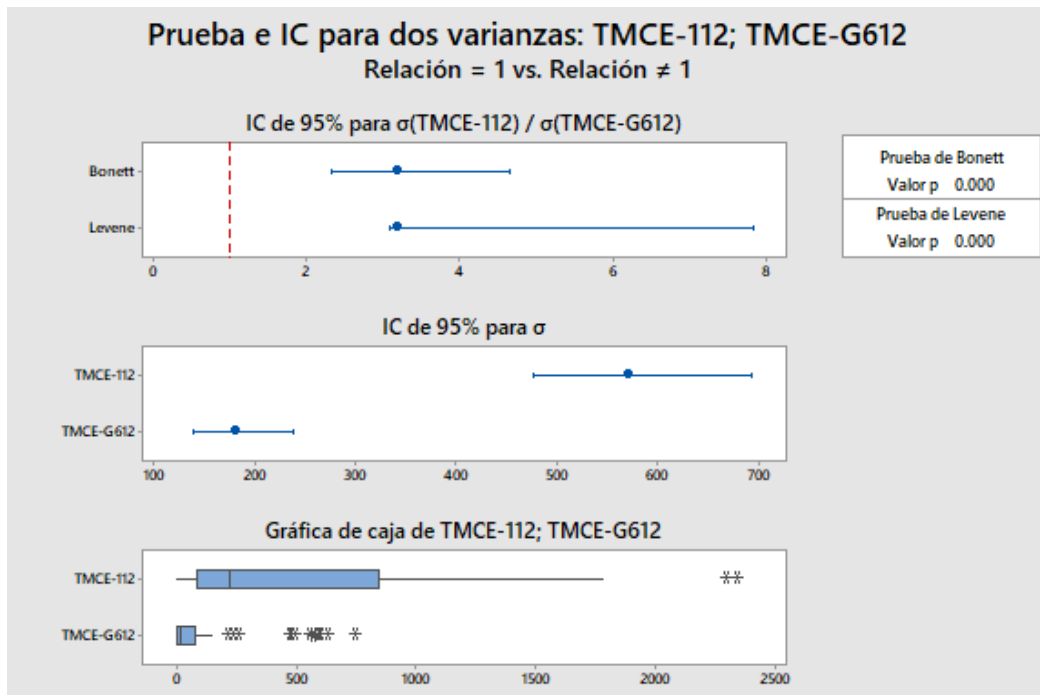


Gráfico 25. Resultado Gráfico Prueba para Dos Varianzas por Tipo de Máquina. Fuente: Minitab 18

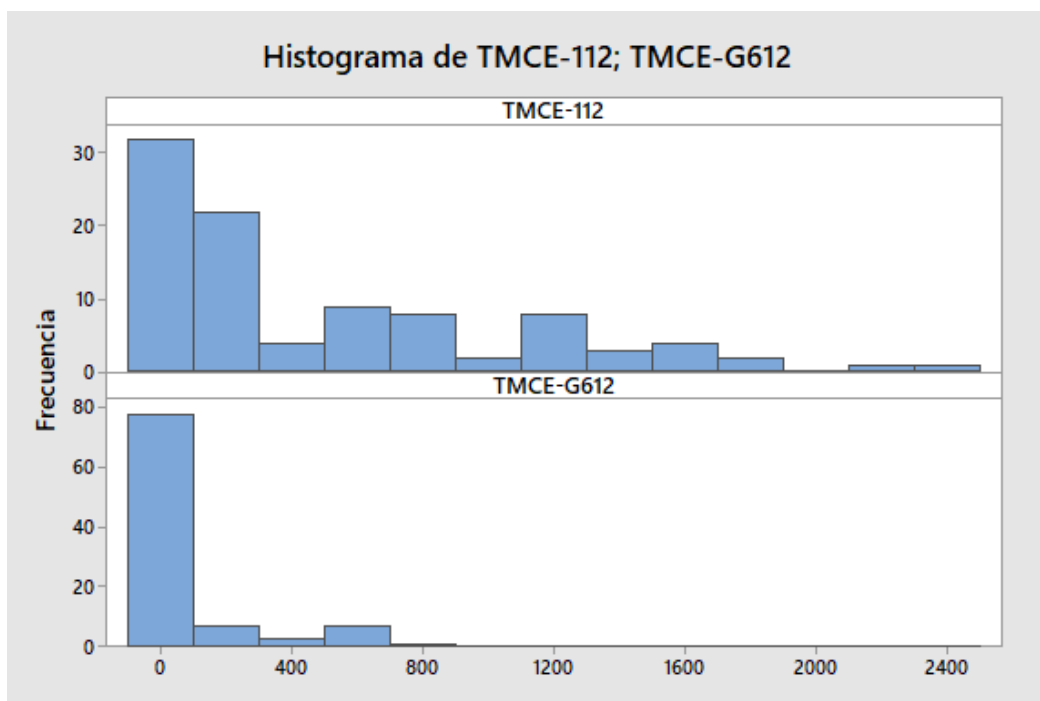


Gráfico 26. Histograma por Tipo de Máquina. Fuente: Minitab 18

Prueba e IC para dos varianzas: TMCE-112; TMCE-G612

Método

σ_1 : desviación estándar de TMCE-112

σ_2 : desviación estándar de TMCE-G612

Relación: σ_1/σ_2

Los métodos de Bonett y Levene son válidos para cualquier distribución continua.

Estadísticas descriptivas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza	IC de 95% para σ
TMCE-112	96	570.479	325446.826	(478.007; 695.031)
TMCE-G612	96	180.118	32442.351	(138.577; 238.990)

Relación de desviaciones estándar

Relación estimada	IC de 95% para la relación usando Bonett	IC de 95% para la relación usando Levene
3.16726	(2.333; 4.662)	(3.098; 7.859)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$

Hipótesis alterna $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Método	Estadística			Valor p
	de prueba	GL1	GL2	
Bonett	40.31	1		0.000
Levene	42.99	1	190	0.000

Prueba e IC para dos varianzas: TMCE-112; TMCE-G612

Tabla 16. Resultados Prueba de Igualdad de Varianza por Tipo de Máquina. Fuente: Minitab 18

De acuerdo a los resultados mostrados anteriormente, la estimación de la relación de las desviaciones estándar de los tiempos muertos es de 3.16726. Al utilizar el metodo de Leven, la relación de las desviaciones estandar está entre los valores 3.098 y 7.859.

En la comprobación de las hipótesis, observamos que ambos valores de p son 0,000, inferiores a 0.05, lo que nos indica que debemos rechazar la hipótesis nula y confirmar que las dos varianzas, o desviaciones estándar, son diferentes.

De forma gráfica se resalta la existencia de intervalos de confianza que no se solapan entre sí, así como una mayor dispersión de datos en los tiempos pertenecientes al modelo TMCE-112.

En cuanto al gráfico de cajas, se observan “cajas” con tamaños diferentes y cuyos datos son asimétricos hacia la derecha con valores atípicos. De igual forma, los histogramas nos muestran datos de tiempos muertos asimétricos hacia la derecha.

Para ambos modelos de máquina podemos observar que los tiempos muertos más bajos son aquellos con una mayor frecuencia y solo unos pocos son los más altos.

Por lo tanto, basados en la evidencia provista en el análisis podemos afirmar que la dispersión de los tiempos muertos por paradas mecánicas en el proceso de producción depende de la antigüedad de la máquina.

9.2.2 Causa: Nivel de Experiencia

- **Planteamiento de las Hipótesis.**

Ho: El promedio de tiempos muertos en el proceso de producción NO depende de la experiencia del operador.

Ha: El promedio de tiempos muertos en el proceso de producción SI depende de la experiencia del operador.

- **Recopilación de los Datos.**

El proceso de recopilación de datos fue realizado por el personal de Calidad y tabulados de acuerdo a los años de experiencia del operador. A continuación presentamos un resumen de los datos correspondientes al total de tiempos muertos por día para el periodo julio-diciembre de 2017 en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*:

	Menos de 5 años	Más de 5 años		Menos de 5 años	Más de 5 años		Menos de 5 años	Más de 5 años
1	0	40	38	0	300	75	740	943
2	0	570	39	0	50	76	0	770
3	0	20	40	0	654	77	0	715
4	0	10	41	0	120	78	0	650
5	0	1170	42	10	90	79	10	1249
6	0	10	43	25	862	80	520	1537
7	0	38	44	0	880	81	0	660
8	0	28	45	0	90	82	15	819
9	813	63	46	460	0	83	225	148
10	44	48	47	0	210	84	425	766
11	133	763	48	0	255	85	110	140
12	68	27	49	818	620	86	224	210
13	843	205	50	47	990	87	30	1446
14	61	60	51	2418	1435	88	225	2001
15	15	10	52	0	1190	89	0	456
16	0	775	53	0	410	90	35	473
17	175	55	54	105	2140	91	279	775
18	50	93	55	0	1057	92	40	2159
19	455	851	56	0	2224	93	20	0
20	279	85	57	0	1683	94	25	272
21	42	205	58	0	1740	95	740	829
22	0	282	59	110	785	96	0	710
23	30	0	60	495	2580	97	0	700
24	225	1692	61	0	3069	98	0	885
25	11	1465	62	0	81	99	10	1089
26	70	120	63	10	1599	100	485	1072
27	62	667	64	0	1200	101	35	1085
28	129	115	65	0	1822	102	830	660
29	150	90	66	0	1310	103	0	330
30	20	1995	67	45	1595	104	0	1435
31	0	174	68	0	1415	105	1020	1398
32	0	480	69	0	45	106	0	1400
33	65	208	70	0	602	107	105	290
34	0	135	71	0	1350	108	0	2050
35	740	838	72	45	2135	109	50	2753
36	0	35	73	0	1415	110	50	2753
37	0	1375	74	65	718			

Tabla 17. Datos, Tiempos Muertos por Día Según Nivel de Experiencia. Fuente: Datos Históricos SPI. Julio-Diciembre 2017

Según la sumatoria de los datos que se muestran en la Tabla 17, para los operadores con menos de 5 años de experiencia las paradas totalizan 15,381 minutos, mientras que para operadores con más de 5 años de experiencia totalizan 89,146 minutos.

- **Resultados de la Prueba T de Dos Muestras.**

Para confirmar si el promedio de los tiempos muertos en el proceso de producción tiene relación con la experiencia del operador, vamos a realizar una prueba T- de dos muestras.

Con fines de verificar si los datos obtenidos corresponden a una distribución normal, hemos realizado una prueba normalidad según el nivel de experiencia, cuyos resultados presentamos a continuación:

Prueba de Normalidad

Planteamiento de Hipotesis:

Ho: Los datos siguen una distribución normal.

Ha: Los datos NO siguen una distribución normal.

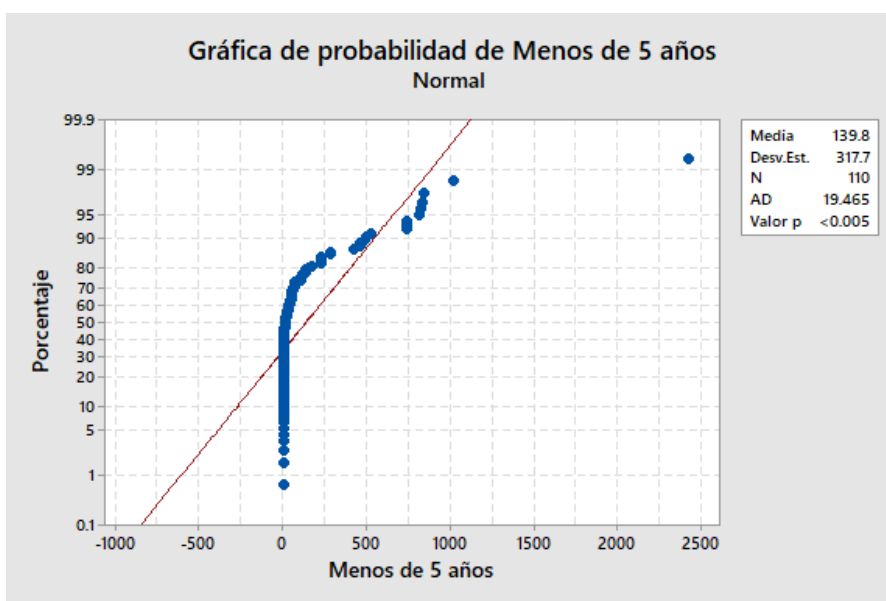


Gráfico 27. Resultados de Prueba de Normalidad Datos Operarios con Menos de 5 Años. Fuente: Minitab 18

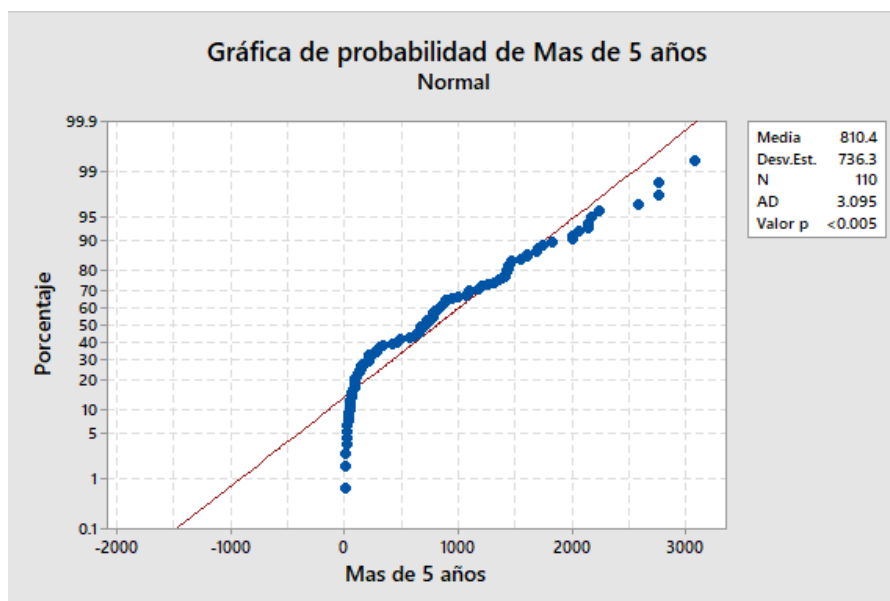


Gráfico 28. Resultados de Prueba de Normalidad Datos Operarios con Más de 5 Años. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en las Gráficas 7 y 8, según el nivel de experiencia, los puntos no se encuentran alineados con la recta de probabilidad. Asimismo, los valores de P mostrados son inferiores a 0,05 (0,005 y 0,005 respectivamente), lo cual nos permite asegurar que los valores contenidos en la Tabla 13 no siguen una distribución normal.

Prueba de Igualdad de Varianzas.

Planteamiento de Hipotesis:

Ho: Las varianzas son iguales.

Ha: Las varianzas NO son iguales.

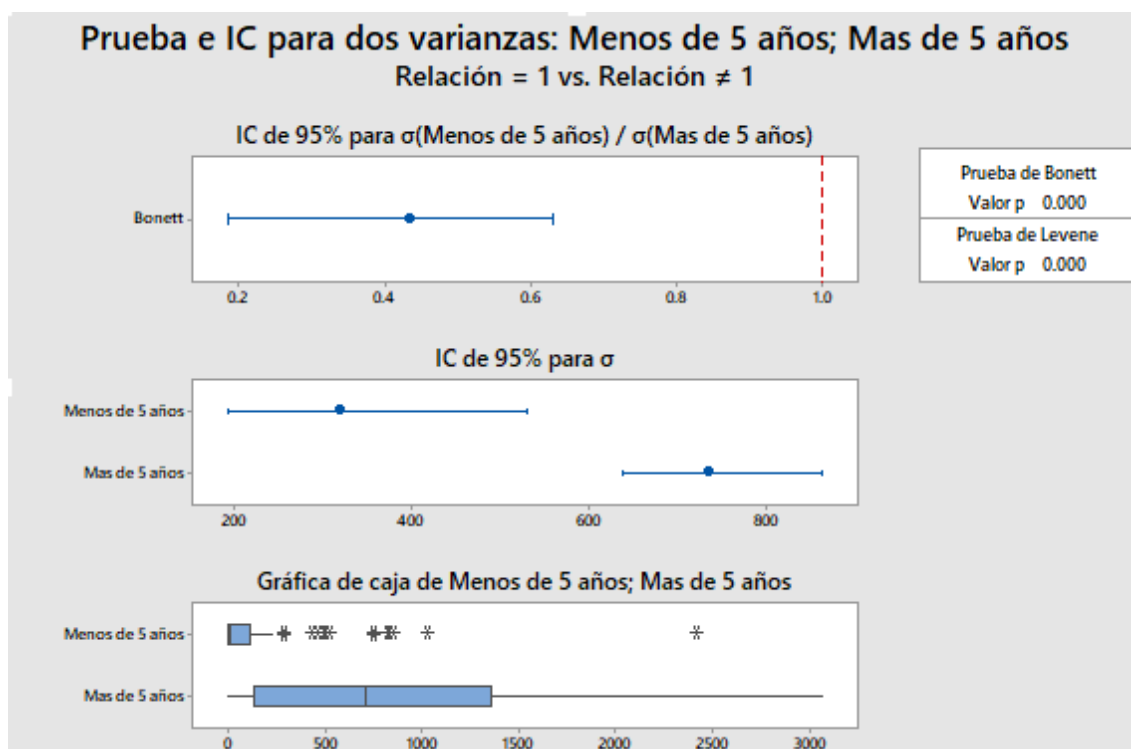


Gráfico 29. Resultados Gráfico de Prueba de Igualdad de Varianza por Nivel de Experiencia. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en la Gráfica 29, el valor de P es 0,000, inferior a 0,05, lo que nos indica que las dos varianzas, o desviaciones estándar, son diferentes.

Prueba T de Dos Muestras

Luego de comprobar que los datos no siguen una distribución normal y que las varianzas son diferentes, podemos proceder a realizar la prueba T de Dos Muestras cuyos resultados presentamos a continuación:

Prueba T e IC de dos muestras: Menos de 5 años; Mas de 5 años

Método

μ_1 : media de Menos de 5 años

μ_2 : media de Mas de 5 años

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Menos de 5 años	110	140	318	30
Mas de 5 años	110	810	736	70

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-670.6	(-821.7; -519.5)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-8.77	148	0.000

Tabla 18. Resultados de Prueba de T de Dos Muestras por Nivel de Experiencia. Fuente: Minitab 18

Como podemos observar en el Tabla 18, la media de tiempos muertos para los operadores de más de 5 años de experiencia es significativamente mayor que la de los operadores con menos de 5 años. En cuanto a la estimación de la diferencia en las medias de las poblaciones, observamos un valor de -670.6 y que la media de las poblaciones está entre -821.7 y -519.5.

Cabe destacar que el intervalo de confianza para la diferencia de las medias no incluye el valor de “cero” contenido en la hipótesis nula, por lo tanto las medias no son iguales. De igual forma, el valor de p de la prueba es menor a 0,05 por lo que rechazamos la hipótesis nula y podemos afirmar que el promedio de los tiempos muertos en el proceso de producción depende del nivel de experiencia del operador.

Consideraciones Finales de la Identificación de Causas

Después de verificar con datos las causas seleccionadas, se han identificado como causas raíz:

- La antigüedad de la máquina.
- El nivel de experiencia del personal.
- La sobrecarga de trabajo.

Esto, debido a que muestran un mayor impacto sobre los defectos de calidad y los tiempos muertos.

X. OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS

En la etapa de optimización serán seleccionadas y desarrolladas soluciones que aborden las causas raíces que comprobamos influyen en las principales problemáticas del proceso de fabricación de piezas en *Chenille* de la empresa SPI, que fueron descritas en la fase de medir y que corresponden a: **Defectos de Calidad y Tiempos Muertos**.

Durante el desarrollo del plan de mejora y control se efectuarán los siguientes pasos:

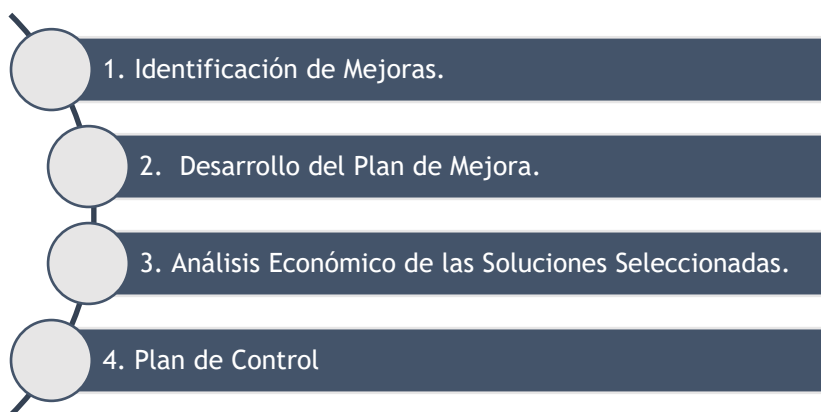


Gráfico 30. Esquema de la Etapa de Optimización. Fuente: Elaboración propia.

10.1 Identificación de Mejoras

Con fines de identificar las posibles soluciones a las dos principales causas que dan origen al problema y que corresponden a: antigüedad de la máquina y nivel de experiencia del personal, debido a que la Alta Gerencia de SPI decidió abordar inicialmente las causas más representativas y afrontar la sobrecarga de trabajo en una segunda fase de mejora, se efectuó una lluvia de ideas que presentamos a continuación:

Resultados Lluvia de Ideas	
Causas	Posibles Soluciones
Antigüedad de la Máquina	1. Diseñar e implementar un programa de mantenimiento autónomo, conjuntamente a una pizarra Kamishibai como sistema de gestión visual estructurado, que le permita a los responsables del proceso realizar un seguimiento a las actividades definidas para la limpieza, lubricación, engrasado e inspección de las máquinas.
	2. Definir e implementar un programa de Mantenimiento Preventivo para las máquinas.
	3. Implementar la metodología 5S para mejorar el ambiente de trabajo y la calidad, incrementar la eficiencia y reducir los desperdicios y actividades que no agregan valor, así como una pizarra que permita realizar un seguimiento gráfico de las actividades.

Resultados Lluvia de Ideas	
Causas	Posibles Soluciones
	4. Diseñar una metodología de Gestión Visual basada en el concepto de Luces Andon que permita tener un aviso al instante, visible o audible, de cualquier anomalía en las máquinas.
	5. Desarrollar la herramienta <i>Standard Work Instruction Sheets</i> con fines de estandarizar los procesos relacionados al uso de las máquinas, así como tener una guía para los entrenamientos al personal.
	6. Realizar un proyecto de sustitución de las máquinas utilizadas en el proceso de fabricación de piezas en <i>Chenille</i> .
	7. Desarrollar entrenamientos para los operadores, acerca del sistema de funcionamiento de la nueva maquinaria.
	8. Realizar un Diagrama de Gantt para la planificación de la implantación de las acciones definidas.
Nivel de Experiencia del Personal	9. Diseñar una matriz de habilidades para la gestión del potencial humano que permita desarrollar planes de entrenamientos efectivos.
	10. Desarrollar la herramienta <i>Standard Work Instruction Sheets</i> con fines de estandarizar los procesos y tener una guía para los entrenamientos al personal.
	11. Desarrollar habilidades en el personal a través de entrenamientos utilizando la metodología <i>Training Within Industry (TWI)</i> .
	12. Realizar un Diagrama de Gantt para la planificación de la implantación de las acciones definidas.

Tabla 19. Resultados Lluvia de Ideas. Fuente: Elaboración propia.

10.2 Desarrollo de Mejoras

10.2.1 Programa de Mantenimiento Autónomo y Kamishibai

El Mantenimiento Autónomo es una herramienta de mejora continua donde se requiere que cada Operador contribuya en la realización del mantenimiento de la maquinaria asignada, por lo que las actividades de cuidado básico se deben asumir como parte de las tareas productivas. Básicamente se busca instruir a los Operadores para que sean capaces de mantener el buen estado de sus máquinas a través de limpieza diaria y sopleteo, lubricación básica, reporte de fallas y/o cualquier otra tarea de mantenimiento liviano.

Con fines de desarrollar en el Operador las habilidades de detectar a tiempo cualquier tipo de fallo que se pueda presentar en los equipos asignados y así evitar la presencia de averías que afecten sus niveles de producción y calidad, a continuación presentamos el desglose de actividades diarias, que deben ser realizadas al inicio de cada turno de trabajo:

1. Sopleteo de máquina.

- Aplicar aire a presión a niples, barras de agujas, guía hilos y loopers.
 - i. Apagar la máquina.
 - ii. Tomar la manguera de aire.
 - iii. Sopletear la barra de la aguja, luego los niples y finalmente la caja de loopers, cuidando que los hilos no se enreden.
 - iv. Colocar la manguera de aire en su lugar.

2. Limpiar la superficie externa de la máquina.

- Limpiar toda la superficie exterior (superior e inferior) con un paño suave y limpio humedecido con una mezcla de desgrasante y agua, sin permitir que entre agua o cualquier otro líquido a la máquina ni en ninguna de las superficies mecánicas de trabajo.
 - i. Tomar un lienzo y el atomizador con químico.
 - ii. Humedecer el lienzo con la mezcla y pasar en las cabezas de la máquina y el pantógrafo.
 - iii. Limpiar con una escoba el piso de la parte trasera de la máquina.
 - iv. Eliminar cualquier desperdicio o residuo que se encuentre en el área.

3. Lubricar barras de agujas, engranajes o piñones y ejes.

- Colocar la boquilla de la aceitera en cada una de las vías de acceso de los puntos de lubricación y dejar caer una gota de aceite de máquina de coser (viscosidad equivalente a VG20).
 - i. Obtener aceitera.
 - ii. Colocar el canalito en el punto rojo de la barra de aguja y lubricar.
 - iii. Lubricar la parte inferior de la barra de la aguja.

4. Limpieza y organización general del área de trabajo.

- Despejar el área de cualquier tipo de desorden y asegurar la correcta localización de las herramientas y materiales, así como el adecuado suministro de sus cantidades.

Pizarra Kamishibai

El seguimiento a la realización de las tareas de Mantenimiento Autónomo se efectuará mediante la implementación de un sistema de tarjetas "T" colocadas en una pizarra Kamishibai, las tarjetas tendrán dos caras, una color verde y otra color rojo.

La tarjeta de color rojo significa que los procedimientos básicos de mantenimiento autónomo no se han realizado, en cambio, la tarjeta de color verde representa que la máquina está lista para ser utilizada y que todas las tareas fueron completadas y supervisadas correctamente. A continuación presentamos el modelo de la pizarra:

KAMISHIBAI BOARD										
	TURNO 1					TURNO 2				
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
MAQ. # 1										
MAQ. # 2										
MAQ. # 3										
MAQ. # 4										
MAQ. # 5										
MAQ. # 6										
MAQ. # 7										
MAQ. # 8										
MAQ. # 9										
MAQ. # 10										
MAQ. # 11										
MAQ. # 12										
MAQ. # 13										
MAQ. # 14										
MAQ. # 15										
MAQ. # 16										
MAQ. # 17										
MAQ. # 18										
MAQ. # 19										
MAQ. # 20										
MAQ. # 21										
MAQ. # 22										
MAQ. # 23										
MAQ. # 24										

RESPONSABLE: _____
 SEMANA DEL: ____/____/____

Figura 3. Modelo Pizarra Kamishibai. Fuente: Elaboración propia.

Instrucciones de Uso de la Pizarra Kamishibai:

1. Llegar al puesto de trabajo.
2. Asegurarse de que las tarjetas tienen el lado rojo al frente y no están firmadas.
3. Realizar todas las funciones descritas en la tarjeta siguiendo el orden especificado, antes de iniciar la jornada.
4. Firmar la tarjeta y colocar la cara verde hacia el frente como constancia de haber completado las actividades

Es responsabilidad conjunta del Supervisor de Producción y del Mecánico asegurar que las tareas se estén realizando de la forma correcta, por lo que, una vez completadas las actividades deberán colocar su firma en el recuadro correspondiente.

Así mismo, al final de cada turno de trabajo se deberán borrar las firmas del ejecutor y colocar las tarjetas en la posición inicial, cara roja de frente, esto como señal de que la actividad está pendiente para el siguiente día.

10.2.2 Programa de Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo es una herramienta de mejora continua que tiene como objetivo mantener un nivel de servicio constante en la maquinaria, programando intervenciones en sus puntos sensitivos; el mismo es de carácter sistemático, es decir, se interviene el equipo, aunque no haya dado indicio de tener un problema. Con estas actividades se busca evitar que las fallas aumenten y extender la vida útil de la maquinaria.

Antes de iniciar cualquier tipo de actividad de mantenimiento, es necesario retirar las placas protectoras de las cabezas y de las agujas removiendo los tornillos sujetadores, de forma que todas las partes queden expuestas y de fácil acceso.

Las tareas del mantenimiento preventivo serán realizadas por el personal de mecánica y estarán basadas en las actividades de limpieza, lubricación, engrasado e inspección del estado de las bandas, partes sensitivas y conexiones eléctricas de la máquina.

a. Limpieza y sopleteo de máquina.

Frecuencia: Quincenal.

Al momento de iniciar el proceso de limpieza, es necesario asegurarse que la máquina esté apagada para evitar cualquier accidente.

▪ **Superficies exteriores.**

- Limpiar toda la superficie exterior (superior e inferior) con un paño suave y limpio humedecido con una mezcla de desgrasante y agua, sin permitir que entre agua o cualquier otro líquido en la máquina ni en ninguna de las superficies mecánicas de trabajo.

Nota: Si se produce un derrame casual, se deberá apagar la máquina y desenchufarla para absorber el exceso de líquido con un paño limpio y seco. Luego, dejar que la máquina se seque completamente antes de volver a encenderla.

▪ **Cabezas, barras de agujas, rieles de movimientos y tensores.**

- Limpiar el área expuesta (cabezas, barras de agujas, rieles de movimiento y tensores) con una brocha o bien utilizando aire comprimido para eliminar la suciedad y la pelusa acumulada por la hilaza. Se deberá proceder a sopletear toda la superficie de cada cabeza, así como también cada barra de aguja y tensor inferior de forma individual, hasta que la suciedad sea eliminada por completo.

▪ **Controlador.**

- Limpiar toda el área del controlador con aire comprimido, repasando cada tecla y ranura de forma individual hasta eliminar toda la suciedad acumulada.
- Limpiar la superficie trasera de la caja con un paño suave, humedecido con una mezcla de desgrasante y agua.

b. Lubricación

Frecuencia: Quincenal.

Antes de efectuar cualquier tipo de lubricación en la máquina, es necesario que la superficie de la misma esté libre de cualquier objeto y apagada.

Para ejecutar la lubricación, es necesario utilizar una aceitera y aceite de máquina de coser con una viscosidad equivalente a VG20. El proceso de lubricación se realizará colocando la boquilla de la aceitera en cada una de las vías de acceso de los puntos de lubricación y dejando caer dos gotas de aceite.

Puntos de lubricación	Vía de acceso
Barra de agujas	Cubierta frontal
Eje impulsor de la barra de agujas	Agujeros en guía de la palanca (ambos lados)
Reciprocador	Agujero en la cubierta frontal
Biela de conexión	
Eje impulsor de la barra de agujas	Agujero en barra guía (ambos lados)
Leva de cambio de color	Pasador en la parte superior
Riel de movimiento	Ranura de transporte del pantógrafo
Árbol de transmisión del bastidor	Agujeros en rodillos guía (ambos lados)

Tabla 20. Puntos de Lubricación de la Máquina. Fuente: Elaboración propia.

c. Engrasado

Frecuencia: Semestral.

Antes de efectuar cualquier tipo de engrasado de la máquina es necesario que la superficie de la misma esté libre de cualquier objeto y apagada. El engrasado se realizará cada 6 meses, utilizando la siguiente combinación de productos:

Fabricante	Nombre del producto	Base de aceite	Espesante
Nippon Grease Co., Ltd.	KING STAR EP NO.2: 400G	Aceite mineral refinado (cerca del 75%)	Lithium soap (cerca del 15%)
	NIG LUBE PG: 300ML	Aceite sintético olefínico	Lithium soap
	NIG ACE U-2: 400G	Aceite mineral refinado (cerca del 85%)	Urea (cerca del 10%)

Tabla 21. Combinación de Productos para el Engrasado de la Máquina. Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de engrase en las máquinas, el tipo de grasa y el método a utilizar para los fines, se especifican a continuación:

Punto de engrase	Grasa a utilizar	Método a utilizar
CAM	KING STAR EP NO.2: 400G	Engrasar todo el engranaje
Rodillo de la palanca de los guía-hilos	NIG LUBE PG: 300ML	Deslizar la caja de barras de agujas a la dirección de la última aguja y engrasar
Sinfín de la leva	NIG LUBE PG: 300ML	Engrase por orificio de la cubierta frontal izquierda
Leva	NIG LUBE PG: 300ML	Engrasar por el orificio de la cubierta frontal
Reciprocador	NIG LUBE PG: 300ML	Deslizar la caja de barras de agujas a la dirección de la última aguja y engrasar
Soporte del eje de leva	NIG ACE U-2: 400G	Engrasar con una jeringa toda la superficie del soporte
Placa de metal del riel de movimiento	KING STAR EP NO.2: 400G	Engrasar las placas de metal en ambos lados

Tabla 22. Puntos de Engrase de la Máquina. Fuente: Elaboración propia.

d. Inspección.

Frecuencia: Trimestral.

Antes de efectuar cualquier tipo de inspección a la máquina es necesario apagar la alimentación principal y esperar al menos 5 minutos para asegurarse de que todos los circuitos están libres de voltaje.

Puntos de inspección	Puntos a evaluar
Cada banda de la unidad del sistema del eje principal	Tensión de la banda, grado de desgaste, existencia de grietas
Cada banda del sistema de los ejes X/Y	Tensión de la banda, grado de desgaste, existencia de grietas
Rotación, sección de recorridos	Grado de desgaste

Tabla 23. Puntos de Inspección de la Máquina. Fuente: Elaboración propia.

En caso de que la máquina o alguna de las partes evaluadas en el proceso de inspección muestre alguna no conformidad, será necesario documentarlo utilizando el formulario “Hoja de Hallazgo de Inspección CAD” (ver anexos) y proceder a la reparación o sustitución utilizando piezas de reemplazo con las especificaciones de lugar. Bajo ninguna circunstancia se modificarán las piezas sin la debida consulta con técnicos o mecánicos especializados, esto para no comprometer la seguridad operacional del equipo.

10.2.3 Standard Work Instruction Sheets

A continuación, presentamos las instrucciones de trabajo desarrolladas con fines de estandarizar los procesos y tener una guía para los entrenamientos al personal, utilizando la metodología *Training Within Industry (TWI)*:

Pasos de la Operación	Puntos Claves	Razones
1. Leer la Orden.	1. Asegurarse que la orden sea <i>Factory Work Order</i> .	Asegura que estemos trabajando con las órdenes correspondientes al proceso de producción de <i>Chenille</i> .
	2. Confirmar que la orden especifique si es <i>Cut File</i> o <i>Die Cut</i> .	Indica el tipo de producto que se va a trabajar, así como los materiales que serán utilizados.
	3. Verificar el número de la orden y la fecha de despacho.	Asegura que estamos trabajando de acuerdo al programa de producción.
	4. Identificar en línea el tipo de letra, size, estilo, patrón, cantidad de felpas y total piezas.	Asegura que se está trabajando según los requerimientos del cliente.
2. Seleccionar base de datos.	1. Entrar a la base de datos de CAD.	Asegura la apertura de las carpetas que contienen los diseños según el producto.
	2. Según el producto, se selecciona la carpeta que corresponde.	Asegura la selección del archivo correspondiente a las especificaciones listadas en la orden.
	3. Presionar el botón " <i>SEARCH</i> " en la pestaña de la librería.	Asegura la búsqueda del diseño dentro de la carpeta para iniciar el trabajo de <i>Chenille</i> .
	4. Colocar entre asteriscos ("*") el número de patrón especificado en la orden.	Limita la búsqueda al archivo que contenga el nombre específico bajo el cual se guardó el diseño.
	5. Después de colocar la información correspondiente, pulsar el botón " <i>OK</i> ".	Abre el archivo especificado para el trabajo.
3. Seleccionar archivo a trabajar.	1. Elegir el archivo con el nombre especificado en la orden.	Garantiza la selección del archivo que cumple con los requerimientos del cliente.
	2. Observar y comparar las especificaciones del patrón descritas en la orden con lo que se observa en pantalla.	Garantiza que no existen discrepancias entre el diseño realizado y los requerimientos en la orden.
	3. Pulsar el botón " <i>SEND</i> " para confirmar la información que se quiere enviar a la máquina.	Transfiere el diseño al software de la máquina para iniciar el trabajo.
4. Seleccionar máquina a trabajar.	1. Elegir máquina donde se requiere enviar el trabajo.	Asegura que el diseño sea enviado a la máquina que maneja el operador.
	2. Pulsar el botón " <i>SEND</i> " para confirmar la información que se quiere enviar a la máquina.	Transfiere el diseño al software de la máquina para iniciar el trabajo.
	3. Colocar los parámetros de trabajo en el panel de control.	Asegura la configuración correcta de acuerdo a las especificaciones de calidad esperadas en términos de altura, cantidad de colores y velocidad de bordado.

Pasos de la Operación	Puntos Claves	Razones
5. Preparar materiales y accionar máquina.	1. Seleccionar el estabilizador correspondiente (<i>Chenille Film</i> o <i>Buckram</i>).	Brinda consistencia al <i>Chenille</i> .
	2. Colocar estabilizador sobre el pantógrafo de la máquina.	
	3. Hacer marco del diseño.	Sirve de guía para la colocación de la pieza de felpa cortada.
	4. Colocar adhesivo al diseño a trabajar.	Fija letra sobre el estabilizador para evitar movimientos por la máquina.
	5. Colocar diseño sobre marco realizado en el estabilizador.	Sujeta la pieza cortada dentro del marco y garantiza que todo el borde tenga una distancia uniforme.
	6. Mover palanca para accionar máquina.	Inicia el proceso de bordado.

Tabla 24. Standard Work Instruction Sheets. Fuente: Elaboración propia.

10.2.4 Metodología 5S

Con el objetivo de lograr un espacio organizado y limpio, un flujo de trabajo eficiente y una cultura de calidad en el trabajo, se estará implementando en el área de fabricación de piezas en *Chenille* un programa de 5S que estará liderado por el equipo interno definido para este Proyecto.

La técnica de las 5S es una práctica de calidad referida al mantenimiento integral de la empresa, no solo de la maquinaria, equipo e infraestructura sino del entorno de trabajo. Bajo la implementación de esta metodología se persigue cambiar la forma de trabajo actual y crear una cultura y modo de vida más disciplinado entre los empleados, logrando mejorar la calidad de los trabajos, la eficiencia de los procesos y la productividad de la empresa.

El proceso de implementación deberá iniciar con una sesión educativa, con la finalidad de introducir los nuevos conceptos, así como también las ventajas de la técnica.

Cada semana el área trabajará en la implementación de solo una de las S y al finalizar cada semana, se realizará una auditoría con personal externo, en donde se evaluará los resultados de la implementación. El área contará con un asesor 5S o padrino, que será de utilidad para aclarar conocimientos, sugerir un plan de acción y gestionar herramientas/recursos que ayuden a mejorar.

Una vez terminada la fase de implementación, serán realizadas auditorías de 5S con una frecuencia mensual y siguiendo los lineamientos definidos a continuación, en donde cada punto se calificará en función de los hallazgos encontrados, siendo 0 la puntuación más baja y 4 la calificación más alta (Para más detalles ver en la sección de anexos el formato de inspección de auditoría).

- **1S. Clasificar / Seiri.**
 - ¿Están disponibles en el área sólo herramientas, materiales y objetos necesarios?
 - ¿Son apropiadas las cantidades de materiales y suministros en el área?
 - ¿Existen artículos innecesarios en las paredes, pizarras, etc.?
 - ¿Existe algún artículo con tarjeta roja de más de 3 semanas?
 - ¿Las pertenencias personales están guardadas apropiadamente?

- **2S. Ordenar / Seiton.**
 - ¿Están los pasillos y las estaciones de trabajo claramente identificados?
 - ¿Se guardan las herramientas y otros materiales en su lugar designado?
 - ¿Están todos los inventarios y materiales en proceso en su lugar correcto?
 - ¿Están los suministros y equipos claramente marcados?
 - ¿Son retirados los artículos después de su uso?

- **3S. Limpieza / Seiso.**
 - ¿Están los materiales de limpieza fácilmente accesibles?
 - ¿Se mantienen los equipos limpios y libres de polvo, basura, aceite y grasa?
 - ¿Están los pisos, paredes y superficies libre de polvo, basura, aceite y grasa?
 - ¿Lucen bien las señales, marcas en los pisos y otros controles visuales?
 - ¿Están los zafacones disponibles y se elimina la basura de los mismos de forma regular?

- **4S. Estandarización / Seiketsu.**
 - ¿Son usados los controles visuales y están actualizados?
 - ¿Participan diariamente todos los empleados en las actividades de 5S?
 - ¿Existen listas de chequeo para todos los trabajos de 5S y están al día?
 - ¿Cuántos artículos en el área de trabajo no pueden ser ubicados en 30secs?
 - ¿Es agradable el ambiente en general? (luces, ventilación, limpieza, orden)

- **5S. Sostener / Shitsuke.**
 - ¿Está manteniendo el área las reglas y disciplinas de 5S?
 - ¿Están todos los asociados y supervisores envueltos en el monitoreo de 5S?
 - ¿Asociados y supervisores discuten ideas para mejorar las 5S?
 - ¿Las auditorías de 5S son revisadas periódicamente por el equipo del área?
 - ¿Las informaciones publicadas están al día?

Los resultados de la implementación de 5S deberán ser publicados en la siguiente pizarra:



Figura 4. Pizarra de Seguimiento Metodología 5S. Fuente: Elaboración propia.

10.2.5 Implementación de Sistema de Luces Andon

Conforme a las oportunidades de mejoras identificadas en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*, se recomienda la implementación de un Sistema de Luces Andon, para la visualización y monitoreo en planta de los indicadores relacionados al proceso de producción, así como también para informar y alertar de forma eficiente eventos que comprometan la continuidad de las operaciones.

La instalación de un Sistema de Luces Andon para los fines relacionados con las fallas de las maquinarias, contribuiría a reducir los tiempos muertos que registra en la actualidad SPI por paradas mecánicas, los cuales se ven incrementados por el tiempo que demoran los Operarios movilizándose para informar al Mecánico sobre la falla ocurrida; considerándose que en ocasiones el este último puede no estar cerca del área de producción.

A continuación, se ilustra, a grandes rasgos, como es en la actualidad el proceso de gestionar la solución ante la ocurrencia de una falla mecánica.



Gráfico 31. Proceso Actual de Gestión de Soluciones a Fallas Mecánicas. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, según los datos registrados de julio a diciembre de 2017, el tiempo de espera contado desde la parada de una máquina hasta la llegada del Mecánico para reparación de la misma, suman un total de 47,135 minutos, correspondientes a 721 paradas, promediando un tiempo de 65.37 minutos.

Para los fines de la implementación del Sistema de Luces Andon en SPI, se propone considerar los siguientes elementos:



Figura 5. Modelo Pantalla de Monitoreo de las Maquinarias. Fuente: www.vorne.com.

- La instalación de una pantalla o panel de monitoreo en el área de producción que informe visualmente sobre el estado de las maquinarias que presentan una avería o que están en proceso de mantenimiento. Este panel pudiera mostrar también el problema que presenta la máquina, a través de la definición y escaneo de códigos por tipos de fallos. Otra utilidad de este tipo de pantallas es la de mostrar los índices de gestión y resultados relativos al proceso de producción.

- Colocación de Torretas para reportar a través de señales luminosas el estado de la maquinaria, las cuales se activarían cuando el Operario, Supervisor o Mecánico pulse en la botonera el botón correspondiente a la condición a reportar. Un ejemplo de la composición y utilidad de las torretas es el siguiente:



- Luz **Roja**: Alertar la falla de una máquina. Al ser presionado el botón del mismo color en el control o botonera por el Operario o Supervisor de Producción, se encendería una alerta visual roja indicando la necesidad de soporte en la estación.
- Luz **Amarilla**: Informar sobre una máquina en mantenimiento. Previo a iniciarse la intervención en la máquina, para fines de mantenimiento (preventivo o correctivo), el Operario o Mecánico activaría esta luz a los fines de reportar sobre dicho estado.

Figura 6. Modelo Torreta de Señales Luminosas. Fuente: www.Amazon.com.



- Uso de *Walkie Talkie* para notificar al personal Mecánico sobre la necesidad de soporte ante una falla mecánica cuando este se encuentre alejado de la planta de producción. En dichos casos, el Supervisor o Ayudante de Mecánica al reconocer la alerta, informarían al Mecánico sobre el evento en planta, a través de los transmisores.

Figura 7. Modelo de Walkie Talkies. Fuente: www.vorne.com.

- Servidor Andon para el almacenamiento e interpretación de datos, que permita el monitoreo y la generación de reportes sobre los eventos ocurridos durante el proceso de producción.

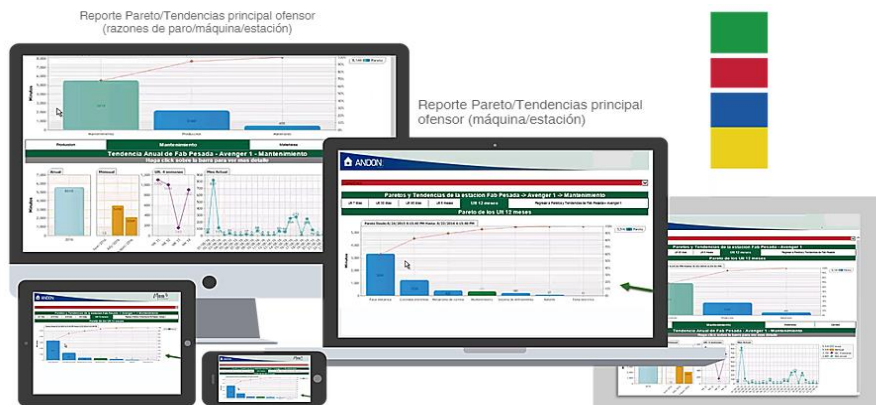


Figura 8. Modelo para el Monitoreo de Eventos. Fuente: www.mesautomation.com.mx.

El siguiente gráfico ilustra, de forma macro como sería el proceso de gestión de eventos con el Sistema de Luces Andon propuesto.

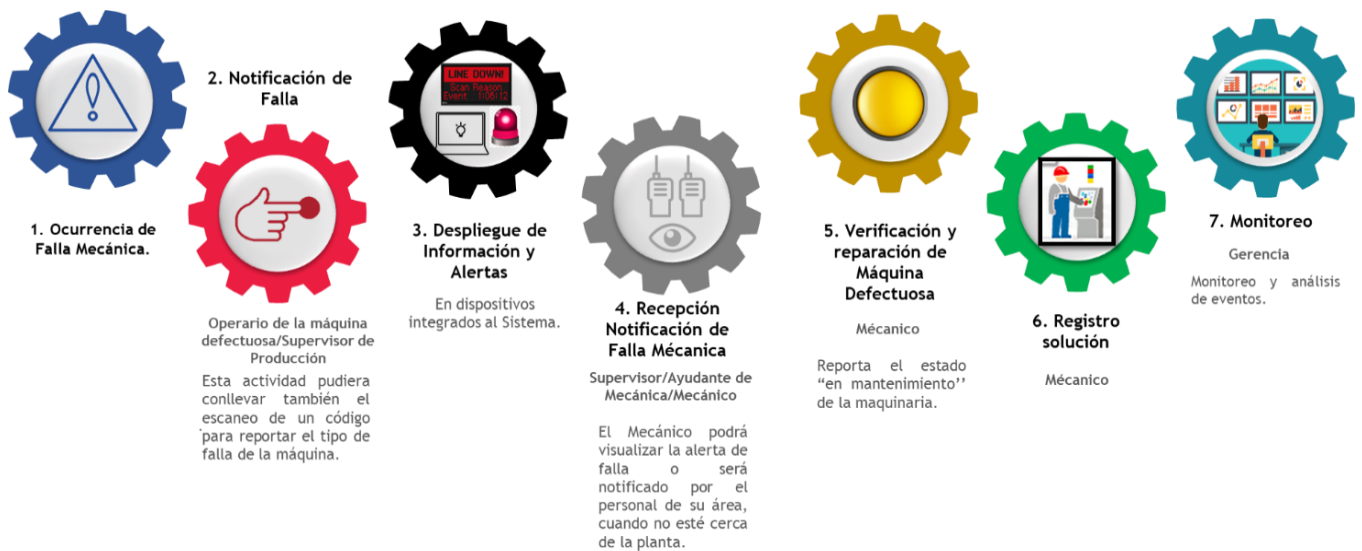


Gráfico 32. Proceso Propuesto para la Gestión de Soluciones a Fallas Mecánicas. Fuente: Elaboración propia.

Como se visualiza en la imagen anterior, el Operario no requerirá movilizarse para notificar al Mecánico sobre la falla de la máquina, sino que, al presionar el botón de alerta, este último recibirá la notificación de forma visual o será localizado por el personal de Mecánica. De igual forma, la Gerencia podrá mantenerse informada de las incidencias relacionadas con las máquinas, así como también analizar la efectividad del propio sistema.

10.2.6 Matriz de Habilidades

Con el propósito de gestionar adecuadamente el potencial de los Operarios que intervienen en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*, hemos desarrollado una matriz de habilidades para cada turno, la cual presentamos a continuación:

	0	1	2	3	4	
Flexibilidad Total Primer Turno	Sin Entrenar	Aprendiz	Practicante	Desarrollador	Coach	
57%	0%	25%	50%	75%	100%	

Nombre del Operador	Lectura de orden de trabajo	Selección base de datos	Selección del archivo a trabajar	Programación máquina TMCE-112	Programación máquina TMCE-G612	% de Flexibilidad
Beato Simé	1	2	2	2	2	45%
Amelia Matías	3	3	3	3	3	75%
Alys Gil	4	4	4	4	4	100%
Pedro Contreras	2	2	2	2	2	50%
Kelvin José Rojas	1	2	2	2	2	45%
Ordaliza Leonardo	3	4	4	3	3	85%
Adelka Álvarez	2	3	3	3	0	55%
Flor Ramírez	1	1	1	1	1	25%
Victor Solís	3	3	3	0	3	60%
Antony Pérez	2	2	2	0	2	40%
Maria Toribio	2	2	2	0	2	40%
Adalgisa Hernández	2	3	3	2	2	60%

Flexibilidad Relativa	26	31	31	22	26	136
	48	48	48	48	48	240
Flexibilidad de la Tarea	54%	65%	65%	46%	54%	57%

Tabla 25. Matriz de Habilidades Primer Turno. Fuente: Elaboración propia.

	0	1	2	3	4	
Flexibilidad Total Segundo Turno	Sin Entrenar	Aprendiz	Practicante	Desarrollador	Coach	
57%	0%	25%	50%	75%	100%	

Nombre del Operador	Lectura de orden de trabajo	Selección base de datos	Selección del archivo a trabajar	Programación máquina TMCE-112	Programación máquina TMCE-G612	% de Flexibilidad
Juana Nuñez	3	3	3	3	1	65%
Nairoby Polanco	1	2	2	1	0	30%
Alfredo Vargas	1	2	2	0	2	35%
Francisco García	2	3	3	3	3	70%
Cresencio Pierre	4	4	4	4	4	100%
Nissaur Silverio	2	3	3	2	0	50%
Christian Nuñez	2	3	3	2	0	50%

Flexibilidad Relativa	15	20	20	15	10	80
	28	28	28	28	28	140
Flexibilidad de la Tarea	54%	71%	71%	54%	36%	57%

Tabla 26. Matriz de Habilidades Segundo Turno. Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las Tablas 25 y 26, en el primer turno tenemos doce (12) Operadores, de los cuales cinco (5) son aprendices, cuatro (4) practicantes, dos (2) desarrolladores y uno (1) coach. En el segundo turno contamos con siete (7) Operadores, de los cuales dos (2) son aprendiz, cuatro (4) practicantes y uno (1) coach.

Sin embargo, a pesar de la diferencia en la cantidad de Operadores que se encuentran en cada nivel, el porcentaje de flexibilidad total es el mismo en ambos turnos y corresponde a un 57 %.

Asimismo, podemos notar que las tareas correspondientes a: seleccionar base de datos y seleccionar archivo para trabajar, son las que presentan un mayor porcentaje de flexibilidad, siendo de un 65 % para el primer turno y un 71% para el segundo turno. Por otro lado, las tareas correspondientes a: lectura de orden de trabajo y programar máquinas, presentan una flexibilidad menor a un 55% para ambos turnos.

Basados en los resultados presentados, realizaremos un programa de entrenamiento en función del nivel de habilidad de cada Operador, enfatizando aquellas tareas que presentan menor flexibilidad.

10.2.7 *Training Within Industry (TWI)*

Con el objetivo de desarrollar las habilidades de los Operarios según su nivel de flexibilidad, para cada tarea hemos desarrollado un programa de formación utilizando la metodología *Training Within Industry (TWI)*.

El plan de capacitación está elaborado a los fines de facilitar la priorización de los entrenamientos, considerando primero las actividades más críticas o con menor nivel de flexibilidad del proceso y luego los Operadores ejecutores de dichas actividades que presenten mayor necesidad de capacitación conforme a sus niveles de habilidad; proponiéndose también, por cada actividad, un entrenador interno (operario) que según sus habilidades, posee las condiciones para impartir el entrenamiento. Adicional, este plan contempla el entrenamiento que se deberá ofrecer al personal una vez se adquieran las nuevas maquinarias.

Las necesidades de entrenamiento fueron categorizadas en modalidades de Formación, Complementación y Perfeccionamiento, conforme al nivel de habilidad de los Operadores. Entendiéndose por estos conceptos:

- **Entrenamiento Modalidad Formación:** tendrá como objetivo iniciar/concluir la impartición al participante de los conocimientos fundamentales para el desarrollo integral de la actividad.
- **Entrenamiento Modalidad Complementación:** tendrá como objetivo proveer al participante de los conocimientos que refuercen y eleven su habilidad y que les permita identificar herramientas para mejora de las actividades que ejecuta.
- **Entrenamiento Modalidad Perfeccionamiento:** tendrá como objetivo potenciar las habilidades de los participantes para llevarlos a un nivel de habilidad que les permita capacitar a otros operarios.

A continuación presentamos el plan de entrenamiento propuesto para cada turno de trabajo de SPI, cabe destacar que el periodo de ejecución de este plan, se encuentra dentro del alcance de la fase de mejora establecida en el cronograma del proyecto.

SEWN PRODUCTS INCORPORATED													
PLAN DE ENTRENAMIENTOS A OPERARIOS PROCESO FABRICACIÓN DE PIEZAS EN CHENILLE													
Primer Turno													
Entrenamiento	Flexibilidad de la Tarea	Prioridad de Entrenamiento	Participantes		Necesidad de Entrenamiento			Entrenador(es)	Cronograma Ejecución Entrenamiento				
			Operario	Habilidad	Alta Formación (Prioridad 1)	Media Complementación (Prioridad 2)	Perfeccionamiento (Prioridad 3)		S27	S28	S29	S30	
Lectura de Orden de Trabajo	54%	2	Beato Simé	Aprendiz	x			Alys Gil (Operario)					
			Kelvin José Rojas	Aprendiz	x								
			Flor Ramírez	Aprendiz	x								
			Pedro Contreras	Practicante		x							
			Adelka Álvarez	Practicante		x							
			Antony Pérez	Practicante		x							
			Maria Toribio	Practicante		x							
			Adalgisa Hernández	Practicante		x							
			Amelia Matías	Desarrollador					x				
			Ordaliza Leonardo	Desarrollador						x			
Víctor Solís	Desarrollador					x							
Selección de Base de Datos	65%	3	Flor Ramírez	Aprendiz	x			Alys Gil u Ordaliza Leonardo (Operarios)					
			Beato Simé	Practicante		x							
			Pedro Contreras	Practicante		x							
			Kelvin José Rojas	Practicante		x							
			Antony Pérez	Practicante		x							
			Maria Toribio	Practicante		x							
			Adelka Álvarez	Desarrollador					x				
			Amelia Matías	Desarrollador						x			
			Víctor Solís	Desarrollador						x			
			Adalgisa Hernández	Desarrollador						x			
Selección del Archivo a Trabajar	65%	3	Flor Ramírez	Aprendiz	x			Alys Gil u Ordaliza Leonardo (Operarios)					
			Beato Simé	Practicante		x							
			Pedro Contreras	Practicante		x							
			Kelvin José Rojas	Practicante		x							
			Antony Pérez	Practicante		x							
			Maria Toribio	Practicante		x							
			Amelia Matías	Desarrollador					x				
			Adelka Álvarez	Desarrollador						x			
			Víctor Solís	Desarrollador						x			
			Adalgisa Hernández	Desarrollador						x			
Programación Máquinas (Nuevos Modelos)	0%	1	Beato Simé	Sin Entrenar	X			Proveedor de las Máquinas					
			Kelvin José Rojas		X								
			Flor Ramírez		X								
			Pedro Contreras		X								
			Adelka Álvarez		X								
			Antony Pérez		X								
			Maria Toribio		X								
			Adalgisa Hernández		X								
			Amelia Matías		X								
			Ordaliza Leonardo		X								
			Víctor Solís		X								
Alys Gil	X												

Tabla 27. Plan de Entrenamientos a Operarios, Proceso de Fabricación de Piezas en Chenille, Primer Turno. Fuente: Elaboración propia.

SEWN PRODUCTS INCORPORATED												
PLAN DE ENTRENAMIENTOS A OPERARIOS PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS EN CHENILLE												
Segundo Turno												
Entrenamiento	Flexibilidad de la Tarea	Prioridad de Entrenamiento	Participantes		Necesidad de Entrenamiento			Entrenador(es)	Cronograma Ejecución Entrenamiento			
			Operario	Habilidad	Alta Formación (Prioridad 1)	Media Complementación (Prioridad 2)	Perfeccionamiento (Prioridad 3)		S27	S28	S29	S30
Lectura de Orden de Trabajo	54%	2	Nairoby Polanco	Aprendiz	X			Cresencio Pierre (Operario)				
			Alfredo Vargas	Aprendiz	X							
			Francisco García	Practicante		X						
			Nissaury Silverio	Practicante		X						
			Christian Núñez	Practicante		X						
			Juana Núñez	Desarrollador		X	X					
Selección de Base de Datos	71%	3	Nairoby Polanco	Practicante		X		Cresencio Pierre (Operario)				
			Alfredo Vargas	Practicante		X						
			Juana Núñez	Desarrollador			X					
			Francisco García	Desarrollador			X					
			Christian Núñez	Desarrollador			X					
			Juana Núñez	Desarrollador			X					
Selección del Archivo a Trabajar	71%	3	Nairoby Polanco	Practicante		X		Cresencio Pierre (Operario)				
			Alfredo Vargas	Desarrollador		X						
			Juana Núñez	Desarrollador			X					
			Francisco García	Desarrollador			X					
			Christian Núñez	Desarrollador			X					
			Juana Núñez	Desarrollador			X					
Programación Máquinas (Nuevos Modelos)	0%	1	Nairoby Polanco	Sin Entrenar	X			Proveedor de las Máquinas				
			Alfredo Vargas		X							
			Juana Núñez		X							
			Francisco García		X							
			Christian Núñez		X							
			Juana Núñez		X							
			Cresencio Pierre		X							

Tabla 28. Plan de Entrenamientos a Operarios, Proceso de Fabricación de Piezas en Chenille, Segundo Turno. Fuente: Elaboración propia.

10.3 Análisis Económico de las Soluciones Seleccionadas

Las soluciones seleccionadas se han categorizado en dos grandes grupos, aquellas en las cuales es necesaria alguna inversión de dinero y aquellas que pueden llevarse a cabo con el uso de recursos internos.

Selección de Soluciones a Implementar		
No.	Con Recursos Internos Actuales	Con Necesidad de Inversión
1	Diseñar e implementar un programa de Mantenimiento Preventivo para las maquinarias.	Diseñar e implementar un programa de mantenimiento autónomo, conjuntamente a una pizarra Kamishibai como sistema de gestión visual estructurado, que le permita a los responsables del proceso realizar un seguimiento a las actividades definidas para la limpieza, lubricación, engrasado e inspección de las máquinas.
2	Desarrollar la herramienta <i>Standard Work Instruction Sheets</i> con fines de estandarizar los procesos relacionados al uso de las máquinas, así como tener una guía para los entrenamientos al personal.	Implementar la metodología 5S para mejorar el ambiente de trabajo y la calidad, incrementar la eficiencia y reducir los desperdicios y actividades que no agregan valor, así como una pizarra que permita realizar un seguimiento gráfico de las actividades.
3	Desarrollar habilidades en el personal a través de entrenamientos utilizando la metodología <i>Training Within Industry (TWI)</i> .	Diseñar una metodología de Gestión Visual basada en el concepto de Luces Andon que permita tener un aviso al instante, visible o audible, de cualquier anomalía en las máquinas.
4	Diseñar una matriz de habilidades para la gestión del potencial humano que permita desarrollar planes de entrenamientos efectivos.	Realizar un proyecto de sustitución de las máquinas utilizadas en el proceso de fabricación de piezas en <i>Chenille</i> .
5	Desarrollar la herramienta <i>Standard Work Instruction Sheets</i> con fines de estandarizar los procesos y tener una guía para los entrenamientos al personal.	
6	Realizar un Diagrama de Gantt para la planificación de la implantación de las acciones definidas.	

Tabla 29. Selección de Soluciones a Implementar según la Necesidad de Inversión. Fuente: Elaboración propia.

Como parte complementaria a las soluciones propuestas para hacerle frente a las problemáticas evidenciadas en el proceso productivo de Sewn Products, Inc., se ha realizado el análisis económico correspondiente a la implementación de las herramientas de mejora con necesidad de inversión. Este análisis incluye los costos asociados a la puesta en marcha del Kamishibai, Pizarra 5S, Sistema Andon y la sustitución de la maquinaria obsoleta.

10.3.1 Pizarra Kamishibai y 5S

A continuación presentamos el análisis de los costos asociados a la implementación de la pizarra kamishibai, recomendada para llevar un control del mantenimiento a realizar para cada una de las máquinas, así como también de la pizarra donde serán colocados los resultados de la implementación de la metodología 5S.

Suplidor	Modelo	Concepto	Cantidad	Costo Unitario US\$	Costo Total US\$
SABIC Structured Products	LEXAN® 9034	Policarbonato Transparente 3/16" X 48" X 16"	2	42.00	84.00
PrintCity	Impresión digital	Impresión en vinil 11"X17"	6	15.30	91.80
Printcity	Impresión digital	Impresión en cartulina satinada (tarjetas)	240	0.20	24.24
BRT Fasteners	M6 tornillo de Pared Plug Expansor Tapón de goma	Tubo de expansión	1 (100ud)	3.05	3.05
BRT Fasteners	Perilla tornillos de ajuste manual M6 M8	Plástico Negro Roseta tornillos	20	13.89	13.89
Tamiya	Tamiya 87012	Cemento Pegamento De 20ml	10	4.45	44.5
Total General					261.48

Tabla 30. Análisis de Costos Implementación Pizarra Kamishibai y 5S. Fuente: Elaboración propia.

10.3.2 Sistema Andon

Como parte de la implementación del Sistema Andon se colocará una pantalla electrónica que mostrará los principales indicadores de eficiencia y calidad, además serán desplegadas 5 torretas de color Rojo/Amarillo alrededor del área indicando el estado de las máquinas.

A continuación se desglosan los costos asociados a la adquisición de los equipos requeridos:

Suplidor	Modelo	Concepto	Cantidad	Costo Unitario US\$	Costo Total US\$
IndustrialeMart	ATEPR-10-RY-B	Torreta	5	217.85	1,089.25
Vorne*	XL800-32160T	Pizarra	1	5,590.00	5,590.00
Total General					6,679.25

*Precio incluye hardware y software.

Tabla 31. Análisis de Costos Implementación Sistema de Luces Andon. Fuente: Elaboración propia.

10.4 Diagrama de Gantt

Como una manera de representar el orden cronológico de las actividades orientadas a "Mejorar y Controlar" el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*, se ha incorporado un diagrama de Gantt, que aborda específicamente los temas del proyecto relacionados a estas dos fases (Ver "Diagrama de Gantt" en la sección de anexos).

En el diagrama de Gantt, se subdividen las acciones de optimización en un conjunto de actividades que abarcan un periodo total de 30 semanas. Se inicia con una etapa corta de introducción, en la que las partes interesadas dialogan y formalizan los mecanismos de ejecución. Seguidamente se detallan las actividades de la fase mejorar, con un enfoque en las dos causas raíces identificadas: Antigüedad de las Máquinas y Nivel de Experiencia de los Operarios. Es en esta fase donde se desarrolla la mayor cantidad de actividades y se destaca un periodo clave, ubicado en la semana 19, debido a que, según la proyección, es justo dentro de ese lapso, en donde las nuevas máquinas recomendadas han de haberse instalado, siendo así el preámbulo de una serie de eventos sumamente importantes concernientes a las herramientas estratégicas seleccionadas.

Finalmente, el Gantt muestra las actividades de la fase controlar, las cuales se enfocan de manera global en las dos problemáticas que merman la eficiencia del proceso de fabricación: Defectos de Calidad y Tiempos Muertos. Cabe destacar, que los detalles de esta fase se encuentran documentados en el cuadro "*Plan de control*".

10.5 Análisis Sustitución de Maquinaria

Se recomienda la sustitución de 24 máquinas con estatus discontinuado en el mercado, en vista del alto impacto que posee el óptimo funcionamiento de las mismas en el proceso de fabricación de piezas en *Chenille*.

Para los fines de la evaluación, se considerará que la adquisición de las 24 máquinas estará condicionada a la utilización de fondos propios, que han sido previamente aprobados por la Alta Gerencia de SPI, de igual forma, que los costos de producción representarán un 25% del total de las ventas, tomando en cuenta la reducción de desperdicios estimada; y que los costos fijos anuales se mantendrán invariables. Adicionalmente, se incluirá un costo de US\$19,000.00 para fines de adecuación de la estructura física del área y preservación de potencia de la maquinaria.

El cambio de maquinaria supondría un incremento en las ventas de un 18%, que para el año 2017 alcanzaron 1, 948,631 unidades con un precio de venta de US\$ 6.70. Se espera mantener dicho incremento durante los 20 años de vida útil de la maquinaria.

Debido a la exención de impuestos con la que cuenta la empresa, por estar adherida al sistema de Zonas Francas de la República Dominicana, para los fines del análisis no es necesario considerar el pago de impuestos al Estado Dominicano.

A continuación presentamos el cuadro comparativo de las ofertas realizadas por dos proveedores, para respaldar la elección de una de ellos:

Característica	Hirsh	Casa Díaz
Precio	US\$ 138,400.00	US\$ 140,000.00
Soporte	Telefónico, Correo Electrónico	Correo Electrónico, Personal
Sede	Estados Unidos	México
Ruta de Entrega	California - New Jersey - Santo Domingo - Santiago	Japón - Santo Domingo - Santiago
Lead Time	15 semanas	
Software	Pulse ID	
Conexión Eléctrica	Trifásico 200-240V; 350/380/400/415/440V; 50Hz/60Hz	
Motor	AC Servo Motorx1; Pulse Motorx2	
Velocidad	750 RPM	
Cabezas	12	
No. de Agujas	Organ #19	
Diámetro Niples	1.8MM	

Tabla 32. Cuadro Comparativo de las Ofertas según el Suplidor. Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con los principales indicadores a tomar en consideración en la elección de suplidor:

	Hirsch	Casa Díaz
Valor Actual Neto (VAN)	US\$4,908,496.57	US\$4,891,885.84
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	35%	35%
TIR Modificada (TIRM)	23%	23%
Período de Recuperación	2 años y 255 días	2 años y 270 días
Flujo de Caja Diario	US\$3,730.59	US\$3717.96

Tabla 33. Cuadro Comparativo de las Ofertas según el Suplidor. Fuente: Elaboración propia.

Basados en los valores de la tabla anterior, se sugiere realizar la inversión con el suplidor *Hirsch*, debido a que se observa un Valor Actual Neto (VAN) positivo de US\$4, 908,496.57, mayor que el proyectado con Casa Díaz (US\$4, 891,885.84); se estima además un tiempo de recuperación menor, 2 años y 255 días, a diferencia del proyectado para Casa Díaz de 2 años y 270 días. Se concluye además un mayor flujo de caja diario y una rentabilidad para el proyecto (TIRM) de un 23%, valor que supera la rentabilidad de un 12% esperada por los inversores.

Para más detalle del análisis financiero realizado, consultar los anexos de este documento.

XI. PLAN DE CONTROL

Después de haber definido las soluciones a las causas que más influyen en los defectos de calidad y tiempos muertos del proceso de fabricación de piezas en *Chenille*, proponemos un plan de control para las variables dominantes del proceso.

En el siguiente plan han sido considerados los tres niveles de control: automáticos, autocontrol por parte de los empleados y auditorías de productos y procesos, que se aplicarán a las variables “Y” determinadas en la fase de medir y que corresponden a: Defectos de Calidad y Tiempos Muertos.

PLAN DE CONTROL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS EN CHENILLE

Elemento a Controlar	Valor Objetivo	Unidad de Medida	Forma de Realizar el Control	Tamaño de la Muestra	Frecuencia	Responsable
Defectos de Calidad	1.5%	Porcentaje	Inspección del producto	Según el tamaño del lote, tomando como referencia la tabla ANSI	Diario	Auditor de Calidad
			Auditorías al programa de mantenimiento	No aplica	Mensual	Gerente de Mantenimiento
Tiempos Muertos	2,613.17	Minutos	Auditorías de 5S	No aplica	Mensual	Líder del Equipo 5S
			Auditorías al programa de mantenimiento	No aplica	Mensual	Gerente de Mantenimiento
			Evaluación de las estadísticas de fallas mecánicas y tiempo de resolución de las mismas.	No aplica	Mensual	Gerente de Mantenimiento
			Monitoreo de la actualización de la pizarra Kamishibai.	No aplica	Durante las primeras dos horas del inicio de cada turno.	Supervisor de Producción

Tabla 34. Plan de Control Proceso de Fabricación de Piezas en Chenille. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

Tal como se indicó al inicio del informe, el presente proyecto, desarrollado bajo la metodología Lean Seis Sigma, tuvo como objetivo la optimización del proceso de fabricación de piezas en *Chenille* de la empresa Sewn Products Incorporated (SPI).

La principal problemática del proceso productivo se evidencia en que el mismo no cuenta con las condiciones necesarias para alcanzar los niveles de eficiencia operativa requeridos para hacer frente a la demanda actual, tampoco al crecimiento proyectado por la directiva, esto como consecuencia de los elevados tiempos muertos y defectos de calidad que se experimentan en el proceso y que afectan de forma directa al cliente final, así como también al personal operativo y a la directiva de la organización.

Se realizaron estudios utilizando los datos correspondientes al periodo de julio-diciembre del 2017, donde a través de herramientas como pruebas de Chi-Cuadrada, Análisis de Causa-Efecto y Diagramas, se determinó que los principales detractores del proceso, Tiempos Muertos y Defectos de Calidad, eran debido a la gran cantidad de paradas mecánicas, al nivel de experiencia del personal, a la sobrecarga de trabajo y la antigüedad de las máquinas, siendo este último el elemento con mayor repercusión en el proceso.

Dichas causas conviene ser tratadas mediante herramientas enfocadas a la estandarización del proceso, para los fines se propuso desarrollar:

- *Standark Work Instruction Sheets*, con la finalidad de instruir a los operadores en la realización sistemática de las tareas
- Implementación de la Metodología 5S, complementada con la realización de auditorías mensuales para asegurar su correcta ejecución
- Instalación de un sistema de luces Andon, compuesto de una pantalla de monitoreo, torretas y *Walkie Talkies*, que permitan la generación de alertas visuales y audibles sobre la ocurrencia de eventos que afecten el proceso de producción
- Desarrollo de una matriz de habilidades que permita conocer el nivel de habilidad de cada operador junto a la implementación de un plan de capacitación para hacer frente a las debilidades del personal.

Por otro lado, se propone la sustitución de las 24 máquinas, esto contado con el apoyo de la Alta Dirección, utilizando los fondos propios de la empresa, para lo cual se realizó un análisis económico, determinándose la conveniencia de realizar la inversión con el proveedor que garantizara un producto que cumpla con los requisitos de la empresa. Así como también, el costo de la implementación del diseño de la pizarra Kamishibai y 5S. A fin de lograr disminuir los tiempos muertos en un 85%, reducir a un 45% la tasa de defectos en el proceso, un 35% la cantidad desperdicios generados.

Para concluir, se implementará un Plan de Control basados en tres niveles: automático, autocontrol y de auditorías de productos y servicios, de las soluciones posteriormente propuestas, así como también se busca que todas las acciones de mejora y de control propuestas para contrarrestar las causas, se implementen mediante un plan estructurado por fases, con una duración de 30 semanas.

BIBLIOGRAFÍA

Magaz, Jesús. (2018). Máster en Gestión de Calidad y Reingeniería de Procesos. Módulo 7, Reingeniería de Procesos I. Escuela de Organización Industrial, EOI. Madrid, España.

Magaz, Jesús. (2018). Máster en Gestión de Calidad y Reingeniería de Procesos. Módulo 8, Reingeniería de Procesos II. Escuela de Organización Industrial, EOI. Madrid, España.

Patel, S. (2016). *Lean Transformation: Cultural Enablers and Enterprise Alignment*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group, LLC. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=EY6KDQAAQBAJ&pg=SA2-PA21&dq=skills+matrix+lean&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjTslu-kbndAhXDwFkKHTtMBN8Q6AEILjAB#v=onepage&q=skills%20matrix%20lean&f=false>

Misiurek, B. (2016). *Standardized Work with TWI: Eliminating Human Errors in Production and Service Processes*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group, LLC. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=BcH1CwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=standard+work&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjgzLnCjbndAhWKxVvKkHR-VDrQQ6AEIJTAA#v=onepage&q=standard%20work&f=false>

Niederstadt, J. (2014). *Kamishibai Boards. Lean Visual Management System that Supports Layered Audits*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group, LLC. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=Q37SBQAAQBAJ&pg=PR16&dq=kamishibai&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi964n7iLndAhUDvIkKHUhxAtkQ6AEIQDAD#v=onepage&q=kamishibai&f=false>

Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. Milwaukee: American Society for Quality. Quality Press. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=pJFeNy9Z74IC&printsec=frontcover&dq=dmaic&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiL76GBL7ndAhVQwVvKkHURQDNMQ6AEIMTAB#v=onepage&q=dmaic&f=false>

Rey Sacristán, F. (2005). *5S Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=NJtWepnesqAC&pg=PA33&dq=tecnica+5s&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBytvxhndAhVsw1kKHWN4C9sQ6AEIJTAA#v=onepage&q=tecnica%205s&f=false>

Rey Sacristán, F. (2005). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo*. Madrid: Fundación Confemetal. Obtenido de:

<https://books.google.com.do/books?id=t05vRBKtkQcC&pg=PA214&dq=mantenimiento+autonomo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjr0ty9irndAhWprFkKHxpBC0oQ6AEIMzAD#v=onepage&q=mantenimiento%20autonomo&f=false>