

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Reducción del tiempo de mantenimiento correctivo en una  
máquina envasadora de una empresa farmacéutica utilizando la  
metodología DMAIC”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentada por:**

**Phillip James Mera Celdo**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2025**

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar esta etapa tan importante de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este camino.

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la fortaleza, la perseverancia y la claridad para superar cada desafío y alcanzar mis metas. Su guía ha sido fundamental en cada paso de este proceso.

A mi familia, mi pilar inquebrantable, les debo todo mi esfuerzo y dedicación. A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sabias palabras que me han impulsado a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi tutora de tesis, la PhD. Sofía López, le expreso mi más sincero agradecimiento por su paciencia, orientación y valiosos consejos, que han sido esenciales en la culminación de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mis amigos, colegas y profesores, quienes con su compañía, apoyo y enseñanzas han enriquecido mi formación académica y personal. Cada palabra de aliento y cada gesto de confianza han sido una motivación invaluable para seguir adelante.

Este logro no es solo mío, sino también de todos aquellos que han estado a mi lado en este recorrido. ¡Gracias!

## **DEDICATORIA**

A Dios, fuente de mi fortaleza y guía en cada paso de mi vida. Gracias por darme la sabiduría, la paciencia y la determinación para superar cada obstáculo. Sin Tu luz y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis padres, quienes con su amor incondicional, sacrificio y apoyo han sido el pilar fundamental de mi vida. A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Sus enseñanzas, su ejemplo de esfuerzo y su constante aliento han sido mi mayor inspiración para seguir adelante y nunca rendirme.

Este trabajo es un reflejo de todo lo que me han dado y una muestra de mi profundo agradecimiento por su infinito amor y dedicación.

Con todo mi cariño, les dedico este logro.

## TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Denise Rodríguez Zurita, PhD.**

Profesora de Materia

---

**Sofía López Iglesias, Msc.**

Tutora de proyecto

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo **Phillip James Mera Celdo** acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, marzo 8 del 2025.

---

Phillip James Mera Celdo

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal reducir el tiempo de mantenimiento correctivo en la máquina envasadora R110 de una empresa farmacéutica, mediante la implementación de la metodología DMAIC. Este problema ha generado retrasos en la planificación de producción y costos elevados debido a las paradas imprevistas.

El estudio inicia con un análisis detallado de la empresa y el proceso de envasado del medicamento antigripal, identificando que el mantenimiento correctivo representa un desafío significativo. Se aplicó la metodología DMAIC, desglosada en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar e Implementar, para abordar la problemática desde un enfoque estructurado y basado en datos.

En la fase de Definición, se estableció el problema clave: los tiempos de paro por mantenimiento correctivo superan las 48 horas en promedio por intervención, afectando el cumplimiento de los objetivos de producción. En la etapa de Medición, se recopilaron datos de los mantenimientos correctivos entre 2023 y 2024, identificando que el 85% del tiempo de paro se debe a problemas en la gestión de compras de repuestos críticos.

El análisis con herramientas como el Diagrama de Ishikawa y los 5 Porqués permitió identificar las causas raíz del problema, destacando la falta de especificaciones técnicas estandarizadas, deficiencias en la comunicación entre los departamentos de mantenimiento y compras, escasez de repuestos críticos en stock y procesos burocráticos que retrasan las adquisiciones.

Para la fase de Mejora, se implementaron soluciones estratégicas de alto impacto, como la estandarización de dimensiones de repuestos clave, la reorganización del inventario en gavetas clasificadas, la optimización del proceso de solicitud y compra de repuestos, y la creación de un protocolo estandarizado para compras urgentes.

Finalmente, en la fase de Control, se establecieron indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear la reducción del tiempo de paro y garantizar la sostenibilidad de las mejoras. Con estas acciones, se proyecta disminuir el tiempo de mantenimiento correctivo a un máximo de 30.35 horas por intervención en un plazo de tres meses, optimizando así la rentabilidad operativa de la máquina y asegurando el cumplimiento del plan de producción.

**Palabras clave:** DMAIC, mantenimiento correctivo, mejora continua, gestión de compras, eficiencia operativa.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>8</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>8</b>
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Definición del problema.....	12
1.3 Objetivos: General y Específicos .....	13
1.4 Descripción de la metodología.....	13
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>15</b>
2.1 Definición.....	15
2.2 Medición.....	24
2.3 Análisis .....	29
2.4 IMPLEMENTAR.....	34
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>56</b>
<b>3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>56</b>
3.1 Control .....	56
3.2 Control del proceso: .....	57
3.3 Comparación de tiempos entre los años 2023, 2024 y 2025 .....	58
3.4 Diagrama de Cajas .....	60
3.5 Diagrama de Gantt .....	61
3.6 Impacto financiero .....	64
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>65</b>
<b>4.Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>65</b>
4.1 Conclusiones.....	65
4.2 Recomendaciones.....	66

# CAPÍTULO 1

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Antecedentes

La empresa multinacional farmacéutica en estudio es un pilar destacado en el panorama farmacéutico ecuatoriano, reconocido por su excelencia y compromiso. Forma parte de un Grupo Corporativo Argentino por lo que, la planta de Guayaquil fue uno de los proyectos de expansión en América Latina que tuvo en mente el corporativo y que se dio lugar en el año 2017 iniciando las operaciones productivas en Guayaquil, Ecuador. Además, cuenta con sedes en Colombia, Brasil, México, Venezuela, Perú, entre otros países; constituyéndose como uno de los grupos más sólidos de la región, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad de vida de la comunidad. Su actividad principal es trabajar junto al médico, desarrollando opciones terapéuticas que le permitan responder de manera efectiva a trastornos del aparato digestivo y respiratorio, así como también, enfermedades psiquiátrico-neurológicas, infecciosas, entre otras.

Adicional, esta empresa multinacional tiene una línea dedicada a productos cosméticos lo que complementa su oferta en el cuidado de la salud y el bienestar. Estos productos suelen incluir cremas, lociones, protectores solares y otros artículos destinados al cuidado de la piel, alineándose con los altos estándares de calidad de la marca.

La sede de Ecuador cuenta con 2 plantas: Planta Farmacéutica y Planta Cosmética. En la Planta Farmacéutica, existen 4 procesos productivos: Preparación Líquidos 1, Preparación Líquidos 2, Sólidos Orales y Semisólidos. Dentro del proceso de Sólidos Orales, se ha presentado un incremento en los tiempos de paro no planificados por mantenimientos correctivos. Para este proceso, contamos con dos envasadoras de polvo: Envasadora de Polvo R110 y Envasadora de Polvo R120. Para este caso de estudio, se analiza únicamente la Envasadora de Polvo R110 debido a que para el año 2025 se reemplaza la Envasadora de Polvo R120 por una nueva máquina envasadora de Polvo marca Marchesini. En cambio, la máquina R110 queda operativa por lo que se inició este proyecto de investigación para mejorar la rentabilidad operativa de la máquina. La máquina Envasadora de Polvo R110 fue adquirida por la empresa multinacional farmacéutica X como herencia por parte de la empresa antecesora. Por tal razón, la máquina tiene una vida útil operativa de aproximadamente 20 años.

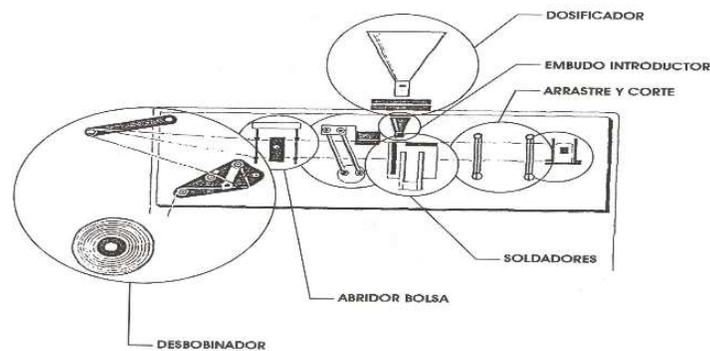
La máquina Envasadora de Polvo R110 envasa un medicamento antigripal, siendo este uno de los productos icónicos y con mayor demanda de la Corporación. El medicamento X es un producto clave para aliviar los síntomas del resfrío y la gripe, ofreciendo una combinación efectiva de principios activos que ayudan a reducir la fiebre, congestión y dolor.

El proceso de envasado del medicamento antigripal sigue una secuencia precisa para garantizar la calidad y uniformidad del producto. A continuación, se describen las etapas principales:

1. **Carga del polvo en la tolva:** La mezcla previamente elaborada del medicamento antigripal (polvo con principios activos y excipientes) se introduce en la tolva de la envasadora. La tolva asegura un suministro continuo y uniforme del producto.

2. **Dosificación:** La máquina envasadora utiliza un sistema de dosificación volumétrico compuesto de dos discos o platos rotativos sobre los cuales van montados los vasos telescópicos; el vaso superior es de forma cónica que facilita la caída del producto hacia el embudo introductor. El dosificador volumétrico mide con precisión la cantidad de polvo que debe llenarse en cada sobre, asegurando uniformidad en cada unidad. Este sistema va equipado con una tolva de 15 litros de capacidad.
3. **Formación del sobre:** El rollo de material de empaque (como papel aluminio o laminado) pasa por un sistema que lo moldea en forma de bolsa. A la entrada de la máquina la película se dobla en forma de V, por mediación de unas guías cilíndricas paralelas. De ahí, interviene el abridor de bolsas el cual es el encargado de mantener abierto el pliegue formado en V que facilita la entrada del embudo introductor del producto al envasar.
4. **Llenado del sobre:** Una vez formado el sobre, la dosis precisa de polvo se introduce automáticamente en el envase. Este paso se realiza en un entorno controlado para evitar contaminación.
5. **Sellado final:** El sobre se sella completamente mediante las mordazas de soldadura que asegura un cierre hermético. Estas mordazas van equipadas con resistencias tubulares de altos valores caloríficos, por lo que alcanzar la temperatura de trabajo es cuestión de pocos minutos. El control de tal temperatura de trabajo es realizado por medio de los correspondientes reguladores montados en el cuadro de mandos, y que son accionados por sondas termopares. Este sistema de sellado protege el contenido del sobre contra la humedad, el aire y otros factores externos.
6. **Marcado del lote y vencimiento:** La máquina imprime en cada sobre información importante como el número de lote, fecha de fabricación y vencimiento, cumpliendo con las normativas vigentes.
7. **Control de calidad:** Durante el proceso, se realizan inspecciones para verificar el peso de cada sobre, la calidad del sellado y la legibilidad de la impresión.
8. **Empaque secundario:** Los sobres terminados se agrupan y colocan en cajas que incluyen información adicional del producto antes de ser almacenados y distribuidos.

La máquina envasadora de Polvo R110 consta de los siguientes grupos mecánicos:



**Figura 1.1. Sistema mecánico de la máquina**

Fuente: Autor

1. **Desembobinador:** Con el objeto de que el arrastre del material de envoltura se efectúe con la mayor suavidad posible, este mecanismo actúa por ciclo de máquina y leva independientemente, desenrollando el suficiente material para evitar así tirones bruscos en la fase de arrastre. En el soporte bobina existe un tornillo denominado ajuste freno bobina que sirve para que la bobina al ser desenrollada no sufra ni por exceso, ni por defecto los tirones que se producen, manteniendo la presión necesaria. El grupo va equipado con un muelle amortiguador y un dispositivo de fijación de la lámina que sirve para controlar la acción del tirón al desenrollar la bobina, y para que no afecte a la circulación uniforme en el respecto del circuito de papel.
2. **Guías del papel:** A la entrada de la máquina la película se dobla en forma de V, por mediación de unas guías cilíndricas paralelas. Inmediatamente después de la zona de soldadura existen otras guías que facilitan el deslizamiento de las bolsas ya llenas del producto y aún en tira continua.
3. **Abridor de bolsas:** Es el encargado de mantener abierto el pliegue formado en V que facilita la entrada del embudo introductor del producto a envasar. El abridor avanza acompañando al papel en su movimiento de arrastre o carrera, para que al final de su recorrido retroceda rápidamente permitiendo así efectuar las soldaduras de las bolsas.
4. **Mordazas de soldadura:** La máquina está dotada de dos pares de mordazas, un par vertical y otro horizontal, las cuales presionan el material de envoltura a altas temperaturas formando los sobres. La mordaza horizontal está ubicada en su respectivo soporte, éste al mismo tiempo se puede desplazar sobre ejes, con el fin de darles mejor funcionalidad y centrar mejor el sellado. La mordaza vertical, lo mismo que la horizontal, es independiente y se puede desplazar sobre ejes. Están equipadas con resistencias tubulares tipo cartucho de alto poder calorífico para alcanzar temperaturas requeridas en pocos minutos. El control de tal temperatura de trabajo es realizado por medio de los correspondientes reguladores montados en el cuadro de mandos, y que son accionados por sondas termopares.
5. **Dosificador volumétrico:** Compuesto de dos discos o platos rotativos sobre los cuales van montados los vasos telescópicos, el vaso superior es de forma cónica

y facilita la caída de producto hacia el embudo dosificador. Su capacidad es regulable y está equipado con una tolva de 15 litros de capacidad.

6. **Sistema de arrastre:** En base a movimientos mecánicos se consigue el desplazamiento del laminado según el ancho previamente determinado de la bolsa, sobre este dispositivo va colocada la tijera, la pinza de corte y son accionadas por la misma leva.
7. **Detector de fotocelda:** A través de su haz de luz es el encargado de detectar el paso de los sobres, transmitir la señal al amplificador y de ésta al balancín corrector. El lector de marca acciona el balancín cuando coincide el haz de luz con la marca en la lámina.
- 7.1 **Reglaje foto – célula:** La célula foto – eléctrica a través de su haz de luz es la encargada de detectar el paso de los spots, transmitir la señal al amplificador y de spots, transmitir la señal al amplificador y de ésta al balancín corrector. Consta de los siguientes elementos: cabezal, amplificador y micros de cegado y desbloqueo. Estos últimos se hallan enclavados en el eje de las levas y son accionados por éstas.
  - 7.1.1 **Posición de reglaje:** Con el brazo de arrastre a un m/m del final de la carrera, la leva de cegado estará en la posición indicada o sea justamente habrá terminado el campo de detección y el haz luminoso (con la misma posición del arrastre) sobre el spot. Si al pasar el micro de cegado por el campo de detección de leva, coinciden con el spot en el campo de luz, se accionará el balancín y por lo tanto la bolsa siguiente será más corta. 90° antes de la posición de la leva de cegado, se hallará la de desbloqueo la cual dejará libre el balancín por si hay que corregir de nuevo, o en la bolsa o ciclo siguiente. Si al siguiente ciclo vuelven a coincidir la luz y la leva, volverá a cortar más pequeña la bolsa y por lo tanto la impresión del papel se retrasará con respecto al corte de la tijera. Según lo indicado, si se atrasa la impresión (spot) llegará el momento que ésta no coincidirá con el campo de la leva por lo que el balancín no accionará y las bolsas serán más largas y así hasta que coincidan nuevamente con el campo de detección de la leva.
  - 7.1.2 **Regulación del balancín:** Solo dos factores pueden alterar la función del balancín:
    - Que la impresión se atrase o bien se adelante. En el primero de los casos el balancín nunca se accionará por lo que deberá ser separado lentamente del arrastre, accionando el pomo hacia la izquierda hasta observar un paulatino adelantamiento en la impresión.

El balancín se accionará en cada ciclo, lo que nos indica un exceso de carrera. En este caso se acercará más el balancín a la palanca de arrastre, accionando el pomo hacia la derecha. El perfecto funcionamiento de éste mecanismo se conseguirá cuando después de ajustado el citado balancín al abrazo de arrastre, el primero se acciona de cada tres a cinco bolsas.

También puede ser que se atrase o adelante pero que al llegar a un lugar determinado, (por ejemplo: dos milímetros del lugar que debiera cortar) quede estacionado y el funcionamiento del balancín sea correcto. En este caso, solo deberá desplazarse el cabezal de fotocélula a la izquierda o derecha, según esté adelantado o atrasado los dos milímetros por ejemplo.

- 7.1.3 **Ajuste de la sensibilidad de detección:** Todo lo descrito anteriormente en los apartados 7.1.1 y 7.1.2 puede ser correcto respecto a su regulación, y sin

embargo es posible que la célula fotoeléctrica no actúe por no tener ajustada la sensibilidad de detección. En este caso se procederá a ajustarla en la siguiente forma:

en primer lugar, comprobar la posición del interruptor de fondo este en fondo blanco y la mancha o spot para la detección en color negro. en este caso el interruptor de fondo debe estar accionado hacia el lado que tenga indicado el punto en color negro.

en segundo lugar, debe comprobarse al ajuste de la detección en la siguiente forma: rasgar un trozo del material de envoltura, que se desea ajustar, en el cual haya impreso más o menos centrado el spot de detección rodeado del color de fondo, colocar este trazo de material por delante del foco luminoso aproximadamente a unos diez milímetros de distancia de la lente de salida y moverlo a derecha e izquierda suavemente observando que el haz de luz pase por encima del spot, manteniendo esta posición y movimiento, debe mirarse la lente roja la cual y cada vez que pase el spot por delante del foco luminoso, debe apagarse, de no ser así, indicaría que no está perfectamente enfocada y por lo tanto que no funciona correctamente, para enfocarla se girará el pomo de enfoque a derecha e izquierda suavemente hasta que se observe que detecta perfectamente, o sea que, cada vez que el foco luminoso pasa por encima del spot, la lente roja se iluminará con lo cual indica que está perfectamente enfocada.

Ahora bien, cabe mencionar que la línea de envasado del medicamento antigripal está operativa entre 5 a 6 días a la semana siendo una de las líneas productivas con mayor demanda con metas de producción de 30 lotes/mes; sin embargo, los elevados tiempos de paro por mantenimientos correctivos han retrasado en gran medida la planificación de producción. Por motivo de caso de estudio se ha analizado la frecuencia de mantenimientos correctivos desde enero del año 2023 hasta noviembre del año 2024. Por ejemplo, en el año 2023, se han registrado 20 mantenimientos correctivos y, en el año 2024, se ha mantenido la frecuencia de mantenimientos correctivos generando preocupación en Gerencia. Desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024, el costo total por los mantenimientos correctivos fue de aproximadamente \$10.000.

Esta máquina ha presentado múltiples complicaciones en el transcurso de los años; sin embargo, entre los años 2023 y 2024 se agravó la situación ya que el tiempo promedio mensual de paro por mantenimiento correctivo fue de 2 días.

Este acontecimiento ha ocasionado atrasos en la planificación de producción ya que se ha reducido un 50% en la cantidad de lotes fabricados y envasados mensualmente por lo que se procede a evaluar la causa raíz del problema y, mediante la metodología DMAIC, resolver este problema reduciendo el tiempo de paro de máquina por mantenimiento correctivo.

## **1.2. Definición del problema**

El tiempo de promedio mensual por mantenimiento correctivo en la máquina envasadora de polvo R110 del área de Sólidos Orales desde Enero del 2023 hasta Noviembre del 2024, es en promedio los 2 días para mantenimiento correctivo, causando atrasos en la planificación de Producción y en los tiempos de entrega del producto al cliente final.

### 1.3. Objetivos: General y Específicos

#### 1.3.1. Objetivo General

Reducir el tiempo de paro mensual promedio por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110 de 48 horas a un máximo de 30,35 horas, en un período de 3 meses (diciembre 2024 a febrero 2025), implementando mejoras en el proceso de mantenimiento correctivo, con el fin de aumentar la rentabilidad de la máquina y cumplir con los objetivos de producción.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes etapas para el proceso de mantenimiento correctivo de la máquina envasadora del área de Sólidos Orales mediante el análisis del diagrama SIPOC.
- Determinar causas raíz que afectan el tiempo promedio de mantenimiento correctivo mediante la aplicación del Diagrama de Ishikawa y Priorización de Causas.
- Implementar soluciones, prototipos o pruebas piloto que eliminen las causas raíz prioritarias.
- Establecer un plan de control para la máquina Envasadora de polvo para garantizar que las mejoras implementadas en el proceso se mantengan a largo plazo.

### 1.4. Descripción de la metodología

Para este proyecto, se implementará la metodología DMAIC. A continuación, se definirán las etapas que conforman la metodología DMAIC:

**Metodología DMAIC:** DMAIC es un ciclo de mejora continua basado en el análisis de datos que permite a las organizaciones evaluar y optimizar su desempeño. El término DMAIC representa las cinco etapas del proceso: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Implementar) y Controlar.

El propósito fundamental de DMAIC es identificar y eliminar desperdicios en los procesos empresariales, lo cual se puede lograr mediante la aplicación de herramientas y técnicas Lean y Six Sigma.

Este enfoque puede ser una forma efectiva de mejorar el rendimiento de la empresa, ya que facilita la identificación y resolución de problemas, la implementación de mejoras y el seguimiento de los resultados obtenidos. DMAIC es una metodología de mejora empresarial que se fundamenta en los principios de Lean y Six Sigma. Este enfoque, guiado por datos, permite a las organizaciones definir, medir, analizar, mejorar y controlar los desperdicios en sus procesos. Además, hace uso de la técnica de los 5 porqués para profundizar en la causa raíz de los problemas.

El objetivo principal de DMAIC es optimizar el desempeño de una empresa, reduciendo la variabilidad y aumentando la eficiencia. Esta metodología puede ser aplicada por organizaciones de cualquier tamaño y ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar el rendimiento operativo.

- **Definir:** El primer paso consiste en identificar y definir de manera precisa el problema que se desea solucionar. Representar una serie de tiempo de los mantenimientos

correctivos de la máquina mensualmente por cada año. Definir un objetivo SMART. Definir un SIPOC donde se representará y estandarizará el proceso para llevar a cabo un mantenimiento correctivo junto con los recursos necesarios para ejecutar el proceso. Además, se realizará el CTQ Tree para satisfacer las necesidades del cliente y garantizar la calidad del producto o servicio. Su propósito principal es traducir los requisitos del cliente en especificaciones medibles que la empresa pueda controlar y mejorar.

- **Medición:** Después de haber definido el problema, es necesario recopilar datos para entender la situación actual. Luego, se aplica el Diagrama de Pareto
- **Analizar:** Luego, es necesario analizar los datos para determinar la causa del problema. Esto implica identificar la causa raíz y desarrollar hipótesis sobre posibles soluciones.
- **Mejorar:** Una vez que se ha desarrollado un plan de acción, es hora de comenzar a implementar mejoras en el negocio. Esto implica aplicar los cambios propuestos y monitorear los avances en relación con el objetivo establecido.
- **Controlar:** Finalmente, es crucial implementar sistemas que aseguren la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo. Esto implica establecer protocolos para medir los resultados y ajustar los objetivos según sea necesario.

## CAPITULO 2

### 2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

El proceso de mejora continua se enfoca en mejorar el desempeño de los procesos productivos de una empresa, abordando tanto a los clientes internos como externos. DMAIC es la metodología aplicada en la mejora continua dentro del marco de Seis Sigma y es ampliamente utilizada por empresas internacionales de gran envergadura. No obstante, su implementación en procesos específicos dentro de empresas con operaciones de larga data, como en el caso de la máquina envasadora de polvo R110, ha sido escasa. Es por ello que estas empresas buscan estrategias y enfoques estructurados para abordar problemas que afectan su productividad y eficiencia operativa.

En este contexto, la aplicación de DMAIC en la máquina envasadora R110 tiene como objetivo principal reducir los tiempos de paro por mantenimiento correctivo, un problema crítico que afecta la planificación de producción en el área de Sólidos Orales. Este enfoque no solo permitirá identificar las causas raíz que generan las frecuentes interrupciones, sino que también garantizará que las soluciones implementadas se mantengan en el tiempo, generando un valor agregado significativo para la empresa.

Además, DMAIC es un proceso ordenado que sigue cinco etapas fundamentales: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Implementar) y Controlar. En este caso, la etapa de definición permitirá estandarizar los procesos de mantenimiento correctivo y determinar indicadores clave de rendimiento. A través de la medición y análisis de datos históricos (como los tiempos de paro y los costos asociados), se podrán implementar mejoras que impacten directamente en la eficiencia productiva de la máquina, cumpliendo así con los estándares establecidos por la Gerencia General. Por último, la etapa de control asegurará que las mejoras realizadas se sostengan a largo plazo, consolidando un proceso más eficiente y rentable.

#### 2.1. Definición

Es la etapa inicial de la Metodología DMAIC, en donde se identifican y recogen los problemas existentes dentro de la empresa y se evalúan como posibles proyectos de mejora continua. En esta fase, se determinan los proyectos potenciales aplicables a Seis Sigma, los cuales deben ser revisados y aprobados por la Gerencia para evitar una distribución ineficiente de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se define su misión y se conforma un equipo adecuado, asignándole la prioridad necesaria para garantizar su éxito (Mercado Vega- Christopher, 2016).

En el caso de la máquina envasadora de polvo R110, esta etapa inicial permitió identificar como problema principal los tiempos de paro excesivos por mantenimientos correctivos, que han afectado la eficiencia de la línea de producción de sólidos orales. Para ello, se utilizaron herramientas clave como el Mapa de Proceso SIPOC y la Matriz de la Voz del Cliente, los cuales ayudaron a estructurar y comprender el alcance del problema.

### 2.1.1. Mapa de Proceso SIPOC

Este diagrama en forma de tabla fue fundamental para registrar las relaciones entre proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (internos y externos) en el sistema productivo de la máquina envasadora R110. Permitted visualizar las condiciones operativas actuales y cómo estas afectan tanto a los procesos internos como a los resultados para los clientes finales. El Mapa de Proceso SIPOC permitió identificar claramente las etapas críticas del proceso de mantenimiento correctivo desde que se recibe el aviso de paro de la máquina por el Departamento de Producción hasta la etapa de puesta en marcha del equipo. Además, se ilustró la relación directa entre el tiempo de paro de la máquina y los retrasos en la producción, afectando el suministro al cliente.

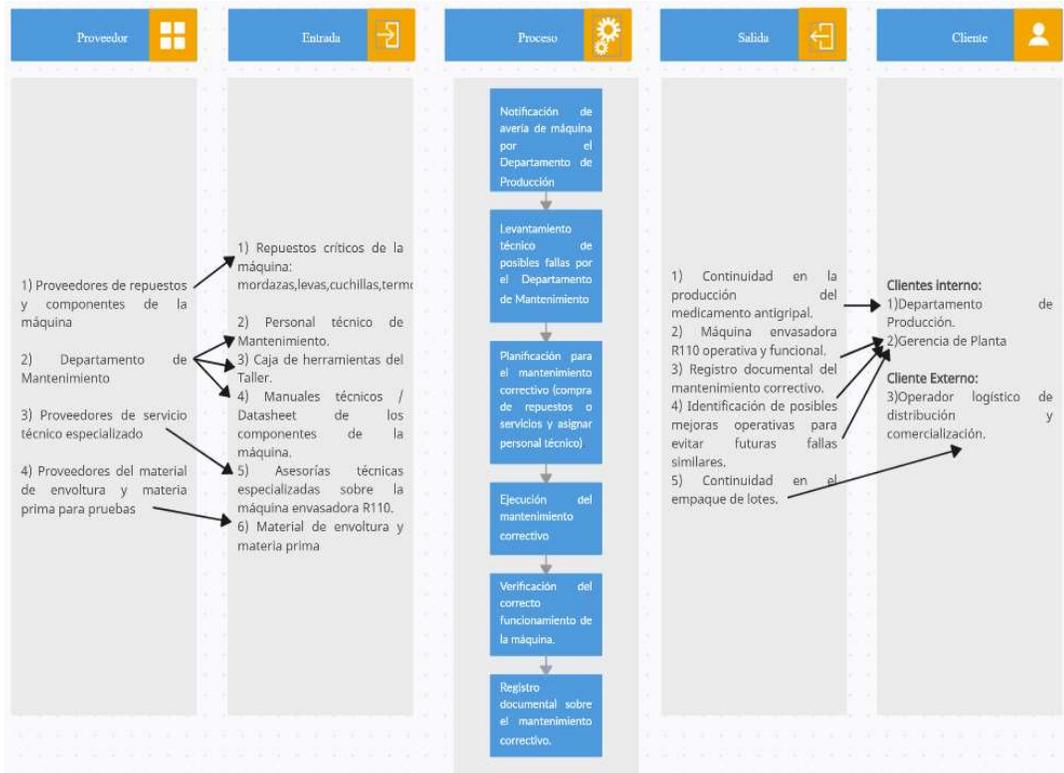


Figura 2.1. Diagrama SIPOC del proceso

Fuente: Autor

**Nota:** Este diagrama SIPOC proporciona una visión clara de los elementos que interactúan en el proceso de mantenimiento correctivo de la máquina envasadora de polvo R110. Es una herramienta clave para estandarizar las actividades y detectar oportunidades de mejora en el proceso, en línea con los objetivos del proyecto de reducir los tiempos de paro y mejorar la eficiencia operativa.

Ahora bien, la Matriz Voz del Cliente (VOC, por sus siglas en inglés) se realiza después del diagrama SIPOC porque complementa el análisis al capturar y traducir las necesidades, expectativas y preocupaciones de los clientes (internos y externos) en requerimientos específicos y medibles.

## Matriz Voz del Cliente

A través de esta herramienta, se recopilaron los requerimientos y expectativas del cliente interno (el Departamento de Producción) y del cliente externo (los consumidores finales del medicamento antigripal). Con la información brindada por el SIPOC, el problema fue especificado desde la perspectiva del cliente. Esto se logró mediante reuniones entre los responsables de los departamentos internos, como Producción y Mantenimiento, donde se evidenciaron las principales causas de los retrasos operativos y las dificultades en los mantenimientos correctivos. A partir de este análisis, se elaboró la Matriz de la Voz del Cliente, priorizando las acciones necesarias para satisfacer sus expectativas y garantizar la continuidad de la producción en la máquina envasadora de polvo R110.

Aquí se detallan las razones clave por las que es necesario desarrollar esta matriz:

### 1. Identificar necesidades críticas desde el punto de vista del cliente

- Permite conocer lo que los clientes consideran más importante en el proceso.
- En el contexto de este proyecto, asegura que las expectativas de la Gerencia de Planta (reducir el tiempo de mantenimiento correctivo por intervención), el Departamento de Producción (cumplir con los lotes programados y continuidad en la producción del medicamento antigripal) y los consumidores finales (entrega del medicamento sin retrasos) sean comprendidas y priorizadas.

### 2. Priorizar los requisitos más relevantes

- Ayuda a priorizar qué aspectos del mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110 deben mejorarse primero para generar el mayor impacto positivo.
- Ejemplo: Si el cliente interno (Producción) necesita reducir los tiempos de paro o los clientes externos requieren lotes constantes, la matriz sirve para focalizar las mejoras en esas áreas.

### 3. Traducir las necesidades en métricas medibles

- Permite convertir los comentarios o expectativas del cliente en indicadores clave de desempeño (KPIs).
- Por ejemplo, si la Gerencia solicita reducir el tiempo de mantenimiento correctivo, la matriz lo traduce en un objetivo concreto que debe ser alcanzado y monitoreado durante el proyecto.

### 4. Garantizar alineación con los objetivos del proyecto

- Asegura que todas las actividades del proyecto, especialmente la implementación de la metodología DMAIC, estén orientadas a satisfacer las necesidades del cliente.
- En este caso, esto significa que cualquier solución propuesta para reducir el tiempo de mantenimiento correctivo y mejorar la rentabilidad de la máquina envasadora debe cumplir con las expectativas de los clientes internos y externos, como eficiencia, calidad y tiempo.

### 5. Facilitar el enfoque en soluciones efectivas

- Al entender claramente los problemas y expectativas del cliente, se pueden desarrollar soluciones que eliminen las causas raíz de las fallas y que sean sostenibles en el tiempo.

- Ejemplo: Si la Matriz VOC identifica que los retrasos son el principal problema, se pueden enfocar esfuerzos en optimizar la planificación del mantenimiento correctivo y en la disponibilidad de repuestos críticos.

### Matriz Voz del Cliente (VOC) para el proyecto de mejora en la máquina envasadora de polvo R110

**Tabla 1**  
**Matriz Voz del Cliente (VOC) para el proyecto de mejora en la máquina envasadora de polvo R110**

Clientes	Necesidades/Requerimientos	Problemas detectados	Requerimientos específicos (CTQ-Critical to Quality)	Indicadores de desempeño (KPIs)
Gerencia de Planta	Reducción de los tiempos de paro por mantenimiento correctivo.	Tiempo promedio de paro mensual es de 2 días, superando el límite de 30,35 horas permitido.	Tiempo de paro máximo permitido: 30,35 horas por intervención.	Tiempo promedio de paro por mantenimiento correctivo (h).
	Cumplimiento del plan de producción mensual de 30 lotes.	Solo se produce el 50% de los lotes planificados debido a paros prolongados.	Garantizar la disponibilidad operativa de la máquina al menos el 75% del tiempo productivo.	% de cumplimiento del plan de producción mensual.
Departamento de Producción	Cumplir con las metas de producción (30 lotes/mes).	Frecuencia de mantenimientos correctivos ha aumentado a 20 paros anuales (2023 y 2024).	Reducir la frecuencia de mantenimientos correctivos a 1 por mes.	Número de mantenimientos correctivos mensuales.
	Reducción del desperdicio de material durante el sellado y envasado.	Desajustes en las mordazas ocasionan defectos en sobres, generando material rechazado.	Porcentaje de sobres conformes en el sellado debe ser del 100%.	Porcentaje de sobres rechazados por defectos de sellado.
Cliente Final (Consumidor)	Disponibilidad continua del medicamento del antigripal en el mercado.	Atrasos en la entrega de lotes debido a las interrupciones en la línea de producción.	Cumplir con la entrega a tiempo de los lotes producidos y envasados.	Porcentaje de lotes entregados en el tiempo planificado.

Fuente: Autor

**Nota:** El SIPOC identifica las entradas y salidas del proceso, mientras que la Matriz Voz del Cliente profundiza en lo que los clientes esperan de esas salidas.

En la etapa **Definir** del DMAIC, esta matriz ayuda a precisar y priorizar el problema desde la perspectiva del cliente, asegurando que los objetivos SMART estén alineados con lo que realmente importa.

#### 2.1.4 Declaración del problema

Desde el año 2023, la máquina envasadora de polvo R110 del área de Envasado de Sólidos Orales ha presentado un incremento significativo en los tiempos de mantenimiento correctivo, superando constantemente el límite permitido por la Gerencia de Planta, que es de 30,35 horas por intervención. Estas interrupciones, que en promedio alcanzan las 48 horas por mantenimiento correctivo, han impactado gravemente la eficiencia productiva, provocando retrasos en la planificación y una reducción del 50% en la cantidad de lotes fabricados y envasados mensualmente. Este escenario pone de manifiesto la urgencia de identificar las causas raíz de los problemas y de implementar soluciones estructuradas para optimizar la operación de esta máquina crítica dentro de la línea productiva. A continuación, se detallarán los tiempos de mantenimiento correctivo por intervención desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024:

**Tabla 1**  
**Tiempo de mantenimientos correctivos desde Enero 2023 a Noviembre 2024**

Fecha	Tiempo por mantenimiento correctivo (hora)
9/1/2023	40,08
15/1/2023	24,48
24/2/2023	70,08
4/3/2023	30
12/3/2023	52,32
27/3/2023	41,04
2/4/2023	55,2
16/4/2023	68,16
25/4/2023	53,28
16/5/2023	29,28
28/5/2023	54,72
7/6/2023	60,24
12/7/2023	35,04
4/8/2023	64,56
22/9/2023	52,8
5/10/2023	63,12
14/10/2023	29,76
6/11/2023	48
22/11/2023	34,56
8/12/2023	53,28

22/1/2024	52,08
5/2/2024	41,76
21/2/2024	38,4
6/3/2024	61,2
15/3/2024	48,96
10/4/2024	38,88
18/4/2024	77,04
23/4/2024	40,56
21/5/2024	36
30/5/2024	60,48
11/6/2024	43,68
18/6/2024	28,08
21/6/2024	52,08
9/7/2024	62,4
18/7/2024	31,92
12/8/2024	41,76
20/9/2024	44,4
8/10/2024	36,72
12/11/2024	43,92
26/11/2024	79,44

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la Tabla 2, a lo largo del año 2023 los tiempos de paro por mantenimientos correctivos en la envasadora de polvo presentaron un promedio de 48,0 horas (2 días) por intervención. Este valor supera considerablemente el estándar permitido por la Gerencia, que es de 30,35 horas máxima. El tiempo más largo registrado fue de 70,08 horas (el 24 de febrero), mientras que el más corto fue de 24,48 horas (el 15 de enero), resultando en un rango de 45,6 horas entre los tiempos extremos. Este amplio rango, junto con una desviación estándar de 14,07 horas, muestra una elevada variabilidad entre las intervenciones.

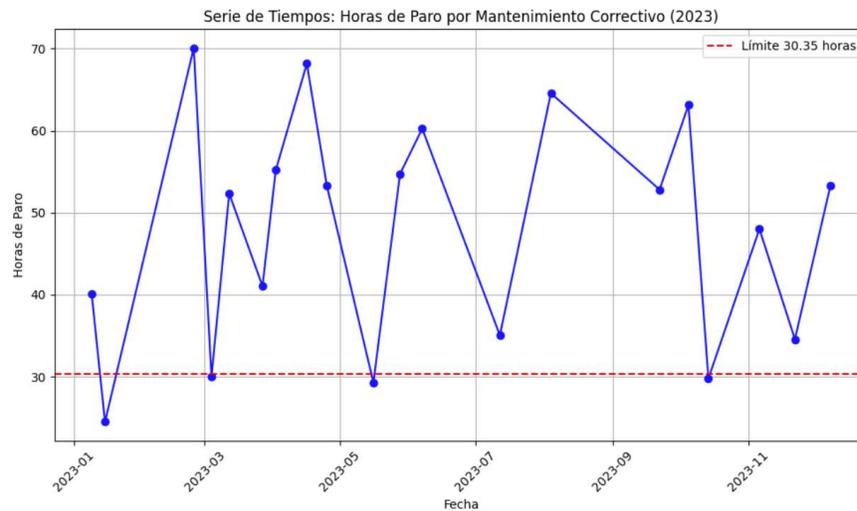
Al analizar la distribución temporal de los datos, se observa que el primer trimestre del año (enero a marzo) ya presentaba tiempos prolongados, con un promedio de 43 horas, destacando eventos críticos como el del 24 de febrero. Durante el segundo trimestre (abril a junio), los tiempos promedio aumentaron a 53,48 horas, posiblemente debido a una insuficiencia en las acciones preventivas. En el tercer trimestre (julio a septiembre), aunque hubo una ligera mejora con un promedio de 50,8 horas, los valores seguían muy lejos del estándar. Finalmente, el último trimestre (octubre a diciembre) presentó una tendencia leve hacia la estabilización, con un promedio de 45,74 horas. Sin embargo, este sigue siendo un indicador alarmante en términos de impacto productivo.

En total, los tiempos acumulados por mantenimientos correctivos durante el año sumaron 960 horas, lo que equivale a 40 días de paro productivo. Esta situación tuvo un impacto significativo en la capacidad operativa de la planta, especialmente durante un año con alta demanda de producción, generando potenciales retrasos en las entregas y afectando la relación con los clientes.

La asimetría hacia la derecha de los datos sugiere que los tiempos más largos, como el caso extremo de 70,08 horas, arrastran el promedio hacia arriba, agravando la percepción del problema.

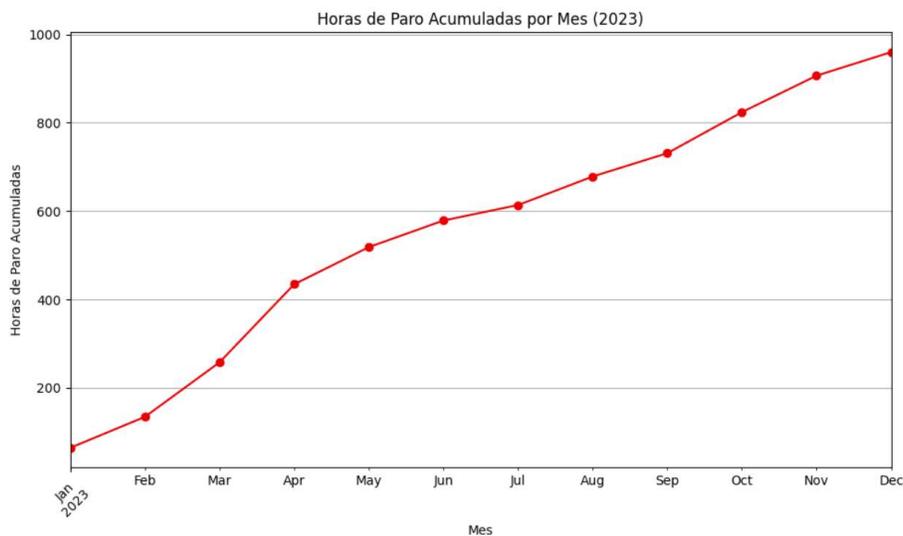
Ante esta situación, es crucial implementar metodologías de mejora continua, como DMAIC, que permitan identificar las causas raíz de los prolongados tiempos de paro y establecer estrategias efectivas para reducirlos. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también garantizará una mayor capacidad de respuesta frente a la demanda creciente del área de producción.

La siguiente gráfica representa la evolución de las horas por intervención a lo largo del año. La línea azul muestra los valores reales, mientras que la línea roja indica el límite máximo permitido por Gerencia de Planta la cual es de 30,35 horas. Se observa que casi todas las intervenciones superan el estándar establecido.



**Figura 2.2. Serie de tiempos por Mantenimiento Correctivo en el año 2023**

Fuente: Autor



**Figura 2.3. Horas de Paro Acumuladas por Mes en el año 2023**

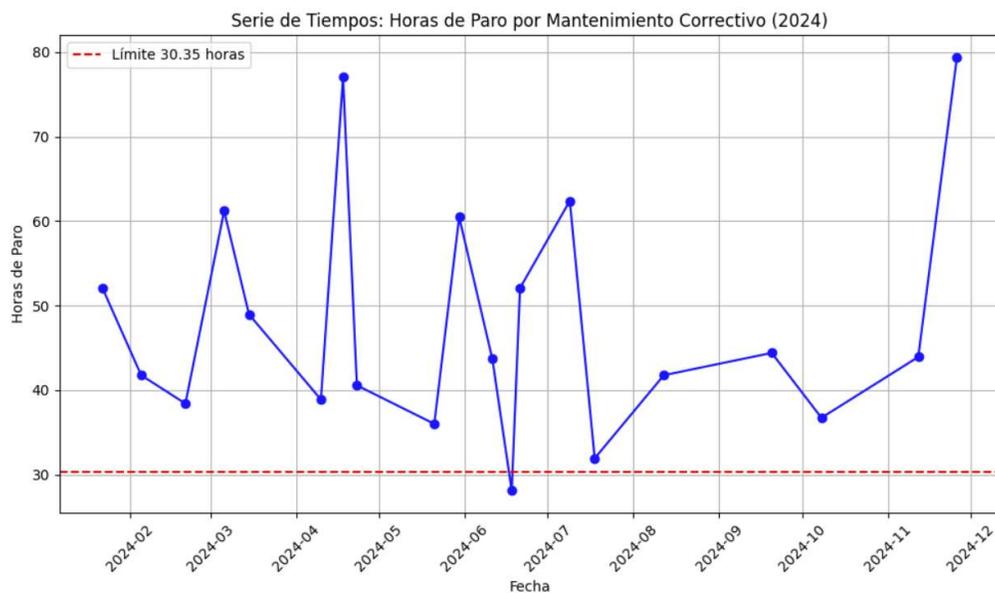
Fuente: Autor

El tiempo de paro mensual por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110 en 2024 ha mostrado una considerable variabilidad. Los tiempos más bajos se registran en meses como junio, con solo 28,08 horas, mientras que los picos más altos ocurren en meses como noviembre, alcanzando 79,44 horas. Esta fluctuación sugiere que, si bien la máquina experimenta paros correctivos de manera recurrente, estos no son consistentes a lo largo del año. En particular, los meses de enero y diciembre también presentan tiempos de paro elevados, con 52,08 horas y 79,44 horas, respectivamente. Esta información sugiere que puede haber períodos con mayores incidencias de fallas o quizás una mayor demanda de mantenimiento correctivo debido a la sobrecarga de la máquina o condiciones operativas más exigentes.

Por otro lado, se observa que ciertos meses, como junio y agosto, presentan tiempos de paro relativamente bajos, como en el caso de junio con 28,08 horas. Esto podría indicar que en esos meses las condiciones de operación de la máquina fueron más favorables, tal vez debido a una menor carga de trabajo en la línea de producción. Sin embargo, la baja en los tiempos de paro en estos meses no parece ser suficiente para compensar los paros más largos en otros períodos.

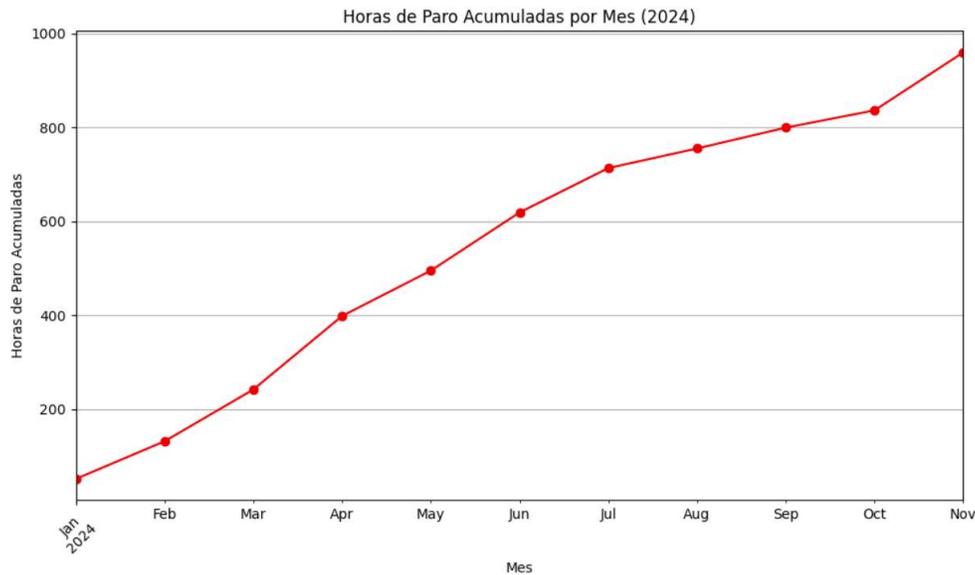
Además, la presencia de altos picos en abril (77,04 horas) y mayo (60,48 horas) también podría estar relacionada con problemas recurrentes en esas fechas o con una mayor presión de producción, que en ocasiones aumenta la carga de trabajo de la máquina y, por ende, la necesidad de intervenciones correctivas. Estos picos pueden indicar que el mantenimiento correctivo no es siempre eficiente, lo que contribuye a la variabilidad observada en los tiempos de paro.

El análisis de estos tiempos de paro sugiere varias áreas de mejora. La variabilidad en los tiempos de paro es un tema crítico, ya que hay meses con tiempos extremadamente altos, lo que afecta negativamente la eficiencia y la planificación de la producción. Implementar la metodología DMAIC podría ser útil para reducir esta variabilidad, buscando procesos más estandarizados y previsibles.



**Figura 2.4. Serie de tiempos por Mantenimiento Correctivo en el año 2024**

Fuente: Autor



**Figura 2.5. Horas de Paro Acumuladas por Mes en el año 2024**  
Fuente: Autor

### 2.1.5. Cálculo del GAP para establecer el alcance del Objetivo SMART

Para definir el alcance del proyecto, realicé un mapeo de cada mantenimiento correctivo entre el 2023 y 2024. Entre ese lapso de tiempo, escogí el menor tiempo de duración de mantenimiento correctivo que fue de 24,48h. Luego, se sacó el promedio de tiempos desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024 la cual dio de 47,994h. Se restó el valor del promedio para el valor de tiempo mínimo dando 23,514h. Mi valor de GAP será la resta del promedio para el 75% de la brecha dando como valor de GAP 30,35h.

promedio	47,994
mínimo	24,48
brecha	23,514

	50%	<b>75%</b>	80%	95%
	36,237	<b>30,3585</b>	29,1828	25,6557

### Objetivo SMART

Reducir el tiempo de paro mensual promedio por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110 de 47.994 horas a un máximo de 30.35 horas, en un período de 3 meses (diciembre 2024 a febrero 2025), implementando mejoras en el proceso de mantenimiento correctivo, con el fin de aumentar la disponibilidad operativa y cumplir con los objetivos de producción.

### Desglosado según SMART:

- **Específico (Specific):** Reducir el tiempo de paro mensual promedio por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110.
- **Medible (Measurable):** Medir el tiempo de paro mensual y establecer que el objetivo es llegar a un máximo de 30.35 horas por intervención.
- **Alcanzable (Achievable):** Basado en la implementación de estrategias de mejora en mantenimiento preventivo, diagnóstico y repuestos críticos. La mejora continua y la capacitación del personal también contribuirán a hacer este objetivo alcanzable.
- **Relevante (Relevant):** Este objetivo es relevante porque la reducción de los tiempos de paro aumentará la eficiencia operativa, alineándose con los objetivos generales de la empresa de mejorar la productividad y cumplir con los compromisos de producción.
- **Limitado en el tiempo (Time-bound):** El objetivo debe alcanzarse en un plazo de 3 meses.

## 2.2. Medición

En esta fase se recolectarán datos del proceso de mantenimiento correctivo de la máquina envasadora de polvo R110, con el objetivo de precisar la localización y ocurrencia de los problemas que afectan el cumplimiento del tiempo máximo de paro establecido como meta. En la etapa de medición se identifican las variables que intervienen en el proceso de mantenimiento correctivo. Para este proyecto, la planta cuenta con registros detallados de tiempos de paro por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110, recopilados de manera regular desde el año 2023 hasta el 2024. Estos registros documentan información clave, como las fechas de ocurrencia y duración de los paros. Este histórico de datos proporciona una base sólida para analizar el proceso, identificar áreas críticas de mejora y establecer la situación actual del proyecto.

### 2.2.1. Plan de recolección de datos

#### Objetivo del Plan:

Recolectar datos confiables y específicos para analizar la variable de respuesta (Y), que en este caso es el tiempo de paro por mantenimiento correctivo de la máquina envasadora R110.

#### Definición de la Variable de Respuesta:

**Variable (Y):** Tiempo de paro por mantenimiento correctivo (en horas).

**Unidad de Medición:** Horas.

**Frecuencia de Recolección:** Cada vez que se realiza un mantenimiento correctivo.

**Fuente de Datos:** Registros históricos de mantenimiento de los años 2023 y 2024.

**Método de Recolección:** Extraer información de los registros del sistema de mantenimiento e informes de producción.

**Responsable:** Departamento de Mantenimiento.

**Validez de los Datos:** Asegurada mediante validación cruzada de los registros históricos de mantenimiento correctivo con los reportes operativos del Departamento de Producción.

A continuación, se definirá los diferentes subprocesos de estratificación dentro del proceso de Mantenimiento Correctivo de la máquina:

**Tabla 2**  
**Variables de estratificación: Subprocesos inmersos en el Mantenimiento Correctivo de la máquina**

<b>Mantenimiento Correctivo de la máquina envasadora de polvo R110</b>	
<b>Subproceso 1</b>	Gestión de compras
<b>Subproceso 2</b>	Ejecución de Mantenimiento
<b>Subproceso 3</b>	Calibración de Máquina

Fuente: Autor

### 2.2.2. Confiabilidad de los datos

Los datos utilizados para analizar el problema son de naturaleza continua ya que trata del tiempo promedio mensual de parada de la envasadora de polvo. Todos estos datos se recopilan de las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo. Estos datos se consideran altamente confiables ya que existe correlación entre los registros de producción y los de mantenimiento; es decir, existe trazabilidad de los datos.

### 2.2.3. Formato de recolección de datos

**Tabla 4.**  
**Tiempos por Mantenimiento Correctivo desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024**

	Fecha	Tiempo por mantenimiento correctivo (hora)		
AÑO 2023	9/1/2023	40,08	Gestión de compras	34,08
			Ejecución de Mantenimiento	4,3
			Calibración de Máquina	1,7
	15/1/2023	24,48	Gestión de compras	19,88
			Ejecución de Mantenimiento	3,2
			Calibración de Máquina	1,4
	24/2/2023	70,08	Gestión de compras	62,38
			Ejecución de Mantenimiento	5,2
			Calibración de Máquina	2,5
	4/3/2023	30	Gestión de compras	27,3
			Ejecución de Mantenimiento	1,2
			Calibración de Máquina	1,5

	12/3/2023	52,32	Gestión de compras	46,52
			Ejecución de Mantenimiento	3,4
			Calibración de Máquina	2,4
	27/3/2023	41,04	Gestión de compras	34,84
			Ejecución de Mantenimiento	3,5
			Calibración de Máquina	2,7
	2/4/2023	55,2	Gestión de compras	51,45
			Ejecución de Mantenimiento	1,4
			Calibración de Máquina	2,35
	16/4/2023	68,16	Gestión de compras	56,16
			Ejecución de Mantenimiento	8
			Calibración de Máquina	4
	25/4/2023	53,28	Gestión de compras	47,88
			Ejecución de Mantenimiento	4
			Calibración de Máquina	1,4
	16/5/2023	29,28	Gestión de compras	25,28
			Ejecución de Mantenimiento	3,4
			Calibración de Máquina	0,6
	28/5/2023	54,72	Gestión de compras	51,52
			Ejecución de Mantenimiento	2,8
			Calibración de Máquina	0,4
	7/6/2023	60,24	Gestión de compras	50,44
			Ejecución de Mantenimiento	6,6
			Calibración de Máquina	3,2
	12/7/2023	35,04	Gestión de compras	30,74
			Ejecución de Mantenimiento	2,4
			Calibración de Máquina	1,9
4/8/2023	64,56	Gestión de compras	59,76	
		Ejecución de Mantenimiento	3,4	
		Calibración de Máquina	1,4	
22/9/2023	52,8	Gestión de compras	48,6	
		Ejecución de Mantenimiento	2,4	
		Calibración de Máquina	1,8	
5/10/2023	63,12	Gestión de compras	51,32	
		Ejecución de Mantenimiento	8,4	
		Calibración de Máquina	3,4	
14/10/2023	29,76	Gestión de compras	24,16	
		Ejecución de Mantenimiento	3,4	
		Calibración de Máquina	2,2	
6/11/2023	48	Gestión de compras	38,4	
		Ejecución de Mantenimiento	6,7	
		Calibración de Máquina	2,9	

	22/11/2023	34,56	Gestión de compras	29,46
			Ejecución de Mantenimiento	2,4
			Calibración de Máquina	2,7
	8/12/2023	53,28	Gestión de compras	48,68
			Ejecución de Mantenimiento	2,8
			Calibración de Máquina	1,8
AÑO 2024	22/1/2024	52,08	Gestión de compras	44,78
			Ejecución de Mantenimiento	4,7
			Calibración de Máquina	2,6
	5/2/2024	41,76	Gestión de compras	35,96
			Ejecución de Mantenimiento	2,6
			Calibración de Máquina	3,2
	21/2/2024	38,4	Gestión de compras	32
			Ejecución de Mantenimiento	4,8
			Calibración de Máquina	1,6
	6/3/2024	61,2	Gestión de compras	51,6
			Ejecución de Mantenimiento	6,7
			Calibración de Máquina	2,9
	15/3/2024	48,96	Gestión de compras	43,16
			Ejecución de Mantenimiento	3,5
			Calibración de Máquina	2,3
	10/4/2024	38,88	Gestión de compras	32,78
			Ejecución de Mantenimiento	2,7
			Calibración de Máquina	3,4
	18/4/2024	77,04	Gestión de compras	67,44
			Ejecución de Mantenimiento	6,7
			Calibración de Máquina	2,9
	23/4/2024	40,56	Gestión de compras	34,16
			Ejecución de Mantenimiento	4,8
			Calibración de Máquina	1,6
21/5/2024	36	Gestión de compras	27,2	
		Ejecución de Mantenimiento	6,4	
		Calibración de Máquina	2,4	
30/5/2024	60,48	Gestión de compras	52,78	
		Ejecución de Mantenimiento	4,8	
		Calibración de Máquina	2,9	
11/6/2024	43,68	Gestión de compras	36,08	
		Ejecución de Mantenimiento	4,2	
		Calibración de Máquina	3,4	
18/6/2024	28,08	Gestión de compras	22,58	
		Ejecución de Mantenimiento	3,9	
		Calibración de Máquina	1,6	

21/6/2024	52,08	Gestión de compras	42,78
		Ejecución de Mantenimiento	5,7
		Calibración de Máquina	3,6
9/7/2024	62,4	Gestión de compras	51,8
		Ejecución de Mantenimiento	5,7
		Calibración de Máquina	4,9
18/7/2024	31,92	Gestión de compras	27,92
		Ejecución de Mantenimiento	2,4
		Calibración de Máquina	1,6
12/8/2024	41,76	Gestión de compras	36,76
		Ejecución de Mantenimiento	2,6
		Calibración de Máquina	2,4
20/9/2024	44,4	Gestión de compras	36,4
		Ejecución de Mantenimiento	4,6
		Calibración de Máquina	3,4
8/10/2024	36,72	Gestión de compras	28,62
		Ejecución de Mantenimiento	4,5
		Calibración de Máquina	3,6
12/11/2024	43,92	Gestión de compras	36,92
		Ejecución de Mantenimiento	4,1
		Calibración de Máquina	2,9
26/11/2024	79,44	Gestión de compras	70,04
		Ejecución de Mantenimiento	6,5

Fuente: Autor

#### 2.2.4. Diagrama de Pareto

En el cuadro anterior, se detallan las fechas de los mantenimientos correctivos y la duración en horas por intervención. Se realizó un diagrama de Pareto para determinar el nivel de incidencia de cada tipo de mantenimiento correctivo de la máquina envasadora de polvo R110. A continuación, mostraré el diagrama de Pareto:



Figura 2.6. Diagrama de Pareto - Tiempo de Mantenimiento Correctivo por Subproceso

Fuente: Autor

Para poder definir el nivel de criticidad por cada subproceso que intervienen en el proceso de mantenimiento correctivo, se elaboró un recuadro con los tiempos acumulados de paro de cada subproceso de la máquina envasadora de polvo R110 desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024. A continuación, se mostrarán los subprocesos que intervienen en el proceso de mantenimiento correctivo con los tiempos de paro causados desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024:

**Tabla 3**  
**Tiempo total de paro por cada subproceso**

<b>Subproceso</b>	<b>Tiempo total de paro</b>
Gestión de compras	1650,61
Ejecución de Mantenimiento	170,8
Calibración de Máquina	98,35
<b>Total de horas de tiempo de paro</b>	<b>1919,76</b>

Fuente: Autor

**Tabla 4**  
**Porcentaje parcial y acumulado de cada subproceso con referente al total de tiempo de paro en el proceso de Mantenimiento Correctivo**

<b>Subproceso</b>	<b>% Parcial</b>	<b>% Acumulado</b>
<b>Gestión de compras</b>	<b>85,98%</b>	<b>85,98%</b>
Ejecución de Mantenimiento	8,90%	94,88%
Calibración de Máquina	5,12%	100%

Fuente: Autor

### **2.2.5. Problema enfocado**

El análisis de Pareto muestra que el subproceso "Gestión de Compras" es responsable de más del 85% del total de las horas de paro. Esto es un hallazgo clave, ya que se debe priorizar la mejora del subproceso para reducir significativamente el tiempo de paro.

### **2.3. Análisis**

La etapa de análisis en la metodología DMAIC es fundamental porque permite identificar las causas raíz del problema que afecta el rendimiento del proceso. Esta fase se enfoca en profundizar el conocimiento del proceso, relacionar los datos recolectados con los

problemas existentes y detectar las variables críticas que necesitan ser intervenidas para lograr las mejoras deseadas.

El propósito principal del análisis es encontrar por qué ocurre el problema en lugar de centrarse solo en los síntomas. En esta fase, el equipo utiliza herramientas analíticas y de resolución de problemas para formular hipótesis sobre posibles causas, validarlas y priorizarlas.

La importancia de esta etapa radica en que un diagnóstico incorrecto lleva a soluciones ineficaces. Por lo tanto, realizar un análisis exhaustivo asegura que las mejoras implementadas en etapas posteriores sean precisas y sostenibles.

En esta etapa se determinarán las posibles causas que influyen en el cumplimiento del indicador de utilización, así como las definiciones y el enfoque Six Sigma.

### 2.3.1. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, es una herramienta utilizada para identificar las posibles causas de un problema específico. En este caso de estudio, que busca reducir el tiempo de paro en el proceso de gestión de compras para mantenimientos correctivos en la máquina Envasadora de Polvo R110, el diagrama de Ishikawa puede ser muy útil para analizar las causas subyacentes del problema, priorizando las áreas que necesitan atención y mejora. El diagrama puede ayudar a identificar y clasificar las diferentes causas de los elevados tiempos de paro en la gestión de compras para mantenimientos correctivos. A continuación, se realizará un Diagrama Causa – Efecto (Diagrama de Ishikawa) por el problema encontrado en la etapa de Medición.

#### Elevado tiempo de Mantenimiento Correctivo: Gestión de Compras

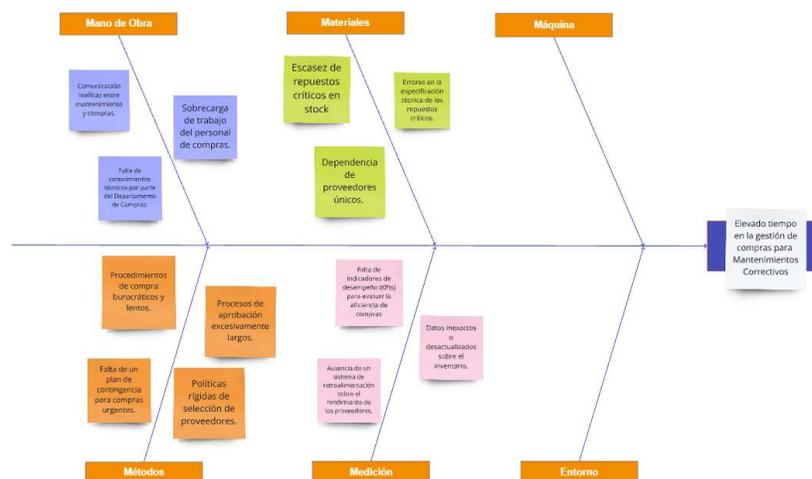


Figura 2.7. Diagrama de Ishikawa para el elevado tiempo en la gestión de compras para Mantenimientos Correctivos

Fuente: Autor

### 2.3.2. Priorización de causas por el elevado tiempo de mantenimiento correctivo por la gestión de compras

Luego de realizar el diagrama de Ishikawa y recolectar las diferentes posibles causas para el problema del elevado tiempo de mantenimiento correctivo por la gestión de compras. Sin embargo, entre todo el conjunto de causas se deberá de priorizar las causas con mayor incidencia y relevancia dentro del problema. Por tal razón, se estableció un rango de valores acorde al nivel de incidencia e impacto de cada causa con el problema. Para el análisis se encuentran involucrados las siguientes personas: Jefe de Mantenimiento, Supervisor de Mantenimiento, Técnico Mecánico, Técnico Eléctrico, Técnico de Climatización, Auxiliar de Mantenimiento 1, Auxiliar de Mantenimiento 2, Asistente de Adquisiciones, Coordinadora de Adquisiciones y Jefa de Adquisiciones. Luego de realizar las respectivas interrogantes a cada persona, se escogerán como principales causales a aquellas que en la sumatoria total hallan alcanzado un mínimo valor de 25/30. Finalmente, las principales causas son: Comunicación ineficaz entre mantenimiento y compras, Falta de conocimientos técnicos por parte del Departamento de Compras, Escasez de repuestos críticos en stock, Procedimientos de compra burocráticos y lentos, Procesos de aprobación excesivamente largos y Falta de un plan de contingencia para compras urgentes.

**Tabla 5**  
**Rango de valores por efecto de importancia**

Rango	Efecto
0	Sin impacto
1	Impacto bajo
2	Impacto medio
3	Impacto alto

Fuente: Autor

**Tabla 6**  
**Priorización de causas para el elevado tiempo de mantenimiento correctivo por la gestión de compras**

Causas principales línea a	Jefe de Mantenimiento	Supervisor de Mantenimiento	Técnico Mecánico	Técnico Eléctrico	Técnico de Climatización	Auxiliar de Mantenimiento 1	Auxiliar de Mantenimiento 2	Asistente de Adquisiciones	Coordinadora de Adquisiciones	Jefa de Adquisiciones	TOTAL
Comunicación ineficaz entre mantenimiento y compras.	3	3	2	2	3	2	2	3	2	3	25
Sobrecarga de trabajo del personal de compras.	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	14
Falta de conocimientos técnicos por parte del Departamento de Compras.	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	25
Escasez de repuestos críticos en stock	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	27
Errores en la especificación técnica de los repuestos críticos.	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	11
Dependencia de proveedores únicos.	2	1	2	0	1	0	1	2	1	1	11
Procedimientos de compra burocráticos y lentos.	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	26
Procesos de aprobación excesivamente largos.	3	3	3	2	3	2	2	3	3	2	26
Falta de un plan de contingencia para compras urgentes.	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	27
Políticas rígidas de selección de proveedores.	0	1	1	1	0	1	0	2	1	1	8
Falta de indicadores de desempeño (DPI) para evaluar la eficiencia de compras	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	15
Datos inexactos o desactualizados sobre el inventario.	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8
Ausencia de un sistema de retroalimentación sobre el rendimiento de los proveedores.	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	7

Fuente: Autor

### 2.3.3. Verificación de las causas

El tiempo de mantenimiento correctivo por intervención puede verse afectado por diversos factores dentro de los procesos de adquisición y gestión de repuestos. Identificar y verificar las causas potenciales que generan retrasos es esencial para optimizar la disponibilidad de materiales y mejorar la eficiencia operativa. Este análisis busca evaluar los principales problemas que impactan la comunicación, la capacitación del personal, la disponibilidad de repuestos y la agilidad en los procesos de compra, con el fin de implementar soluciones efectivas y garantizar la continuidad operativa.

La verificación de las causas identificadas permite comprender con mayor precisión los factores que afectan los tiempos de mantenimiento correctivo. Al analizar registros, revisar procedimientos y evaluar el desempeño de las áreas involucradas, se pueden implementar mejoras estratégicas que reduzcan demoras y optimicen la gestión de compras y mantenimiento. Un enfoque basado en datos y evidencia facilitará la toma de decisiones, mejorando la eficiencia del proceso y asegurando una mayor disponibilidad de equipos operativos.

**Tabla 7**  
**Tabla de Verificación de las causas**

Causa potencial	Teoría acerca del impacto	¿Cómo verificarlo?
<b>Comunicación ineficaz entre el Departamento de Mantenimiento y Adquisiciones / Compras</b>	Genera malentendidos en los requerimientos, retrasos en la gestión de pedidos y falta de seguimiento oportuno.	Revisar registros de correos, reuniones y solicitudes. Entrevistar a personal de ambos departamentos.
<b>Falta de conocimientos técnicos por parte del Departamento de Adquisiciones / Compras</b>	Provoca errores en la especificación de materiales, elección de proveedores inadecuados y demoras en las compras.	Evaluar la formación técnica del personal de compras. Analizar errores pasados en órdenes de compra.
<b>Escasez de repuestos críticos en stock</b>	Incrementa el tiempo de espera para la adquisición de repuestos, afectando la rapidez en la ejecución del mantenimiento.	Revisar inventarios históricos, analizar el tiempo de reposición y consultar con el área de taller.
<b>Procedimientos de compra burocráticos y lentos</b>	Dificultan la agilidad en la gestión de órdenes, aumentando los tiempos de aprobación y despacho de repuestos.	Analizar el flujo de procesos de compra. Identificar cuellos de botella y tiempos muertos en el ciclo.
<b>Procesos de aprobación excesivamente largos</b>	Demora la autorización de pedidos urgentes, extendiendo los tiempos de parada de los equipos.	Revisar políticas de aprobación. Medir el tiempo promedio desde la solicitud hasta la aprobación final.
<b>Falta de un plan de contingencia para compras urgentes</b>	Incrementa la dependencia de procedimientos estándar, incluso en situaciones críticas, aumentando los tiempos de respuesta.	Verificar si existen protocolos para compras de emergencia. Revisar casos recientes de compras urgentes.

Fuente: Autor

#### 2.3.4. Análisis de los 5 por qué

El análisis de los 5 Por Qué es una herramienta utilizada para identificar la causa raíz de un problema mediante una serie de preguntas que profundizan en los factores subyacentes. En este caso, aplicamos esta metodología para comprender las razones detrás de los retrasos en el mantenimiento correctivo debido a problemas en la gestión de compras y adquisición de repuestos. A través de esta técnica, podemos desglosar problemas como la falta de comunicación, la burocracia en los procesos de compra y la escasez de repuestos, permitiéndonos encontrar soluciones efectivas y sostenibles.

**Tabla 8**  
**Análisis de los 5 por qué por cada Y**

<b>Planteamiento del problema</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Por qué?</b>
<b>Comunicación ineficaz entre el Departamento de Mantenimiento y Adquisiciones / Compras</b>	No se comparten claramente las necesidades técnicas.	Falta de especificaciones técnicas estandarizadas.	N/A	N/A	N/A
<b>Falta de conocimientos técnicos por parte del Departamento de Adquisiciones / Compras</b>	El personal desconoce especificaciones técnicas críticas.	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Escasez de repuestos críticos en stock</b>	No se realiza un control efectivo del inventario.	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Procedimientos de compra burocráticos y lentos</b>	Existen múltiples pasos de aprobación innecesarios.	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Procesos de aprobación excesivamente largos</b>	Requieren la validación de múltiples niveles jerárquicos.	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Falta de un plan de contingencia para compras urgentes</b>	No se ha definido un protocolo específico para estas situaciones.	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Autor

El análisis nos ha permitido identificar que los problemas en la gestión de compras no solo están relacionados con la falta de repuestos, sino con deficiencias en la capacitación, la comunicación entre áreas y la rigidez en los procesos administrativos. Para mejorar la eficiencia del mantenimiento, es crucial optimizar la comunicación, agilizar los procesos de aprobación, definir políticas claras de inventario y establecer planes de contingencia para compras urgentes. Implementar estas mejoras reducirá el impacto de los retrasos y garantizará una operación más eficiente.

## **2.4. IMPLEMENTAR**

### **2.4.1. Generación de soluciones por causa raíz (50% de causas raíz)**

El mantenimiento correctivo enfrenta múltiples retos que afectan la eficiencia operativa, principalmente debido a demoras en la adquisición de repuestos críticos. Para abordar esta problemática, se ha realizado un análisis basado en la metodología de los 5 porqués, con el fin de identificar las causas raíz y proponer soluciones específicas. Entre los principales factores que influyen en los retrasos se encuentran la falta de estandarización de especificaciones técnicas, la ausencia de conocimientos técnicos en el área de compras, el deficiente control de inventario, la burocracia en los procedimientos de compra y la falta de un protocolo para adquisiciones urgentes.

La tabla a continuación resume las causas raíz identificadas y las soluciones propuestas para cada una de ellas:

**Tabla 9**  
**Generación de soluciones por causa raíz**

<b>Y enfocada</b>	<b>Causa raíz</b>	<b>Soluciones</b>	<b>Categoría</b>
<b>Comunicación ineficaz entre el Departamento de Mantenimiento y Adquisiciones / Compras</b>	Falta de especificaciones técnicas estandarizadas.	Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas, levas y termopares.	<b>A</b>
<b>Falta de conocimientos técnicos por parte del Departamento de Adquisiciones / Compras</b>	El personal desconoce especificaciones técnicas críticas.	Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas, levas y termopares.	<b>B</b>
<b>Escasez de repuestos críticos en stock</b>	No se realiza un control efectivo del inventario.	Organizar y clasificar en gavetas según el repuesto dentro del área del taller.	<b>C</b>
<b>Procedimientos de compra burocráticos y lentos</b>	Existen múltiples pasos de aprobación innecesarios.	Rediseño del proceso de solicitud y requerimiento de repuestos y piezas críticas (mordazas, cuchillas, levas y termopar) al departamento de Compras.	<b>D</b>
<b>Procesos de aprobación excesivamente largos</b>	Requieren la validación de múltiples niveles jerárquicos.	Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.	<b>E</b>
<b>Falta de un plan de contingencia para compras urgentes</b>	No se ha definido un protocolo específico para estas situaciones.	Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.	<b>F</b>

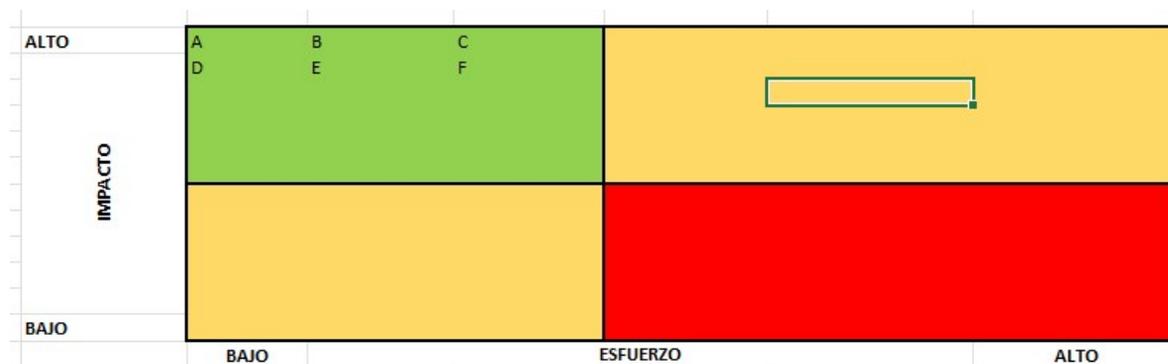
Fuente: Autor

El análisis revela que los retrasos en la adquisición de repuestos críticos no se deben a una única causa, sino a una combinación de factores interrelacionados. La falta de estandarización y de conocimientos técnicos genera errores en las órdenes de compra,

lo que, sumado a procesos burocráticos y la ausencia de un control de inventario adecuado, incrementa los tiempos de mantenimiento correctivo.

Implementar las soluciones propuestas permitirá optimizar la comunicación entre departamentos, reducir los tiempos de adquisición de repuestos y mejorar la disponibilidad de los mismos, garantizando un mantenimiento más eficiente. Además, establecer un plan de contingencia para compras urgentes ayudará a minimizar los tiempos de inactividad en situaciones críticas. Para asegurar el éxito de estas medidas, será fundamental su seguimiento y evaluación continua a lo largo del año.

#### 2.4.2. Priorización de soluciones



**Figura 2.8 Priorización de soluciones**

Fuente: Autor

Se realizó la ponderación y priorización de las soluciones mediante un análisis cualitativo donde se resalta el nivel de impacto y el nivel de esfuerzo por cada solución. Para este caso de estudio, se escogerán las soluciones con bajo esfuerzo pero con alto nivel de impacto quedando en ese rango las siguientes soluciones:

**A:** Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas, levas y termopares.

**B:** Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas, levas y termopares.

**C:** Organizar y clasificar en gavetas según el repuesto dentro del área del taller.

**D:** Rediseño del proceso de solicitud y requerimiento de repuestos y piezas críticas (mordazas, cuchillas, levas y termopar) al departamento de Compras.

**E:** Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.

**F:** Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.

Dentro de este grupo de soluciones, se ha percatado que existen soluciones redundantes y/o similares, por ende, se procederá a eliminar las soluciones repetidas.

La solución B se eliminará porque se repite con la solución A.

La solución F se eliminará porque se repite con la solución E.

**En conclusión, luego de haber realizado la priorización de las soluciones se llega a concluir que, las soluciones con bajo esfuerzo pero con un alto nivel de impacto son:**

**A:** Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas, levas y termopares.

**C:** Organizar y clasificar en gavetas según el repuesto dentro del área del taller.

**D:** Rediseño del proceso de solicitud y requerimiento de repuestos y piezas críticas (mordazas, cuchillas, levas y termopar) al departamento de Compras.

**E:** Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.

### 2.4.3. Plan de implementación de soluciones de alta prioridad

La gestión eficiente del mantenimiento y la adquisición de repuestos es fundamental para garantizar la continuidad operativa de los equipos y minimizar los tiempos de inactividad. En este contexto, se han identificado diversas problemáticas relacionadas con la comunicación, la organización del inventario y la burocracia en los procesos de compra. Para abordar estos desafíos, se han planteado soluciones estratégicas que buscan optimizar el tiempo de respuesta y la eficacia en la gestión de repuestos y servicios.

**Tabla 10**  
**Plan de implementación de soluciones de alta prioridad**

SOLUCIÓN	WHAT	WHY	HOW	WHERE	WHO	HOW MUCH	WHEN
A	Estandarizar dimensiones de repuestos críticos como mordazas, cuchillas y levas.	Para tener una guía técnica de las partes de las máquinas, sugerencias de mantenimiento preventivo y dimensiones exactas de cada repuesto crítico de la máquina (mordazas, cuchillas, levas, etc)	Contactando al proveedor de la máquina para que nos facilite el manual técnico de la máquina.	Área de Sólidos Orales en la máquina envasadora de polvo R110	Jefe de Mantenimiento	Sin costo	feb-25
C	Organizar y clasificar en gavetas según el repuesto dentro del área del taller.	Para llevar un mejor control de los repuestos y poder planificar la compra de los repuestos con tiempo de antelación para stockear el taller de mantenimiento.	Clasificando los repuestos críticos por máquina, ordenar el tipo de repuesto por gaveta e identificar cada sección del taller dependiendo del área técnica responsable. (mecánica, eléctrica y climatización).	Taller de Mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	Sin costo	dic-24
D	Rediseño del proceso de solicitud y requerimiento de repuestos y piezas críticas (mordazas, cuchillas, levas y termopar) al departamento de Compras.	Para evitar atrasos en la aprobación de las cotizaciones / proformas y en la gestión de los órdenes de compras de repuestos o servicios de mantenimiento.	Adjuntar para qué áreas es el repuesto, finalidad y descripción del proceso.	Gestión administrativa (Compras y Mantenimiento)	Jefe de Mantenimiento y Jefa de Compras	Sin costo	feb-25
E	Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.	Para reducir el elevador tiempo que conlleva la gestión de compras.	Analizando cuáles son los cuellos de botella durante el proceso y generando protocolos que flexibilicen el proceso de gestión de compras.	Gestión administrativa de compras	Jefa de Compras	Sin costo	feb-25

Fuente: Autor

La tabla presentada resume las soluciones propuestas, detallando qué acciones se tomarán, por qué son necesarias, cómo se implementarán, dónde se ejecutarán, quiénes serán los responsables y en qué periodo se desarrollarán. Los principales hallazgos son los siguientes:

1. **Estandarización del proceso de creación de reservas, órdenes de compra y facturación** (Solución B): Se identificó que los largos tiempos de gestión administrativa impactan negativamente en la disponibilidad de repuestos. Como solución, se propone la generación de protocolos flexibles que optimicen los procedimientos de Compras, Contabilidad y Finanzas.
2. **Organización y clasificación del inventario de repuestos** (Solución C): Se evidenció que la falta de control en el almacenamiento de repuestos críticos dificulta la planeación de compras. La solución consiste en estructurar el inventario por tipo de repuesto y sección de responsabilidad técnica.
3. **Disponibilidad de información técnica precisa** (Solución E): La carencia de manuales técnicos dificulta la correcta especificación de repuestos y procesos de mantenimiento. Se recomienda solicitar al fabricante un respaldo documental que permita mejorar la precisión en las compras y el mantenimiento preventivo.
4. **Mejora en la comunicación con el Departamento de Compras** (Solución F): La falta de información detallada en las solicitudes de compra genera demoras en la gestión. Se plantea la integración del correo electrónico desde el inicio del proceso para garantizar la comprensión del objetivo y funcionalidad del repuesto solicitado.

El análisis realizado permite evidenciar que las problemáticas en la gestión de mantenimiento y compras pueden ser abordadas mediante la estandarización de procesos, la mejora de la comunicación, la organización del inventario y la optimización del flujo de información. La implementación de estas soluciones contribuirá significativamente a la reducción de tiempos de mantenimiento correctivo y a una mayor eficiencia en la adquisición de repuestos, favoreciendo la continuidad operativa y la productividad.

A continuación, se procederá a mostrar evidencias de la implementación de las soluciones categorizadas de alto impacto bajo esfuerzo:

#### **2.4.3.1. Estandarizar dimensiones de repuestos críticos: mordazas, cuchillas, levas y termopar.**

##### **1. Mordazas:**

- Función: Se utilizan para asegurar el sellado del paquete.
- Ejemplo de dimensiones:
  - Longitud: 80 mm
  - Ancho: 60 mm
  - Grosor: 10 mm

- Material: Acero inoxidable o material resistente al desgaste, dependiendo del tipo de producto que se envasa.
- Tolerancia de grosor:  $\pm 0.1$  mm
- Tolerancia de alineación:  $\pm 0.5$  mm (para asegurar que la mordaza se cierre de manera uniforme)

## 2. Cuchillas:

- Función: Se usan para cortar el material o el producto.
- Ejemplo de dimensiones:
  - Longitud de la cuchilla: 100 mm
  - Ancho: 20 mm
  - Grosor: 2 mm
  - Ángulo de corte: 45 grados
  - Material: Acero de alta dureza o acero inoxidable para mayor durabilidad.
  - Tolerancia de grosor:  $\pm 0.05$  mm
  - Tolerancia de ángulo:  $\pm 2$  grados (dependiendo de la precisión requerida para el corte)

## 3. Levas:

- Función: Transmiten el movimiento de rotación a las piezas móviles, controlando el ritmo y el movimiento del sistema.
- Ejemplo de dimensiones:
  - Diámetro: 50 mm
  - Altura: 40 mm
  - Longitud del brazo de leva: 30 mm
  - Material: Acero tratado térmicamente o aleación metálica resistente.
  - Tolerancia de diámetro:  $\pm 0.1$  mm
  - Tolerancia de altura:  $\pm 0.2$  mm

## 4. Termopar:

- **Tipo:** K (Cromel-Alumel)
- **Material:**
  - **Cromel:** Aleación de níquel-cromo.

- **Alumel:** Aleación de níquel-aluminio.
- **Rango de Temperatura:**
  - **Rango operativo:** -200°C a 1372°C
  - **Rango de precisión:** -200°C a 1000°C, donde el termopar ofrece mayor precisión.
- **Exactitud:**
  - $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 0.75\%$  del valor medido (lo que sea mayor) para el rango de temperatura de 0°C a 1000°C.

#### 2.4.3.2. Implementación de la solución: Organizar y clasificar en gavetas según el repuesto dentro del área del taller.

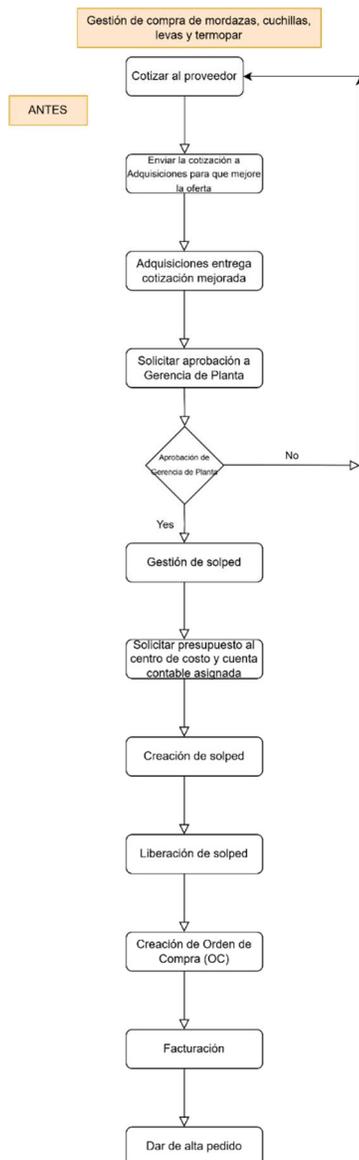
Al principio, los repuestos mecánicos, eléctricos y de climatización estaban desordenados en cualquier parte del taller, ya que no se había establecido una distribución específica para cada tipo de repuesto. En noviembre de 2024, se compraron gavetas para organizar y almacenar cada tipo de repuesto según la máquina a la que corresponde. Además, se procedió a identificar cada estantería, armario y cajón, asignándolos de acuerdo con el tipo de repuesto y el responsable de cada uno (mecánico, eléctrico o de climatización). Esta implementación ayudó a llevar un mejor control y planificación del stock de repuestos.



**Figura 2.9 Repuestos clasificados según máquina en gavetas**

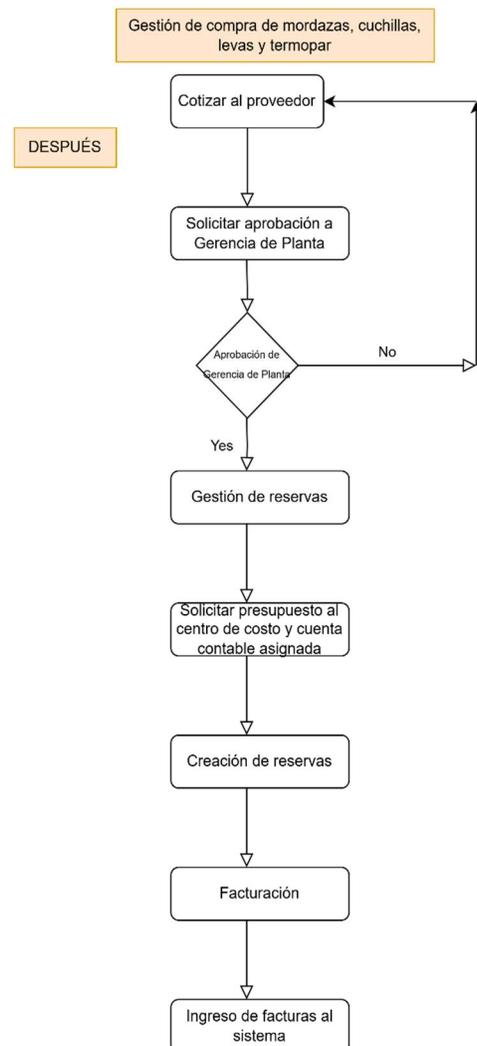
Fuente: Autor

### 2.4.3.3. Rediseño del proceso de solicitud y requerimiento de repuestos y piezas críticas (mordazas, cuchillas y levas) al departamento de compras.



**Figura 2.10. Proceso de gestión de compras (antes)**

Fuente: Autor



**Figura 2.11. Proceso de gestión de compras (después)**

Fuente: Autor

El Departamento de Adquisiciones lanzó un protocolo con nuevos lineamientos para la gestión de compras el cual regirá desde enero 2025. En estos nuevos

lineamientos, ha mejorado el flujo del proceso de compras pasando de ser un proceso prologando a ser uno simplificado y concreto. En el nuevo proceso de gestión de compras, sólo se requiere de la aprobación del Jefe de Mantenimiento y de Gerencia de Planta, es decir, es más un proceso interno de compra donde no se requiere de la participación de los demás departamentos como Adquisiciones, Finanzas, Contabilidad y Planificación. Hasta Diciembre 2024, el proceso de compras solía durar hasta 1 mes desde la cotización del proveedor ralentizando de gran manera el proceso de compra de repuestos y de servicios de mantenimiento.

En el anterior proceso de gestión de compras se requería de la mejora de cotización u oferta por parte del Departamento de Adquisiciones, se requería de la intervención del Departamento de Planificación y Bodegas para la liberación de las solped (solicitud de pedido) y se requería aprobación del Departamento de Contabilidad previo a la etapa de Facturación. En cambio ahora con el nuevo proceso de gestión de compra, sólo se requiere la aprobación de Gerencia de Planta y el desembolso de presupuesto por parte del Departamento de Tesorería. Con los nuevos lineamientos de compras, el proceso se vuelve más ágil ya que no se requiere de la intervención de los demás departamentos.

#### **2.4.3.4. Crear un protocolo estandarizado para la creación de reservas y órdenes de compra.**

Dentro del proceso de compras, hay lineamientos que deben ser considerados antes de gestionar una compra. Dependiendo del valor subtotal de la cotización, se procederá a crear una solped (solicitud de compra o pedido) o una reserva. Si el valor subtotal de la cotización es superior a \$200, se crea solped. En cambio, si es igual o menor a \$200, se crean reservas. La ventaja de la creación de reservas ante las solpeds es que el proceso de gestión de compras con reservas es mucho más rápido y con mejor flujo del proceso a diferencia que la gestión de compras con solped debido a que son procesos muy prolongados. Generalmente, para compra de repuestos como mordazas, levas, cuchillas y termopar se creaban solpeds debido a que los valores subtotales de la cotización comprendían entre los \$300 a \$500. Para un mayor entendimiento, se procederá a detallar los pasos a seguir en el proceso de compras para los repuestos como mordazas, levas, cuchillas y termopar mediante la creación de solpeds.

El proceso de compras se compone de los siguientes pasos:

##### 1) Solicitar la proforma / cotización al proveedor.

**De:** Eduardo Becilla Zambrano <[eduardobza1993@outlook.es](mailto:eduardobza1993@outlook.es)>

**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 8:59

**Para:** Víctor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>; Cristina Detken <[cdetken@siegfried.com.ec](mailto:cdetken@siegfried.com.ec)>

**Asunto:** BUEN DIA, COMPARTO COTIZACION DE MORDAZAS R110 SALUDOS.

Buen dia, comparto cotización de mordazas r110 saludos.

#### **Figura 2.12. Solicitud de proforma / cotización al proveedor**

Fuente: Autor

- 2) Enviar la cotización al Analista de Adquisiciones para que mejore la oferta, es decir, obtenga por parte del proveedor algún porcentaje de descuento de la cotización inicial.

**De:** Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 12:58  
**Para:** Cristina Detken <[cdetken@siegfried.com.ec](mailto:cdetken@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RE: BUEN DIA, COMPARTO COTIZACION DE MORDAZAS R110 SALUDOS.

Cristina  
 Esta es la mejor propuesta?  
 Favor me confirman.

**Victor Solano**  
 Jefe de Mantenimiento



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario  
 A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary

**Figura 2.13. Envío de proforma al Analista de Adquisiciones**  
 Fuente: Autor

3) La analista de Adquisiciones envía una oferta mejorada de la cotización.

**De:** Cristina Detken <[cdetken@siegfried.com.ec](mailto:cdetken@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 14:25  
**Para:** Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RE: BUEN DIA, COMPARTO COTIZACION DE MORDAZAS R110 SALUDOS.

Hola Víctor,

Si es la cotización mejorada.

Saludos,

**Cristina Detken**  
 Asistente de Adquisiciones



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario  
 A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary

**Figura 2.14. Proforma mejorada**  
 Fuente: Autor

4) Luego de tener la oferta mejorada, se procede a enviar a aprobar a Gerencia de Planta por el monto final.

**De:** Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 14:58  
**Para:** Sebastian Landaburu <[slandaburu@siegfried.com.ec](mailto:slandaburu@siegfried.com.ec)>  
**CC:** Rebeca Briones <[rbriones@siegfried.com.ec](mailto:rbriones@siegfried.com.ec)>; Robert Alcivar <[ralcivar@siegfried.com.ec](mailto:ralcivar@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** MORDAZAS R110 NUEVAS PARA STOCK DE REPUESTOS.

Sebastian  
 Adjunto proforma para la construcción de nuevas mordazas para la maquina R110 de planta farma.  
 Valor \$950.00

Favor su aprobación.

**Victor Solano**  
 Jefe de Mantenimiento



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario  
 A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary

### Figura 2.15. Solicitud de aprobación a Gerencia de Planta

Fuente: Autor

**De:** Sebastian Landaburu <[slandaburu@siegfried.com.ec](mailto:slandaburu@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 16:01  
**Para:** Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**CC:** Rebeca Briones <[rbriones@siegfried.com.ec](mailto:rbriones@siegfried.com.ec)>; Robert Alcivar <[ralcivar@siegfried.com.ec](mailto:ralcivar@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RE: MORDAZAS R110 NUEVAS PARA STOCK DE REPUESTOS.

Ok!

**Sebastian Landaburu**  
 Gerente de Planta



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario  
 A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary

This e-mail is intended only for the above addressee. It may contain privileged information. If you are not the addressee you must not copy, distribute, disclose or use any of the information in it. If you have received it in error please delete it and immediately notify the sender.

### Figura 2.16. Aprobación de proforma por Gerente de Planta

Fuente: Autor

- 5) Crear una solicitud de compra (solped) o reserva. Se crean solped para valores superiores a \$300 y se crean reservas para valores inferiores a \$300.

**De:** Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** viernes, 27 de septiembre de 2024 16:17  
**Para:** Rebeca Briones <[rbriones@siegfried.com.ec](mailto:rbriones@siegfried.com.ec)>  
**CC:** Robert Alcivar <[ralcivar@siegfried.com.ec](mailto:ralcivar@siegfried.com.ec)>; Alex Villa <[avilla@siegfried.com.ec](mailto:avilla@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RE: MORDAZAS R110 NUEVAS PARA STOCK DE REPUESTOS.

Rebeca  
Favor su ayuda

**Victor Solano**  
Jefe de Mantenimiento



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario  
A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary

---

### Figura 2.17. Creación de solped o reserva

Fuente: Autor

**De:** Rebeca Briones <[rbriones@siegfried.com.ec](mailto:rbriones@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** lunes, 30 de septiembre de 2024 11:47  
**Para:** Tatiana Narvaez <[tnarvaez@siegfried.com.ec](mailto:tnarvaez@siegfried.com.ec)>  
**CC:** Edison Manzano <[emanzano@siegfried.com.ec](mailto:emanzano@siegfried.com.ec)>; Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RV: MORDAZAS R110 NUEVAS PARA STOCK DE REPUESTOS.

Estimada Tati,  
Por favor tu ayuda con el ppto adjunto.

Slds,

**Rebeca Briones**  
Recepcionista

### Figura 2.18. Solicitar presupuesto para el requerimiento

Fuente: Autor

**De:** Tatiana Narvaez <[tnarvaez@siegfried.com.ec](mailto:tnarvaez@siegfried.com.ec)>  
**Enviado el:** martes, 1 de octubre de 2024 9:43  
**Para:** Rebeca Briones <[rbriones@siegfried.com.ec](mailto:rbriones@siegfried.com.ec)>; Victor Solano <[vsolano@siegfried.com.ec](mailto:vsolano@siegfried.com.ec)>  
**CC:** Paola Gómez <[pgomez@siegfried.com.ec](mailto:pgomez@siegfried.com.ec)>; Edison Manzano <[emanzano@siegfried.com.ec](mailto:emanzano@siegfried.com.ec)>  
**Asunto:** RE: MORDAZAS R110 NUEVAS PARA STOCK DE REPUESTOS.

Rebe

Existe disponibilidad

Buen día,

**Tatiana Narvaez**  
Coordinadora de Presupuestos

### Figura 2.19. Departamento de Presupuesto aprueba la solicitud

Fuente: Autor



Rebeca Briones

Para: 📧 Cristina Detken; 📧 Dan Alexis Armas Gomez

CC: 📧 Victor Solano; 📧 Phillip Mera

Estimados,  
Se ha realizado la solped 12503318

Estimado Ale,  
Por favor tu ayuda liberando.

Slds,

[www.corporacionsiegfried.com](http://www.corporacionsiegfried.com)

Mié 02/10/2024 10:11

### Figura 2.20. Creación de la solped o reserva

Fuente: Autor

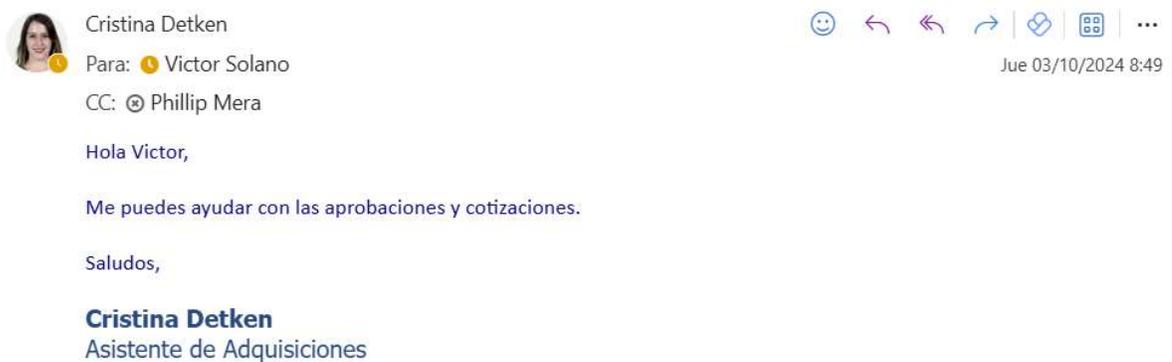
6) El Jefe de Planificación libera las solped.



### Figura 2.21. Liberación de solped

Fuente: Autor

- 7) La analista de adquisiciones solicita la aprobación y la cotización al Jefe de Mantenimiento para proceder a crear, finalmente, la Orden de Compra.



Una dosis de responsabilidad, la mejor medicina para un mundo mejor. No imprimas este mail si no es necesario.  
A dose of responsibility, the best medicine for a better world. Don't print this e-mail unless it is necessary.

### Figura 2.22. Solicitud de aprobaciones y cotizaciones al Departamento de Mantenimiento.

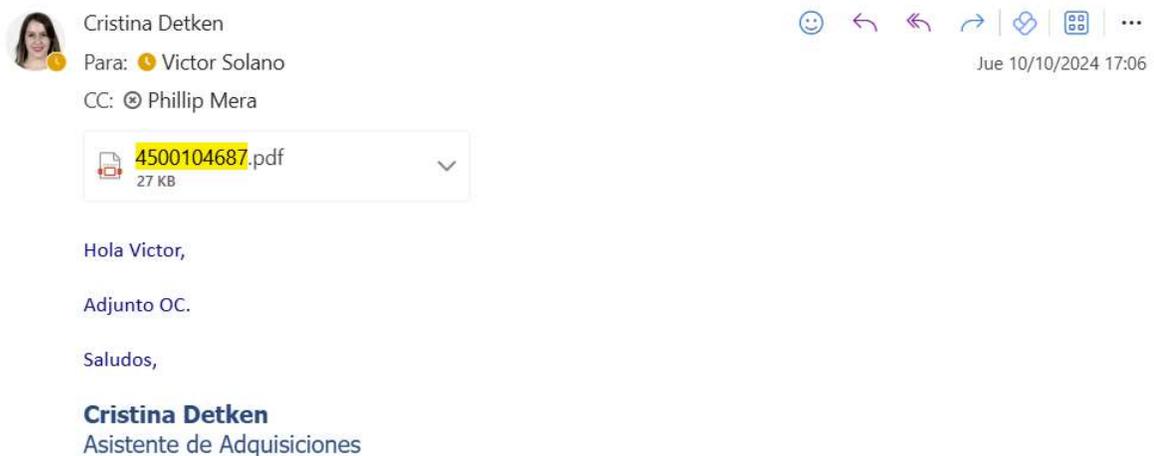
Fuente: Autor



**Figura 2.23. Envío de la información solicitada al Departamento de Adquisiciones**

Fuente: Autor

8) La analista de adquisiciones envía la Orden de Compra.



**Figura 2.24. Creación de OC**

Fuente: Autor

9) El Jefe de Mantenimiento envía la Orden de Compra al proveedor para que emita la factura. El proveedor emite la factura y se la envía al Jefe de Mantenimiento para que éste se la envíe a la Analista de Adquisiciones.

Victor Solano

Para: 📧 Cristina Detken

CC: 📧 Phillip Mera

Jue 21/11/2024 9:33

📎 4500104687.pdf 27 KB

📎 21112024010950094607001... 305 KB

2 archivos adjuntos (332 KB) ☁ Guardar todo en OneDrive - Corporación Siegfried ↓ Descargar todo

Cristina  
Envío factura de la oc adjunta.

**Victor Solano**  
Jefe de Mantenimiento

### Figura 2.25. Envío de la factura al Departamento de Adquisiciones

Fuente: Autor

#### 10) Dar de alta el pedido en el SAP módulo MM.

Adquisiciones - Dar Alta de Pedido - 4500104687

📎 FA21112...7.pdf

📎 FA21112...7.pdf

Usted  
Pedido dado de alta. 22/11/2024

Vie 22/11/2024 9:22

Victor Solano

Para: 📧 Phillip Mera

Jue 21/11/2024 16:47

! **Importancia alta**

📎 FA211120240109500946070... 303 KB

Phillip  
Dar de alta

**Victor Solano**  
Jefe de Mantenimiento

### Figura 2.26. Dar de alta el pedido en SAP

Fuente: Autor

En noviembre 2024, se emitió un comunicado por parte de Gerencia de Comercio Exterior y Adquisiciones hacia Gerencia de Planta indicando que, debido a los imprevistos fortuitos que ocurre en Planta, se llegó a un acuerdo entre el Departamento de Contabilidad, Departamento de Adquisiciones / Compras y el Departamento de

Mantenimiento a que se pueden comprar bienes, repuestos y/o servicios de alta urgencia hasta los \$500 + IVA por proveedor y por evento sin la necesidad de estar bajo el procedimiento de compras que establece la emisión de pedidos de compra en montos que superen \$300,00. Esta nueva medida permitirá agilizar la gestión administrativa de compra de repuestos y/o servicios ya que para compras de alta prioridad sólo se requerirá la respectiva reserva de gastos debidamente autorizada.

AUTORIZAR COMPRAS PARA CUBRIR IMPREVISTO EN LA PLANTA

**De:** Adriana Fernández <afernandez@siegfried.com.ec>  
**Enviado el:** miércoles, 27 de noviembre de 2024 18:23  
**Para:** Jose Maria Ibarbia <jibarbia@siegfried.com.ec>  
**CC:** Sebastian Landaburu <slandaburu@siegfried.com.ec>; Patricia Silva <psilva@siegfried.com.ec>; Paola Gómez <pgomez@siegfried.com.ec>  
**Asunto:** AUTORIZAR COMPRAS PARA CUBRIR IMPREVISTO EN LA PLANTA

Estimado Jose:

De acuerdo con lo conversado, en la planta hay necesidad de atender requerimientos prioritarios que se enfocan en cubrir imprevistos y daños que demandan reparación inmediata, por lo cual, no pueden comprarse o contratarse bajo el procedimiento de compras que establece la emisión de pedidos de compra en montos que superen \$300,00; por lo que, solicito tu autorización para que Sebastián tenga la oportunidad de solventar directamente la contratación o compra que atienda estrictamente situaciones emergentes, por un monto máximo de **\$500,00 + IVA** por proveedor y por evento. Aclarando que las facturas que correspondan a estos rubros deberán ser entregadas desde la planta a contabilidad, con el respaldo de la respectiva reserva de gastos debidamente autorizada.

Muchas gracias.

Cordial saludo,

**Adriana Fernández**  
 Gerente de Comercio Exterior y **Adquisiciones**

**Figura 2.27. Protocolo para autorizar compras para eventos emergentes en la Planta**  
 Fuente: Autor

En diciembre 2024, el Departamento de Adquisiciones lanzó un nuevo protocolo con políticas que regirán desde enero 2025. Dentro de este protocolo, se han definido los lineamientos que aseguran que las adquisiciones se realicen de manera eficiente, cumpliendo con los estándares de calidad y responsabilidad. Entre los lineamientos más importantes es que se crearán solpeds para valores subtotales superior a \$300. A continuación, se presentará un resumen de los lineamientos y políticas a regir en el año 2025:

**POLÍTICA DE COMPRAS LOCALES PLANTA**

En Laboratorios Siegfried, entendemos la importancia de mantener una gestión de compras transparente y organizada. Con este propósito, hemos definido los lineamientos que aseguran que **nuestras adquisiciones se realicen de manera eficiente, cumpliendo con los estándares de calidad y responsabilidad**. A continuación, te compartimos los aspectos más relevantes:

- 1 GENERALIDADES**
- 2 APROBACIONES**
- 3 EXCEPCIONES**

**GENERALIDADES**

- Únicamente el área de Adquisiciones deberá gestionar, negociar y tramitar las compras que se requieran en la compañía.
- Las compras menores a USD\$ 300,00 sin IVA se respaldan con el número de reserva y con la autorización del responsable de área solicitante.
- Todas las compras superiores a USD \$300,00 sin IVA deben tramitarse con solicitud de pedido.
- Enviar especificaciones del material y cantidad requeridos, para gestionar la cotización.
- Todo cambio en las especificaciones y cantidades del requerimiento genera un nuevo proceso de cotización y compra.
- Una solped enviada al área de adquisiciones no puede ser modificada bajo ninguna justificación cuando ya se ha generado una OC y en el caso de requerir algún cambio se deberá revertir todo el proceso.

**APROBACIONES**

- Toda compra de bienes o servicios que **supere los \$5,000.00 deberá contar con la autorización de gerencia general y deberá ser respaldada con un contrato**
- Para respaldar el control y el flujo de aprobaciones, **se deben cargar en la solped las autorizaciones que se obtienen por correo electrónico**, cuando quién libera la solped no es la persona que aprueba el gasto según la política financiera que establece lo siguiente:
  - Hasta **\$3.000** Director o Gerente de área
  - Sobre **\$3.000** Director o Gerente de área + Coordinador de finanzas

**EXCEPCIONES**

El Departamento de Adquisiciones **no intervendrá en el proceso ni gestión de compra de los siguientes bienes o servicios**, en cuyo caso será necesaria la gestión de reserva y entrega de facturas a contabilidad directamente desde el área solicitante

- Compra de gas
- Desalojo de aguas residuales
- Honorarios profesionales
- Servicio de desecho de materiales peligrosos
- Estudios clínicos
- Transporte
- Breaks

**Figura 2.27. Protocolo con nuevos lineamientos en la Gestión de Compras**

Fuente: Autor

Antes de la emisión del nuevo protocolo de adquisiciones, mediante solped se demoraba cerca de 1 mes y medio desde la revisión de la cotización hasta dar de alta el pedido. Sin embargo, cuando se hace reserva, el tiempo de gestión de compra se reduce significativamente desde 1 mes y medio hasta un promedio de 1 semana debido a que no se requiere de aprobación de Gerencia ni de los demás departamentos como Adquisiciones, Contabilidad y Finanzas. A raíz de las nuevas políticas, existe un mayor margen de facturas que se las puede hacer mediante reservas permitiendo un mejor flujo en la gestión de compra de repuestos críticos.

Tal y como se menciona anteriormente, a raíz de los nuevos lineamientos mencionados en el protocolo del Departamento de Adquisiciones existirán ciertas modificaciones en el proceso de gestión de compras de repuestos como mordazas, levas, cuchillas y termopar. A partir de Enero 2025, estas compras se realizarán mediante reservas.

A continuación, se procederá a mostrar el proceso de compras con reservas:

1) Solicitar aprobación de Gerencia de Planta.

Victor Solano  
Para: Sebastian Landaburu  
CC: Rebeca Briones; Phillip Mera  
Sáb 01/02/2025 15:39

Prof. Construccion de placa e... 483 KB  
Prof. Construccion de sellos ... 505 KB

Mostrar los 3 datos adjuntos (1 MB) Guardar todo en OneDrive - Corporación Siegfried Descargar todo

Sebastian  
Adjunto proforma de trabajos mecánicos por hacer en la maquina R110 y etiquetadora Willert.

Construcción de placa en acero inoxidable calidad 304 de espesor 3mm para reemplazo de boquilla de sistema de llenado. MAQUINA R110 PLANTA FARMA **Valor \$22.00**

Construcción de bocín de teflón para maquina R110. **Valor \$74**

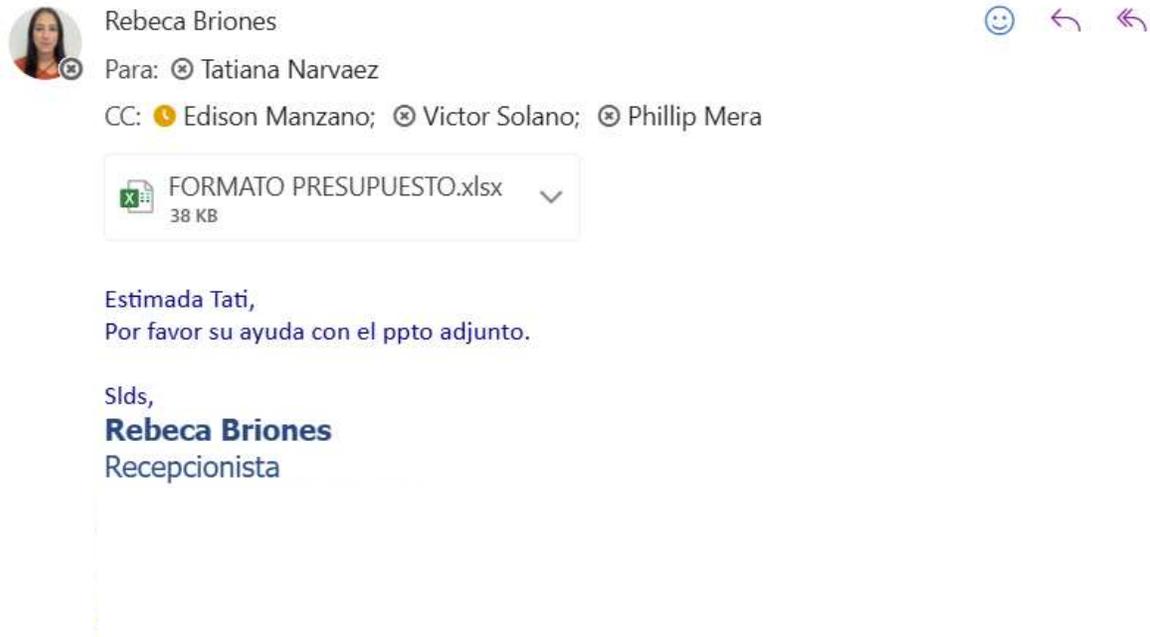
Servicio de reparación de piñón de servomotor y acoplado a bocin de bronce, el trabajo consiste en rellenar y rectificar superficie desgastada del pin del piñón valor **\$.80.00** Etiquetadora Willert

favor su aprobación.

**Figura 2.28. Solicitud de aprobación a Gerencia de Planta**

Fuente: Autor

## 2) Solicitar presupuesto al centro gestor y cuenta contable asignada.



**Figura 2.29. Solicitud de presupuesto para el centro gestor y cuenta contable asignada**

Fuente: Autor



**Figura 2.30. Asignación de presupuesto al Departamento de Mantenimiento**

Fuente: Autor

## 3) Creación de reservas.



Rebeca Briones

Para: Victor Solano; Phillip Mera

Estimados,  
Se han realizado las siguientes reservas:  
78295  
78296  
78297

Saludos,

**Rebeca Briones**  
Recepcionista

Figura 2.31. Creación de reservas

Fuente: Autor

## 4) Facturación



Victor Solano

Para: Phillip Mera

FAC 001-002-000002339.pdf  
107 KB

FAC 001-002-000002340.pdf  
107 KB

Mostrar los 3 datos adjuntos (321 KB) Guardar todo en OneDrive - Corporación Siegfried Desc

Phillip  
Gestionar factura  
Se han realizado las siguientes reservas:  
78295  
78296  
78297

**Victor Solano**  
Jefe de Mantenimiento

Figura 2.32. Facturación

Fuente: Autor

## 5) Subida de las facturas al sistema.



**Figura 2.33. Ingresar al Portal de Facturas y seleccionar la opción Módulo 1 – Reservas**  
Fuente: Autor



**Figura 2.34. Seleccionar Documento Electrónico**  
Fuente: Autor

The screenshot shows a web application interface for entering invoice data. The form is organized into several columns and sections:

- \* RUC:** A text input field with a search icon.
- \* Número de Factura:** A text input field with a placeholder "xxx-xxx-xxxxxxxxx".
- Descripción del Gasto:** A text input field.
- Documentos de Sustento:** A section with a red warning message "El nombre de los archivos no debe tener #", a text input field with "No hay nada adjunto", and an "Attach file" button.
- Proveedor - Razón Social:** A text input field.
- \* Fecha de Emisión:** A date input field with a calendar icon, showing "31/12/2001".
- \* Forma de Pago:** A dropdown menu with "Buscar forma de pago" as the selected option.
- \* Tipo de Documento:** A dropdown menu with "Buscar tipo de documento" as the selected option.
- \* Reserva:** A text input field with a placeholder "xxxxx".
- Departamento:** A dropdown menu with "Planta" as the selected option.
- \* Tipo de Gasto:** A dropdown menu with "Buscar tipo de gasto" as the selected option.
- \* Aprobador(es):** A dropdown menu with "Buscar aprobador" as the selected option.
- \* Usuario Receptor Contabilidad:** A dropdown menu with "Buscar receptor" as the selected option.
- \* Detalle:** A text input field with "Detalle" as the placeholder.
- \* Factura Electrónica:** A section with a text input field containing "No hay nada adjunto" and an "Attach file" button.

At the bottom right of the form, there are two buttons: "AGREGAR" (light blue) and "LIMPIAR" (dark blue). Below the main form area, there is a large empty rectangular box and a button labeled "Enviar Registros".

**Figura 2.35. Llenar los diferentes parámetros para ingresar la factura**  
Fuente: Autor

En esta aplicación, se ingresan todas las facturas de Mantenimiento en donde se deberán de completar los parámetros los cuales detallaré a continuación:

- **RUC:** RUC de la empresa proveedora del servicio o repuesto.
- **Proveedor:** Nombre completo del proveedor.
- **Departamento:** En este ámbito, siempre será Planta Industrial por motivo de que el Departamento de Mantenimiento es parte de la Gerencia de Planta.
- **Usuario Receptor Contabilidad:** Se coloca el nombre del analista contable.
- **Número de factura:** Colocar en el formato xxx-xxx-xxxxxxxxx
- **Fecha de emisión:** Fecha cuando se generó el documento de facturación.
- **Tipo de Gasto:** En esta sección, siempre se coloca Gastos Planta.
- **Detalle:** Se coloca una breve descripción del repuesto o servicio.
- **Descripción del Gasto:** Se coloca una descripción detallada del gasto.
- **Forma de Pago:** En su mayoría, se coloca pago a crédito. Sin embargo, hay casos especiales en donde se coloca pago inmediato.
- **Aprobador(es):** Se coloca al Gerente de Planta para que proceda a aprobar el ingreso de la factura en el sistema.
- **Documento de sustento:** Se adjunta el correo electrónico de aprobación por parte de Gerencia de Planta.
- **Tipo de documento – Reserva:** Se coloca el tipo de documento el cual puede ser Factura, Nota de Venta o Nota de Crédito. En este caso, se debe colocar la opción de “Factura” y posteriormente, el número de reserva relacionada a esa factura.
- **Aprobador(es):** Se coloca al Gerente de Planta como aprobador.
- **Factura electrónica:** Se adjunta la factura electrónica.

Luego de llenar todos los parámetros, la factura quedaría ingresada en el sistema para que el Departamento de Contabilidad la gestione.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 Control

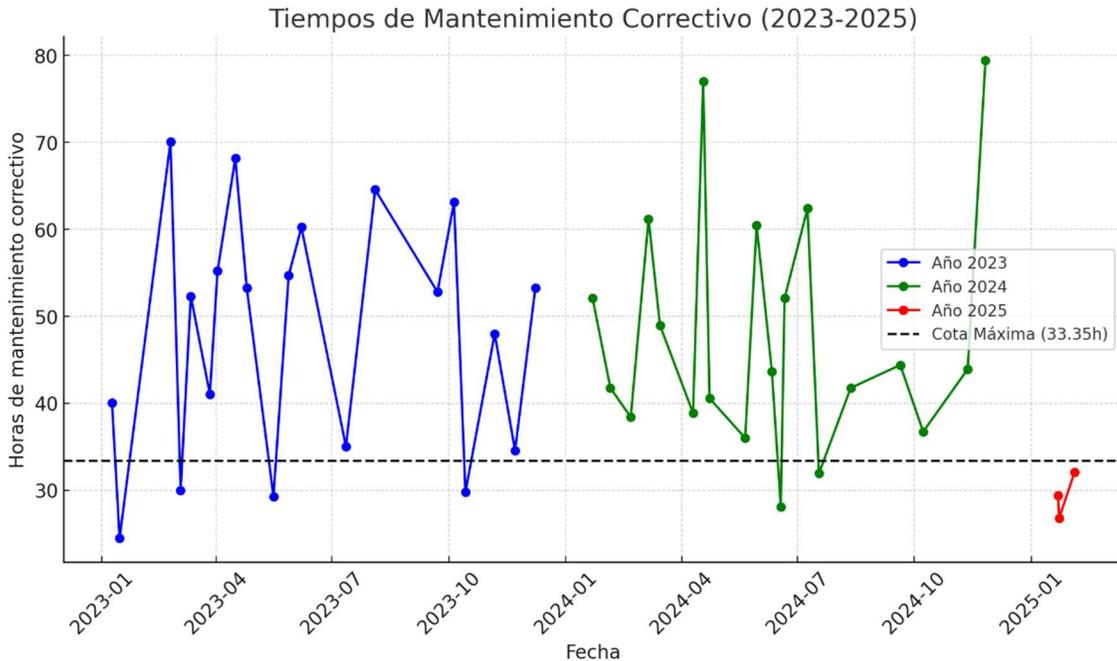
Desde Enero 2023 hasta Noviembre 2024, ha persistido un elevado tiempo de promedio mensual en mantenimiento correctivo especialmente en el subproceso de Gestión de Compras superando considerablemente el límite máximo de tiempo de 33,35H dispuesto por Gerencia de Planta. Luego de haber implementado soluciones de bajo esfuerzo pero alto impacto se llegó a obtener los siguientes resultados para este año 2025:

**Tabla 11**  
**Tiempo por mantenimiento correctivo (hora) en el año 2025**

Fecha	Tiempo por mantenimiento correctivo (hora) 2025		
22/1/2025	29,4	Gestión de compras	23,4
		Ejecución de Mantenimiento	4,3
		Calibración de Máquina	1,7
23/1/2025	26,8	Gestión de compras	22,2
		Ejecución de Mantenimiento	3,2
		Calibración de Máquina	1,4
4/2/2025	32,05	Gestión de compras	24,35
		Ejecución de Mantenimiento	5,2
		Calibración de Máquina	2,5

Fuente: Autor

A continuación, se mostrará la gráfica serie de tiempos desde Enero 2023 hasta la fecha actual, donde se evidencia una clara reducción de tiempo en el proceso de mantenimiento correctivo en el año 2025 por motivo de la implementación de las soluciones mencionadas en el capítulo anterior relacionadas directamente con el subproceso de gestión de compras.



**Figura 3.1. Gráfica serie de tiempo de mantenimiento correctivo desde Enero 2023 hasta Febrero 2025**

Fuente: Autor

Tal y como se observa en la gráfica, los tiempos de mantenimiento correctivo en el año 2025 están dentro del rango permitido por Gerencia de Planta que es de 33,35h como tiempo máximo de mantenimiento correctivo por intervención.

### 3.2 Control del proceso:

Para controlar y garantizar que el tiempo de mantenimiento correctivo se mantenga dentro de las 33,35 horas durante todo el año, se estableció un KPI de **cumplimiento de tiempo de mantenimiento correctivo**, que funciona de la siguiente manera:

#### **KPI: Porcentaje de tiempos de mantenimiento correctivo dentro del límite de 33,35 horas**

Este KPI se calcularía de la siguiente forma:

$$KPI \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{Número de intervenciones con tiempo} \leq 33,35 \text{ horas}}{\text{Número total de intervenciones en el mes}} * 100$$

Este KPI mostrará el porcentaje de las intervenciones que han cumplido con el límite de tiempo establecido. Para asegurar de que el proceso se mantenga dentro de los parámetros, este KPI debería estar por encima de un valor objetivo, en este caso, debería ser superior al 80% el cual el valor fue consensado con el sponsor del proyecto.

Este KPI deberá ser calculado mensualmente el cual me permitirá llevar un seguimiento mensual de cuántas intervenciones fueron realizadas dentro del límite de 33,35 horas y cuántas no. Si en un mes el KPI cae por debajo del objetivo (por ejemplo, 80%), se podrían tomar medidas correctivas, como una revisión de procesos, entrenamientos adicionales o ajustes en la metodología.

A continuación, se determinará el porcentaje de cumplimiento de tiempo de mantenimiento correctivo tanto para el mes de Enero como de Febrero 2025:

#### **Mes de Enero 2025:**

En el mes de Enero 2025, hubo 2 intervenciones de mantenimiento correctivo. De las 2 intervenciones, las 2 estuvieron dentro del parámetro permitido, es decir, fueron tiempo inferiores a 33,35 horas; por ende, el cálculo del KPI será de la siguiente manera:

$$\text{KPI de Enero 2025} = \left(\frac{2}{2}\right) * 100 = 100\%$$

#### **Mes de Febrero 2025:**

En el mes de Febrero 2025, hubo 1 intervención de mantenimiento correctivo la cual sí estuvo dentro del parámetro permitido, es decir, fue un tiempo inferior a 33,35 horas; por ende, el cálculo del KPI será de la siguiente manera:

$$\text{KPI de Febrero 2025} = \left(\frac{1}{1}\right) * 100 = 100\%$$

### **3.3 Comparación de tiempos entre los años 2023, 2024 y 2025**

Ahora bien, se procederá a comparar los cuadros de tiempo total de paro por cada subproceso desde Enero a Febrero del año 2023, 2024 y 2025. La comparación se la realizará en un intervalo de 2 meses ya que las soluciones implementadas para este año 2025 data hasta el mes de Febrero y, para comparar cada cuadro se recomienda compararlo a igual cantidad de meses.

**Tabla 12**  
**Tiempo total de paro desde enero a febrero 2023**

<b>Subproceso</b>	<b>Tiempo total de paro (Enero 2023 a Febrero 2023)</b>
Gestión de compras	116,34
Ejecución de Mantenimiento	12,7
Calibración de Máquina	5,6
<b>Total de horas de tiempo de paro</b>	<b>134,64</b>

Fuente: Autor

Alcanzando un total de tiempo de paro de 134,64 horas que, traducido en días, da un proporcional a, aproximadamente 5,61 días de paros entre los diferentes intervalos de tiempo.

A continuación, se detalla el tiempo total de paro desde Enero a Febrero 2024 por cada subproceso:

**Tabla 13**  
**Tiempo total de paro desde enero a febrero 2024**

<b>Subproceso</b>	<b>Tiempo total de paro (Enero 2024 a Febrero 2024)</b>
Gestión de compras	112,74
Ejecución de Mantenimiento	12,1
Calibración de Máquina	7,4
<b>Total de horas de tiempo de paro</b>	<b>132,24</b>

Fuente: Autor

Alcanzando un total de tiempo de paro de 132,24 horas que, traducido en días, da un proporcional a, aproximadamente 5,51 días de paros entre los diferentes intervalos de tiempo.

Luego de haber implementado los nuevos lineamientos y protocolos en la Gestión de Compras, se ha reducido la cantidad de horas en el proceso de Gestión de Compras la cual se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 14**  
**Tiempo total de paro desde enero a febrero 2025**

<b>Subproceso</b>	<b>Tiempo total de paro (Enero a Febrero 2025)</b>
Gestión de compras	69,95
Ejecución de Mantenimiento	12,7
Calibración de Máquina	5,6
<b>Total de horas de tiempo de paro</b>	<b>88,25</b>

Fuente: Autor

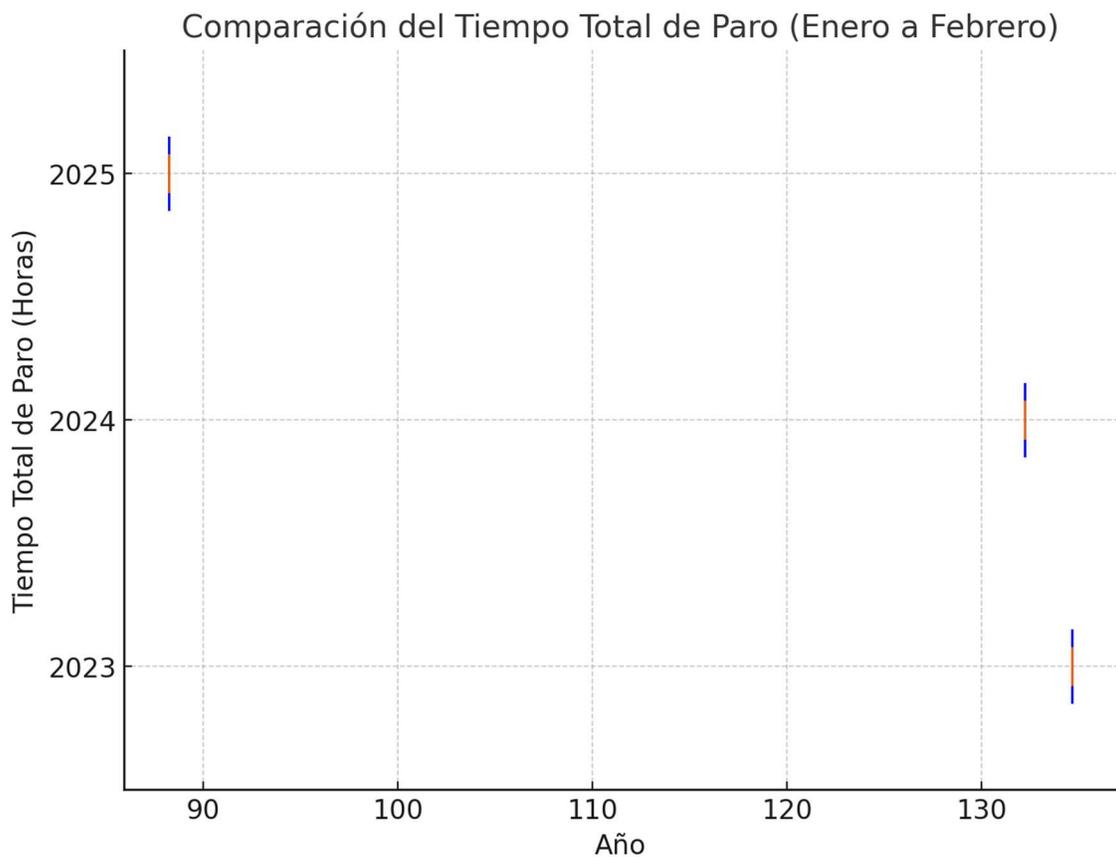
Alcanzando un total de tiempo de paro de 88,25 horas que, traducido en días, da un proporcional a, aproximadamente 3,68 días de paros entre los diferentes intervalos de tiempo.

### 3.4 Diagrama de Cajas

Para generar el diagrama de caja que visualice la mejora en el tiempo de mantenimiento correctivo en 2025, comparando con los datos de 2023 y 2024, podemos estructurarlo con los siguientes datos de tiempo total de paro:

- **2023** (Enero a Febrero): 134,64 horas
- **2024** (Enero a Febrero): 132,24 horas
- **2025** (Enero a Febrero): 88,25 horas

A continuación, se procederá a generar el diagrama de cajas de los tiempos totales de paro entre enero y febrero de los años 2023,2024 y 2025.



**Figura 3.2 Comparación del tiempo total de paro entre enero a febrero del año 2023, 2024 y 2025 mediante diagrama de cajas**

Fuente: Autor

Aquí tienes el diagrama de caja que compara el tiempo total de paro en 2023, 2024 y 2025. Como se puede observar:

- El tiempo total de paro en 2025 es significativamente menor que en 2023 y 2024, lo que indica una clara mejora tras la implementación de las soluciones.
- Los valores atípicos (si los hay) son identificados, y en general, el tiempo de paro en 2025 está dentro de un rango más controlado.

Para complementar el análisis, podemos enfocarnos en los siguientes puntos:

1. **Reducción del rango intercuartílico (IQR):** El IQR es la distancia entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3). En 2025, la reducción del IQR indica una distribución más concentrada de los tiempos de paro, lo que sugiere que las intervenciones han hecho que los tiempos sean más predecibles y menos dispersos.
2. **Mediana:** La mediana de los tiempos de paro en 2025 es considerablemente más baja que en 2023 y 2024, lo que refuerza la idea de que los tiempos de paro promedio han disminuido.
3. **Comparación de dispersión:** La dispersión de los datos en 2025 es menor, lo que significa que los tiempos de paro están más controlados y menos sujetos a variaciones extremas.
4. **Posibles valores atípicos:** En este caso, la presencia de valores atípicos (en caso de que existieran) podría indicar paros inesperados o problemas aislados, pero el gráfico muestra que la mayoría de los valores se encuentran dentro de un rango reducido.
5. **Tendencia general:** El diagrama refleja una tendencia positiva, con tiempos de paro más bajos, lo que sugiere que las mejoras implementadas han tenido un impacto directo en la eficiencia del proceso de mantenimiento.

La comparación muestra una clara mejora en el tiempo de mantenimiento correctivo, especialmente en la gestión de compras, con una reducción notable en el tiempo total de paro. Esto sugiere que las estrategias implementadas para optimizar este subproceso han tenido un impacto positivo y efectivo. Esto puede reflejarse en la mejora de la productividad de la planta y la reducción de costos asociados al tiempo de inactividad.

### 3.5 Diagrama de Gantt

Ahora bien, posteriormente se establecerán diagramas de Gantt para el proceso de Gestión de Compras Antes y Después de la implementación de las soluciones. Primero, se explicará en la brevedad posible la importancia de establecer un Diagrama de Gantt para el control y monitoreo del proceso.

El **Diagrama de Gantt** es una herramienta clave en la gestión de proyectos, ya que permite visualizar de manera clara y estructurada el cronograma de actividades, sus dependencias y la distribución del trabajo a lo largo del tiempo. En este proyecto, donde se busca optimizar el tiempo de mantenimiento correctivo por intervención y mejorar los procesos asociados, el diagrama de Gantt es fundamental por varias razones:

1. **Identificación de dependencias y secuencia de actividades**
  - Algunas tareas deben completarse antes de que otras puedan comenzar (por ejemplo, la creación de una reserva se la realiza después de tener la aprobación de Gerencia de Planta). El diagrama de Gantt ayuda a visualizar estas relaciones y minimizar retrasos.
2. **Gestión del tiempo y cumplimiento de plazos**

- Permite establecer fechas específicas para cada actividad y asegurarse de que el proyecto se mantenga dentro del cronograma planificado, evitando retrasos en la implementación de mejoras.

### 3. Monitoreo y control del avance del proceso a lo largo del tiempo

- Facilita el seguimiento del progreso en cada fase, permitiendo detectar a tiempo posibles desviaciones y aplicar medidas correctivas para evitar retrasos en la optimización de la gestión de compras para mantenimiento correctivo.

### 4. Comunicación efectiva entre los involucrados

- Actúa como una herramienta visual que facilita la comunicación entre los diferentes departamentos, asegurando que todos comprendan las actividades a realizar y sus tiempos de ejecución.

Primero, se realizó el diagrama de Gantt para el proceso de gestión de compras antes de la implementación de los nuevos lineamientos escritos en el protocolo del Departamento de Adquisiciones / Compras. En este diagrama de Gantt, se establece el orden secuencial de las actividades a realizar dentro de la gestión de compras. Cada actividad es debidamente controlada desde el tiempo de inicio hasta el tiempo de culminación de la actividad. Este control permitirá monitorear los tiempos en cada fase de la gestión de compras permitiendo visualizar de manera más efectiva el cumplimiento del protocolo del departamento de Adquisiciones. En caso se observe una variable fuera de parámetro, se podrá tomar decisiones correctivas en el menor tiempo posible.

**Tabla 15**  
**Diagrama de Gantt sobre el proceso de gestión de compras (Antes)**

<b>Proceso: Gestión de Compras (Antes)</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Duración</b>
Solicitar la proforma / cotización al proveedor.	Lunes / 10h34	Lunes / 13h27	2h53min
Mejorar la oferta mediante el Departamento de Compras.	Lunes / 13h27	Martes / 08h55	19h28min
Solicitar aprobación por el Gerente de Planta.	Martes / 08h55	Martes / 14h35	5h40min
Solicitar presupuesto al Departamento de Tesorería.	Martes / 14h35	Martes / 16h28	1h53min
Crear solicitud de compra (solped).	Martes / 16h28	Martes / 20h34	04h06min
Liberación de solped por el Gerente de Planta.	Martes / 20h34	Martes / 21h15	00h41min
Creación de la orden de compra.	Martes / 21h15	Martes / 22h09	00h54min
Facturación	Martes / 22h09	Miércoles / 10h44	12h35min
Gestionar factura en SAP.	Miércoles / 10h44	Miércoles / 11h10	00h26min
<b>Duración de tiempo en el proceso de Gestión de Compras (h)</b>	<b>48,6</b>		
	<b>48 horas y 36 minutos</b>		

Fuente: Autor

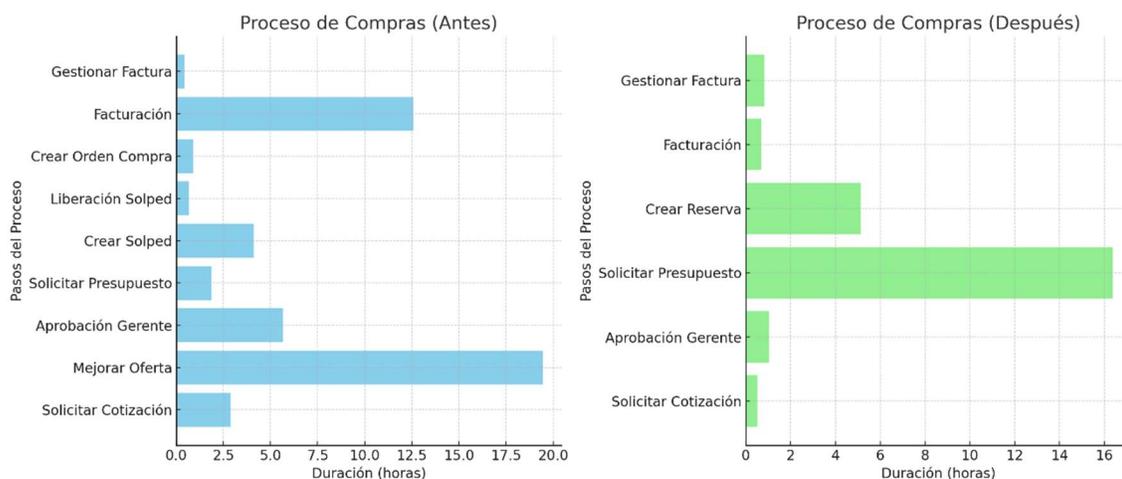
**Tabla 16**  
**Diagrama de Gantt sobre el proceso de gestión de compras (Después)**

<b>Proceso: Gestión de Compras (Después)</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Duración</b>
Solicitar la proforma / cotización al proveedor.	Miércoles / 15h39	Miércoles / 16h10	00h31min
Solicitar aprobación por el Gerente de Planta.	Miércoles / 16h10	Miércoles / 17h12	01h02min
Solicitar presupuesto al Departamento de Tesorería.	Miércoles / 17h12	Jueves / 09h34	16h22min
Crear número de reserva.	Jueves / 09h34	Jueves / 14h42	05h08min
Facturación	Jueves / 14h42	Jueves / 15h24	00h42min
Gestionar factura en el sistema.	Jueves / 15h24	Jueves / 16h14	00h50min
<b>Duración de tiempo en el proceso de Gestión de Compras (h)</b>	<b>24,35</b>		
	<b>24 horas y 21 minutos</b>		

Fuente: Autor

Tal y como se observa, el tiempo total correspondiente a la gestión de compras ha disminuido considerablemente luego de haberse implementado los nuevos lineamientos descritos en el protocolo lanzado por el Departamento de Adquisiciones. Esta reducción de tiempo en el subproceso de gestión de compras ha permitido cumplir el objetivo trazado inicialmente en cumplir todo el proceso de mantenimiento correctivo desde la gestión de compras hasta la calibración de la máquina en un tiempo máximo de 33,35 horas.

A continuación, se mostrarán gráficos comparativos entre el proceso de gestión de compras antes vs después de la implementación de las soluciones:



**Figura 3.3. Comparativa entre el proceso de gestión de compras Antes vs Después**

Fuente: Autor

Se debe recalcar que, se muestra un incremento en la solicitud de presupuesto con referente al ANTES debido a que hubo un atraso en la asignación de presupuesto al departamento de Mantenimiento y recién para mediados de Febrero 2025 se contó con el capital en las cuentas contables del departamento. Cuando el capital ya se encuentra en las cuentas del departamento, el tiempo para solicitar presupuesto se reduce

significativamente ya que el manejo del capital se vuelve más un proceso interno que burocrático.

Cabe mencionar que, en el anterior proceso de gestión de compras el departamento de Adquisiciones era el único encargado de mejorar las cotizaciones, es decir, ellos se ponían en contacto con el proveedor para llegar a un acuerdo que beneficiara a ambas partes. Sin embargo, en el nuevo proceso de gestión de compras el departamento de Mantenimiento tiene la opción de llegar a un acuerdo con el proveedor en términos económicos que beneficiara a ambas partes. Este nuevo proceso es mucho más ágil ya que el proceso no es tan burocrático ni requiere de la intervención de otros departamentos como Adquisiciones y Tesorería.

### 3.6 Impacto financiero

Para este análisis de impacto financiero, se consideró los ingresos, costo de ventas, utilidad bruta y utilidad neta de la empresa en el año 2023. Partiendo de que el tiempo de promedio por mantenimiento correctivo es de 2 días y que el objetivo es alcanzar tiempos inferiores a los 33,35 horas y de que al año se realizan 20 mantenimiento correctivos en promedio, se establece el siguiente análisis financiero:

	HORAS	HORAS MÁXIMAS	AHORRO	LOTES
ESCENARIO LABORAL	24		15,175	8,83
ESCENARIO GENERAL	48		30,35	N/A

		2023	
0,0%	128.571.059,89	Ingreso	100%
	68.230.976,26	Costo Ventas	53%
	60.340.083,63	Utilidad Bruta	47%
	12.857.654,93	Utilidad Neta	10%

Cantidad De mantenimientos	20	#mantenimientos
HORAS AHORRO ANUAL	176,5	horas
LOTES ADICIONALES ANUALES	14,70	lotes
LOTES ADICIONALES MENSUAL	1,23	lotes
IMPACTO FINANCIERO INGRESOS	\$ 2.998,80	\$\$
IMPACTO FINANCIERO UTILIDAD BRUTA	\$ 1.407,38	\$\$

		PVP (LABORATORIO SIEGFRED)	
14	\$ 204,00	INGRESO	
680	\$ 108,26	COSTO VENTA	
0,3	\$ 95,74	UTILIDAD BRUTA	
	20,40087099		

**Figura 3.4. Impacto financiero de la mejora**

Fuente: Autor

A través de un análisis exhaustivo, se llegó a la conclusión que logrando alcanzar tiempos inferiores a 33,35 horas se obtendrían 1,23 lotes adicionales mensual y, por ende, 14,70 lotes anual siendo de gran beneficioso para los objetivos de la empresa. En términos económicos, el impacto financiero anual en ingresos sería de \$2998,80 y el impacto financiero de utilidad bruta sería de \$1407,38.

## CAPÍTULO 4

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados del proyecto.

#### 4.1 Conclusiones

- En conclusión, la implementación de la metodología DMAIC en la máquina envasadora de polvo R110 ha demostrado ser un enfoque efectivo para abordar los prolongados tiempos de paro por mantenimiento correctivo. A través de un análisis minucioso y la identificación de las causas raíz, se han logrado mejorar los procesos de gestión de compras y mantenimiento, reduciendo significativamente el tiempo promedio de inactividad. Los resultados obtenidos evidencian una mejora notable, cumpliendo con los estándares establecidos por la Gerencia de Planta y fortaleciendo la capacidad productiva de la línea de sólidos orales.
- Este proyecto no solo ha permitido aumentar la rentabilidad operativa de la máquina, sino que también ha fortalecido la relación con los clientes al garantizar la entrega oportuna de productos críticos en el mercado. La experiencia adquirida destaca la importancia de la mejora continua en el entorno industrial, impulsando a la organización hacia un futuro más eficiente y competitivo. Es vital que se mantengan estos esfuerzos y se fomenten prácticas de mantenimiento preventivo para asegurar la sostenibilidad de los resultados alcanzados. Al final, el éxito de este proceso radica en el compromiso colectivo de todos los equipos involucrados para seguir optimizando las operaciones y garantizar la calidad del servicio ofrecido a nuestros clientes.
- El uso de herramientas como el Mapa de Proceso SIPOC y la Matriz Voz del Cliente ha facilitado la comprensión de las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos, asegurando que las soluciones implementadas estén alineadas con los objetivos de producción y con la calidad del producto final. Además, la optimización del proceso de gestión de compras ha contribuido de manera notable a la reducción de los tiempos totales de mantenimiento, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y en la capacidad de respuesta a la demanda del mercado.
- Los resultados obtenidos no solo reflejan una mejora en la disponibilidad operativa de la máquina, sino que también fortalecen la posición de la empresa en el competitivo sector farmacéutico ecuatoriano. La continuidad en la aplicación de la metodología DMAIC y el seguimiento riguroso de los indicadores de desempeño permitirán mantener los avances logrados y contribuirán a la sostenibilidad del proceso productivo en el futuro. Así, la empresa no solo mejora su rentabilidad, sino que también reafirma su compromiso con la calidad y el bienestar de la comunidad a la que sirve.

## 4.2.Recomendaciones

- Gracias a la metodología DMAIC, se ha podido reducir el tiempo de mantenimiento correctivo alcanzando los objetivos trazados inicialmente en el proyecto. Sin embargo, por más que se ha podido controlar los tiempos prolongados de paro por mantenimiento correctivo, se mantiene un elevado número de mantenimientos correctivos anuales. Por tal razón, se recomienda empezar a implementar mantenimientos preventivos a la máquina de manera más recurrente para evitar llegar a los mantenimientos correctivos ya que eso implica en una reducción de rentabilidad operativa.
- Además, cabe mencionar que no se puede llegar a un mantenimiento correctivo sin antes priorizar los mantenimientos autónomos y mantenimientos preventivos. Los mantenimientos autónomos son ajustes, revisiones y control diario a la máquina por parte del operador. Los mantenimientos preventivos los cuales son actividades con mayor requerimiento técnico son realizados por el Departamento de Mantenimiento pero sin antes pasar por el chequeo y revisión superficial por parte del operador. Por ende, se sugiere capacitar a los operadores de la máquina en operación, mantenimiento y chequeo de la máquina para evitar tiempos de paro innecesarios.

## Bibliografía

Sydle. (2024, 8 noviembre). *DMAIC: ¿qué es y cómo se diferencia con PDCA? Paso a paso completo*. Blog SYDLE. <https://www.sydle.com/es/blog/dmaic-64bd2afcda771954dd52337b>

Meardon, D. E. (s. f.). *¿Qué es un diagrama de Gantt? La hoja de ruta para el éxito del proyecto*. Atlassian. <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>

*Diagrama de Ishikawa: una guía* | SafetyCulture. (2024, 18 julio). SafetyCulture. <https://safetyculture.com/es/temas/diagrama-ishikawa/>

Rodriguez, J. (2024, 4 septiembre). *DMAIC “Las 5 fases para la mejora de los procesos” - SPC Consulting Group*. SPC Consulting Group. <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/>