

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Gestión del inventario desde cero para la digitalización y creación  
de un sistema de manejo de productos en una empresa que  
fabrica y produce piezas de maquinaria y sus repuestos**

**Carlos Andrés Costales Sandoval  
José Roberto Bonilla Villacís**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

Quito, mayo de 2024

# **Universidad San Francisco de Quito USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Gestión del inventario desde cero para la digitalización y creación de un sistema de manejo de productos en una empresa que fabrica y produce piezas de maquinaria y sus repuestos**

**Carlos Andrés Costales Sandoval  
José Roberto Bonilla Villacís**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Kenya Velasco Tapia, MS**

Quito, mayo de 2024

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Carlos Andrés Costales Sandoval

Código: 00213570

Cédula de identidad: 1724839806

Nombres y apellidos: José Roberto Bonilla Villacís

Código: 00209720

Cédula de identidad: 1724120785

Lugar y fecha: Quito, 14 de mayo de 2024

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

El propósito de este estudio es analizar la manera de operar de una empresa metalmecánica ecuatoriana para identificar las partes de los procesos que afectan la productividad. La investigación utilizó la metodología DMAIC así como diferentes herramientas que facilitaron la investigación. El estudio primero identifica todos los procesos de la empresa y analiza todos los datos históricos obtenidos. Primero, analiza los SKU usando un análisis ABC y un diagrama de Pareto y selecciona solo aquellos SKU que representan el 80% de la población, en este caso fueron tres productos en el área de producción. Posteriormente se realiza una estandarización para los productos más elaborados, pronósticos acertados y una mejora en la organización del inventario. Utilizando estos análisis se pueden realizar mejoras que afecten al proceso de fabricación.

**Palabras clave:** Metalmecánica, pronósticos, procesos, inventario, DMAIC, EOQ, Winters

## ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the way an Ecuadorian metalworking company operates to identify the parts of the processes that affect productivity. The research used the DMAIC methodology as well as different tools that facilitated the research. The study first identifies all the company's processes and analyzes all the historical data obtained. First, analyze the SKUs using an ABC analysis and a Pareto diagram and select only those SKUs that represent 80% of the population, in this case it was three products in the production area. Subsequently, standardization is carried out for the most elaborate products, accurate forecasts and an improvement in the organization of the inventory. Using these analyzes I can make improvements that affect the manufacturing process.

**Key words:** Metalworking, forecasts, processes, inventory, DMAIC, EOQ, Winters

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>Revisión de Literaria</b> .....	<b>11</b>
Dificultades del Sector Metalmecánico.....	11
Problemas en los Pronósticos .....	12
Modelos de Pronósticos .....	13
Medidas de Error .....	14
Inventarios .....	15
Modelos de Inventarios .....	15
Metodología DMAIC .....	18
<b>Desarrollo del Tema</b> .....	<b>19</b>
<b>Definir</b> .....	<b>20</b>
<b>Medir</b> .....	<b>24</b>
Clasificación ABC.....	26
Demanda.....	27
Materiales de fabricación.....	29
<b>Analizar</b> .....	<b>32</b>
Pronósticos .....	33
Prueba Mann Kendall .....	35
Prueba Dicky Fuller.....	36
Indicador y Métricas.....	37
Inventario.....	42
<b>Implementar</b> .....	<b>45</b>
Estandarización de procesos.....	45
Pronósticos .....	45
<b>Controlar</b> .....	<b>49</b>
Pronósticos e Inventarios.....	49
<b>Conclusiones</b> .....	<b>52</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>53</b>
<b>Limitaciones</b> .....	<b>54</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>55</b>
<b>Anexo A: Diagrama de flujo general</b> .....	<b>57</b>
<b>Anexo B: Project Charter</b> .....	<b>57</b>
<b>Anexo C: Encuesta de satisfacción</b> .....	<b>58</b>
<b>Anexo D: Hoja de control</b> .....	<b>60</b>
<b>Anexo E: Proceso de Aglomerado</b> .....	<b>61</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1: Exactitud de pronóstico a través del error MAPE.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 2: Estanterías .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 3: Sillas Generales .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 4: Sillas Generales .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 5: Coeficientes de Variación .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 6: Pronósticos Estanterías con el valor real .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 7: Pronósticos Sillas Generales con el valor real .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 8: Pronósticos Mesas Generales con el valor real.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 9: Tiempo de Producción.....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: SIPOC .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2: Lluvia de ideas .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3: Árbol de CTQs.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4: Pareto - Familia de Productos .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 5: Pareto - Familia de Materiales de Fabricación .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 6: Productos.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 7: Materiales.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 8: Ishikawa.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9: Gráfica de la Demanda de las Estanterías .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 10: Gráfica de la Demanda de las Sillas.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 11: Gráfica de la Demanda de las Mesas .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 12: Prueba Mann Kendall-Estantería .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 13: Prueba Mann Kendall-Silla General.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 14: Prueba Mann Kendall-Mesa General.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 15: Prueba Dickey-Fuller-Estanterías.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 16: Prueba Dickey-Fuller-Sillas Generales .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 17: Prueba Dickey-Fuller-Mesas Generales .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 18: Winters Estanterías.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 19: DSE Sillas .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 20: Winters Mesas .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 21: Proceso Automatizado .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 22: Pronóstico Estanterías .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 23: Pronóstico Sillas Generales .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 24: Pronóstico Mesas Generales .....</b>	<b>46</b>

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la fabricación de partes y piezas para maquinaria general es fundamental en el mundo (Miriam-Luisa González, 2017). Las empresas que se dedican a esta actividad tienen el papel de suministrar componentes esenciales, repuestos y materiales clave para la fabricación de diversa maquinaria y equipos contribuyendo al funcionamiento de otras empresas, impulsando la producción e innovación de varios sectores (Katherine, 2018). Asimismo, la cadena de suministro para este tipo de empresas, comercializan repuestos y partes de máquinas, abarca desde la adquisición de materia prima, la fabricación y la distribución de los productos finales (Sánchez Suárez, Yasniel et al., 2021). De esta manera se crea empleos en varias secciones del proceso, beneficiando tanto a las comunidades locales y contribuyendo al crecimiento.

Construmec es una empresa ecuatoriana cuyas actividades económicas principales son: fabricación de partes y piezas de maquinaria de uso general, servicios de reparación y mantenimiento de otro tipo de maquinaria, servicios de instalación de maquinaria industrial e intermediario del comercio de productos diversos. Se creó en mayo del 2023, debido a esto cuenta con nueve meses operativos, se la considera una empresa joven. Su fundador es una persona que trabajó varios años en industrias similares, por lo que, junto a su experiencia, se ha decidido crear su propia industria. La reciente incursión de la empresa Construmec al mercado, ha resaltado la necesidad de contar con certificaciones para asegurar su calidad en los productos y atraer a nuevos clientes. Entre las principales actividades de Construmec se encuentran la fabricación de piezas y partes de maquinaria de uso general, servicios de reparación, mantenimiento, instalación y el ser intermediario del comercio de diversos productos.

Para que una empresa pueda ser eficaz en sus procesos internos se busca tener la mayoría de los procesos levantados y estandarizados, junto con un buen manejo de

inventario que asegure la calidad y la eficiencia en los procesos de la producción y se pueda dar una mejora continua (Benzaquen, 2018). Con base en lo anterior se busca implementar diferentes acciones en Construmec, las cuales permitan establecer diversas estrategias de mejora que faciliten la producción, mejoren la fiabilidad de la compañía y para que en un futuro puedan obtener alguna certificación.

### **Revisión Literaria**

La industria metalmecánica es uno de los principales componentes del sector manufacturero en el Ecuador. Incluye las industrias siderúrgica, metalúrgica y transformadora, materiales, materias primas, bienes de capital, repuestos y servicios diversos (Quezada-Torres et al., 2018). Este sector genera el 10% del PIB total no petrolero, creando más de 80.000 puestos de trabajo y es uno de los sectores de la economía con mayor conexión industrial (Luis, 2021).

En un estudio de Paguay (2016), el Gobierno de Ecuador, para evitar que el país pierda la sostenibilidad de los resultados macroeconómicos de 2007 y asegurar el adecuado desarrollo de la actividad económica, ha determinado medidas protectoras para restablecer la balanza comercial en las siguientes áreas: alcance, las importaciones pueden verse restringidas en 2015, pero disminuirá la exportación de artículos dependientes de materias primas sujetas a seguros.

#### ***Dificultades del Sector Metalmecánico***

El sector metalmecánico se abastece de materia prima a través del reciclaje de metales o la importación de estos elementos, en su mayoría este sector productivo se abastece mediante la importación de los productos necesarios para la industria (Lozano & Delgado, 2015). Es en la importación de la materia prima donde inicia la cadena de suministro de esta zona productiva.

A través de un estudio realizado por Andrea Lozano (2015) se logró determinar que las mayores dificultades en estas empresas son; el flujo de información, el entendimiento entre los clientes internos y externos, cuellos de botellas y los proveedores. Los proveedores se ven como una problemática ya que de este depende la cadena de suministro, y en la mayoría de las empresas se suele trabajar con un solo proveedor lo cual dificulta la producción planificada (Lozano & Delgado, 2015).

Además, los pronósticos e inventarios son fundamentales para tener una gestión eficiente de cualquier empresa que maneje productos o servicios (Heizer & Render, 2004). La importancia de tener unos pronósticos e inventarios correctos se detalla a continuación:

- Optimización de recursos
- Reducción de costos
- Mejora en el servicio al cliente
- Toma de decisiones informadas
- Adaptación a cambios en el mercado
- Eficiencia operativa (Heizer & Render, 2004)

En general, tener un análisis de pronósticos y de inventarios es indispensable para tener una correcta gestión empresarial, sin importar posibles cambios mercado.

### ***Problemas en los Pronósticos***

Al pronóstico se lo puede definir como la predicción de una variable de interés del que otros factores o variable de interés depende (Stevenson, 2012). Para poder realizar las predicciones de eventos futuros de manera cuantitativa se utiliza información objetiva de eventos pasados y presentes (Köppelová & Jindrová, 2017). De acuerdo con la literatura, se han clasificado alrededor de 70 distintos métodos de pronósticos los cuales se relacionan existen de mediano plazo, corto o de largo plazo (Nahmias, 2009).

Según Nahmias (2009) en las clasificaciones se pueden dividir entre objetivos y subjetivos. Las cualitativas o como previamente se mencionó como subjetivos normalmente se basan en el juicio humano (Arunraj, & Ahrens, 2016). Mientras que los cuantitativos u objetivos son aquellos que se forman de los sistemas estadísticos y matemáticos, se suele usar la información de la demanda pasada o histórica para sus estimaciones en el futuro (Arunraj, & Ahrens, 2016).

Los pronósticos van muy ligados con el manejo de inventarios ya que su predicción tanto de ventas como compra de la materia con la que se produce puede abaratar costos futuros (Stefany et al., 2021). Para las empresas comercial su función principal es la compra y venta de bienes o servicios, el manejo de inventario juega un papel fundamental (Ana Ortega Marqués et al., 2017). Se tiene evidencia que muchas ocasiones empresas pequeñas y medianas no aplican la gestión de inventarios por lo que no aprovechan todas las ventajas económicas y estrategias que se tienen (Verónica & Miguel, 2013).

### ***Modelos de Pronósticos***

Según Gutiérrez y Vidal (2008) los modelos tradicionales para pronósticos en cuanto al control de inventarios usan técnicas de suavización exponencial, de esta manera pronostican aquellos con alta rotación como los productos perecederos. Por otro lado, Gallego y Toktay (2003) prevén las demandas estacionarias que tienen alta rotación con el uso de pronósticos dinámicos. Mientras que Vidal, Lodoño y Contreras (2004) usan los métodos en varias operaciones de la industria, los autores emplean técnicas sencillas como promedios móviles y la suavización exponencial orientadas al departamento de compras de una bodega. Por lo que usar algún método depende de diversos factores, como el tipo de producto, información histórica y el uso que la compañía les quiera dar a los pronósticos (Arturo Contreras Juárez et al., 2016).

Los modelos cuantitativos igualmente se pueden dividir en series de tiempos, casuales y modelos híbridos que se crean al combinar los dos (Burgaentzle, 2016). Los métodos de series de tiempo cuentan con puntos de datos secuenciales mapeados en cierto intervalo de tiempo sucesivo o duración (Chatfield, 2020). Estos se fundamentan en datos históricos observados a intervalos uniformes para tener una estimación futura (Arunraj & Ahrens, 2015). Los patrones más importantes para conocer el modelo de series de tiempo correcto que se empleara según Nahmias (2007) son los siguientes: tendencia, patrones estables de decrecimiento o crecimiento, estacionalidad, se tiene un patrón repetitivo en intervalos firmes.

Mientras que los métodos casuales se usan cuando existe una relación de causa-efecto, esta se mantiene estable a lo largo del tiempo entre las distintas variables y la que se quiere estimar (Petr Průša & Chocholáč, 2015). De esta manera los métodos relacionan los factores como variables entre estos para así ajustar una función y poder estimar los datos futuros (Burgaentzle, 2016). Normalmente los modelos casuales se emplean en estudios pequeños, ya que se busca tener una gran dependencia de la variable a estimar con las variables casuales (Lasek et al., 2003).

### ***Medidas de Error***

Absolutamente toda especie de estimación o predicción tiene cierto grado de error o incertidumbre (Arias-Vargas, 2017). Por lo que es fundamental la exactitud y control de pronósticos a la hora de elegir un modelo u otro (Annastiina Kerkkänen et al., 2009). Las incertidumbres pueden generar grandes riesgos y problemas, en donde se pueden resaltar las siguientes posibles situaciones, contar con poco producto, excesivo producto y trabajo atrasado (Da Veiga, 2005). Por otro lado, Steveson (2015) menciona que una subestimación en la demanda tiene consecuencias en el nivel de rotación de

inventario, recursos, productos terminados, costos, nivel de servicio y afecta toda la cadena de suministro.

Los errores se pueden generar por varios factores: horizonte de tiempo, agregación de datos, variabilidad del patrón de demanda y agregación de datos (Torres, 2016). Según Nahmias (2009) al error se lo define como la diferencia entre el pronóstico de cierto intervalo de tiempo y la demanda real que se tuvo en aquel periodo de tiempo. Mientras que, Makridakis (1995) y Hyndman, Koehler (2008) categorizaron los métodos de evaluación en medidas que dependen de una escala, medidas basadas en errores relativos y en porcentajes; en donde las medidas que más se utilizan en el ámbito empresarial son dependientes de escala y basadas en porcentajes.

### ***Inventarios***

El inventario para cualquier empresa es fundamental están constituidos por sus materias primas, productos en proceso, suministros utilizados en operaciones y productos terminados (Fernando et al., 2017). Varias empresas no cuentan con un buen control de inventario, generando pérdidas económicas y reduciendo su rentabilidad (Moisés et al., 2021). En muchas ocasiones su control resulta complicado, en donde los gerentes se enfrentan a distintos problemas para la administración de inventarios, generalmente son excesos o faltantes (Osorio, 2013). El control de inventario conlleva conocimiento del stock que se maneja, en que parte se encuentra y las cantidades disponibles (Jackson et al., 2020). Un uso eficiente reduce la inversión en inventarios y minimiza costos sin afectar los niveles de satisfacción con el cliente (Jackson et al., 2020).

### ***Modelos de Inventarios***

Según Nahmias (2007), los diferentes modelos de inventarios se basan en varios modelos generales del cual con modificaciones se tienen modelos más sofisticados.

Estos modelos se clasifican por supuestos que son los siguientes: demanda, lead time, costos, tipo de revisión y faltantes (Nahmias, 2007). Los modelos de inventarios se pueden dividir en dos, revisión periódica y continua. La revisión periódica es cuando cada cierto intervalo de tiempo, puede ser semanas o mes, se revisan; estos se enfocan en productos perecederos como los alimentos (Rodríguez, 2011). Por otro lado, la revisión continua pretende establecer pedidos de reabastecimiento de inventarios cuando el nivel se acerque a un punto para solicitar un nuevo pedido, pueden no tener frecuencia de tiempo en concreto (Rodríguez, 2011).

Los pronósticos van muy ligados con el manejo de inventarios ya que su predicción tanto de ventas como compra de la materia con la que se produce puede abaratar costos futuros (Stefany et al., 2021). Para las empresas comercial su función principal es la compra y venta de bienes o servicios, el manejo de inventario juega un papel fundamental (Ana Ortega Marqués et al., 2017). Se tiene evidencia que muchas ocasiones empresas pequeñas y medianas no aplican la gestión de inventarios por lo que no aprovechan todas las ventajas económicas y estrategias que se tienen (Verónica & Miguel, 2013).

Según Vásconez (2020) en las pequeñas y medianas empresas se puede evidenciar la baja profesionalidad en cuanto al manejo de la gestión empresarial, baja eficiencia, desconocimiento de procesos y demás. Los principales objetivos del estudio resultaron en reducción del riesgo, conocer la demanda, nivel de stock adecuado para evitar desabastecimiento y anticipar la variación de la oferta y demanda (Vásconez, 2020). Se implementaron modelos de inventarios adaptados y orientados a empresas pequeñas (PYMEs) de Ecuador, en este caso el sector de importación de máquinas ferreteras (Vásconez, 2020). Vásconez (2020) decide optar por modelos de inventarios con revisión continua, debido a que es una industria pequeña en el sector ferretero,

donde no cuenta con productos perecibles. Para concluir se pudo evidenciar un impacto positivo en el aumento de la eficiencia empresarial de las Pymes encargadas de la comercialización de productos ferreteros, maquinas, repuestos, accesorios y demás (Vásconez, 2020).

Se evidencia una investigación que tuvo como objetivo encontrar la relación entre el control interno y la gestión de inventario en una empresa constructora, PETER Contratistas S.R. LTDA, en Huánuco (Angulo-Rivera, 2019). Se aplicó un enfoque cuantitativo, transversal de tipo descriptivo correlacional y prospectivo, se conformaba de 18 trabajadores la población muestral (Angulo-Rivera, 2019). Angulo (2019) menciona que se utilizaron encuestas junto a cuestionarios de control interno y gestión de inventario, estas se validaron con anterioridad con un Alpha de Cronbach igual a 0,87. Igualmente se efectuó un análisis descriptivo para visualizar la hipótesis, los resultados indicaron que el 94,4% (17) consideraron que el control de inventario se aplicó adecuadamente (Angulo-Rivera, 2019). Finalmente, en la hipótesis se tuvo un valor  $\chi^2 = 4,656$  con  $p = 0.000$ , por lo que se concluye que la gestión de inventario favorece la gestión de inventario (Angulo-Rivera, 2019).

Los inventarios en las empresas son de gran impacto, tanto para empresas PYME, pequeña y mediana empresa, o de gran tamaño que realizan importaciones de maquinaria pesada o mediana (Stefany et al., 2021). Tener un control preciso y sofisticado implica poseer una mejor supervisión del stock, acelerar cumplimientos de la demanda y reducir costos, el crecimiento de la competencia exige a las organizaciones tener un nivel de respuesta mayor (Stefany et al., 2021). Se investigaron tanto herramientas tecnológicas como software de ERP, planificación de recursos empresariales, sistema que ayuda en la administración y automatización de procesos de distintos departamentos (Charles & Nemptajela, 2016). Igual que metodologías basadas en

la eliminación de desperdicios, Cantidad de orden Económica (EOQ), Just inTime (JIT) y Coste basado en la actividad (ABC) (Stefany et al., 2021). Stefany (2021) concluye que, tras aplicar algunos modelos y buscar el más acertado dependiendo de la organización, que hay evidencias de mitigar la producción de baja calidad junto a las pérdidas de ventas y reducir costes de distribución o transporte de los productos.

Se encontró un artículo, realizado por Gabriel (2024) en Venezuela, el cual incluye a empresas del sector metalmeccánicas. En donde se menciona que se utilizaron diferentes indicadores para así poder mejorar la productividad, eficiencia y calidad. A la misma vez en este artículo se puede encontrar que se desea tener una mayor competitividad en el mercado, por esta razón se plantearon diferentes modelos matemáticos para poder tener pronósticos más acertados. Para poder realizar estos pronósticos se utilizaron los modelos del EOQ y el de Winters. El motivo que les hizo tomar la decisión de usar estos modelos fue el tipo de demanda que existía en la empresa. Al final, estos pronósticos fueron útiles para poder tener una idea más clara de cuál va a ser la producción esperada para un cierto período de tiempo.

### ***Metodología DMAIC***

Se encontró otro artículo que involucra la metodología del DMAIC. Este texto involucra la metalmeccánica Ochoa Hermanos, empresa ecuatoriana, la cual usa la metodología mencionada anteriormente. Ellos usaron esta metodología para poder analizar el problema y sus respectivas causas. Para que posteriormente puedan tener claridad en las mejoras que se van a realizar para tener una mejor productividad y satisfacción de los clientes internos que conforman la empresa.

También, se revisó un artículo de Martha Sofia Carrillo-Landazabal (2022), en el que se pudo apreciar el uso de la metodología, antes mencionada. En este escrito se buscaba identificar el peligro más grave y común en el ámbito, el cual se estableció que

el ruido es el peligro más grave. La metodología implementada (DMAIC) y con sus diferentes etapas, fue utilizada para reducir la variabilidad operacional y reducir el ruido como contaminante. Además, se decidió medir el nivel de presión sonora generada por cada máquina y operador. Después de implementar diferentes medidas de control en los individuos, medio y fuente. Se logro que los niveles de ruido disminuyan significativamente.

A través de estos ejemplos podemos ver que el DMAIC es un ciclo de mejora basado en datos que ayuda a las organizaciones a medir y mejorar su rendimiento sin importar su campo de trabajo (SafetyCulture, 2023). Por otro lado, con este ciclo es posible identificar y mejora diversos problemas que puedan existir en cualquier empresa, no importa si es de manufactura o servicios.

## **Desarrollo del Tema**

La metodología que se va a emplear para el presente estudio es DMAIC, por sus siglas (Define, Measure, Analyze, Improve y Control) de esta forma se tiene una guía estructurada para resolver problemas y enfocada en la mejora continua (*Esteban Pérez-López, 2014.*) Debido a que la problemática principal resulta en los inventarios se optó por un enfoque combinada con la metodología de pronósticos “Forecasting Process”, Montgomery, Jennings & Kulahci, (2008) expone que cuenta con una etapa específica para estimaciones y pronósticos junto a un análisis del patrón de la demanda. Dicho enfoque que se le da es la base establecida en el libro “Introduction to Time Series Analysis and Forecating”. Las etapas son las siguientes:

1. Define: Definir el problema
2. Measure: Medir los problemas encontrados
3. Analyze: Analizar posibles mejoras
4. Improve: Implementar las mejoras

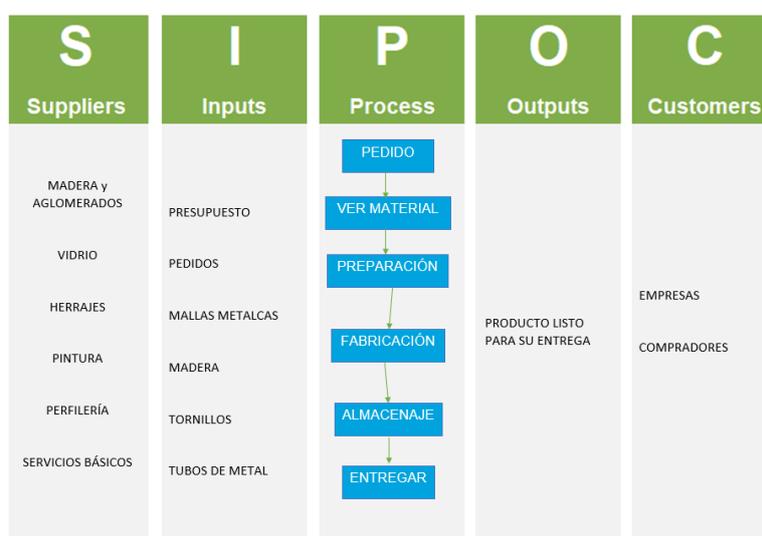
5. Control: Monitorear que las mejoras sean adecuadas.

## Definir

Para definir apropiadamente el problema que se encuentre en este negocio, se decidió que se debía realizar un diagrama SIPOC para tener una mejor visión del contexto de esta empresa. Con este diagrama se va a documentar a los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

En el siguiente diagrama se va a encontrar diferentes proveedores, los cuales abastecen al establecimiento con diferentes materiales. Seguido a esto podemos ver los ingresos, en los cuales podemos destacar los diferentes pedidos y los diferentes materiales que se usan para estos. Se cuenta con un proceso general del manejo de la empresa. Por último, tenemos como salida el producto concluido. Este producto está listo para la venta o entrega al consumidor final.

**Figura 1: SIPOC (Elaboración propia)**



También, se presenta un diagrama de flujo (Anexo A) en el cual se puede apreciar el proceso general, con lo que se va a poder identificar donde está localizado el problema.

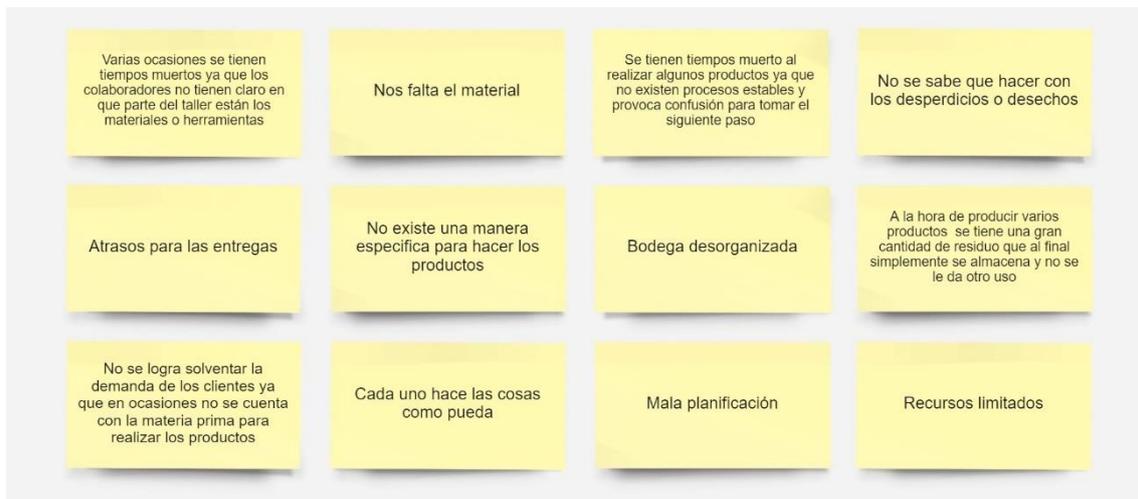
Observando estos diagramas se puede apreciar que no existe problema alguno en el funcionamiento general de la empresa, sino que las diferentes dificultades o contratiempos son producidos en los subprocessos.

Continuando con la definición del problema, se optó por utilizar un project charter (Anexo B) en el cual se menciona que al ser una empresa que tiene poco tiempo en el mercado aun no cuenta con varios procesos que sean pertinentes para lograr ser competitivos. Cuando se logre obtener o solucionar estos requerimientos necesarios, se logrará ver con más seguridad, confianza, calidad y demás ante las empresas que requieran los servicios. A la misma vez que se cumplen los requerimientos, se busca tener una producción de calidad.

Al final, con la ayuda de esta herramienta se recalca que el problema que más toma fuerza en la empresa, es la falta de procesos estandarizados para tener una producción eficaz y de calidad.

Siguiendo con la identificación de problemas, se decidió hacer una lluvia de ideas con los trabajadores. Con el fin de escucharlos, aprender más sobre la empresa y conocer sus diferentes perspectivas e inconformidades de cómo se está manejando la producción y como se las podría mejorar. A través de esta conversación con el personal, se desea encontrar diferentes actividades que provoquen algún tipo de conflicto dentro de esta empresa.

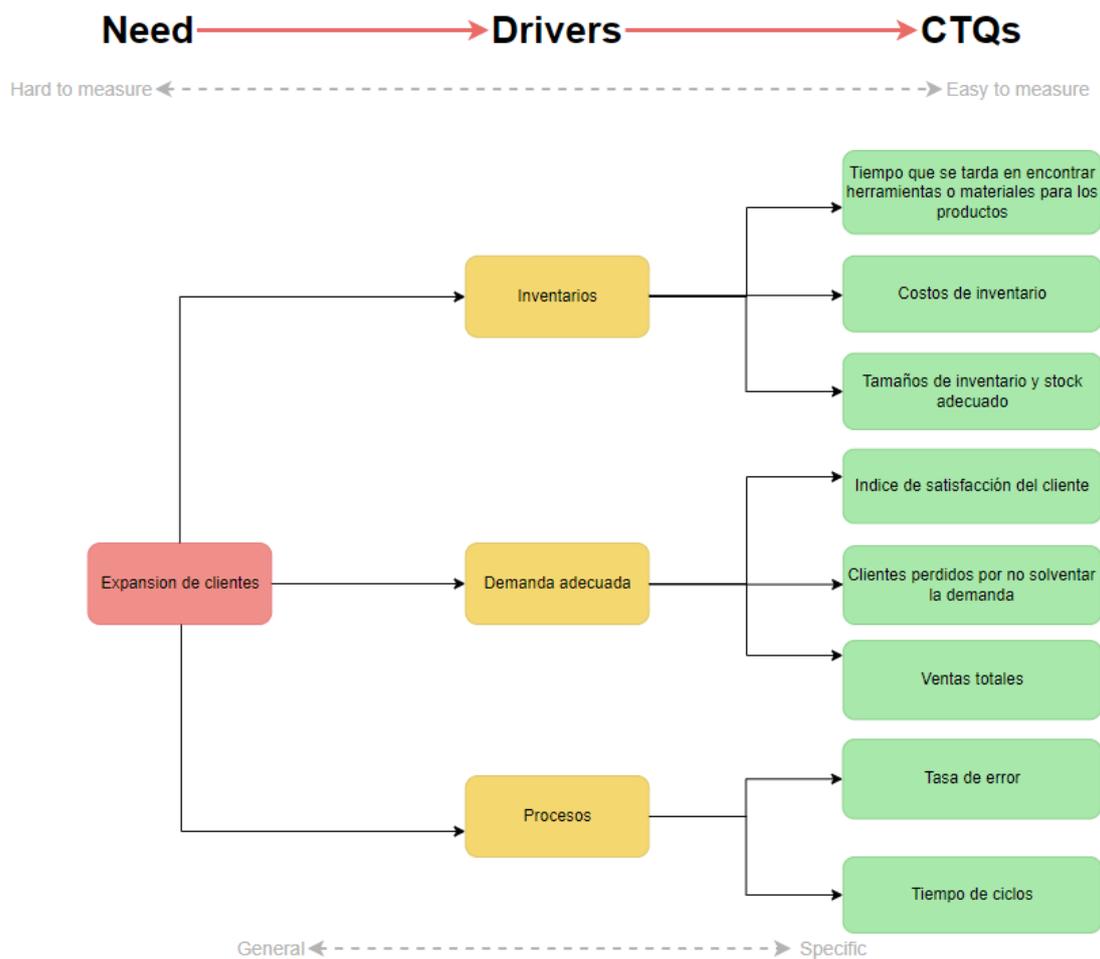
**Figura 2: Lluvia de ideas (Elaboración propia)**



Con esta lluvia de ideas, se logró identificar cuáles fueron las principales molestias de los empleados. Entre todas las molestias que fueron presentadas por los trabajadores, se tuvo con mayor ocurrencia el hecho que los materiales no suelen ser los suficientes para producir, la organización de la bodega no es adecuada y no existe una forma específica para poder realizar diferentes trabajos.

Se realizó un CTQ, Control to Quality, para poder tener una mejor visualización de los KPIs que se van a emplear a la hora de realizar el estudio y conocer el estado de la empresa y como las implementaciones que se realizan afectan a la empresa, ya sea de buena o mala manera. A continuación, se presenta un diagrama de árbol en el cual se plantean los CTQs en la figura 3:

*Figura 3: Árbol de CTQs (Elaboración propia)*



Finalmente, con la ayuda de esta charla que se tuvo con los colaboradores. Se pudo tener una mejor visión del problema de la empresa y sus necesidades. Por la etapa temprana de la empresa, se pudo apreciar que la compañía no tiene procesos levantados, estandarizados, un incorrecto manejo del inventario y pronósticos inadecuados, lo que complica a la empresa obtener más clientes y de mayor calidad, lo que limita su expansión. Por lo que se va a brindar apoyo en estas áreas para que en un futuro la empresa pueda certificarse con mayor facilidad y sea más eficiente en la producción y satisfacción de sus clientes con los siguientes KPIs que se obtuvieron de los CTQs:

- Tasa de error: Productos defectuosos
- Tiempo de ciclo: Tiempo de elaboración de los distintos productos

- Clientes perdidos: Cantidad de clientes que no se
- Tamaño del inventario: Espacio del inventario y su almacenamiento
- Tiempo de preparación: Tiempo empleado para buscar los distintos materiales y herramientas que se van a utilizar para los distintos productos.

## Medir

Para las mediciones se van a utilizar varios KPIs de esta manera controlar que las implementaciones y propuestas sean las adecuadas y así resolver el problema. Para todos aquellos KPIs que nos e contaban previamente con las métricas se empezó a realizar las mediciones desde mediados de marzo, los KPIs que se eligieron son los siguientes:

- **Tiempo de elaboración de los distintos productos:** Previamente no se contaban con este tipo de métricas en la empresa. Por lo que se optó por medirlas para el análisis en donde algunos de los días que se visitó la fábrica, con un cronometro se tomaba el tiempo con el que iniciaban dicho producto y el tiempo que tardaba en realizarlo. Igualmente, se pidió a los distintos colaboradores que en un Excel tomaran el tiempo que se tardan en elaborar los distintos productos que se piensan analizar.
- **Residuo que se genera:** Igualmente no se contaba con registros previos, por lo que se decidió medir con una balanza el peso que llegaban a tener estos desperdicios de manera diaria al final de cada día, esto lo realizaban los colaboradores.
- **Tiempo de preparación:** No se contaba con estas métricas previamente, por lo que con ayuda de un cronometro se tomó el tiempo que se demoraban los colaboradores en estar listos para iniciar un producto. El tiempo desde que entraba una orden hasta que estuviesen con los distintos materiales, herramientas

y equipos listos para iniciar con la orden. Estos datos se midieron mayormente por parte de los colaboradores en una hoja de Excel y en algunas ocasiones cuando se visitaba la fábrica.

- **Espacio del inventario y su almacenamiento:** Se contaba previamente con ciertos registros físicos del espacio del inventario. Se busco digitalizarlo y automatizarlo con la herramienta de Excel en donde se midió las distintas ubicaciones que se tiene en las bodegas y cuantos objetos se encuentran almacenados en las ubicaciones. Estas mediciones se las hacían de manera periódica al final de cada 3 días por parte de los colaboradores
- **Productos defectuosos:** Previamente se contaba con datos sobre los productos defectuosos. Cada semana se media el total de los productos que se realizaron y cuantos de estos tuvieron defectos para lograr tener un porcentaje de la tasa de productos defectuosos procesados antes y después de las mejoras. Esta medición o contabilización la hicieron los colaboradores
- **Clientes insatisfechos:** Previamente se llevaba una contabilización de la cantidad de clientes que buscan realizar alguna orden, pero no se pudo solventar dicha demanda por lo que los clientes buscaron otro productor. Esta medición se realiza cada semana cuantas ordenes llegan a perderse por estos motivos, y la contabilizaban los colaboradores.

Para las mediciones se va a tomar en cuenta tanto datos históricos como actuales.

Para aquellas métricas que previamente no se median estos datos se van a recolectar entre el 15 de marzo hasta la finalización del estudio. De esta manera se va a poder tener un mejor entendimiento tanto de los datos pasados como de los actuales

Tanto para clientes insatisfechos y productos defectuosos se revisarán los registros físicos pasados para tener una contabilización más robusta de estos. Por

limitaciones de recursos y tiempo únicamente se tomará el tiempo de elaboración de aquellos productos que cuentan con mayor rotación o llegan a ser más representativos para la empresa.

En cuantos los residuos y el tiempo de elaboración de los productos se llevarán registros digitales para tener una idea. Esto será en el tiempo establecido, en el que se pesaran los residuos que se generan al producir los productos, piezas, repuestos y demás, igualmente se tomara el tiempo que se tardan en producir los distintos productos.

Para el apartado de tiempo usado para buscar los distintos materiales o herramientas no hay registro previo. Debido a esto se realizarán mediciones con ciertas visitas a la empresa para tener una mejor idea de estos datos y por parte de los colaboradores que los registrarán de manera digital en un Excel.

En cuanto al espacio del inventario igualmente se emplearán los registros previos y actuales para poder tener un índice de mejora al que aspirar. Se medirán únicamente el almacenamiento que resulte más representativo para la empresa.

### ***Clasificación ABC***

Se aplicó la metodología ABC multicriterio tanto para el apartado de la gestión de inventario y los pronósticos de la demanda de los productos, ya que se cuenta con aproximadamente 500 productos y materiales distintos, esta se basa en la Ley de Pareto (80-20). Esta establece que “Hay pocos valores críticos y muchos insignificantes” por lo que aquellos recursos que se emplean deberían ser para los valores críticos que se tienen (José, 2023). Así se puede tener un control selectivo en la demanda futura sobre los productos producidos y la materia prima utilizada para producirlos. Sin esta previa agrupación resultaba complejo visualizar un Pareto debido a los aproximados 500 skus

que se contaba. Las características que se utilizaron para esta clasificación son las siguientes.

Debido a la gran cantidad de datos similares, fue complicado visualizar correctamente el análisis de Pareto. Por lo que en este estudio se buscó encontrar productos críticos con los KPIs que se lograron visualizar en el CTQ que son los siguientes:

- Demanda: Que tan demandado resultaba un producto o materia prima para la producción
- Rentabilidad: La rentabilidad que los productos generaban a la empresa
- Tamaño: Tamaño que la materia prima generaba en las bodegas antes de ser utilizadas
- Rotación de productos: La frecuencia con la que se rotan cierta materia prima para los procesos de los distintos productos que se comercializan.
- Inventario

### ***Demanda***

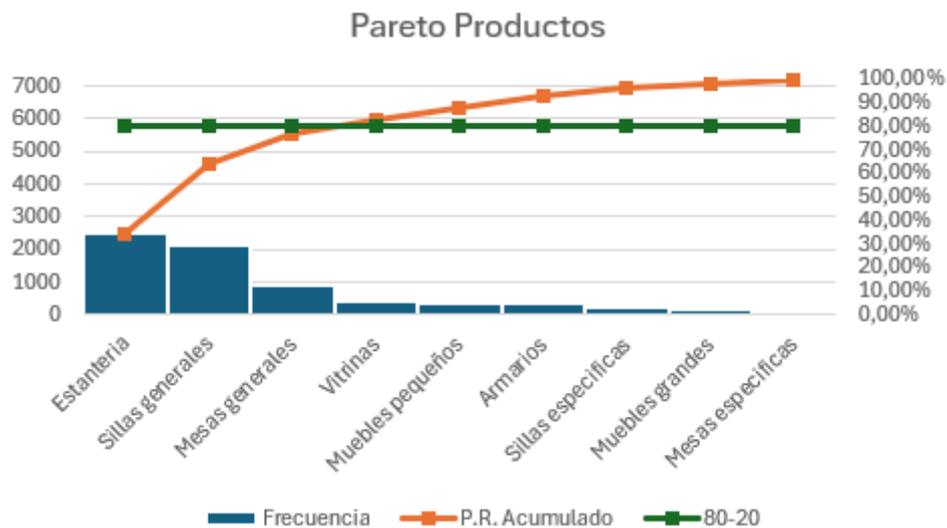
Para la demanda se decidió agrupar por familia de productos, considerando características similares como el tipo de producto, si es estantería, tipo de mesa, silla, muebles, vitrinas, armarios y demás. Por otro lado, para el inventario se tomó las siguientes características en cuenta: similitud, tamaño y rotación. Con esta agrupación se pudo tener una familia por productos y un mayor tamaño de datos para realizar un modelo más robusto porque no se cuenta con datos históricos porque es una empresa joven. Las familias que se crearon son las siguientes:

- Estanterías: Se agruparon los distintos tipos de estanterías debido a que entre productos únicamente se diferenciaban en pequeñas cosas como el número de repisas o el tipo de madera o cuerpo metálico con el que se produce.
- Mesas generales: Aquellas mesas que cuentan con características similares como materiales y no cuentan con funciones adicionales
- Mesas específicas: Son mesas con algún tipo de característica adicional, como pueden ser cajones, ruedas y un tamaño superior a lo general.
- Sillas generales: Se agruparon las sillas que tienen características generales y simples como puede ser el material de las que están hechas o su forma.
- Sillas específicas: Aquí se encuentran todas las demás sillas que tienen algún diferenciador como ruedas o están hechas bajo pedido para cierta empresa que busca que se implemente algún material y altura distinto
- Vitrinas: Se agruparon todos los tipos de vitrinas ya que se distinguen únicamente en pequeños detalles.
- Muebles grandes: son aquellos en los que más de dos personas pueden utilizarlos.
- Muebles pequeños: Aquellos muebles donde únicamente una persona puede sentarse
- Armarios: Debido a que se producen armarios que se diferencian únicamente en pequeños detalles se los agrupo a todos en uno.

Con esta agrupación por familia de productos se puede tener una mejor visualización del Pareto. Además, los datos no están tan dispersos, ya que existen productos similares con un SKU distinto como se puede apreciar en la figura 4. Un ejemplo de esto puede ser las estanterías en donde hay varias estanterías pro una cuenta con una repisa más, una repisa menos un tamaño mayor y demás por lo que se decidió

agrupar. La característica principal empleada para este agrupamiento por familia fue que sean un producto similar, de ahí igualmente se consideró el tamaño, el peso.

**Figura 4: Pareto – Familia de Productos (Elaboración propia)**



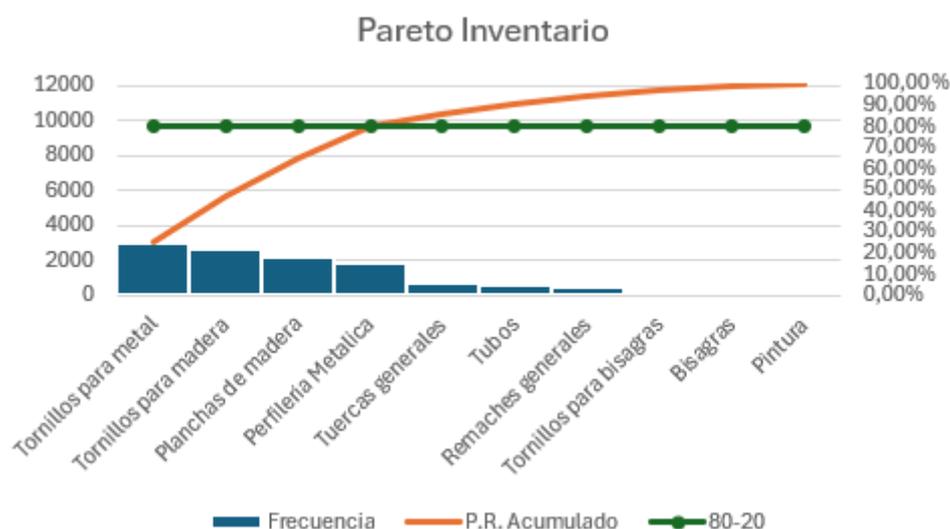
### ***Materiales de fabricación***

- **Tablas:** son tablas con distintas dimensiones que, al pasar por una máquina que las corta a una medida dada y que se puede utilizar en distintos productos, se decidió agruparla.
- **Tubos metálicos:** son los tubos que se usan para la estructura metálica o el esqueleto de los productos, al contar todos con un diámetro similar y porque un tubo se usa para varios productos se agruparon todos en una familia.
- **Tubos plásticos:** Debido a que sus pedidos no son muy regulares y son de otro material se decidió tener otra agrupación.
- **Perfilación metálica:** Todos los metales que se utilizan para realizar las perfilaciones metálicas, ya que se emplean para un mismo producto.
- **Tornillos de madera y aglomerado:** Se decidió agrupar aquellos tornillos que se utilizan para unir piezas de madera o aglomerado.

- Tornillos para metal: Todos aquellos tornillos que se utilizan para unir las partes metálicas como tubos o con los que se hace la perfilación metálica
- Bisagras: Las distintas bisagras que se utilizan para dar una misma función a un producto
- Tornillos para bisagras: Son los distintos tornillos que se utilizan para colocar las bisagras.
- Tuercas de mariposa: debido a que este tipo de tuercas únicamente se utilizan en pocos productos se decidió agruparlos por sí mismos.
- Tuercas generales: Se decidió agrupar las demás tuercas en general ya que se utilizan prácticamente en todos los productos en las uniones.

La característica principal que se consideraron para agrupar familias similares, como pueden ser distintos tipos de tornillos usados para madera, metales, bisagras, tubos, pintura y demás. De esta manera, para los materiales se pudo ver y realizar el Pareto siguiendo la clasificación ABC establecida donde se tuvieron aquellos que tienen una mayor rotación que se puede observar en la figura 5.

**Figura 5: Pareto – Familia de Materiales de Fabricación (Elaboración propia)**



Después de realizar ambos diagramas de Pareto se pudo tener idea de que el 80% de la rentabilidad, demanda, rotación de inventario son representados en ambos casos por tres productos y tres materiales. Para los productos fueron los siguientes: estanterías, sillas y mesas generales, mientras que para los materiales son: tornillos para metal, planchas de madera y perfilería metálica. Se va a hacer un enfoque en estos para poder realizar los análisis correspondientes y plantear las mejoras pertinentes, para así poder hacer que la empresa tenga un incremento en su producción y clientes.

***Figura 6: Productos***



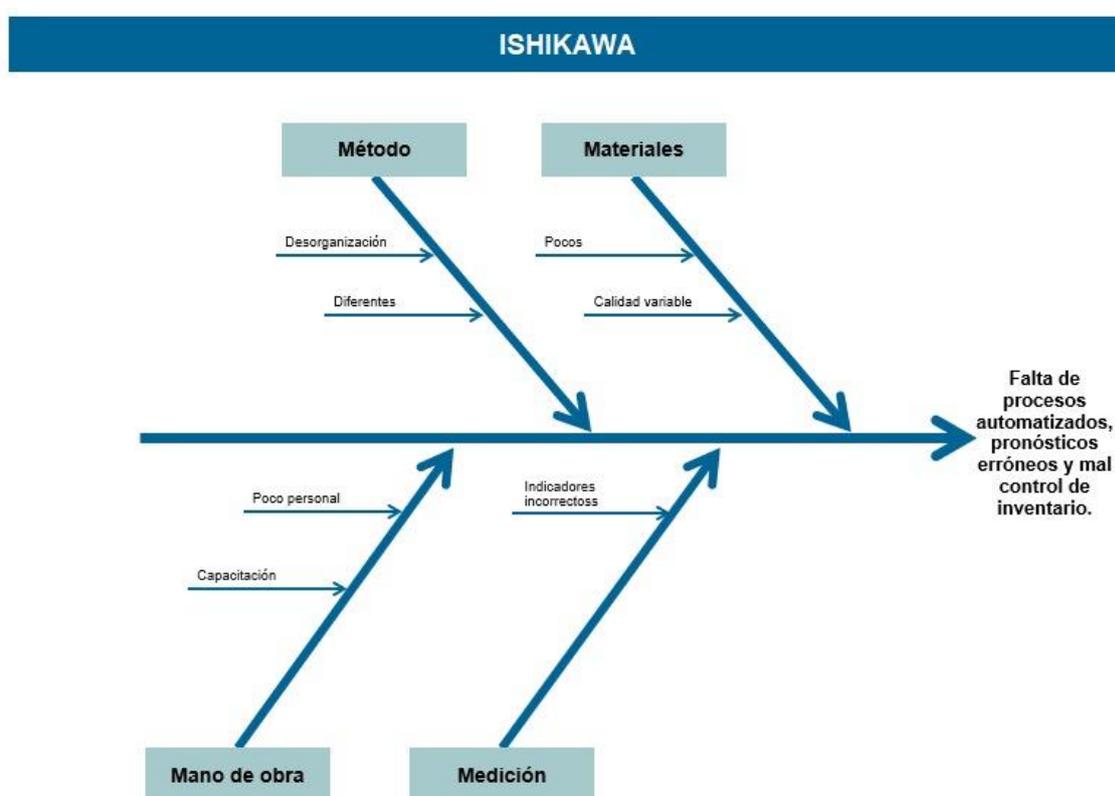
***Figura 7: Materiales***



## Analizar

Para analizar adecuadamente las causas del gran problema que se enfrenta en la empresa, se ha decidido elaborar un diagrama de espina de pescado. El cual es una herramienta estructurada de lluvia de ideas diseñada para ayudar a los equipos de mejora a encontrar las causas que pueden provocar impactos no deseados (GoLeanSixSigma.com, 2023). También se le conoce como diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa en honor a su creador.

*Figura 8: Ishikawa (Elaboración propia)*



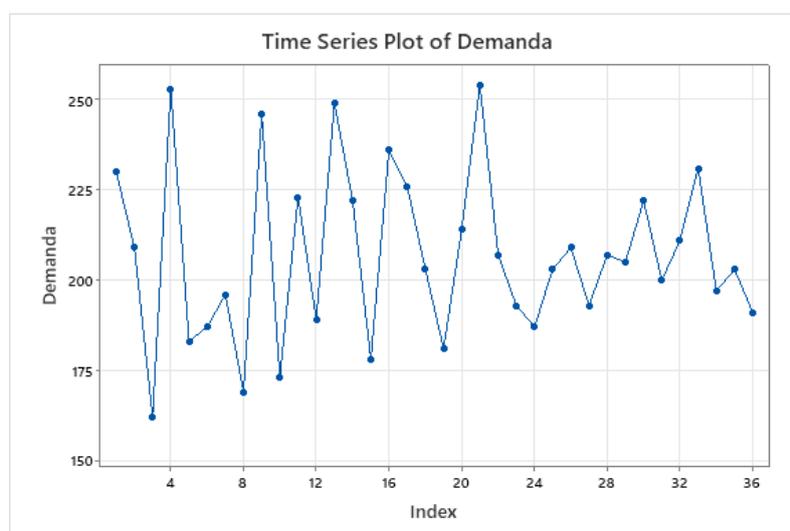
En el diagrama se puede ver que existen diferentes causas que impide que esta empresa tenga un funcionamiento sobresaliente. Como primer punto tenemos el método. En el cual, nos podemos dar cuenta que existe una desorganización y diferentes formas de realizar las actividades. A continuación, los materiales, en los que existe poca cantidad y su calidad es variable por la mala proyección de los pedidos de

abastecimiento de la materia prima. Como tercer punto tenemos a la mano de obra, en la que podemos ver que hace falta la presencia de personal y a su vez, la capacitación de este. Se puede ver que en la medición existen indicadores que están incorrectos, lo cual impide tener una correcta noción de cómo va el proceso de producción.

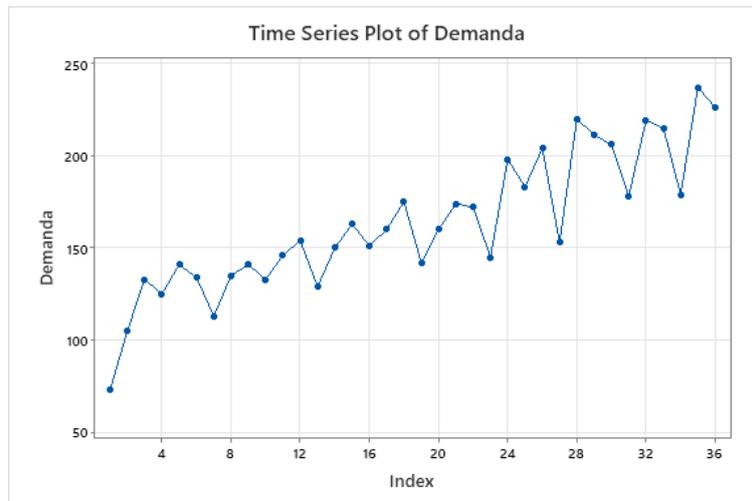
### ***Pronósticos***

Para los pronósticos se decidió utilizar todos los datos históricos de las ventas, ya que esta empresa solo cuenta con 9 meses desde el inicio del estudio, desde mayo 2023 hasta la actualidad. Para obtener un modelo más robusto no se pueden excluir datos. Se decidió agrupar los datos por semanas, por temas del estudio y tiempos. Es mejor tener un análisis semanal para ver más resultados y un mejor control en el poco tiempo que se tiene. Igualmente ver cómo la empresa se adapta a algunos de los pronósticos proporcionados. A continuación, se puede ver en las figuras 9, 10 y 11 serie de tiempo o gráfica de la demanda para las estanterías, sillas y mesas. De esta manera se puede tener una idea de la existencia o no de estacionalidades o tendencias, aunque se emplearan métodos estadísticos para estar seguros de sus existencias o no.

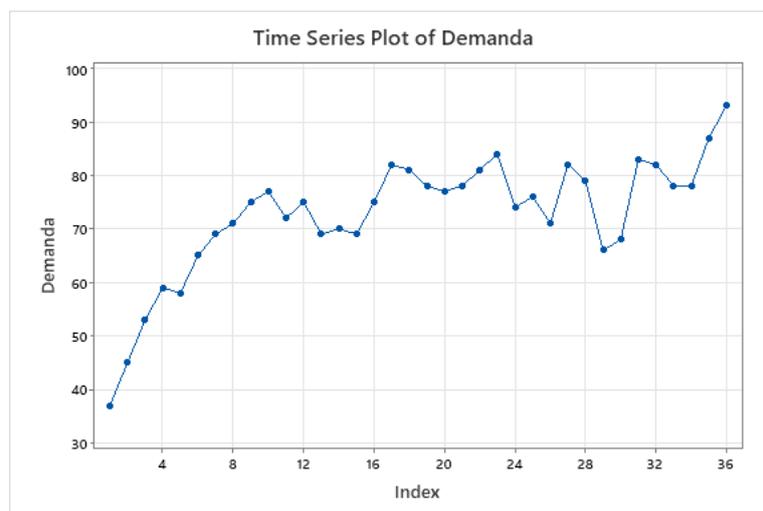
***Figura 9: Gráfica de la Demanda de las Estanterías (Elaboración propia)***



**Figura 10: Gráfica de la Demanda de las Sillas (Elaboración propia)**



**Figura 11: Gráfica de la Demanda de las Mesas (Elaboración propia)**



### **Determinar el sistema que mejor se adapte a la demanda**

Para poder determinar el modelo que se empleara se usaran dos métodos: cuantitativa donde se emplearon pruebas de Dickey Fuller para conocer si es una serie estacionaria y Mann Kendall para probar si existe alguna tendencia. Por otro lado, el método cualitativo se basa en la observación del analista para conocer la estacionalidad o tendencia.

### ***Prueba Mann Kendall***

El objetivo de esta prueba es conocer si es que existe una tendencia positiva y negativa en una serie de tiempo. No es necesario que los datos sean lineales o estén distribuidos normalmente (Zaiontz, 2018). Las pruebas se realizaron con el software Minitab, donde se encontró un valor de p para cada grupo. Para comprobar la hipótesis nula y la alternativa se utilizó un  $\alpha=0.005$ . Los resultados se pueden visualizar en la figura 12, 13 y 14 para cada Producto

***Figura 12: Prueba Mann Kendall-Estantería (Elaboración propia)***

Ho: No trend in Demanda

Test for Upward Trend

Ha: There is an upward trend, the p-value = 0,418990

At alpha = 0,05, there is not enough evidence to determine that there is an upward trend.

Test for Downward Trend

Ha: There is a Downward trend, the p-value = 0,581010

At alpha = 0,05, there is not enough evidence to determine that there is a downward trend.

***Figura 13: Prueba Mann Kendall-Silla General (Elaboración propia)***

Ho: No trend in Demanda

Test for Upward Trend

Ha: There is an upward trend, the p-value = 0,0000000

At alpha = 0,05, there is enough evidence to determine that there is an upward trend.

Test for Downward Trend

Ha: There is a Downward trend, the p-value = 1,000000

At alpha = 0,05, there is not enough evidence to determine that there is a downward trend.

**Figura 14: Prueba Mann Kendall-Mesa General (Elaboración propia)**

Ho: No trend in Demanda

Test for Upward Trend

Ha: There is an upward trend, the p-value = 0,0000011

At alpha = 0,05, there is enough evidence to determine that there is an upward trend.

Test for Downward Trend

Ha: There is a Downward trend, the p-value = 1,00000

At alpha = 0,05, there is not enough evidence to determine that there is a downward trend.

Visualizando las pruebas se puede concluir que la estantería no tiene tendencia positiva ni negativa, y la sillas y mesas generales cuentan con cierta tendencia negativa ya que el valor cuando la hipótesis alternativa es que existe una tendencia creciente es menor que el valor alfa de 0,05.

### **Prueba Dicky Fuller**

Con esta prueba sirve para conocer la existencia de una raíz unitaria en el polinomio autorregresivo del proceso o si es que la serie de tiempo es estacionaria o no (Lizarazu-Alanez et al., 2023). Para estas pruebas igualmente se utilizó el software de Minitab que se pueden ver en la figura 15, 16 y 17.

**Figura 15: Prueba Dickey-Fuller-Estanterias (Elaboración propia)**

#### **Prueba de Dickey-Fuller aumentada**

Hipótesis nula: Los datos son no estacionarios

Hipótesis alterna: Los datos son estacionarios

Estadística

de prueba Valor p Recomendación

---

-8,13583 0,000 Estadístico de prueba <= valor crítico de -2,94851.

Nivel de significancia = 0,05

Rechace la hipótesis nula.

Los datos parecen ser estacionarios, no admiten diferenciación.

**Figura 16: Prueba Dickey-Fuller-Sillas Generales (Elaboración propia)**

### Prueba de Dickey-Fuller aumentada

Hipótesis nula: Los datos son no estacionarios

Hipótesis alterna: Los datos son estacionarios

Estadística

de prueba Valor p Recomendación

---

-0,363223 0,916 Estadístico de prueba > valor crítico de -2,95722.

Nivel de significancia = 0,05

No rechace la hipótesis nula.

Considere diferenciar para hacer que los datos sean estacionarios.

**Figura 17: Prueba Dickey-Fuller-Mesas Generales (Elaboración propia)**

### Prueba de Dickey-Fuller aumentada

Hipótesis nula: Los datos son no estacionarios

Hipótesis alterna: Los datos son estacionarios

Estadística

de prueba Valor p Recomendación

---

-2,66290 0,081 Estadístico de prueba > valor crítico de -2,95722.

Nivel de significancia = 0,05

No rechace la hipótesis nula.

Considere diferenciar para hacer que los datos sean estacionarios.

### Indicador y Métricas

Para la validación de los distintos modelos que se analizan y emplean se decidió utilizar la medida de error MAPE, el error porcentual medio. Este indicador de desempeño busca medir el tamaño del error en porcentajes así conocer el nivel o grado de precisión del pronóstico (Vélez y Nieto, 2016). Se decidió usar el MAPE sobre las demás métricas de error, ya que tiene una gran literatura y es de las más utilizadas en comparaciones de modelos de pronósticos. Igualmente, en la revisión literaria previa en industrias similares fue la métrica utilizada. En este estudio la calidad del criterio se lo define con el MAPE, mientras este sea más bajo cuenta con una mayor precisión y

predicción, en la siguiente tabla se puede evidenciar los rangos que evalúan la calidad y exactitud del pronóstico:

**Tabla 1: Exactitud de pronóstico a través del error MAPE (Elaboración propia)**

<b>MAPE</b>	<b>Calidad del Pronóstico</b>
$Ft \leq 10\%$	Muy bueno
$10\% < Ft \leq 20\%$	Bueno
$20\% < Ft \leq 30\%$	Moderado
$Ft > 30\%$	Pobre

Se aplicaron varios modelos donde se buscaba siempre tener un error de MAPE menor de esta forma el pronóstico estaría más acertado. Igualmente, a los distintos modelos se les realizaron modificaciones o ajustes, como incrementar la longitud o disminuirla, se modificar valores como: tendencia, estacionalidad. Esto se puede observar en las distintas tablas para cada familia de producto:

Los comportamientos o patrones de datos resultan de gran importancia para los pronósticos. Se los puede agrupar en cuatro componentes separados: tendencia, cíclico, estacional e irregular, se pueden llegar a combinar para tener ciertos valores específicos de series de tiempo (Villarreal, n.d.). Las tendencias son para muy largo plazo, cíclicos para largos plazos, estacional corto plazo e irregular muy corto plazo (Villarreal, n.d.). Burgaentzle (2016) afirma que se debe tener en cuenta dos factores muy relevantes a la hora de hacer pronósticos, la intervención humana y el horizonte de tiempo. Al horizonte de tiempo se define como los periodos en lo que se comprobará el pronóstico, por otro lado, el intervalo de predicción es el tiempo o frecuencia en la que se calcula una nueva estimación o predicción; semanal, mensual, trimestral y demás dependiendo de la industria (Cecatto, Belfiore & Vieira, 2012). Hay que tener en cuenta que mientras aumenta el horizonte de planeación, se tiene una disminución en la exactitud de la estimación (Nahmias, 2007). Mientras que la intervención humana es aquel

conocimiento y experiencia que los analistas tienen para poder detectar o no datos anormales, valores atípicos, cambios estructurales y demás (Burgaentzle, 2016).

Para las medidas dependientes de escala se utiliza los errores absolutos y cuadráticos que son: Root Mean Square Error (RMSE), Mean Square Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE) y Median Absolute Error (MdAE) (Burgaentzle, 2016). Armstrong (2001) menciona que el RMSE resulta mejor que el MSE debido a que no es sensible en comparación al MAP y está en la misma escala de datos. Otros autores resaltan que el RMSE es mejor que el MAE, ya que el RMSE tiene una mayor ponderación en los errores grandes, de esta forma resulta con un mejor criterio (Chan, Kingsman & Wong, 2007). En cambio, resulta mejor el uso de MSE al emplear suavizamiento exponencial ya que se tiene una evaluación sobre la dispersión entre intervalos de tiempos (Amstrong,2001). Por otro lado, Vélez y Nieto (2016) prefieren el MSE como RMSE ya que cuentan con relevancia estadística, aunque son más sensibles con datos atípicos que el MdAE y MAE.

En cuanto a las medidas que se basan en porcentajes se utiliza el Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Square Percentage Error (RMSPE), Root Median Squere Percentage Error (RMdSPE) y Median Absolute Percentage Error (MdAPE) (Burgaentzle, 2016). Vélez y Nieto (2016), comentan que la medida más común es el MAPE, ya que resulta sencilla de entender. A su vez el MdAPE no se altera fácilmente con la presencia de datos atípicos debido a que realiza un porcentaje promedio de los errores (Woschnagg & Cipan, 2004). Igualmente, Hyndman, & Koehler, (2005) comentan la calidad del pronóstico de acuerdo con el porcentaje de error que se puede encontrar, si este es menor al 10% es de buena calidad, si esta entre 10% a 20% la calidad es moderada, mientras que si es mayor al 30% la calidad resultante es pobre.

Por lo que se decidió probar distintos modelos para encontrar aquel que diera un MAPE menor y se ajustara de mejor manera a los datos que se tienen. Se puede observar en las siguientes tablas:

*Tabla 2: Estanterías (Elaboración propia)*

Modelo	Longitud	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MAPE
Winters Multi	4	0,2	0,2	0,2	9,863
Winters Multi	5	0,2	0,2	0,2	11,167
Winters Aditi	4	0,3	0,2	0,2	11,176
Winters Aditi	4	0,2	0,2	0,2	9,929
SDEXponen	NA	NA	NA	NA	11,156
Sexponen	NA	NA	NA	NA	8,955
Prom mov	3	NA	NA	NA	10,45

*Tabla 3: Sillas Generales (Elaboración propia)*

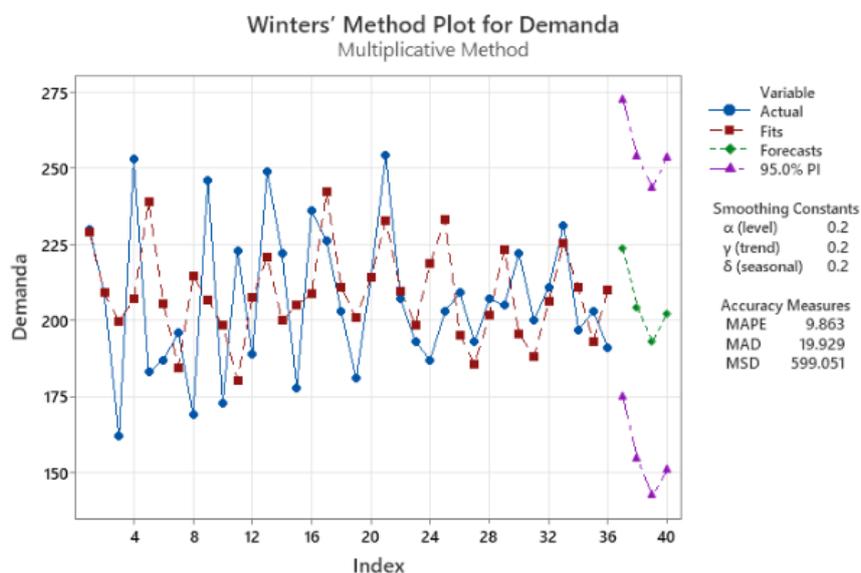
Modelo	Longitud	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MAPE
Winters Multi	4	0,2	0,2	0,2	9,863
Winters Multi	5	0,2	0,2	0,2	11,167
Winters Aditi	4	0,3	0,2	0,2	11,176
Winters Aditi	4	0,2	0,2	0,2	9,929
SDEXponen	NA	NA	NA	NA	11,156
Sexponen	NA	NA	NA	NA	8,955
Prom mov	3	NA	NA	NA	10,45

*Tabla 4: Sillas Generales (Elaboración propia)*

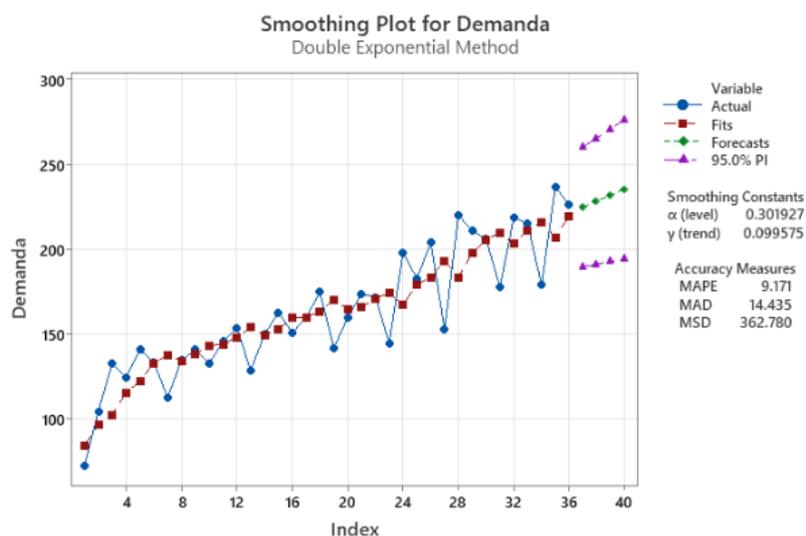
Modelo	Longitud	$\alpha$	$\gamma$	$\delta$	MAPE
Winters Aditi	4	0,2	0,2	0,3	11,287
Sexponen	NA	NA	NA	NA	9,967
Prom mov	4	NA	NA	NA	8,045
Winters Aditi	5	0,2	0,2	0,2	10,215
Winters Multi	4	0,2	0,2	0,3	8,723
Prom mov	3	NA	NA	NA	12,464
SDEXponen	NA	NA	NA	NA	6,312
Winters Multi	4	0,2	0,4	0,3	8,659

Se emplearon distintos modelos, pero se realizó el pronóstico para las próximas tres semanas posteriores con aquellos que cuentan con un MAPE menor, toca recalcar que existen ciertos modelos que tienen un MAPE menor al indicado en las tablas, pero no se decidió utilizar aquellos ya que resultan ser una línea recta. Por lo que al mínimo cambio estos quedarían obsoletos, mientras que los que se utilizaron cuentan con un mayor ajuste al tiempo e igualmente una buena precisión. A continuación, en las figuras se muestran los pronósticos:

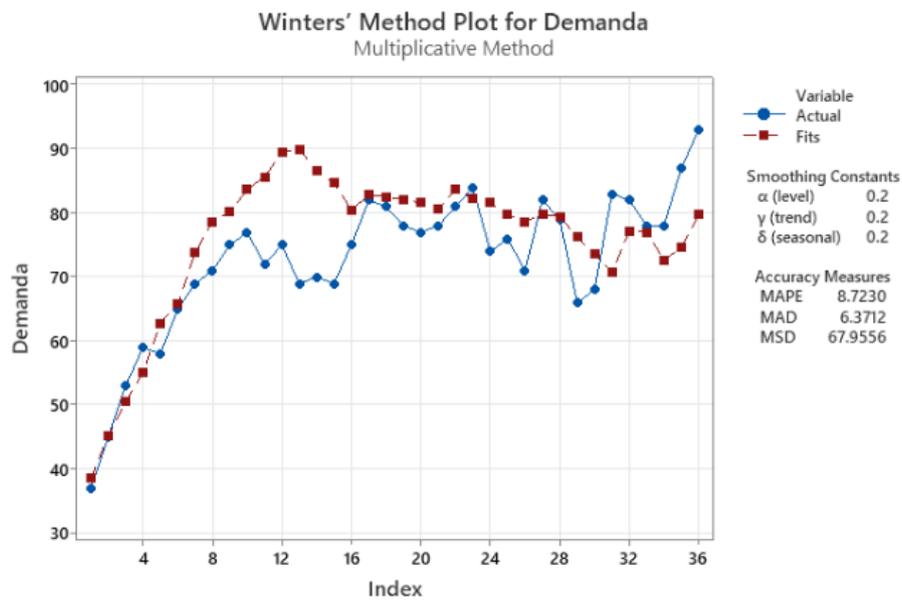
**Figura 18: Winters Estanterías (Elaboración propia)**



**Figura 19: DSE Sillas (Elaboración propia)**



**Figura 20: Winters Mesas (Elaboración propia)**



### ***Inventario***

Para los inventarios en primer lugar se buscó plantear políticas de inventarios ya que la empresa no contaba con estas. Para esto se deben de tener claros los costos que se tienen, alguno de estos costos se va a calcular a continuación:

Con estos costos se quieren empear las siguientes políticas:

Para el inventario se implementar un modelo EOQ para luego según las necesidades de la empresa adaptarlo o modificarlo. Por lo que se buscó el coeficiente de variación que se calculó por medio de la aplicación estadística Minitab.

- En donde si el coeficiente de variación es mayor a 20% se puede concluir que el inventario es probabilístico y estacionario.
- Si el coeficiente es menor al 20% este es determinístico

A continuación, se presenta una tabla con los distintos materiales y sus coeficientes de variación:

**Tabla 5: Coeficientes de Variación** (Elaboración propia)

<b>Material</b>	<b>CV</b>
Tornillos para metal	31.43
Tornillos para madera	23.80
Planchas de madera	42.10
Perfilería metálica	27.90

En donde se puede observar que todos los materiales tienen un coeficiente superior al 20% por lo que son probabilísticos y estacionarios.

En cuanto al inventario, en primer lugar, se realizó un análisis de costos, ya que no se contaba previamente con este. De esta manera igualmente se plantearon políticas de inventarios.

### **KPIs**

Para los KPIs se llegaron a plantear ciertas metas que se buscan alcanzar con ayuda del análisis y las implementaciones del estudio, las metas son las siguientes:

- Tasa de error: Se busca reducir la Tasa de error que se tiene actualmente. Debido a los distintos productos varia esta tasa de error por lo que se hizo un promedio en general para los productos. Se obtuvo una tasa de error del 32% a la semana por lo que con el levantamiento y estandarización de procesos se busca que se reduzca. Estos valores significan que no se cuenta con un proceso fijo, estandarizado y adecuado que conozcan los colaboradores que repercuten en tener una tasa de error elevada.
- Tiempo de ciclo: Se busca reducir el tiempo de ciclo que se tiene para los productos que generan mayor rentabilidad y demanda por medio del levantamiento y estandarización de procesos. Actualmente se tardan entre 8 y 10

horas para las estanterías, 5 y 8 horas para las sillas generales y 8 a 10 horas para las mesas generales en promedio. Estos son los tiempos que se tienen para la producción de los distintos productos que repercute en un tiempo alto para su producción y mayor espera para los clientes.

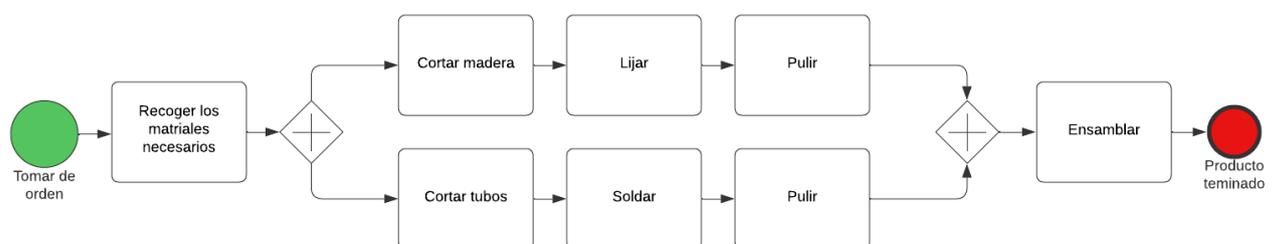
- **Cientes perdidos:** Se busca poder reducir los clientes perdidos, mediante modelos de pronósticos que puedan solventar la demanda que se pide de los distintos clientes. Actualmente se tiene una tasa de clientes perdidos del 27% a la semana. Estos valores repercuten en los ingresos que podría llegar a tener la empresa.
- **Tamaño del inventario:** Se busca reducir el tamaño de los inventarios con un correcto manejo del inventario y junto a sus políticas. Actualmente en promedio para los materiales con mayor rotación se tiene un 94% de las ubicaciones llenas a la semana, que generan más costos por un almacenamiento excesivo.
- **Tiempo de preparación:** Se busca reducir el tiempo de preparación que se tiene para los productos que cuentan con mayor demanda. En general se realizó un promedio de los distintos datos que se tienen por lo que se apreció que en general el tiempo de preparación resulta de entre 13 a 23 minutos. Estos tiempos repercuten en una mayor espera por parte de los clientes.
- **Residuos que se generan:** Se busca reducir los residuos tanto con el levantamiento y estandarización de procesos como un plan para reutilizar estos residuos. Actualmente a la semana se tiene un promedio de residuos de un peso de 15kg, que generan mayores gastos en almacenamiento

## Implementar

### *Estandarización de procesos*

Se realizaron algunas visitas a la planta a lo largo del proyecto y se encontraron inconsistencias en el proceso de fabricación de los productos. Y esto se debió a que no se tenía una forma específica para realizar las cosas y no contaban con las unidades detalladas de las cantidades de cada una de las piezas necesarias para la fabricación. Además, la gerencia comentó que hubo casos en que al momento de que un producto salía de la fábrica y se usaba, tendía a desarmarse. Como solución se propuso cambiar los procesos y estandarizarlos para tener una manera de producción similar en cada producto y que no existan piezas faltantes. Los procesos que se encuentran detallados en la figura 21, muestran cómo se debería manejar la producción. En la mayoría de los casos existen actividades simultáneas, las cuales se podrían realizar una a la vez ya sea por comodidad o por la cantidad de personal disponible para la actividad.

**Figura 21: Proceso Automatizado (Elaboración propia)**



### *Pronósticos*

Para la implementación de los pronósticos se buscó hacer una agrupación por semanas en donde se pronosticaron las siguientes 4 semanas, para los tres productos. Se puede observar en las siguientes figuras los pronósticos, con sus límites superiores e inferiores.

**Figura 22: Pronóstico Estanterías (Elaboración propia)**

### Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
37	223.755	174.929	272.580
38	204.211	154.621	253.801
39	192.941	142.498	243.384
40	202.268	150.889	253.647

**Figura 23: Pronóstico Sillas Generales** (Elaboración propia)

### Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
37	224.994	189.628	260.359
38	228.499	191.431	265.567
39	232.004	193.069	270.940
40	235.509	194.564	276.455

**Figura 24: Pronóstico Mesas Generales** (Elaboración propia)

### Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
37	94.4630	83.5849	105.341
38	95.7028	78.5214	112.884
39	96.9427	73.1746	120.711
40	98.1826	67.7278	128.637

Se decidió implementar este pronóstico redondeándolo al inmediato superior ya que de esta manera se puede solventar la demanda de los clientes caso contrario se podría perder clientes. En las siguientes tablas se pueden observar el pronóstico estimado, el real y el porcentaje de error que se tuvo cada semana.

**Tabla 6: Pronósticos Estanterías con el valor real** (Elaboración propia)

Periodo	Prónosticos	Real	Error
37	224	217	3,23%
38	205	187	9,63%
39	193	175	10,29%
40	203	218	6,88%

**Tabla 7: Pronósticos Sillas Generales con el valor real** (Elaboración propia)

Periodo	Pronósticos	Real	Error
37	225	197	14,21%
38	229	215	6,51%
39	233	220	5,91%
40	236	241	2,07%

**Tabla 8: Pronósticos Mesas Generales con el valor real** (Elaboración propia)

Periodo	Pronósticos	Real	Error
37	95	88	7,95%
38	96	92	4,35%
39	97	101	3,96%
40	99	96	3,13%

Como se puede observar los errores que tuvo el pronóstico para todos los productos fueron muy buenos a excepciones de unos periodos que están sobre el 10%, por lo que se puede seguir con estos pronósticos y si se encuentran más errores constantes se puede buscar realizar modificaciones y probar otros modelos de pronósticos para poder tener un mejor ajuste y precisión de la demanda. Pero en general estos son aceptables

### **KPIs**

- Tasa de error: Tras haber implementado las mejoras por 3 semanas se pudo disminuir la tasa de error a un 25%, se espera que este número incremente debido a que en las primeras semanas se tuvo la curva de aprendizaje. Por lo que después de esta se podría percibir la verdadera mejora.

- Tiempo de ciclo: Previamente implementado la estandarización y levantamiento de procesos, el tiempo de fabricación de los tres productos que se elaboran con más frecuencia, se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 9: Tiempo de Producción (Elaboración propia)**

PRODUCTO	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	
	INICIAL (H)	FINAL (H)
ESTANTERIAS	8 - 10	3 - 6
SILLAS	5 - 8	2 - 5
MESAS	8 - 10	3 - 6

En la anterior tabla, se puede apreciar que los tiempos de producción (horas) de estos tres productos disminuyó. Todo esto se debe a la automatización de los procesos al momento de producir las diferentes partes y a la organización que se hizo al inventario

- Clientes perdidos: Con un adecuado modelo de pronóstico para las siguientes 3 semanas se pudo observar una reducción en los clientes perdidos. Ahora este porcentaje es del 15%.
- Tamaño del inventario: Con el manejo del inventario y las nuevas políticas aplicadas se logró tener una reducción significativa con un porcentaje actual de 43% de las ubicaciones llenas que este sería el inventario de seguridad adecuado. Además, se decidió implementar una hoja de control (Anexo D). En esta hoja se podrá llevar un control de la cantidad de material o materia prima tomada para diferentes fines. Se podrá cuantificar la cantidad y la que sobra. Todo esto es para tomar en cuenta y saber cuándo se debe o se requiere solicitar más material y para que no existan faltantes

- **Tiempo de preparación:** Con una adecuada automatización y digitalización junto a procesos claros. Después de 3 semanas se logró reducir este tiempo de preparación en general a 10 a 17 min. Igualmente se espera una segunda mejora después de pasar la curva de aprendizaje.
- **Residuos que se generan:** Con ayuda de la estandarización y procesos claros se tuvo una reducción a 10 kg de los residuos. Se espera que con el tiempo este igualmente disminuya además de que se recomienda un proceso de reutilización de estos residuos que se encuentra en el apartado de recomendaciones.

## **Controlar**

Esta fase es la más complicada de implementar por que va de la mano con cambios de la cultura que se evidencia en la empresa (Montgomery, 2009). Por lo tanto, estos resultados dependen en su mayoría de los colaboradores presentes en las instalaciones. Pero a este punto se le considera uno de los más importantes, ya que, si no se mantienen bajo control todas las mejoras realizadas, la empresa puede caer en los mismos problemas que tenía. Por esta razón es importante hablar y capacitar a los trabajadores, para que entiendan la importancia de estos cambios.

Para verificar si se hizo un buen trabajo con las mejoras planteadas. Se realizó una encuesta de satisfacción (Anexo C) para clientes, que permitió ver, si las mejoras planteadas dieron alguna mejoría en la mano de obra de la empresa. La realización de esta encuesta de satisfacción del cliente es parte de nuestro compromiso continuo para mejorar la calidad del servicio y la experiencia del cliente. Para medir la percepción del cliente de la calidad de los productos y su satisfacción general con la atención del equipo.

### ***Pronósticos e Inventarios***

Para el apartado de pronósticos se decidió realizar tres periodos, tres semanas, para poder verificar el pronóstico que se planteó con la demanda real que se obtuvo en estos tres periodos para los distintos productos. Por parte de las estanterías se pudo observar que se tuvo un buen pronóstico, a pesar de un aumento del MAPE, pero se encuentra dentro de los estándares de aceptables. Por otro lado, el MAPE para las sillas generales aumento fuera de los estándares de calidad esto se cree que se debe a la curva de aprendizaje en donde aún el pronóstico no se empleó de forma correcta. Por lo que se busca tener un mayor control en estos periodos para decidir si se modifica el modelo o si este error se reduce y se adapta correctamente a la demanda. Por último, el error porcentual para las mesas generales se tuvo un gran incremento, por lo que se busca aplicar otro modelo que previamente se estudió para observar si se adapta mejor a la demanda real.

Se utilizó Excel para un control total del material. Se creó un programa para permitir el seguimiento simultáneo de materiales y control de inventarios. Gracias a esta popular aplicación, se puede controlar el flujo de material de entrada y salida. Además, se puede ver la cantidad disponible de cada componente en existencia, lo que le ayudará a garantizar que su próximo pedido se realice correctamente y no requiera niveles de inventario ni artículos agotados, ya que hay la posibilidad de revisar la información en tiempo real. Con esta información, se pueden realizar pedidos de manera más eficiente, evitando la sobrecompra o la escasez de materiales.

#### KPIs

Estas serían las metas a largo plazo de los indicadores para poder conocer que tan adecuadas son las implementaciones que se realizaron:

- Tasa de error: Se espera que después de la curva de aprendizaje se disminuya el porcentaje inclusive hasta un 15%. Igualmente, con el paso del tiempo y su implementación se podrían observar mejoras que antes no se tenían en cuenta para el levantamiento de los procesos. De esta manera llegar a la meta a largo plazo o incluso disminuirla más.
- Tiempo de ciclo: Se espera que el tiempo de ciclo siga disminuyendo con la familiarización del levantamiento de procesos nuevos y la digitalización del inventario que se tiene.
- Clientes perdidos: A largo plazo se busca que este porcentaje siga disminuyendo, pudiendo controlar el error que se presenta para los distintos modelos de pronósticos. Realizando modificaciones y ajuste si este lo requieren, de esta manera teniendo una mejor solvencia y brindando mayor seguridad para los clientes. Se plantea una meta a largo plazo de únicamente un 7% de clientes perdidos.
- Tamaño del inventario: Se busca tener una mayor eficiencia de este inventario teniendo inclusive un porcentaje menor de hasta un 30% y realizar incluso modificaciones de las ubicaciones para que el espacio sobrante se lo pueda utilizar para almacenar distintos productos o tener más áreas donde poder trabajar.
- Tiempo de preparación: Con una adecuada familiarización de las ubicaciones de manera digital o incluso una reubicación de ciertos materiales o herramientas se busca que el tiempo de preparación para la producción de distintos productos llegue a ser entre 7 a 10 minutos.
- Residuos que se generan: A largo plazo se busca tener un sistema de reutilización de todos estos tipos de residuos como puede ser en el apartado de

planchas de madera para que se realicen un conglomerado de esta y utilizar estos materiales para producir nuevos productos. Para estos e tiene dos opciones, subcontratar estos procesos con alguna empresa que los haga o comprar las herramientas y maquinaria necesaria para poder realizarlo dentro de la empresa. De esta manera a largo plazo se espera que el peso de los residuos se reduzca inclusive hasta 0 y que únicamente se tengan ciertos residuos hasta juntar una cantidad adecuada para realizar el proceso de aglomeramiento.

## **Conclusiones**

Como ya se sabe, este trabajo se lo realizó en una empresa metalmecánica. Esta empresa tiene menos de un año en el mercado, por lo cual existen diferentes problemas. Los problemas que se tomaron en cuenta fueron; falta de procesos estandarizados, mal planteamiento de los diferentes pronósticos y la desorganización en el inventario.

Durante la elaboración del trabajo, se pudo notar que esta metodología (DMAIC) es una herramienta importante para mejorar los procesos productivos en todas las empresas. Se utilizó herramientas analíticas, se identificaron problemas clave que afectaban a los procesos. La mayor mejora conseguida tras la implementación de estas herramientas se tuvo una mejora del 20%, se espera que este porcentaje mejore a lo largo del tiempo. Mientras que el tiempo de fabricación, se redujo el tiempo de ocio y se mejoró la distribución de la bodega e inventario. Por otro lado, la empresa ahora puede medir y analizar las razones para tomar diferentes medidas para eliminar errores y entregar productos duraderos y de mayor calidad.

Además, se utilizó una agrupación ABC con varios modelos de pronósticos que son los siguientes: Promedio Móviles, Suavizamiento Exponencial Doble, Winters y

Estacional simple. Igualmente se buscó modificar ciertos factores como puede ser el “ $\alpha$ ”, longitud estacional y demás hasta lograr encontrar un MAPE aceptable.

Se pudo denotar a medida que se implementaba la metodología que la mayor causa del problema radicaba en la bodega. De esta manera se tuvo un enfoque tanto en los pronósticos para los productos terminados y una gestión del inventario para los materiales que se utilizan para fabricar estos productos. Se realizó una clasificación ABC y se empleó un grupo de familia para poder educir los SKUs y enfocarnos únicamente en aquellos productos que contaban con mayor demanda y rentabilidad que en este caso fueron: Estanterías, sillas y mesas. Los mejores modelos de pronósticos para los productos se basaron en aquellos que contaban con un menor MAPE.

Para los materiales igualmente se realizó un ABC para únicamente trabajar con aquellos productos de la categoría A y después se realizó un agrupamiento por características similares para reducir los SKU y tener más datos para que los modelos sean más robustos. Algunas de estas características eran aquella materia prima que contaba con mayor rotación dentro de la empresa. Con estos datos se realizó un coeficiente de variación para determinar qué tipo de inventario resultaba y de esta manera implementar un modelo de gestión EOQ. Este se fue modificando, dependiendo de la materia prima que se buscaba gestionar.

## **Recomendaciones**

- Para aplicar un nuevo modelo de pronósticos se buscaría utilizar los tres periodos nuevos para igualmente tener una mejor precisión. Estos controles que dependen de cómo van deberían de ser cada periodo hasta lograr tener un MAPE aceptable y que este esté en control. Mientras que si se encuentran en un MAPE aceptable y adecuado quizá se podría

realizar cada dos o tres periodos. Con el tiempo y nuevos conceptos se podrían emplear modelos futuros adaptados a la demanda real para tener un pronóstico más preciso.

- Se recomienda actualizar y revisar los productos del inventario cada tres meses ya que al ser una empresa que produce bajo pedido, se debe tener claro que es lo que se tiene y que falta para no tener una gran acumulación de productos en el inventario.
- Para evitar saturarse de desperdicio, se recomienda enviar estos desperdicios a un lugar especializado para almacenar estos residuos y reutilizarlos. También, en el caso de la madera se pudiera hacer un aglomerado (Apéndice E) para poder reutilizar esos sobrantes existentes. A continuación, se puede ver como seria el proceso del aglomerado de madera.

## **Limitaciones**

Entre las limitaciones que surgieron durante el proyecto están la falta de información, ya que al ser una empresa con poco tiempo en el mercado no posee una gran cantidad de datos histórico de sus productos y clientes. Esto impedía tener una gran cantidad de datos y poder realizar un análisis más profundo. Por otro lado, la empresa no tiene una planificación bien detallada, por lo que tienen una producción muy variable, esto repercutió en que no se podía medir un cambio en el nivel de producción. Finalmente, el tiempo jugó un papel importante, ya que al tener que tomar datos para hacer el análisis y otros datos para cuantificar las mejoras, no había gran cantidad de datos para lograr un análisis mucho más profundo.

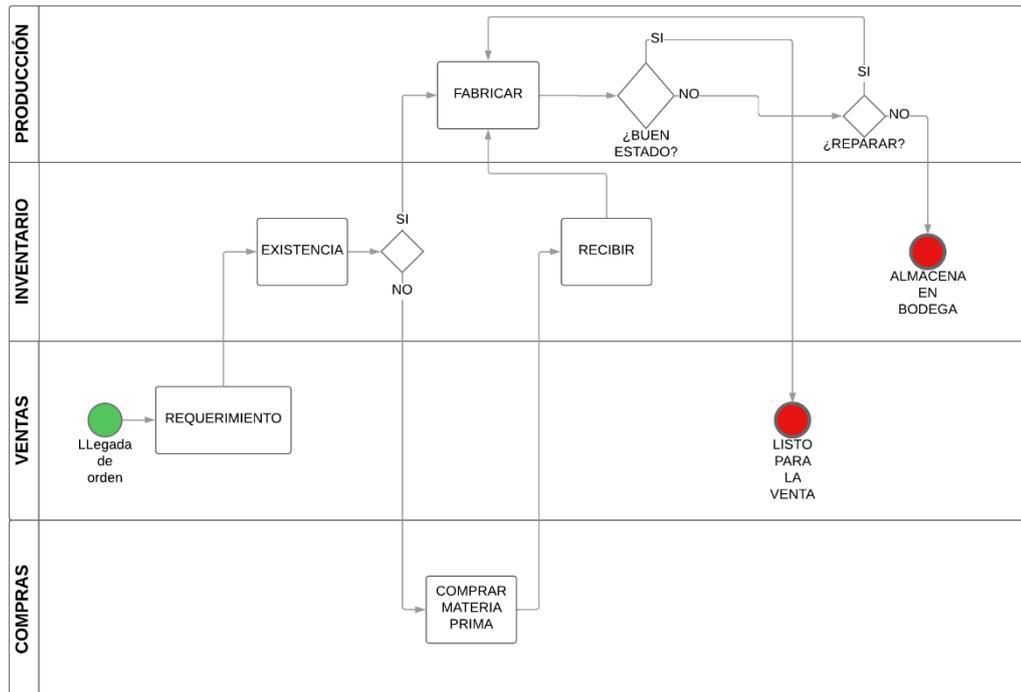
## Referencias bibliográficas

- Amato, V. (2005). *An exploration of teacher understanding and use of brain research in the instruction of young adolescents*. Dissertation (M.S.), Texas Woman's University, Texas. AAT 1425943.
- American Educational Research Association. (2007). *Brain, neuroscience and learning special interest group*.
- Ansari, D. & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4), 146-151.
- Alaya, H. (2005). Selección de lecturas Temas de Gestión de la Calidad. La Habana: Universidad de la Habana.
- Battro, A., M., Fischer, K.W. & Lena, P.J. (Eds). (2008). *The educated brain: Essays in neuroeducation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Begley, S. (2005). Beware of the cognitive brain paparazzi lurking in brain science labs. *Wall Street Journal, Science section*, (Mar 18).
- Benzaquen, J. (2018). La ISO 9001 y la Administración de la Calidad Total en las Empresas Peruanas. *Universidad Y Empresa*, 20(35), 281–281.
- Berninger, V.W. & Corina, D. (1998). Making cognitive neuroscience educationally relevant: Creating bidirectional collaborations between educational psychology and cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10(3), 343-354.
- Carrillo-Landazabal, M. S., Vargas-Ortiz, M. L. E., Severiche-Sierra, D. C. A., Peralta-Ordosgoitia, I. J. T., & Ortega Vélez, I. V. P. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 3148-3163
- Creswell, J. (2003). *Research designs: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- DMAIC: una herramienta Six Sigma para el éxito | SafetyCulture. (2023, January 26). SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/dmaic/>
- Endara. (2014). Diseño de un sistema de gestión por procesos monitoreado a través de indicadores de gestión para la Metalmecánica Ochoa Hermanos. repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/18000
- Ekos Negocios. (2018). Situación del sector metalmecánico y su importancia en la economía ecuatoriana. Ekos Negocios; Ekos Negocios. <https://ekosnegocios.com/articulo/situacion-del-sector-metalmecanico-y-su-importancia-en-la-economia-ecuadoriana>
- Gabriel. (2024). Gestión de inventarios como factor de competitividad, en el sector metalmecánico de la región occidental de Venezuela. *Revista de Ciencias Sociales*, 15(3), 509–518

- GoLeanSixSigma.com. (2023). Fishbone Diagram - Template & Example. GoLeanSixSigma.com (GLSS).
- Herbst-Damm, K.L. & Kulik, J.A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology*, 24, 225-229. doi: 10.1037/0278-6133.24.2.225
- Heizer, J. & Render, B. (2004). *Principles of Operations Management* (5th ed.). Mexico.
- ISO. (2015). NORMA INTERNACIONAL Traducción oficial Official translation Traduction officielle. Ginebra: Organización Internacional de Normalización.
- Jefferson, R., Katidena, C., & Mariela, F. (2018). Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001:2015. *RECIMUNDO: Revista Científica de La Investigación Y El Conocimiento*, 2(1), 625–644.
- Katherine, T. (2018). Abastecimiento de Repuestos y Accesorios que afecta a la maquinaria y a los Ingresos en la Empresa “I.L.G.A. IMPORTADORA” Cía. Ltda. Sucursal Vinces – Los Ríos. *129.146*.
- López Gumucio, R. (2015). LA CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA MODERNA. *PERSPECTIVAS*, 8(2), 67-81.
- Liliana, F., Andrea, & Consuelo Ruiz Cárdenas. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, 17(1), 59–69.
- Luis, J. (2021). Eliminación de las salvaguardias y su impacto financiero en el sector metalmeccánico del Ecuador. *Revista Universidad Y Sociedad*, 13(5), 621–627.
- Lozano, A., & Delgado, K (2015). Cedia.edu.ec.
- Michell, C., Pazmiño, M., Jazmín, S., & López, L. (n.d.). TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: AUTORAS.
- Montgomery, D., 2009. *Introduction to statistical quality control*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Miriam-Luisa González. (2017). Maquinaria de punto: desarrollo y vigencia en el diseño actual. *Kepes*, 14(15), 33–68.
- Neuman, W. (2005). *Social research methods: Quantitative and qualitative approaches* (6th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
- Polit, A.A. & González, B.B. (2011). Educación en Ecuador. En P. Pérez (Ed.), *La educación en el mundo* (pp.101-132). Barcelona, España: ExpoEditor.
- Paguay, D. (2016). Impacto de las salvaguardias a las importaciones en el Ecuador periodo 2010-2015. (Trabajo de Titulación). Universidad de Guayaquil.
- Quezada-Torres, W. D., Hernández-Pérez, G. D., González-Suárez, E., Comas-Rodríguez, R., Quezada-Moreno, W. F., Molina-Borja, F., Quezada-Torres, W. D., Hernández-Pérez, G. D., González-Suárez, E., Comas-Rodríguez, R., Quezada-Moreno, W. F., & Molina-Borja, F. (2018). Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en Pequeñas y Medianas Empresas metalmeccánicas del Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 39(3), 303–314.
- Rodriguez, J. (2023). Qué es el diagrama de Ishikawa, para qué sirve, cómo crearlo y ejemplos. Hubspot.es. <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- Sánchez Suárez, Yasniel, Arlene, J., Laguardia, S., Blanco, C., Esther, Sánchez Suárez, Yasniel, Arlene, J., Laguardia, S., Blanco, C., & Esther. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 169–184.
- Sebastián Cristóbal Araya-Pizarro, & Camilo. (2020). Importancia de la certificación de calidad en la decisión de compra de productos agroalimentarios artesanales. *Innovar-Revista de Ciencias Administrativas Y Sociales*, 30(77), 53–62.
- Vásconez, V. (2020). Gestión del sistema de inventarios orientado a pequeñas y

medianas empresas, PYMEs, ecuatorianas del sector ferretero: caso de estudio.  
Revista Espacios.

### Anexo A: Diagrama de flujo general



### Anexo B: Project Charter

Project Charter																		
<b>Problem Statement</b>		<b>Business Case &amp; Benefits</b>																
En la empresa CONSTRUMEC S.A.S actualmente por tan solo tener 9 meses en el mercado aun no cuenta con varios procesos que sean pertinentes para lograr ser competitivos.		Al lograr obtener los requerimientos necesarios se logrará ser vistos de manera más segura, brindar confianza, calidad y demás ante las empresas que requieran los servicios. Esto podría aumentar la cantidad y calidad de clientes junto a los ingresos.																
<b>Goal Statement</b>		<b>Timeline</b>																
Cumplir con los requerimientos para obtener la una producción de calidad.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Phase</th> <th>Planned Completion Date</th> <th>Actual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Define:</td> <td>12 de marzo</td> <td>09 de marzo</td> </tr> <tr> <td>Measure:</td> <td>30 de marzo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Analyze:</td> <td>05 de abril</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Improve:</td> <td>18 de abril</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Phase	Planned Completion Date	Actual	Define:	12 de marzo	09 de marzo	Measure:	30 de marzo		Analyze:	05 de abril		Improve:	18 de abril		
Phase	Planned Completion Date	Actual																
Define:	12 de marzo	09 de marzo																
Measure:	30 de marzo																	
Analyze:	05 de abril																	
Improve:	18 de abril																	
<b>Scope - First/Last and In/Out</b>		<b>Team Members</b>																
<b>1st Process Step</b>	Conocer el funcionamiento	<b>Position</b>	<b>Person</b>															
<b>Last Process Step</b>	Solucionar y mejorar como opera la empresa	Team Member	José															
<b>In Scope:</b>	Mejora de procesos																	
<b>Out of Scope:</b>	Procesos eficientes y más producción	Team Member	Andrés															
			<b>Title</b>															
			<b>% of Time</b>															
			100%															
			100%															

## Anexo C: Encuesta de satisfacción

Estimado/a cliente,

Le agradecemos sinceramente por elegir nuestros productos. Siempre nos esforzamos por brindarle la mejor experiencia y sus comentarios son muy valiosos para nosotros. Tómese unos minutos para completar esta breve encuesta y ayúdenos a mejorar.

Experiencia de Compra:

a. ¿Con qué frecuencia utiliza nuestros productos?

Regularmente

Ocasionalmente

Primera vez

b. ¿Cómo calificaría su experiencia general con nosotros?

Excelente

Muy buena

Buena

Regular

Mala

Calidad de los Productos

a. ¿Cómo calificaría la calidad de nuestros productos?

Excelente

Muy buena

Buena

Regular

Mala

b. ¿Hay algún producto que le gustaría que agregáramos o mejoráramos?

Atención al Cliente:

a. ¿Cómo calificaría la atención recibida por nuestro equipo de atención al cliente?

Excelente

Muy buena

Buena

Regular

Mala

b. ¿Hubo algún problema o preocupación que no se resolviera satisfactoriamente? En caso afirmativo, por favor proporcione detalles.

Recomendaciones:

a. ¿Recomendaría nuestros productos a otras personas?

Sí

No

b. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar nuestros productos?

¡Muchas gracias por su tiempo y su valiosa retroalimentación! Sus comentarios nos ayudarán a servirle mejor en el futuro.




### Anexo E: Proceso de Aglomerado

