



Universidad de Las Américas

**Proyecto de Mejora de Procesos con la aplicación de Transformación
Digital (Capstone)**

Tema

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTOS MEDIANTE
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PARÁMETROS DE PROCESOS EN LA
TRANSFORMACIÓN DIGITAL.

MANUEL FERNANDO CEVALLOS MALDONADO

Fecha: 20/02/2024

Quito, Ecuador



Contenido

RESUMEN:	4
ABSTRACT	5
ANTECEDENTES	6
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	14
MÉTODO:.....	18
PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	26
RESULTADOS:	44
DISCUSIÓN:.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Cartera de productos.....	8
Tabla 2	Determinación de capacidad del proceso	17
Tabla 3	<i>Actividades VA Y NVA actual</i>	19
Tabla 4	Cálculo del takt time actual	20
Tabla 5	Caracterización del proceso actual.....	21
Tabla 6	Priorización del problema	23
Tabla 7	Diagrama de Pareto por defectos	23
Tabla 8	Diagrama de Pareto por piezas defectuosas	24
Tabla 9	Priorización de la causa	26
Tabla 10	Actividades VA y NVA futura	27
Tabla 11	Cálculo takt time mejorado	28
Tabla 12	Caracterización del proceso futuro	29
Tabla 13	AMEF basculante	33
Tabla 14	AMEF templador.....	34
Tabla 15	AMEF bracket	35
Tabla 16	AMEF pata de apoyo central	36
Tabla 17	Cartas de control actual/futura corte basculante	37
Tabla 18	Capacidad del proceso actual/futura corte basculante	37
Tabla 19	Carta de control actual/futura doblado basculante.....	38
Tabla 20	Capacidad del proceso actual/futura doblado basculante	38
Tabla 21	Carta de control actual/futura doblado templador	39
Tabla 22	Capacidad del proceso actual/futura doblado templador	39
Tabla 23	Carta de control actual/futura estampado bracket	40
Tabla 24	Capacidad del proceso actual/futura estampado bracket.....	40
Tabla 25	Carta de control actual/futura corte pata de apoyo central.....	41
Tabla 26	Capacidad del proceso actual/futura corte pata de apoyo central.....	41
Tabla 27	Costos materia prima	42
Tabla 28	Número de piezas por lámina	42
Tabla 29	Láminas desechadas por defecto	42
Tabla 30	Análisis costo-beneficio con propuesta mejorada	43
Tabla 31	Indicadores comparación actual/futuro.....	44



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Indicadores Metaltronic	6
Figura 2	Organigrama empresarial	7
Figura 3	Cartera de clientes	9
Figura 4	Participación por ventas en el mercado en el sector	10
Figura 5	Participación por activos en el mercado del sector	10
Figura 6	Análisis FODA	11
Figura 7	Mapa de procesos	12
Figura 8	Diagrama de Pareto.....	15
Figura 9	Flujograma actual proceso de fabricación	19
Figura 10	VSM actual	20
Figura 11	Cuellos de botella actual	20
Figura 12	Flexsim situación actual productos aprobados.....	22
Figura 13	Flexsim situación actual productos rechazados.....	22
Figura 14	Diagrama de Pareto por defecto.....	24
Figura 15	Diagrama de Pareto por piezas defectuosas.....	25
Figura 16	Análisis causa-efecto	25
Figura 17	Flujograma futuro proceso de fabricación motocicletas	26
Figura 18	VSM futuro	27
Figura 19	Takt time futuro	28
Figura 20	Flexsim situación futura productos aprobados.....	30
Figura 21	Flexsim situación futura productos rechazados.....	30
Figura 22	Flujograma solicitud MP.....	31
Figura 23	Formulario "Información empleado"	31
Figura 24	Formulario "Solicitud y verificación materia prima	32
Figura 25	Formulario materia prima faltante	32
Figura 26	Proceso de fabricación basculante.....	33
Figura 27	Proceso de fabricación templador	34
Figura 28	Proceso de fabricación bracket.....	35
Figura 29	Proceso de fabricación pata de apoyo central.....	36

**RESUMEN:**

A lo largo de los años, las entidades industriales han experimentado una evolución significativa orientada a la estabilidad corporativa mediante estrategias innovadoras hasta el mejoramiento de la calidad y fortalecimiento de la confianza del cliente. Con esta integración de estrategias, las organizaciones han adoptado enfoques centrados en la eficiencia operativa, destacando la implementación de la automatización de los procesos mediante la transformación digital, permitiendo ejecutar las actividades de valor de manera práctica y sencilla, mejorando el rendimiento y productividad departamental.

El enfoque de este trabajo permite tener una visión clara de los procesos de fabricación y la importancia del control y automatización de estos, principalmente en la línea de fabricación y ensamble de motocicletas. Con el actual flujo de la línea de producción se detecta un alto porcentaje de defectos en piezas y componentes de motocicletas, los cuales se ven reflejados en pérdidas económicas y recursos, afectando la rentabilidad empresarial. Utilizando metodologías CEP y análisis de causa-efecto se espera reducir el porcentaje de defectos en un 30%, así como implementar cartas de control que reflejen ciertos parámetros a tomar en cuenta para contar con productos de alta calidad y, mediante simulación del proceso validar la efectividad de la implementación de dichas mejoras. Este trabajo pretende realizar una comparación entre la situación actual (As-Is) y la situación futura (To-Be) contrastando de forma sencilla las mejoras obtenidas.

Palabras clave: Automatización, transformación digital, defectos, CEP, simulación.



ABSTRACT

Over the years, industrial entities have experienced significant evolution aimed at corporate stability through innovative strategies to improve quality and strengthen customer trust. With this integration of strategies, organizations have adopted approaches focused on operational efficiency, highlighting the implementation of process automation through digital transformation, allowing value activities to be executed in a practical and simple way, improving departmental performance and productivity.

The focus of this work allows us to have a clear vision of the manufacturing processes and the importance of their control and automation, mainly in the motorcycle manufacturing and assembly line. With the current flow of the production line, a high percentage of defects is detected in motorcycle parts and components, which are reflected in economic losses and resources, affecting business profitability. Using CEP methodologies and cause-effect analysis, it is expected to reduce the percentage of defects by 30%, as well as implement control letters that reflect certain parameters to be considered to have high quality products and, through process simulation, validate the effectiveness of the implementation of said improvements. This work aims to make a comparison between the current situation (As-Is) and the future situation (To-Be), contrasting in a simple way the improvements obtained.

Keywords: Automation, digital transformation, defects, CEP, simulation.



ANTECEDENTES

1.1 Descripción de la Organización:

Metaltronic es empresa ecuatoriana que desarrolla sus actividades dentro del ámbito metalmecánico y ensamblador, catalogada como gran empresa debido a su nómina de más de 250 empleados y su trayectoria de 50 años en el mercado, considerándola una organización en estado de solidez. Su principal enfoque se centra en la fabricación y ensamble de partes metálicas, bajo altos estándares de calidad, convirtiéndola en un referente industrial del Ecuador, donde se distingue por su especialización en la fabricación y ensamble de una amplia gama de productos, que abarcan desde rieles y chasis hasta ensamblaje de baldes de camionetas, estructuras de asientos, parachoques, motocicletas de diversos modelos, componentes para motos, producción de bicicletas y más recientemente en la incursión de la manufactura de elevadores de carga.

Figura 1

Indicadores Metaltronic



Visión:

La visión actual de la organización en cuanto a la línea de motocicletas se centra en el posicionamiento como marca con desarrollo comercial. Buscan consolidarse dentro del top 5 en ventas a nivel nacional enfocando su estrategia a ser “referentes en movilidad”

Misión:

La misión de la organización se enfoca en garantizar que los productos que se entregan al cliente cumplan con criterios técnicos y de calidad a través de emplear personal especializado y comprometido con la premisa de la mejora continua que garantiza la calidad en el diseño, desarrollo y ensamble de motocicletas.



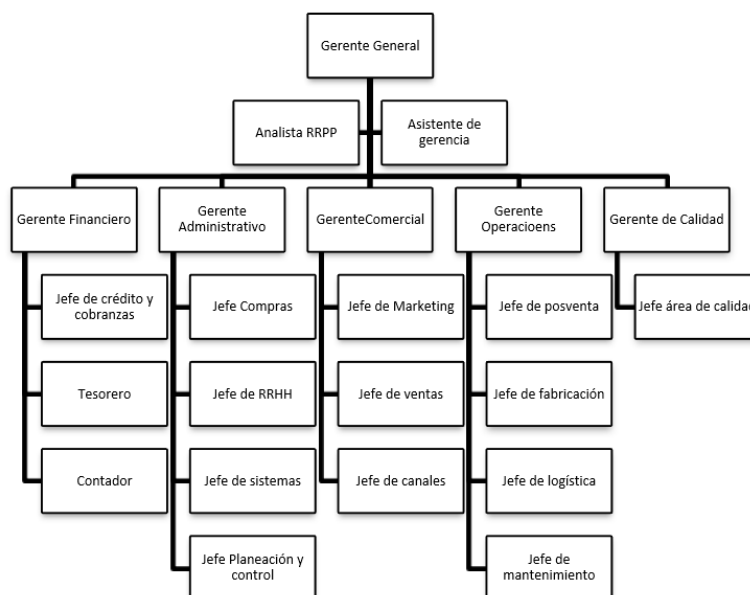
Valores:

- **Compromiso.** “Es la obligación moral por parte de los trabajadores para la ejecución de las actividades laborales que les han sido encomendadas.”
- **Honestidad.** “Se refiere a hablar con la verdad en las acciones que se realizan en el puesto de trabajo de los colaboradores y en coordinación con otras áreas departamentales.”
- **Identidad.** “Es el conjunto de rasgos característicos que identifican a cada uno de los trabajadores en el desempeño de las acciones.”
- **Respeto.** “Se reconoce como la consideración y valoración especial que se tiene desde una parte de una persona hacia los trabajadores de la empresa, sus clientes y proveedores.”
- **Integridad.** “Significa realizar lo correcto al realizar las actividades laborales por parte de los trabajadores ya sea al interior o fuera de las instalaciones de la empresa.”

Organigrama

En el siguiente organigrama estructural organizacional se detalla la jerarquía de puestos tales como gerencias, jefaturas entre otros.

Figura 2
Organigrama empresarial





Ubicación: La empresa se encuentra ubicada en Quito, Calle N 69 y Lote E3-90 y Panamericana Norte Km 5 ½, Avellaneda N69 y calle E3

Cartera de productos:

Dentro de la cartera de productos que se fabrican y comercializan se encuentran los siguientes:

Tabla 1
Cartera de productos

Cartera de Productos	
<p>Estructura de asientos</p> 	<p>Chasis</p> 
<p>Parachoques</p> 	<p>motos</p> 
<p>Motopartes</p> 	<p>Bicicletas</p> 
<p>Elevadores de cargas</p> 	<p>Accesorios para motos</p> 



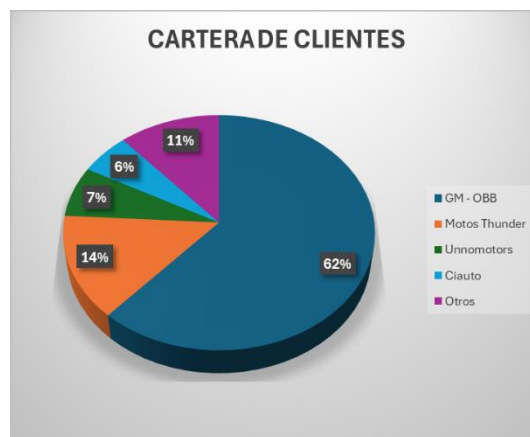
Cartera de clientes:

Los principales clientes que adquiere los productos y servicios de la empresa son:

- General Motors
- Chevrolet
- Ciauto
- Great Wall
- Motos Thunder

Figura 3

Cartera de clientes



Facturación anual: La facturación anual de la empresa alcanzó un total de \$13,000.000 durante el último ejercicio fiscal. Este indicador financiero refleja el volumen de ingresos generados por la organización a lo largo del periodo contable, demostrando su solidez económica y su capacidad para generar valor en el mercado. Esta cifra se obtiene mediante el análisis de las transacciones comerciales, incluyendo ventas de productos, servicios y otras fuentes de ingresos, y constituye un elemento clave en la evaluación del desempeño financiero de la empresa.

Tecnología: Cuenta con equipos capaces de producir y fabricar piezas mecánicas, así como soldaduras, moladoras y prensas que ayudan a la ejecución y fabricación de los productos.

Adicional a ello cuenta con un sistema de red y conexión wifi, que permite ejecutar actividades administrativas y de gestión de una manera más óptima y efectiva.

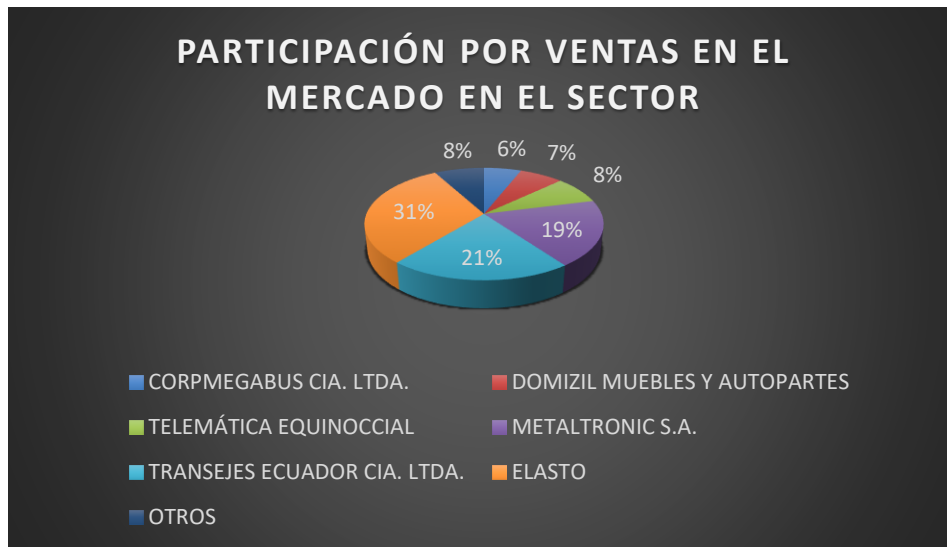
Posición en el mercado: La organización se encuentra en una posición sólida en el mercado, respaldada por una destacada aceptación por parte de los clientes y una amplia gama de productos. Esta combinación permite consolidar una presencia competitiva en el mercado para el crecimiento continuo y la expansión comercial.

Por el lado de las ventas Metaltronic S.A. mantiene el 19% del mercado recibiendo el tercer puesto, seguido de Transejes Ecuador CIA. LTDA. Con un 21% y Elasto con un 31% de participación en el mercado.



Figura 4

Participación por ventas en el mercado en el sector



Por el lado de activos, Metaltronic S.A. es el segundo mas grande participante del sector con un 22%, únicamente superado por Elasto que mantiene un 37% de participación.

Figura 5

Participación por activos en el mercado del sector



Certificaciones: Cuenta con las siguientes certificaciones:

- ISO 9001
- ISO 45001
- IATF 16949



Normativa legal vigente para cumplir:

- **ISO 9001:** Norma sobre la gestión de la calidad que ayuda a controlar de manera continua y permanente la calidad en todos los procesos productivos.
- **ISO 45001:** Norma internacional para la gestión de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, destinada a proteger a los visitantes y trabajadores de la organización.
- **IATF 16949:** Norma internacional para la gestión de la calidad en la automoción, cuenta con el mismo fin que la norma ISO 900.
- **RTE INEN 048:** Reglamento destinado a los vehículos automotores de tres ruedas para transporte pasajeros y transporte de carga.
- **RTE INEN 136:** Reglamento técnico el cual establece los requisitos que deben cumplir las motocicletas y tricimotos.

FODA:

Figura 6

Análisis FODA

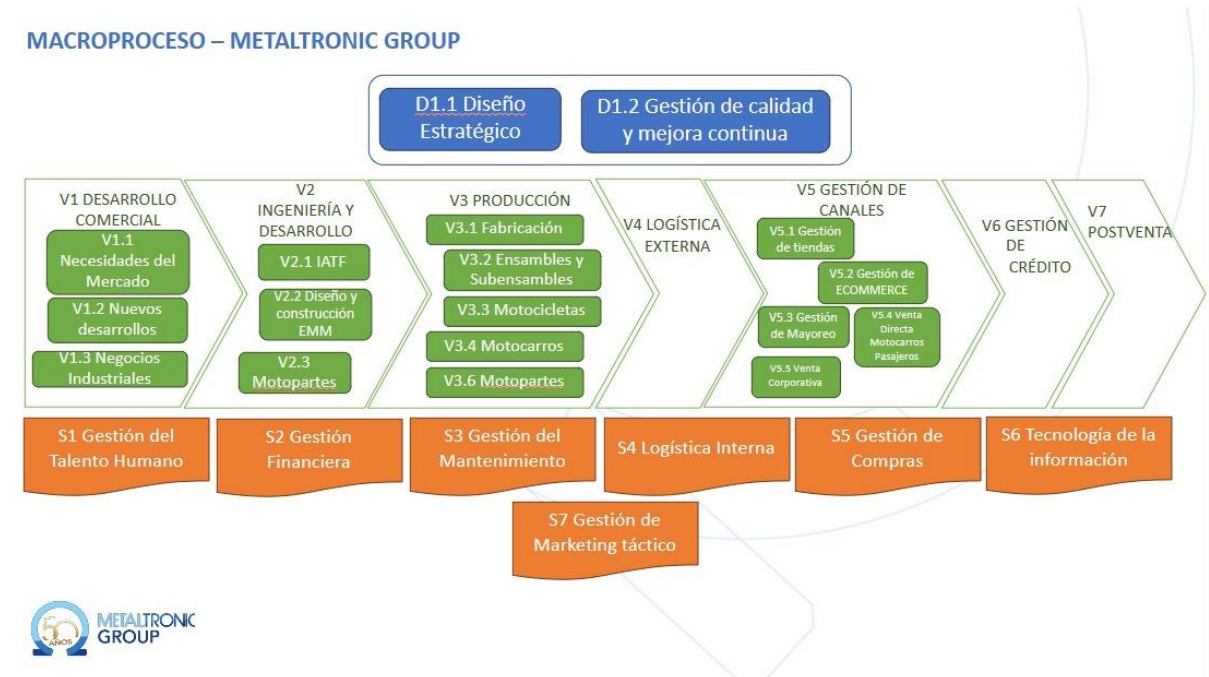




1.2. Descripción del Problema

Mapa de procesos general de la organización:

Figura 7
Mapa de procesos



- Líneas de producción o servicio
- Procesos que requieren mejorar

Procesos que se requieren mejorar: Los principales procesos que requieren una mejora y optimización en su ejecución son los procesos de corte, doblado, perforado y rebarbado.

1.3 Justificación del Problema:

El análisis de la cadena productiva de Metaltronic evidencia que se debe ejecutar la mejora e implementación de los procesos de valor a través de las herramientas de análisis estadístico para obtener los datos de los parámetros del proceso actual, demostrar los costos de no calidad derivados de los cuellos de botella y la realización de actividades que no agregan valor ni al proceso, ni al cliente final. Las posibles mejoras al proceso deben ejecutarse con la finalidad de mitigar los posibles riesgos que se deriven de estas acciones que dan como resultado costos operativos-financieros altos, afectando la rentabilidad esperada tanto en tiempo de ciclo, como en recursos; lo que encarecerá los entregables al cliente final.

Se debe enfocar los esfuerzos de mejora a los procesos que influyen en la percepción de satisfacción al cliente y a la vez ser competitivos en precio y calidad en el mercado que oferta productos de similares características.



Desde la recepción de los insumos para procesar hasta la entrega del producto terminado para despacho a tiendas, los criterios de buenas prácticas de manipulación, eficacia, eficiencia e incluso falta de capacitación de parte de los ejecutantes de las actividades en el proceso foco de este estudio; las actividades que realizan los intervinientes son manuales y no cuentan con los controles de calidad y control de tiempos de ciclo parcial por fase de proceso, se evidencia el desperdicio de materiales dentro de la cadena de producción y también se generan reprocesos con desperdicios de insumos.

Todo lo mencionado anteriormente produce que los costos de fabricación y ensamble sean más altos de lo que se contempla para lanzar un producto competitivo en el mercado con otros productos con características comunes, no se obtiene la rentabilidad esperada, los productos entregados al cliente final no cumplen con los requisitos técnicos y de calidad por lo que se han efectuado devoluciones y reclamos, impactando en la percepción de servicio dada en la promesa al cliente. Debido a esto, tampoco es posible fidelizarlos o atraer nuevos mercados, como el mayorista.

Las organizaciones que prestan servicios tienen el objetivo de mantener y aumentar el número de clientes logrando que estos estén satisfechos, prestando un servicio de calidad (Quesada-Pineda et al., 2018, p.26). La pérdida de clientes por disminución de calidad es uno de los principales motivos para mejorar el proceso.

1.4 Alcance:

El proyecto de titulación se realizará en una empresa metalmecánica de Quito-Ecuador en el área de producción de motocicletas, donde se analizarán los productos con fallas, que no cumplan con las especificaciones de calidad, en que maquinas se hallan más desperdicios, fallas de control y por ende las no conformidades en los productos para así atacar a dichos procesos y productos, erradicando el problema.

1.5 Objetivos:

- **Objetivo General:** Proponer la optimización de calidad de productos mediante análisis estadísticos y parámetros de procesos en la transformación digital.
- **Objetivos Específicos:**
 1. Realizar análisis de los datos de calidad del producto mediante herramientas estadísticas, identificando tendencias, patrones y áreas de mejora.
 2. Definir y establecer parámetros de procesos precisos que estén alineados a los estándares de calidad utilizando metodologías de control estadístico de procesos y análisis de capacidad de los mismos.
 3. Proponer soluciones digitales innovadoras para la automatización de los procesos y la generación de información que facilite la toma de decisiones.



ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

MARCO TEÓRICO:

Proceso: Representan un conjunto de operaciones que guardan relación entre si y tienen como propósito transformar entradas en salidas, obteniendo un elemento específico, mediante la transformación de la materia prima en producto terminado. Este concepto igualmente se aplica dentro de la prestación de servicios en donde se sigue un proceso similar de lograr una salida deseada. (Maldonado, 2011, pág. 2).

Para garantizar tanto la eficiencia como la eficacia de un proceso, sea este estratégico, de valor o soporte, es importante cumplir con parámetros y requisitos específicos que permitan mantener un control adecuado y alcanzar la estandarización esperada.

Gestión por Procesos:

La identificación de procesos susceptibles a mejoras es crucial para alcanzar los objetivos establecidos, permitiendo entender la estructura y dinámica de los procesos, tomando énfasis en sus puntos fuertes y abordando sus debilidades.

Es esencial reconocer que el nivel de eficiencia de una organización se encuentra directamente ligado a la eficiencia de sus procesos, es decir, mientras más eficientes sean los procesos, más eficiente será la organización

La gestión por procesos busca una secuencia de actividades desarrollada principalmente para agregar valor a una entrada, lo que lleva a obtener inherentemente una salida de alta calidad que satisfagan necesidades y expectativas de los clientes. (Perez, 2007, pág. 149).

Caracterización de proceso: Permite identificar y comprender de una manera sencilla como funcionan los procesos dentro de una organización, Implica identificar los dueños y responsables del proceso a levantar, el alcance que conlleva el proceso, así como su objetivo principal, analizar los pasos involucrados dentro del proceso (SIPOC), los recursos utilizados, indicadores a medir y los resultados obtenidos para mejorar la eficiencia y efectividad operativa. (Fontavo Herrera & Vergara Schmalbach, 2010, pág. 80).

Mapa de flujo de valor (VSM): Se denomina como al modelo gráfico que representa la cadena de valor, identificando el flujo de materiales, así como el de información desde el proveedor hasta el cliente final. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013, pág. 90).

El propósito fundamental del mapa de flujo de valor es destacar la principal fuente de desperdicio dentro de un tiempo de ciclo del proceso identificando posibles cuellos de botella que impiden un flujo continuo de producción.

Para realizar un Mapa de Flujo de Valor (VSM por sus siglas en inglés) es necesario desarrollar un conjunto de pasos de forma sistémica:

- Paso 1. Identificar familia de productos.



Se puede utilizar una matriz producto-proceso tomando en cuenta que una familia de productos es aquellos que comparten tiempos, máquinas y equipos al momento de atravesar por los procesos de la planta.

En la matriz se deben identificar 2 familias: Las maquinas o equipos que se vayan a utilizar y los productos a analizar, agrupándolos para iniciar una formación por flujo de producto y poder implementar herramientas como Kanban, SMED entre otras y como punto más importante para disminuir el nivel de inventario en el proceso.

- Paso 2. Dibujar el estado actual del proceso identificando los inventarios entre operaciones, flujo de materiales e información:

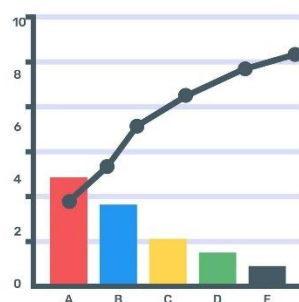
En este punto se realiza un levantamiento del VSM actual, en donde se visualiza tanto el flujo de información como el del producto.

Diagrama de Pareto: Es una herramienta de la calidad, la cual se representa similar a un histograma, con la diferencia de que el diagrama de Pareto identifica las posibles causas de un problema, aplicando su principio del 80/20 el cual dice que, si se eliminan el 20 % de las causas, el 80% de los problemas quedarían solventados, pudiéndose aplicar dicha regla en varias ramas de la ingeniería, así como gestión empresarial y diversos contextos adicionales. (López Lemos, 2016)

Dicho diagrama enlista los problemas detectados en el proceso de producción, así como su frecuencia de ocurrencia y los enlista de mayor a menor, permitiendo de esta manera un orden de prioridad en cuanto a la toma de decisiones empresariales.

Figura 8

Diagrama de Pareto



AMEF: Es una herramienta implementada para la gestión de la calidad y la ingeniería de procesos para identificar y prevenir posibles errores o fallos potenciales que podrían afectar directamente al producto o proceso. (Arguelles Ojeda, 2012, pág. 43)

El AMEF consiste en un proceso sistémico que evalúa el desempeño de cada componente del sistema, identifica los posibles modos de falla de dichos elementos, evalúa los efectos de falla potenciales que puedan existir dentro del proceso y los clasifica según su nivel de severidad, otorgando una ponderación de importancia. Adicional a ello, la probabilidad de cada uno de



los modos de falla y la capacidad de detección de los controles existentes es analizado y evaluado.

Este análisis permite priorizar los modos de falla según su impacto potencial en la calidad del producto o proceso, lo que ayuda a enfocar los esfuerzos de mejora en el área más crítica. El AMEF se utiliza principalmente en sectores industriales en donde la calidad y seguridad son fundamentales.

Grado de severidad: Evalúa el grado de defecto que puede presentar un proceso, y brinda una ponderación de importancia en cuanto a la probabilidad de falla y consecuencia de mal funcionamiento del producto.

Grado de ocurrencia: Es considerada como a la probabilidad de que una causa ocurra y se genere un modo de falla en el proceso productivo del producto, es decir, se lo evalúa como la probabilidad de que el cliente final detecte una falla en el producto.

Grado de detección: Se evalúa la probabilidad de que los controles del proceso detecten algún modo de falla antes de que el producto salga de su ciclo de producción hacia el cliente final.

Finalmente se calcula en número de prioridad de riesgo (NPR) que se entiende como la multiplicación entre la severidad, ocurrencia y detección:

$$\text{NPR} = S * O * D$$

Este cálculo se realiza para detectar los riesgos más serios que necesitan acciones correctivas urgentes. (Iza Landeta, 2016, pág. 295)

Control estadístico de procesos:

Es una metodología utilizada principalmente para la gestión de la calidad con el fin de verificar, monitorear y controlar la posible variabilidad de los procesos y de la cadena de producción. Un punto importante de esta herramienta es evaluar la capacidad del proceso para producir productos que cumplan con las especificaciones, parámetros de producción y necesidades del cliente.

El índice de capacidad del proceso (Cp) y el índice de capacidad del proceso ajustado (Cpk) son medidas fundamentales utilizadas para evaluar la capacidad de los procesos.

Cp: Es una medida que permite evaluar la capacidad potencial del proceso para producir productos entro de las especificaciones establecidas sin desviaciones significativas que puedan afectar a la cadena productiva.

Se calcula con la siguiente fórmula: $Cp = (LCS - LCI) / (6\sigma)$. Un valor de Cp mayor a 1.33 indica que el proceso es capaz de producir productos dentro de las especificaciones del cliente tal y como se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 2

Determinación de capacidad del proceso

Valor del índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión (Si el proceso está centrado)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$Cp > 1,33$	1	Adecuado
$1 < Cp < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere un control estricto
$0,67 < Cp < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Cpk: Es una medición de la capacidad real del proceso teniendo en cuenta la variabilidad de este y su posición con respecto a las especificaciones del cliente.

Se calcula con la siguiente formula: $\min(LCS - u) / (3\sigma)$; $(u - LCI) / (3\sigma)$. Un valor de Cpk mayor a 1.33 indica que el proceso es capaz de producir productos dentro de las especificaciones del cliente, teniendo tanto la posición como la variabilidad dentro de las especificaciones.

Una capacidad de proceso alta (Cp y $Cpk > 1.33$) demuestra que el proceso es capaz de producir productos de alta calidad y dentro de las especificaciones técnicas, sin embargo, si la capacidad del proceso presenta un valor inferior a 1 (Cp y $Cpk < 1$), nos indica que la capacidad del proceso no es la adecuada viéndose en la necesidad de modificar al proceso para alcanzar la calidad deseada, por este mismo factor, no se podrá cumplir con las expectativas de los clientes. (Arvelo L., 1998, págs. 14-36)

Bizagi Studio: Bizagi Studio permite a los usuarios modelar procesos productivos dentro de una interfaz dinámica y ejecutable, logrando enviar información dentro de toda la organización de una manera rápida y sencilla, sin hacer uso de código, únicamente con el uso de la aplicación web, permitiendo al usuario una interacción constante.

Varias de las opciones que permite el programa ejecutar para la automatización del proceso son:

1. Modelamiento del proceso: Dentro de esta interfaz permite al usuario crear el modelo del proceso con ayuda del programa bizagi modeler, es desde aquí de donde se parte para la automatización del proceso a modelar.
2. Modelo de datos: En este punto se modelan las entidades las cuales describen el giro del negocio, tomando en cuenta que existen entidades de tipo paramétrica, de sistema, maestra y de stakeholders.
3. Definición de formularios: Se crean las interfaces de usuario y los formularios a llenar necesarios para la ejecución del proceso.
4. Reglas de negocio: Finalmente se establece como va a funcionar y a ser ejecutadas las actividades, definiendo parámetros y condiciones de control que influyen en el comportamiento del negocio.

(Bizagi, 2024)



Simulación de procesos (FLEXSIM):

El usar e implementar un simulador de procesos, permite al usuario analizar las diferentes perspectivas dentro de un proceso, ayudando a la toma de decisiones en cuanto a recursos, infraestructura y demás factores a tomar en cuenta dentro de las actividades de un proceso.

Flexsim es un software de simulación de procesos que permite a los usuarios modelar y analizar sistemas complejos en una amplia variedad de industrias tales como manufactura, logística, farmacéuticas, transporte, entre otros, otorgando al usuario la oportunidad de entender el comportamiento del sistema y como optimizarlo, aumentando el rendimiento en los procesos.

Algunos de los aspectos clave de ejecutar simulaciones en Flexsim son las siguientes:

Interfaz intuitiva: Cuenta con una interfaz de usuario (UI) fácil de utilizar, ayudando en la creación y manipulación del software, y a su vez permitiendo construir modelos desde una biblioteca de objetos predeterminados lo que brinda soporte al proceso en el modelado y facilita la visualización de la simulación.

Modelado 3D: Flexsim permite modelar procesos en 3D, brindando al usuario la posibilidad de crear situaciones realistas de los sistemas a simular, y permitiendo comprender de una manera más dinámica el uso del programa, facilitando la comunicación de los resultados simulados y datos obtenidos para la toma de decisiones.

Análisis detallado: El programa otorga a los usuarios la ventaja de analizar detalladamente los valores que arroja la simulación, incluyendo la recopilación de datos sobre variables de interés, la generación de información y gráficos con los cuales se evaluará el resultado simulado previamente y se analizará el impacto que éste presente dentro del sistema simulado. (Nuñez Calix, 2020).

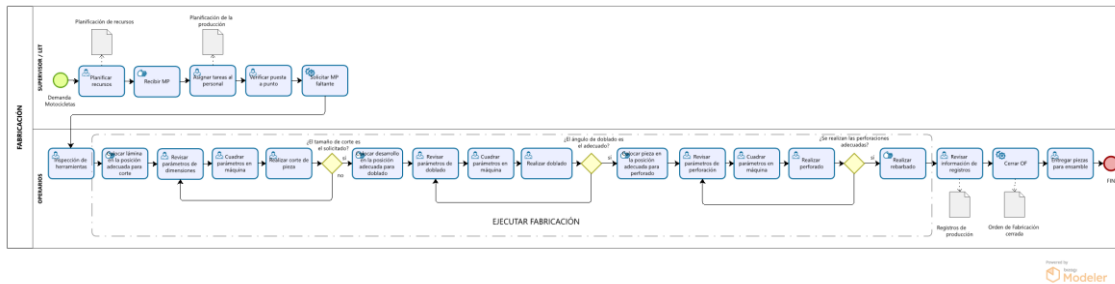
MÉTODO:

Flujograma actual: Proceso de fabricación Motocicletas:

Dentro del diagrama se especifican cada una de las actividades realizadas en el proceso de fabricación de motocicletas, identificando que tipo de actividad es cada una de ellas, estableciendo los centros de costos responsables de su ejecución y salidas importantes de documentación.



Figura 9
Flujograma actual proceso de fabricación



Adicional a ellos se asigna una tabla en donde se detalla el tiempo de cada una de las actividades y se identifica si dichas actividades agregan o no valor a la cadena productiva, observando que, de 22 actividades realizadas, 6 de ellas no agregan valor al proceso.

Tabla 3
Actividades VA Y NVA actual

No. Actividad	Actividades	Tiempo de actividad (min)	Actividades de VA	Actividades NVA
1	Planificar recursos	60	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Recibir MP	60	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Asignar tareas al personal	50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Verificar puesta a punto	60	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Solicitar MP faltante	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Inspección de herramientas	20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Colocar lámina en la posición adecuada para corte	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Revisar parámetros de dimensiones	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Cuadrar parámetros en máquina	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Realizar corte de pieza	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Colocar desarrollo en la posición adecuada para doblado	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Revisar parámetros de doblado	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Cuadrar parámetros en máquina	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Realizar doblado	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Colocar pieza en la posición adecuada para perforado	10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Revisar parámetros de perforación	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Cuadrar parámetros en máquina	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Realizar perforado	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Realizar rebarbado	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Revisar información de registros	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Cerrar OF	15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Entregar piezas para ensamble	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TOTAL:		441	16	6

VSM Actual:

Finalmente, con ayuda del VSM se establece la situación actual en cuanto a actividades que agregan y no agregan valor y el tiempo de ciclo del proceso con el fin de poder determinar la velocidad a la que se deben fabricar las motos para poder cumplir con la demanda del cliente mediante el cálculo del takt time.



Figura 10
VSM actual

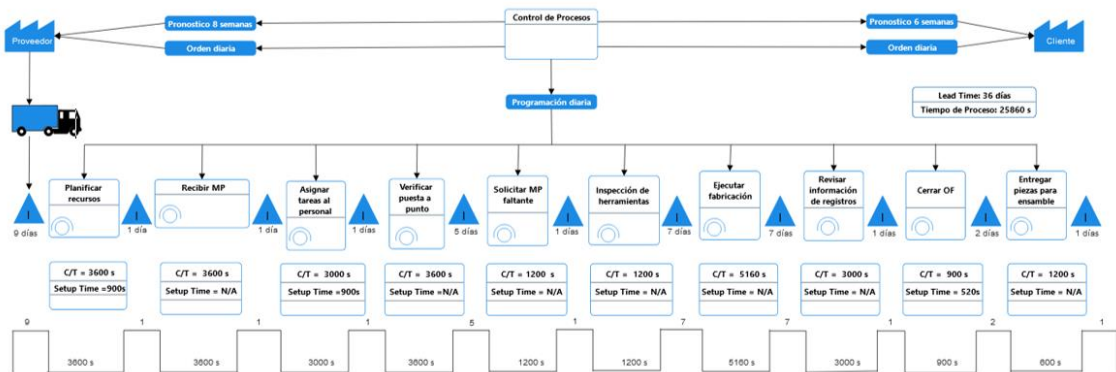


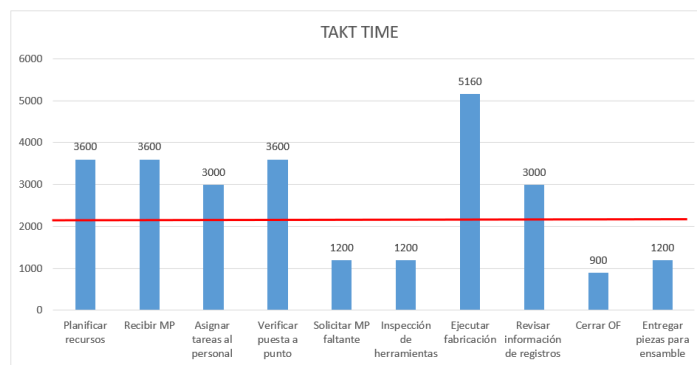
Tabla 4
Cálculo del takt time actual

Fabricación Motocicletas		
MARZO	Unidades	Medida
Demanda del cliente	250	Mensual
Días laboradas	21	Días
Minutos de trabajo	480	Min
Horas no productivas	30	Min
Disponibilidad de la maquina	0,8	%
Scrap	0,4	%

Demanda del cliente total mensual	350 u/mensuales
Demanda del cliente diaria	12 u/diarias
Unidades reprocesadas	100 u
Tiempo neto disponible	360 minutos netos
TAKT TIME (min)	34 min/u
TAKT TIME (seg)	2040 seg/u

Puesto que la demanda es de 250 unidades al mes, se ha calculado un takt time de 34 min/u o 2040 s/u, en donde se puede observar que muchas de las actividades no cumplen con dicho ritmo, convirtiéndose en actividades de cuello de botella.

Figura 11
Cuellos de botella actual




Gracias a la gráfica, se puede observar que 6 de las actividades no cumplen con el takt time, motivo por el cual no se puede cumplir con la demanda establecida de 250 unidades mensuales, puesto que al haber tiempos muertos o que no agregan valor, tanto la eficiencia como la productividad se ven afectadas.



Caracterización del Proceso actual:

Tabla 5
Caracterización del proceso actual

		METALTRONIC GROUP		CÓDIGO:	REG-PROD-001
		CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		VERSIÓN:	1
				EMISIÓN:	23/3/2024
NOMBRE DEL PROCESO:	PRODUCCIÓN MOTOCICLETAS	DUEÑO DEL PROCESO:	Jefe de Fabricación		
OBJETIVO DEL PROCESO:	Fabricar y ensamblar motocicletas bajo óptimas condiciones competitivas, cumpliendo las especificaciones definidas por el cliente y por el fabricante.				
ALCANCE:	Aplica a todos los proyectos de motocicletas y negocios industriales que se requieran.				

PROVEEDOR (Supplier) Necesidades del mercado Pieza CBU Planchas de acero	ENTRADA (Input) Fichas técnicas. Hojas de puesta en marcha. Pedidos de producto. Producto para lanzamiento y comercialización.	PROCESO (Process) Planificar recursos Recibir MP Asignar tareas al personal Verificar puesta a punto Solicitar MP faltante Inspeccionar herramientas Ejecutar fabricación Revisar información de registros Cerrar OF Entregar piezas para ensamble	SALIDA (Output) Cuadro de producción y consumo. Lista de repuestos. Producto terminado.	CLIENTE (Customer) Cliente Final Distribuidores
--	---	---	---	--

RECURSOS Galpones industriales Racks Línea de fabricación Línea de ensamble Computador Montacargas Herramientales EPP Jigs	PLANEAR Planificar la producción semanal y mensual Planificar la asignación de personal. Planificar contingencia en caso que ocurra algún incidente	HACER Planificar recursos Recibir MP Asignar tareas al personal Verificar puesta a punto Solicitar MP faltante Inspeccionar herramientas Ejecutar fabricación Revisar información de registros Cerrar OF Entregar piezas para ensamble	CONTROLER Especificaciones Técnicas Normas Generales para las Instituciones del Sistema de gestión de calidad automotriz. Política de Regulación automotrices.
--	---	---	--

ACTUAR Guiars en base a los registros asignados para cada verificación realizada	VERIFICAR Validar el cumplimiento de especificaciones técnicas Verificar el cumplimiento de las instrucciones de los registros Verificar puesta a punto Verificar información de las tarjetas viajeras
--	---

REQUISITOS NORMATIVOS O LEGALES ISO 9001-2015 RTE INEN 048 RTE INEN 2477	INDICADORES A MEDIR Costo de producción DRL Costo mano de obra
--	--

INDICADORES							
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	FÓRMULA	FRECUENCIA	META	RECURSOS	RESPONSABLE
Cumplir con el presupuesto asignado para producción	Costo de producción	Costos	Producción real/Producción presupuestada	Mensual	100%	Financiero	Jefe de ensamble
Cumplir con los controles de producción establecidos	Control de defectos	Controles	Defectos	Mensual	<= 50	MOD	Jefe de ensamble
Cumplir con la planificación de la producción	Planificación mensual	Planificación	Actividad ejecutada/Actividad planificada	Mensual	100%	MOD	Jefe de ensamble

En la caracterización se especifica cada una de las actividades que se ejecutan a lo largo del proceso productivo, así como proveedores, entradas, salidas y clientes que reciben el producto final, de igual manera se especifica el responsable del análisis del cumplimiento de indicadores y los recursos necesarios para la ejecución de cada una de las actividades.



Simulación Flexsim actual: Con ayuda del software Flexsim, se simula como es el comportamiento del área de fabricación con sus procesos y los recursos necesarios para la ejecución de cada una de las actividades, realizando una inspección en cada una de las actividades y finalmente obteniendo el resultado del porcentaje de piezas defectuosas y no defectuosas.

El ejercicio se realiza a partir de un análisis de producción de 500 unidades en donde 418 unidades son aprobadas y 82 son rechazadas; dando valores porcentuales de 83.6% de productos aprobados y 16.4% de productos rechazados, existiendo una amplia oportunidad de mejora en cuanto a la reducción de defectos.

Figura 12

Flexsim situación actual productos aprobados

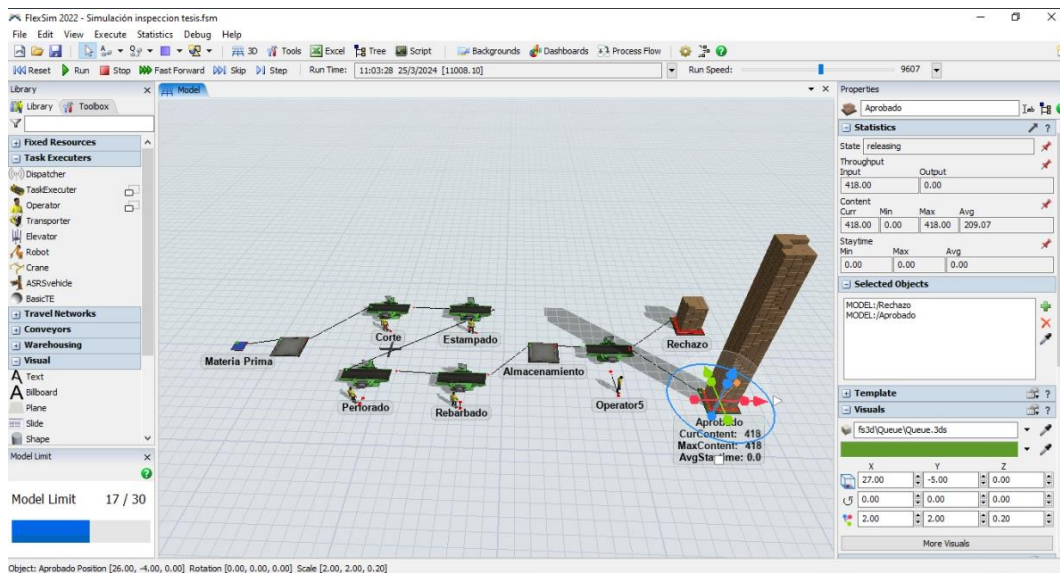
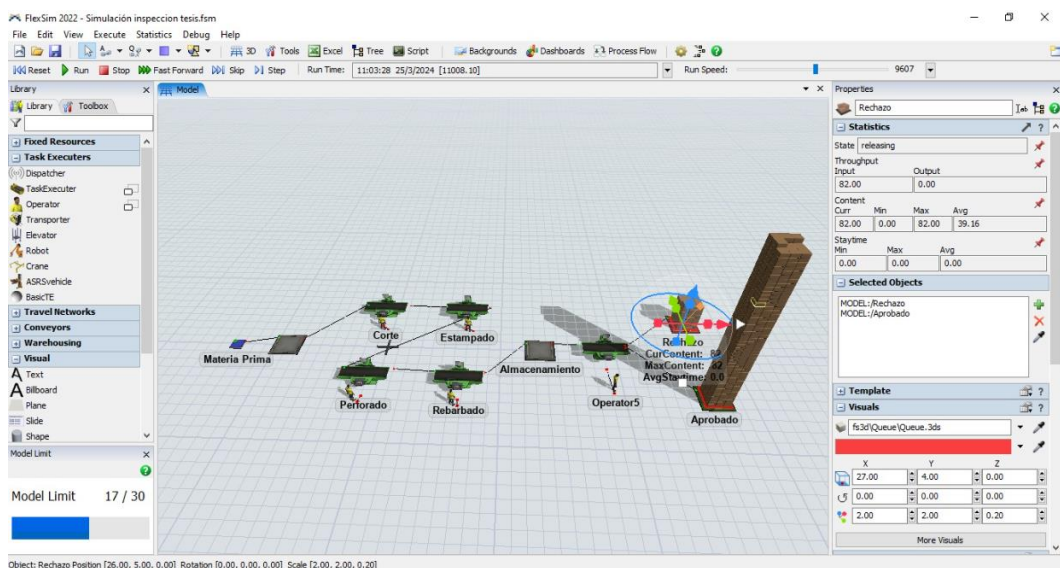


Figura 13

Flexsim situación actual productos rechazados





Priorización del problema:

La matriz de priorización de problemas permite identificar y comparar la importancia relativa de los problemas, permitiendo la identificación de una atención inmediata y asignación de recursos.

Tabla 6
Priorización del problema

PRIORIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS				
PROBLEMA	Impacto (1-5)	Esfuerzo Requerido (1-5)	Urgencia (1-5)	Puntuación Total
Costos de la no calidad	4	3	3	10
Reprocesos	4	4	4	12
Desperdicios MP	5	4	5	14
Costos de fabricación altos	5	4	5	14

Diagrama de Pareto: Este diagrama ayuda a categorizar las situaciones para identificar los problemas y atacarlos, eliminando el 20 % de las causas y solucionando el 80% de los problemas. A continuación, se muestra una tabla priorizando los defectos que deben ser atacados dentro de la empresa, partiendo de una población de 1000 unidades para su análisis.

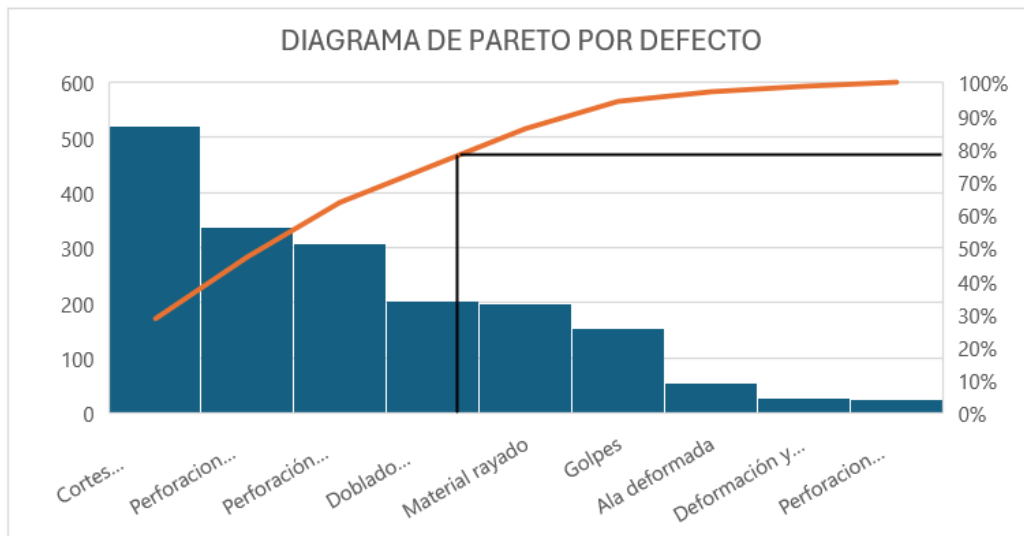
Diagrama de Pareto por Defectos

Tabla 7
Diagrama de Pareto por defectos

Piezas defectuosas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	% Acumulado
Cortes defectuosos	522	522	29%	29%
Perforaciones desplazadas	337	859	18%	47%
Perforación faltante	308	1167	17%	64%
Doblado inadecuado	204	1371	11%	75%
Material rayado	199	1570	11%	86%
Golpes	153	1723	8%	94%
Ala deformada	54	1777	3%	97%
Deformación con retal	28	1805	2%	99%
Perforaciones deformadas	24	1829	1%	100%
	1829		100%	



Figura 14
Diagrama de Pareto por defecto



Según el diagrama de Pareto, los defectos a ser atacados para eliminar el 80% de los problemas son: Cortes defectuosos, perforaciones desplazadas, perforación faltante y doblado inadecuado.

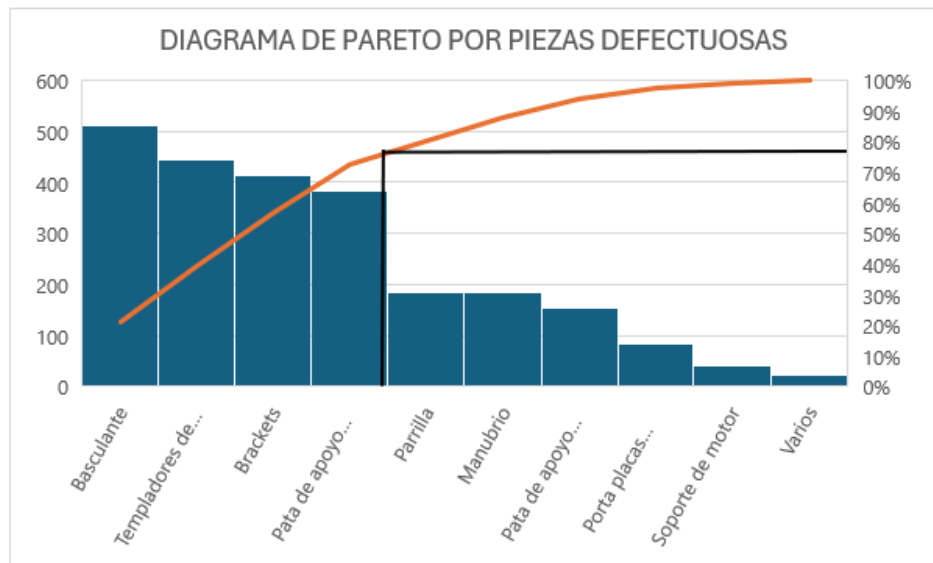
Diagrama de Pareto por piezas defectuosas

Tabla 8
Diagrama de Pareto por piezas defectuosas

Piezas defectuosas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	% Acumulado
Basculante	512	512	21%	21%
Templadores de cadena	445	957	18%	40%
Brackets	412	1369	17%	57%
Pata de apoyo central	383	1752	16%	72%
Parrilla	185	1937	8%	80%
Manubrio	184	2121	8%	88%
Pata de apoyo lateral	155	2276	6%	94%
Porta placas posterior	84	2360	3%	98%
Soporte de motor	39	2399	2%	99%
Varios	21	2420	1%	100%
	2420		100%	



Figura 15
Diagrama de Pareto por piezas defectuosas

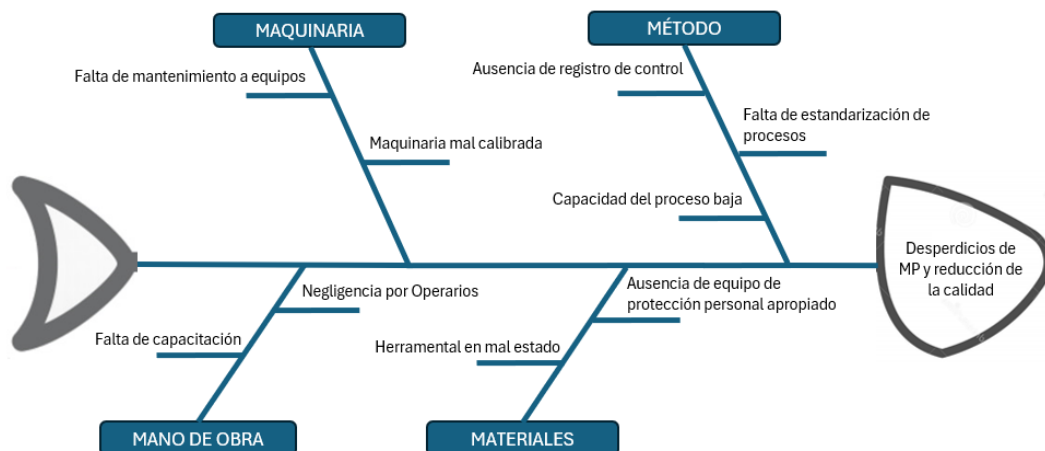


Según el diagrama de Pareto, las piezas defectuosas a ser atacadas para eliminar el 80% de los problemas son: Pieza basculante, templadores de cadena, brackets y pata de apoyo central.

Análisis de causa:

Una vez identificado y priorizado el problema, se realiza el diagrama de pescado (causa-efecto), en donde se analizará la causa raíz del problema central con el fin de erradicarlo en su totalidad, para ello se hace uso de las 6 M las cuales son: Mano de obra, maquinaria, método, materiales, medio ambiente y medición. Para el caso del análisis se haran uso unicamente de las 4 primeras mencionadas debido a la naturaleza del problema.

Figura 16
Análisis causa-efecto



Priorización de causas:



A continuación, ya identificadas las posibles causas raíz del problema principal, se procede a analizar y priorizar las causas identificadas mediante el uso de la tabla 9.

Tabla 9
Priorización de la causa

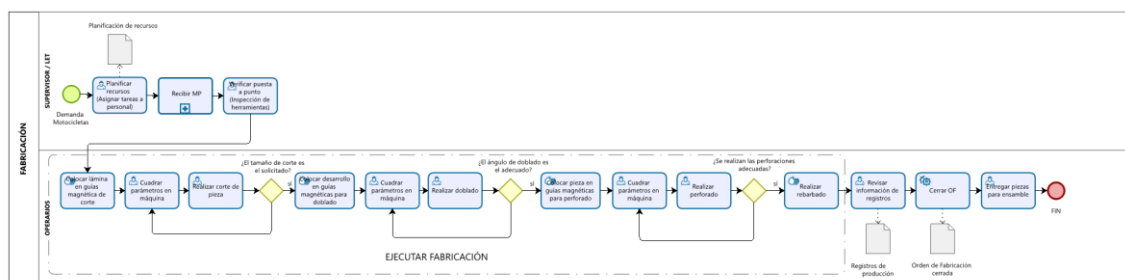
PRIORIZACIÓN DE LAS CAUSAS					
Causas/Criterios	Impacto en la Satisfacción del cliente (1-5)	Probabilidad de Ocurrencia (1-5)	Costo de Solución (1-5)	Tiempo Requerido para Solución (1-5)	Total
Falta de mantenimiento a equipos	3	2	3	3	11
Maquinaria mal calibrada	2	3	2	2	9
Ausencia de registros y parámetros de control	4	3	2	3	12
Falta de estandarización de procesos	2	2	2	1	7
Capacidad del proceso baja	4	4	3	3	14
Negligencia por parte de los operarios	2	2	2	2	8
Falta de capacitación a los operarios	3	4	2	3	12
Ausencia de equipo de protección adecuado	1	2	3	1	7
Herramental en malas condiciones	3	3	3	4	13

PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Flujograma futuro: Proceso de fabricación Motocicletas:

A continuación, se presenta una propuesta mejorada del flujo del proceso de fabricación, en donde se eliminaron y combinaron ciertas actividades, con el fin de que el proceso sea más eficiente y eficaz, proponiendo un sistema que se magnetiza permitiendo que las piezas queden fijas, disminuyendo el error de producción, asimismo, se propone el uso de topes y perforaciones guía, con el propósito de disminuir el nivel de inspecciones innecesarias en cada una de las actividades.

Figura 17
Flujograma futuro proceso de fabricación motocicletas





Asimismo, se detalló el tiempo de cada una de las actividades ya implementando la propuesta de mejora y se identificaron las actividades que agregan o no valor a la cadena productiva, observando que se redujo a 16 actividades de ejecución, y que todas ellas agregan valor al proceso.

Tabla 10
Actividades VA y NVA futura

No. Actividad	Actividades	Tiempo de actividad (min)	Actividades de VA	Actividades NVA
1	Planificar recursos (Asignar tareas al personal)	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Recibir MP	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Verificar puesta a punto (Inspección de herramientas)	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Colocar lámina en guía magnética de corte	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Cuadrar parámetros en máquina	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Realizar corte de pieza	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Colocar desarrollo en guía magnética para doblado	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Cuadrar parámetros en máquina	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Realizar doblado	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Colocar pieza en guía magnética para perforado	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Cuadrar parámetros en máquina	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Realizar perforado	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Realizar rebariado	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Revisar información de registros	30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Cerrar OF	15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Entregar piezas para ensamble	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TOTAL:		170	16	0

VSM Futuro: Finalmente, con ayuda del VSM se establece la situación futura en cuanto a actividades que agregan valor y el tiempo de ciclo del proceso con el fin de poder determinar la velocidad a la que se estaría fabricando las motos para poder cumplir con la demanda del cliente mediante el cálculo del takt time.

Figura 18
VSM futuro

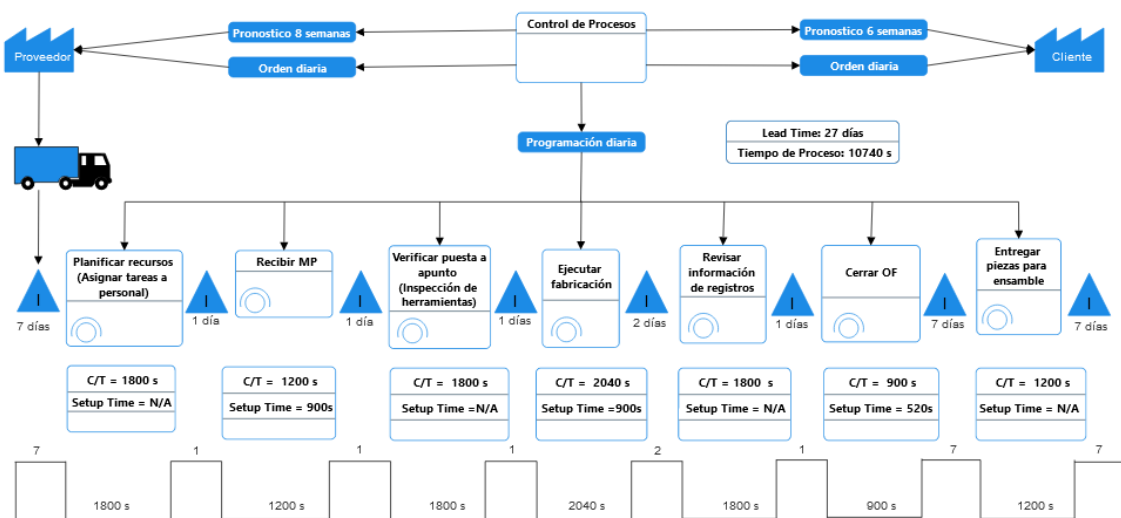


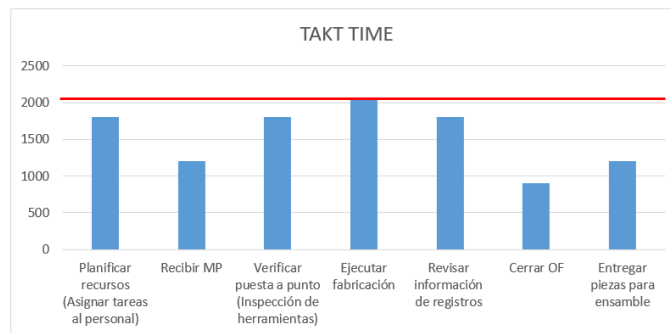


Tabla 11
Cálculo takt time mejorado

Fabricación Motocicletas		
MARZO	Unidades	Medida
Demanda del cliente	250	Mensual
Días laboradas	21	Días
Minutos de trabajo	480	Min
Horas no productivas	30	Min
Disponibilidad de la máquina	0,95	%
Scrap	0,1	%

Demanda del cliente total mensual	275 u/mensuales
Demanda del cliente diaria	12 u/diarias
Unidades reprocesadas	25 u reproceso
Tiempo neto disponible	428 minutos netos
TAKT TIME (min)	34 min/u
TAKT TIME (seg)	2040 seg/u

Figura 19
Takt time futuro




En la figura se muestra que todas las actividades se encuentran por debajo del takt time, es decir que, al cumplir con los tiempos establecidos de cada una de las actividades se puede cumplir con la demanda mensual de 250 unidades, logrando proponer una mejora en la ejecución de las actividades dentro de la cadena de valor.

Caracterización del Proceso futuro:



Tabla 12
Caracterización del proceso futuro

		METALTRONIC GROUP		CÓDIGO:	REG-PROD-001
CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS		VERSIÓN:	1	EMISIÓN:	23/3/2024
NOMBRE DEL PROCESO:	PRODUCCIÓN MOTOCICLETAS	DUÑO DEL PROCESO:	Jefe de Fabricación		
OBJETIVO DEL PROCESO:	Fabricar y ensamblar motocicletas bajo óptimas condiciones competitivas, cumpliendo las especificaciones definidas por el cliente y por el fabricante.				
ALCANCE:	Aplica a todos los proyectos de motocicletas y negocios industriales que se requieran.				

PROVEEDOR (Supplier)	ENTRADA (Input)	PROCESO (Process)	SALIDA (Output)	CLIENTE (Customer)
Necesidades del mercado Pieza CBU Planchas de acero	Fichas técnicas. Hojas de puesta en marcha. Pedidos de producto. Producto para lanzamiento y comercialización.	Planificar recursos (Asignar tareas al personal) Recibir MP Verificar puesta a punto (Inspección de herramientas) Ejecutar fabricación Revisar información de registros Cerrar OF Entregar piezas para ensamble	Cuadro de producción y consumo. Lista de repuestos. Producto terminado.	Cliente final Distribuidores

RECURSOS	PLANEAR	HACER	CONTROLER
Galpones industriales Racks Línea de fabricación Línea de ensamble Computador Montacargas Herramientales	Planificar la producción semanal y mensual Planificar la asignación de personal. Planificar contingencia en caso que ocurra algún incidente	Planificar recursos (Asignar tareas al personal) Recibir MP Verificar puesta a punto (Inspección de herramientas) Ejecutar fabricación Revisar información de registros Cerrar OF Entregar piezas para ensamble	Especificaciones Técnicas Normas Generales para las Instituciones del Sistema de gestión de calidad automotriz. Política de Regulación automotrices.

ACTUAR	VERIFICAR
Guiar en base a los registros asignados para cada verificación realizada	Validar el cumplimiento de especificaciones técnicas Verificar el cumplimiento de las instrucciones de los registros Verificar puesta a punto Verificar información de las tarjetas viajeras

REQUISITOS NORMATIVOS O LEGALES	INDICADORES A MEDIR
ISO 9001-2015 RTE INEN 048 RTE INEN 2477	Costo de producción DRL Costo mano de obra

INDICADORES							
OBJETIVO	NOMBRE DEL INDICADOR	DIMENSIÓN ADMINISTRATIVA	FÓRMULA	FRECUENCIA	META	RECURSOS	RESPONSABLE
Cumplir con el presupuesto asignado para producción	Costo de producción	Costos	$\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción presupuestada}}$	Mensual	100%	Financiero	Jefe de ensamble
Cumplir con los controles de producción establecidos	Control de defectos	Controles	Defectos	Mensual	≤ 50	MOD	Jefe de ensamble
Cumplir con la planificación de la producción	Planificación mensual	Planificación	$\frac{\text{Actividad ejecutada}}{\text{Actividad planificada}}$	Mensual	100%	MOD	Jefe de ensamble

En la caracterización futura, se especifica cada una de las actividades que se ejecutan a lo largo del proceso productivo, implementando la propuesta de mejora, identificando proveedores, entradas, salidas y clientes que reciben el producto final, de igual manera se especifica el responsable del análisis del cumplimiento de indicadores y los recursos necesarios para la ejecución de cada una de las actividades.



Simulación Flexsim futura: Implementando las propuestas mencionadas, junto con el establecimiento de parámetros de calidad, mediante la simulación se puede observar que ahora existen 471 unidades aprobadas y 29 rechazadas, que, porcentualmente hablando tendrían valores de 94.2% y 5.8% respectivamente.

Figura 20
Flexsim situación futura productos aprobados

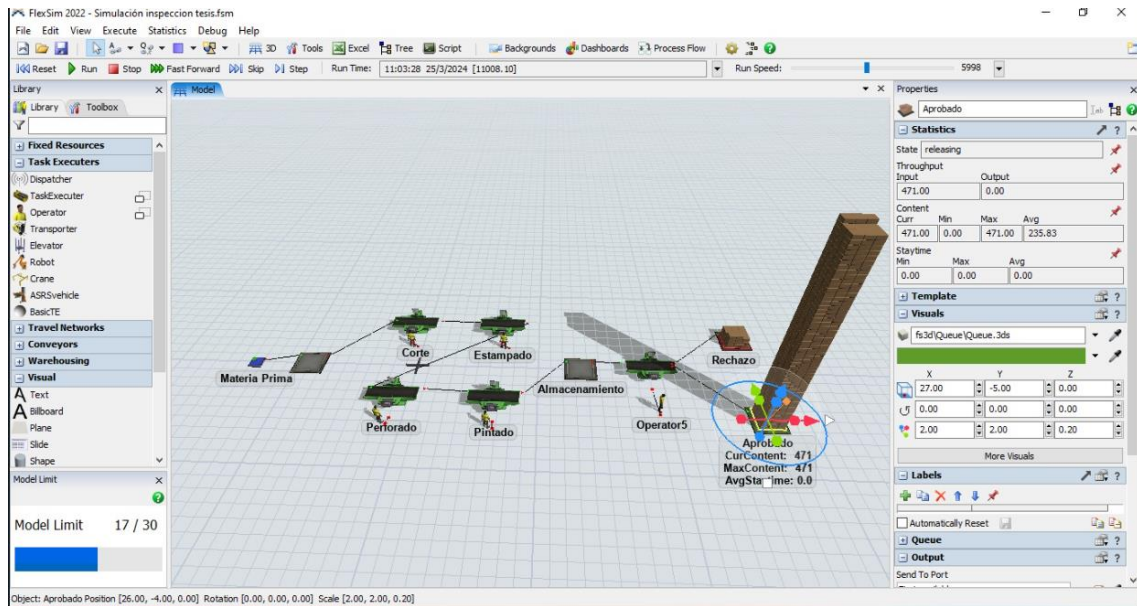
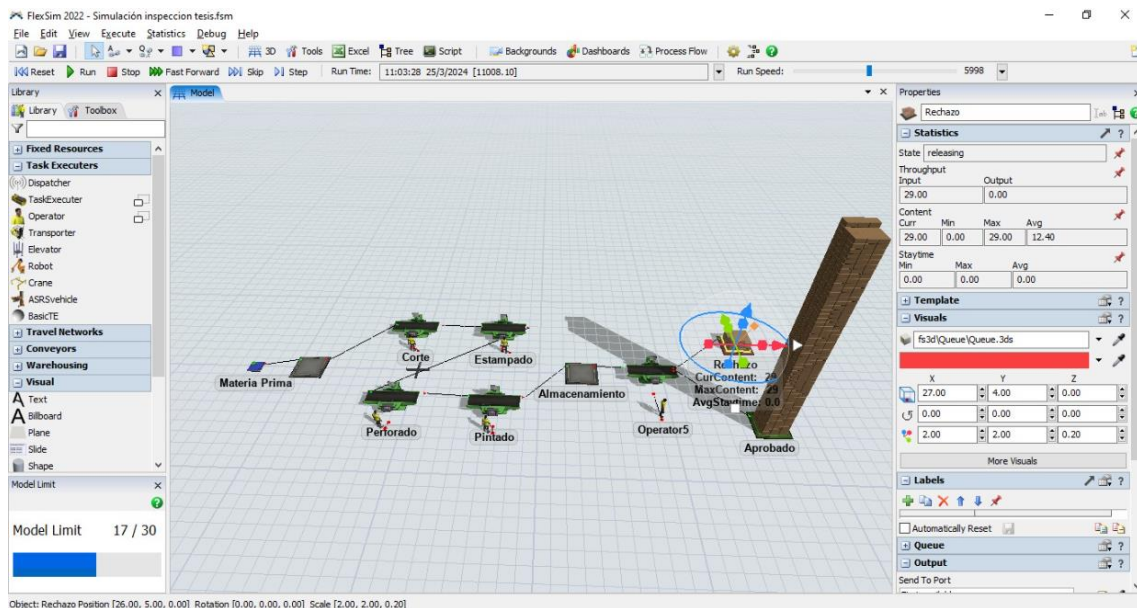


Figura 21
Flexsim situación futura productos rechazados

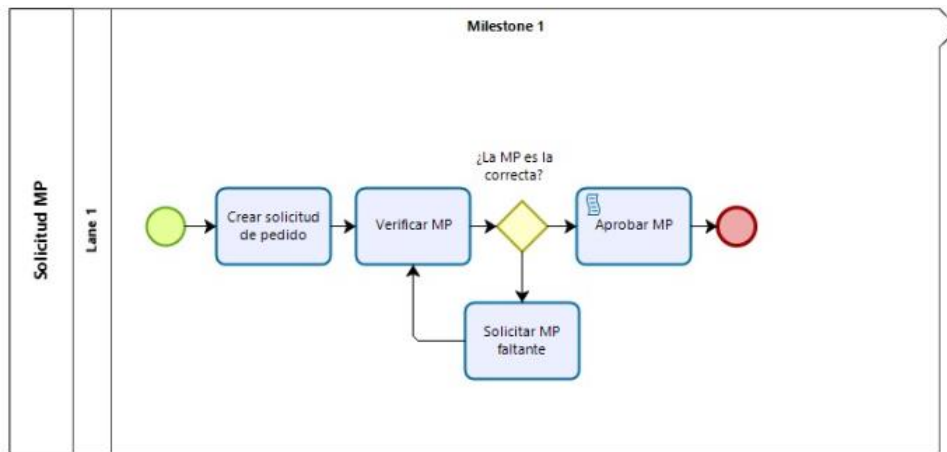




Automatización de proceso: Al realizar el análisis de tiempos y recursos necesarios para la ejecución de las actividades se propone hacer el uso de un formulario de solicitud y recepción de materia prima con el fin de optimizar dicho proceso.

Para la ejecución del formulario se hizo uso de bizagi studio, programa el cual permite automatizar las actividades.

Figura 22
Flujograma solicitud MP



Como inicio del formulario para la primera actividad, se solicita la “Información del empleado”, en donde se solicita el nombre y apellido del empleado quien realiza el requerimiento de la materia prima, el departamento al que pertenece el solicitante y finalmente el numero de identificación del empleado.

Figura 23
Formulario "Información empleado"

Pasando a la siguiente actividad se debe llenar el formulario de “Solicitud y verificación de materia prima”, en donde se hacen uso de diferentes campos tales como: el motivo de la



solicitud de la materia prima, la materia prima necesaria, el número de solicitud del pedido, la cantidad de materia prima solicitada, tomando en cuenta que en este punto se ha realizado una regla de negocio en donde se especifica que en caso de que la casilla “Materia prima necesaria”, en donde se especifica el kit a utilizar, se encuentre vacía, o que la casilla “Cantidad de MP necesaria” cuente con un valor igual o menor a 100, se dirija al formulario de “Materia prima faltante” dependiendo de la orden de fabricación que especifica la cantidad de unidades solicitadas, esto debido a que en ocasiones se deben solicitar materiales que se encuentren fuera del kit de fabricación, permitiendo hacer una solicitud completa de los materiales.

Figura 24
Formulario "Solicitud y verificación materia prima"

The screenshot shows the Bizagi web interface for the 'Solicitud y Verificación Materia Prima' form. The form is titled 'Solicitud MP > Verificar MP'. It contains the following fields and values:

Field	Value
Motivo de solicitud:	Solicitud de ventas
Materia prima necesaria:	Láminas de acero
Número solicitud de pedido:	10
Cantidad de MP necesaria:	90
Número orden de fabricación:	50
Certificado de calidad:	<input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No

En el formulario “Materia prima faltante” se solicita los materiales y recursos que no se encuentran dentro del kit de fabricación original y se envía la solicitud a bodega, finalizando de esta manera el formulario de solicitud y recepción de materia prima.

Figura 25
Formulario materia prima faltante

The screenshot shows the Bizagi web interface for the 'Materia Prima Faltante' form. The form is titled 'Solicitud MP > Solicitar MP faltante'. It contains the following fields and values:

Field	Value
Solicitud MP faltante:	Componentes eléctricos
Aprobación:	<input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No



Proceso de fabricación Basculante:

Figura 26

Proceso de fabricación basculante

N°	OPERACIÓN	MAQUINA	TROQUEL/ HERRAMIENTA	ESQUEMA	SIMBOLO	CONTROLES		
						MEDIDA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA
10	CORTE TRONZADORA TUBO ø31,8mm e=2mm	Tronzadora manual	N/A			$a=521 \pm 2/-0$ mm	Flexómetro	Medir Primera y última de cada lote RV3-25 Hoja de Inspeccion
30	ESTACION 1: DOBLADO Y PLANCHADO Colocar el tubo refuerzo al interior del tubo Tijera y realizar el planchado y doblado. Verificar que ambos tubos estan haciendo contacto con el tope de la matriz	Prensa 75 TON	H4301BE			$b=102$ mm $+1/-0$ $c=172 \pm 2$	Calibrador Goniómetro	Medir Primera y última de cada lote RV3-25 Hoja de Inspeccion
40	ESTACION 2: PERFORADO Colocar el tubo donde la parte estampada de la pieza haga tope con la matriz	Prensa 75 TON	H4301BE			PERFORACION SIN REBABAS	VISUAL	100 % LOTE

AMEF Basculante: Dentro del análisis AMEF se proponen ciertos controles que se pueden llevar a cabo dentro del proceso para mitigar las potenciales fallas y errores.

Tabla 13

AMEF basculante

AMEF BASCULANTE									
Proceso	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Causa de la Falla Potencial	Controles	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Corte	Forma y dimensiones del corte	Inicio de corte ubicado incorrectamente	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Defecto de corte propio de las partes móviles de la máquina	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Doblado	Doblado sin fracturas visibles	Parte fracturada en el área de estampado	Debilitamiento de la parte	Parámetros de presión mayor a lo requerido	Establecer parámetros estandarizados en hoja de procesos	7	4	7	196
Perforado	Número de perforaciones especificado en plano	Perforación faltante	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	7	4	7	196
Rebarbado	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175



Proceso de fabricación Templador:

Figura 27

Proceso de fabricación templador

N°	OPERACIÓN	MAQUINA	TROQUEL/ HERRAMIENTA	ESQUEMA	SIMBOLO	CONTROLES		
						MEDIDA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA
10	CORTAR DESARROLLOS	LASERCUT	N/A			$a=158 \pm 0,1$ $b=40 \pm 0,1$ $D1 = 18 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ $D2 = 17 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ $D3 = 9 \text{ mm} - 0/+0,5$	CALIBRADOR	1 CADA 50 UNIDADES - REGISTRO EN HOJA DE INSPECCION
20	REBARBAR ESCORIAS Y ALMACENAR	MANUAL	LIMA O CINCEL		SIN REBABAS	VISUAL	100%	
30	DOBLAR	PRENSA 50T (CARRERA 50) PRENSAS DE 60T	HS1088D			$a=25 \text{ mm} \pm 0,5$	CALIBRADOR	PRIMERA Y ULTIMA REGISTRO EN HOJA DE INSPECCION

AMEF Templador: Dentro del análisis AMEF se proponen ciertos controles que se pueden llevar a cabo dentro del proceso para mitigar las potenciales fallas y errores.

Tabla 14

AMEF templador

AMEF TEMPLADOR									
Proceso	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Causa de la Falla Potencial	Controles	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Corte	Forma y dimensiones del corte	Inicio de corte ubicado incorrectamente	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Defecto de corte propio de las partes móviles de la máquina	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Rebarbado	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Doblado	Doblado sin fracturas visibles	Parte fracturada en el área de estampado	Debilitamiento de la parte	Parámetros de presión mayor a lo requerido	Establecer parámetros estandarizados en hoja de procesos	7	4	7	196



Proceso de fabricación Brackets:

Figura 28
Proceso de fabricación bracket

N°	OPERACIÓN	MAQUINA	TROQUEL/ HERRAMIENTA	ESQUEMA	SIMBOLO	CONTROLES		
						MEDIDA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA
10	CORTAR DESARROLLOS	Laser Cut	N/A		 Inspección Cerrado	a=10mm +/-0,5 b=20 mm +/-0,5 c=9 mm +/-0,5 f=19 mm +/-0,5 d=20 mm +/-1	Calibrador	1° y última de cada lote Registro: Hoja de Inspección (RV3-25)
20	REBARBAR ESCORIAS Y ALMACENAR	Manual	* Lima * Cincele			N/A	Visual	100%
30	ESTAMPADO: Verificar que el desarrollo de la parte se coloque correctamente en los topes dispuestos para el fin	* Prensa 75 TON.	* Troquel HS1077-D		 Inspección Cerrado	Sin arrugas ni roturas. L = 218 mm +/- 2 mm A = 61° +/- 2°	Visual. Flexómetro, Goniómetro.	100% 1° y última de cada lote Registro: Hoja de Inspección (RV3-25)
40	PINTAR COLOR GRIS SEMI BRILLANTE	PROVEEDOR EXTERNO				APARIENCIA	VISUAL	100% C/LOTE Tarjeta Viajera (RV3-24)

AMEF Bracket: Dentro del análisis AMEF se proponen ciertos controles que se pueden llevar a cabo dentro del proceso para mitigar las potenciales fallas y errores.

Tabla 15
AMEF bracket

AMEF BRACKET									
Proceso	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Causa de la Falla Potencial	Controles	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Corte	Forma y dimensiones del corte	Inicio de corte ubicado incorrectamente	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Defecto de corte propio de las partes móviles de la máquina	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Rebarbado	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Doblado	Doblado sin fracturas visibles	Parte fracturada en el área de estampado	Debilitamiento de la parte	Parámetros de presión mayor a lo requerido	Establecer parámetros estandarizados en hoja de procesos	7	4	7	196



Proceso de fabricación pata de apoyo central:

Figura 29

Proceso de fabricación pata de apoyo central

N°	OPERACIÓN	MAQUINA	TROQUEL/ HERRAMIENTA	ESQUEMA	SIMBOLO	CONTROLES		
						MEDIDA	INSTRUMENTO	FRECUENCIA
10	CORTAR DESARROLLOS	* LaserCut	Programa: Desarrollos Pata Central RS-150			Ancho = 61mm (± 1) Largo = 61mm (± 1) D = 9 +0,5/-0	Calibrador	1° y última de cada lote Registro: Hoja de Inspección (RV9-25)
20	REBARBAR ESCORIAS Y ALMACENAR	Manual	* Lima * Cincel			N/A	Visual	100%
30	ESTAMPADO	PRENSA 35TON	* TROQUEL HS1083E	 		* Sin arrugas o roturas * L = 31 ± 1 mm	* Visual * Calibrador	*100% *Primera, media y última de cada lote

AMEF Pata de Apoyo Central: Dentro del análisis AMEF se proponen ciertos controles que se pueden llevar a cabo dentro del proceso para mitigar las potenciales fallas y errores.

Tabla 16

AMEF pata de apoyo central

AMEF PATA DE APOYO CENTRAL									
Proceso	Requerimiento	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Causa de la Falla Potencial	Controles	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
Corte	Forma y dimensiones del corte	Inicio de corte ubicado incorrectamente	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Defecto de corte propio de las partes móviles de la máquina	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Rebarbado	Corte sin rebabas	Extremo de corte con rebabas perceptibles a la vista	Desarrollo no ingresa en guías del herramental	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	5	5	7	175
Perforado	Número de perforaciones especificado en plano	Perforación faltante	Pieza no posiciona correctamente en el siguiente paso	Desgaste del herramental	Realizar mantenimientos preventivos a tiempo dentro del plan de mantenimiento	7	4	7	196



Cartas de control:

Tabla 17

Cartas de control actual/futura corte basculante

Carta de control actual corte basculante	Carta de control futura corte basculante
<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras fluctúan considerablemente con respecto a la media.</p> <p>Por otro lado, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas si tienen estabilidad, puesto que ningún valor sobrepasa tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>	<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras no fluctúan demasiado con respecto a la media.</p> <p>Por otro lado, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas si tienen estabilidad, puesto que ningún valor sobrepasa tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>

Tabla 18

Capacidad del proceso actual/futura corte basculante

Capacidad del proceso actual corte basculante	Capacidad del proceso futuro corte basculante
<p>A pesar de que en las cartas de control no se evidencia un comportamiento atípico, se puede observar que el proceso no cumple con la capacidad necesaria ya que el C_p y C_{pk} cuentan con valores de 0.32 y 0.29 respectivamente, sin embargo, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores C_p y C_{pk} son relativamente similares.</p>	<p>En este punto ya se puede considerar que el proceso cuenta con la capacidad necesaria para cumplir con las especificaciones y parámetros de calidad requeridos, puesto que indica un valor C_p y C_{pk} de 1.03 y 1.03. (C_p y $C_{pk} > 1$) capacidad de proceso alta, adicional a ello se puede concluir que el proceso se encuentra centrado debido a que el valor C_p y C_{pk} son iguales.</p>



Tabla 19
Carta de control actual/futura doblado basculante

Carta de control actual doblado basculante	Carta de control futura doblado basculante
<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras fluctúan considerablemente con respecto a la media.</p> <p>De igual manera, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas no tienen estabilidad, puesto que los valores 6, 8 y 9 sobrepasan tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>	<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras fluctúan considerablemente con respecto a la media.</p> <p>Sin embargo, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas sí tienen estabilidad, puesto que ningún valor sobrepasa tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>

Tabla 20
Capacidad del proceso actual/futura doblado basculante

Capacidad del proceso actual doblado basculante	Capacidad del proceso futura doblado basculante
<p>Se puede observar que el proceso no cumple con la capacidad necesarias para cumplir con los parámetros de calidad ya que el Cp y Cpk cuentan con valores de 0.13 y 0.11 respectivamente, sin embargo, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente similares.</p>	<p>Se puede observar que el proceso se encuentra cerca de la capacidad necesaria para cumplir con los parámetros de calidad ya que el Cp y el Cpk cuentan con valores de 0.81 y 0.73 respectivamente, adicional a ello, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente similares.</p>



Tabla 21

Carta de control actual/futura doblado templador

Carta de control actual doblado templador	Carta de control futura doblado templador
<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras fluctúan considerablemente con respecto a la media.</p> <p>De igual manera, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas no tienen estabilidad, puesto que los valores 1, 4, 8 y 13 sobrepasan tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>	<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que algunos de los valores de las muestras fluctúan con respecto a la media.</p> <p>Sin embargo, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas sí tienen estabilidad, puesto que ningún valor sobrepasa tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>

Tabla 22

Capacidad del proceso actual/futura doblado templador

Capacidad del proceso actual doblado templador	Capacidad del proceso futura doblado templador
<p>Se observa que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo y requiere de modificaciones serias, ya que el Cp y Cpk cuentan con valores de 0.03 y -0.01 respectivamente, sin embargo, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente similares.</p>	<p>Se puede observar que el proceso se encuentra cerca de la capacidad necesaria para cumplir con los parámetros de calidad ya que el Cp y el Cpk cuentan con valores de 0.95 y 0.83 respectivamente, sin embargo, el proceso no se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente diferentes.</p>



Tabla 23

Carta de control actual/futura estampado bracket

Carta de control actual estampado bracket	Carta de control futura estampado bracket
<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que los valores de las muestras fluctúan considerablemente con respecto a la media.</p> <p>De igual manera, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas no tienen estabilidad, puesto que los valores 1, 3, 6, 9, 12, 13, 14 y 21 sobrepasan tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>	<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que algunos de los valores de las muestras fluctúan con respecto a la media.</p> <p>Sin embargo, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas sí tienen estabilidad, puesto que ningún valor sobrepasa tanto el límite superior LCS como el límite inferior LCI.</p>

Tabla 24

Capacidad del proceso actual/futura estampado bracket

Capacidad del proceso actual estampado bracket	Capacidad del proceso futura estampado bracket
<p>Se observa que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo y requiere de modificaciones serias, ya que el Cp y Cpk cuentan con valores de 0.21 y 0.16 respectivamente, sin embargo, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente similares.</p>	<p>Se puede observar que el proceso se encuentra cerca de la capacidad necesaria para cumplir con los parámetros de calidad ya que el Cp y el Cpk cuentan con valores de 0.76 y 0.74 respectivamente, adicional a ello, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son relativamente similares.</p>



Tabla 25
Carta de control actual/futura corte pata de apoyo central

Carta de control actual corte pata de apoyo central	Carta de control futura corte pata de apoyo central
<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que no existe una fluctuación considerable con respecto a la media.</p> <p>Sin embargo, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas no tienen estabilidad, puesto que los valores 1 y 19 sobrepasan los límites establecidos.</p>	<p>En cuanto a la variabilidad, la gráfica indica que no existe una fluctuación considerable con respecto a la media.</p> <p>Adicional a ello, en cuanto a la estabilidad, se puede considerar que las muestras recolectadas sí tienen estabilidad, puesto que ninguno de los valores sobrepasa los límites establecidos.</p>

Tabla 26
Capacidad del proceso actual/futura corte pata de apoyo central

Capacidad del proceso actual corte pata de apoyo	Capacidad del proceso futura corte pata de apoyo
<p>Sin embargo, se observa que la capacidad del proceso no es adecuada para el trabajo y requiere de modificaciones serias, ya que el Cp y Cpk cuentan con valores de 0.22 y 0.07 respectivamente, además de ello, el proceso no se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son considerablemente diferentes.</p>	<p>Se puede observar que el proceso se encuentra cerca de la capacidad necesaria para cumplir con los parámetros de calidad ya que el Cp y el Cpk cuentan con valores de 1.16 y 1.16 respectivamente, adicional a ello, el proceso se encuentra centrado debido a que los valores Cp y Cpk son similares.</p>



Análisis costo-beneficio:

Costo materia prima:

Es fundamental la adquisición de láminas de acero, dichas láminas implican un gasto fijo para la empresa, debido a que se representa como el componente principal del proceso de producción de motocicletas.

Tabla 27

Costos materia prima

LÁMINAS DE METAL	PRECIO (USD)	LÁMINAS/MES	PRECIO TOTAL
Lámina de acero JIS G3131 SPHC PO	\$11,10	510	\$5.661,00
Lámina de acero JIS G3141 SPCC SD	\$13,55	430	\$5.826,50
Lámina DP DECAPADO JSH 590Y	\$10,50	300	\$3.150,00
TOTAL	-	1240	\$14.637,50

Con el precio unitario de las láminas, más la cantidad de láminas utilizadas al mes se obtiene un gasto total de \$14.637,50.

Número de piezas por lámina:

Debido a las dimensiones, tanto de las láminas como de las piezas a desarrollar, se determina un número límite de piezas por lámina, especificadas en la siguiente tabla.

Tabla 28

Número de piezas por lámina

PIEZA FABRICADA	PIEZA POR LAMINA
Basculante	4
Templador	18
Bracket	20
Pata apoyo central	8

Tabla 15: Número de piezas por lámina.

Láminas desechadas por defecto:

En la tabla se establece la cantidad de piezas defectuosas (Identificadas en el diagrama de Pareto), y la cantidad de láminas desechadas por defectos, teniendo un total de 193 laminas descartadas y un desperdicio de \$2.162,94.

Tabla 29

Láminas desechadas por defecto

PIEZA FABRICADA	PIEZA DEFECTUOSA	LÁMINAS DESECHADAS	TOTAL
Basculante	512	128	\$1.420,80
Templador	347	19	\$213,98
Bracket	303	15	\$205,28
Pata apoyo central	246	31	\$322,88
TOTAL	-	193	\$2.162,94



$$EFICIENCIA = \frac{\text{Recursos utilizados}}{\text{Recursos planificados}}$$

$$EFICIENCIA = \frac{1047}{1240} = 84.4\%$$

Con el cálculo de la eficiencia se obtiene un valor de únicamente el 84%, existiendo un alto grado de ineficiencia y oportunidades de mejora.

Análisis costo-beneficio con propuesta mejorada:

En la tabla se establece la cantidad de piezas defectuosas (Identificadas en el diagrama de Pareto), y la cantidad de láminas desechadas por defectos una vez ya implementada la mejora, teniendo un total de 58 laminas descartadas y un desperdicio de \$650,26.

Se obtuvo un ahorro de 135 láminas de acero, una disminución de desperdicios del 30% y un aumento de la eficiencia en un 11%.

Tabla 30

Análisis costo-beneficio con propuesta mejorada

PIEZA FABRICADA	PIEZA DEFECTUOSA	LÁMINAS DESECHADAS	TOTAL
Basculante	154	39	\$427,35
Templador	104	6	\$64,13
Bracket	91	5	\$61,65
Pata apoyo central	74	9	\$97,13
TOTAL	423	58	\$650,26

$$EFICIENCIA = \frac{\text{Recursos utilizados}}{\text{Recursos planificados}}$$

$$EFICIENCIA = \frac{1182}{1240} = 95\%$$

$$\text{Tasa reducción residuos} = \frac{\text{Generación inicial residuos} - \text{Generación final residuos}}{\text{Generación inicial residuos}}$$

$$\text{Tasa reducción residuos} = \frac{193 - 58}{193}$$



$$Tasa\ reducción\ residuos = \frac{135}{193} * 100 = 69.94\%$$

RESULTADOS:

Dentro del análisis de resultado se resaltan los hallazgos identificados como mejoras y posibles soluciones a la propuesta del problema planteado, mediante indicadores de eficiencia, tiempo y utilización de recursos.

Eficiencia del proceso: Este indicador nos permite calcular como la producción real versus la estándar están ligadas y que tan cerca se está de cumplir el objetivo de la producción estándar, permitiendo tener una visión clara en cuanto a eficiencia y cumplimiento de objetivos de producción.

Para este cálculo es necesario conocer el pronóstico de producción y ventas del producto, en este caso se tendría una demanda de 250 motocicletas al mes o 12 unidades al día.

Tabla 31

Indicadores comparación actual/futuro

ACTUAL	FUTURO
$Eficiencia\ del\ proceso = \frac{Producción\ real}{Producción\ estándar} * 100$	$Eficiencia\ del\ proceso = \frac{Producción\ real}{Producción\ estándar} * 100$
$Eficiencia\ del\ proceso = \frac{174}{250} * 100$	$Eficiencia\ del\ proceso = \frac{240}{250} * 100$
$Eficiencia\ del\ proceso = 70\%$	$Eficiencia\ del\ proceso = 96\%$

Tiempo de ciclo/Takt time: Este indicador permite medir el tiempo promedio necesario para llevar a cabo una unidad lista, con este análisis se puede identificar cuellos de botella, procesos los cuales ralentizan la ejecución de producción y aumentan el tiempo de ciclo, el identificar estos cuellos de botella permiten encontrar oportunidades de mejora, y va vinculada directamente a la eficiencia del proceso y la demanda del producto.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Unidades\ producidas}$$

$$Takt\ time = \frac{428\ min}{12\ u}$$

$$Takt\ time = 34\ min/u$$



Utilización de recursos: Este indicador permite identificar cuanto tiempo se están dedicando efectivamente los recursos al proceso de producción, con el fin de evaluar el desempeño de cada uno de ellos en la línea de producción.

$$\text{Utilización de recursos} = \frac{\text{Tiempo de producción real}}{\text{Tiempo de producción estandar}} * 100$$

$$\text{Utilización de recursos} = \frac{10740 (s)}{25860 (s)} * 100$$

$$\text{Utilización de recursos} = 41\%$$

$$\text{Disminución de utilización de recursos} = 59\%$$

DISCUSIÓN:

Criterios de comparación: El trabajo de titulación en cuestión se comparará con propuestas similares de la Universidad Técnica de Ambato, y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con temas de control estadístico de Calidad en el ensamble de carrocerías. y Desarrollo de un Modelo de control de operaciones para mejorar la calidad en el ensamble.

Marco teórico: Se utilizaron conceptos y herramientas similares tales como: Procesos, Gestión por procesos, Flujograma de procesos, Control estadístico, Diagrama Causa-Efecto, Diagrama de Pareto, Gráficas de control.

Recopilación y análisis de datos:

- Con ayuda del diagrama de Pareto se identificaron fallas y defectos similares.
- Mediante el análisis estadístico se evidenció que las variables numéricas de los procesos evaluados no cumplen con los parámetros de Calidad establecidos .
- En todos los casos se identificaron rendimiento y eficiencia bajos que, por ende, no cumplen con la capacidad del proceso.

Diferencias:

- Uso de criterios y términos físicos.
- Usos de pruebas de error e hipótesis.
- Aplicación del proceso 7 diamantes.

**Identificación de limitaciones:**

- Tamaño de las muestras: Si el tamaño de las muestras es pequeño, no pueden llegar a ser representativas para el análisis, tomando en cuenta la demanda de los productos de cada proyecto a analizar.
- Pueden existir variables no controladas o identificadas que influyan en los resultados, así como la interpretación de los resultados podría llegar a ser subjetiva.
- La variabilidad inherente de los procesos podría generar dificultad al momento de seleccionar la causa raíz y la efectividad de las acciones.

Definir contribuciones de la propuesta: Al implementar y fomentar el uso del CEP y análisis de información de causa-efecto, uso de diagramas de Pareto y simulación de procesos, puede generar un impacto significativo dentro de las organizaciones en la mejora de la calidad, eficiencia y rentabilidad, mediante la identificación y mitigación de problemas y desviaciones en los procesos.

Proponer soluciones:

- Se recomienda realizar estudios con muestras más significativas, con el fin de obtener resultados más fiables.
- Identificar y controlar variables adicionales que pueden influir en los resultados.
- Combinar enfoques cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más holística del tema.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- La aplicación de herramientas estadísticas y análisis e datos de calidad, permitió identificar las tendencias de la producción de productos así como la frecuencia de fallos a lo largo del tiempo, facilitando la toma de decisiones.
- Al hacer uso del análisis estadístico de procesos se detectaron patrones, mismos que facilitaron el entendimiento de los factores que afectaban a la calidad del producto final.
- Se obtuvo un enfoque de esfuerzos en factores específicos los cuales requerían atención para la optimización de procesos con ayuda de la priorización de problemas y sus causas.
- El análisis estadístico de los procesos fue un pilar sólido para la implementación de medidas correctivas y preventivas, contribuyendo a la mejora continua de la calidad y sus procesos.
- Se logró establecer parámetros y objetivos de calidad más precisos, que ayuden a evaluar el rendimiento productivo y la eficacia de la mejora propuesta mediante el uso de cartas de control.
- La definición de parámetros precisos de procesos y de calidad así como el CEP, garantizan una producción de alta calidad, sin demoras y sin actividades que no agreguen valor, minimizando la variabilidad inherente de los procesos.
- El análisis de la capacidad de los procesos permite cumplir con los estándares de calidad establecidos, facilitando la identificación de áreas de mejora.
- El control estadístico de procesos permite el monitorear la estabilidad y uniformidad de los procesos, permitiendo detectar desviaciones durante su ejecución e implementar acciones correctivas.
- Con ayuda de la automatización de procesos se agilizan las operaciones, reduciendo errores humanos y aumentando la eficiencia de la producción, lo que lleva a la organización a una mejora significativa de la productividad.
- La automatización de procesos permite recopilar datos e información en tiempo real, facilitando la generación de información precisa, respaldando la toma de decisiones estratégicas.
- La automatización de procesos permitió agilizar el proceso de solicitud y recepción de materia prima, eliminando errores y tiempos muertos, mismos que no agregaban valor a la ejecución de las actividades y al proceso en general de producción.



Recomendaciones:

- Hacer uso de una gran variedad de herramientas de análisis estadístico de calidad tales como análisis de tendencia, análisis de varianza, graficas de control entre otras, con el propósito de obtener una comprensión completa de los datos de calidad y sus patrones.
- Implementar un sistema de recopilación de datos robusto que permita obtener información de las actividades de los procesos en tiempo real.
- Documentar y compartir los hallazgos encontrados con las partes interesadas involucradas para respaldar la implementación de acciones correctivas y preventivas.
- Emplear la metodología de cartas de control y análisis de capacidad del proceso a las diferentes áreas de producción y estandarizar estos análisis, logrando que toda la cartera de productos cumplan con los altos estándares de calidad.
- Implementar medidas preventivas y correctivas basadas en el análisis de los resultados de capacidad del procesos, asegurando una producción consistente y de altos estándares de calidad.
- Priorizar la adopción de aplicaciones digitales que faciliten la ejecución de las actividades a nivel general dentro de la organización y no únicamente centrarse en un área en específico.
- Establecer un plan estratégico en donde se priorizen esas áreas las cuales necesitan una automatización y digitalización de procesos con mayor urgencia.
- Realizar seguimiento y evaluación periódica de la efectividad de la digitalización y automatización de los procesos con el fin de analizar su rendimiento.



BIBLIOGRAFÍA

Arguelles Ojeda, J. L. (2012). *Proyectos seis sigma*. México: Reverté.

Arvelo L., A. F. (1998). *La capacidad de los procesos industriales*. Caracas: Editorial texto.

Bizagi. (2024). *Bizagi Studio*. Obtenido de https://help.bizagi.com/bpm-suite/es/index.html?bizagi_studio.htm

Fontavo Herrera, T. J., & Vergara Schmalbach, J. C. (2010). *La gestión de la calidad en los servicios*. España: Eumed.

Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnica e implantación*. España : EOI.

Hernández, J. C., & Vizán, A. (2016). *Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implementación*. Madrid - España: Fundación Escuela de Organización Industrial.

Iza Landeta, J. M. (2016). *Manufactura de clase mundial*. México: Alfaomega.

López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Madrid: FC Editorial.

Maldonado, A. (2011). *Gestión por Procesos*. 2.

Nuñez Calix, J. C. (2020). *Simulación y mejora de procesos con Flexsim, un enfoque práctico en la industria 4.0*. Independently Published.

Perez, J. (2007). *Gestión por procesos*. Madrid: ESIC Editorial.