

# **Optimización del Seguimiento a los Procesos de Producción en METCOL LTDA**

**Samuel Alejandro Beltrán Argüello**



**Trabajo de Práctica presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Ingenierías**

**Ingeniería Mecánica**

**Bucaramanga**

**2025**

**Optimización del Seguimiento a los Procesos de Producción en METCOL LTDA**

**Samuel Alejandro Beltrán Argüello**

**Trabajo de Práctica presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico**

**Director**

**MSc. Edwin Jesús Córdoba Tuta**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Ingenierías**

**Ingeniería Mecánica**

**Bucaramanga**

**2025**

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer por este trabajo de grado, en primer lugar, a mis padres, quienes estuvieron a mi lado en todo momento, brindándome su apoyo incondicional durante esta experiencia de vida llamada "carrera universitaria". De la misma manera, agradezco a todos mis docentes, quienes fueron guías fundamentales en mi formación y desarrollo como profesional. También quiero expresar mi gratitud hacia mis compañeros, quienes me apoyaron al momento de estudiar, en especial a mi compañero Martín Carvajal. De igual forma, extendiendo mi agradecimiento a la empresa Metcol Ltda de la mano del Ingeniero Juan González por permitirme el desarrollo de este proyecto y facilitarme los espacios en los que aprendí a desarrollar cualidades y habilidades.

Por último, agradezco a todas las personas que estuvieron a mi lado durante este proceso y que, de alguna manera, aportaron su granito de arena para alcanzar este logro, uno de muchos que vendrán.

## Contenido

Introducción .....	12
Planteamiento del problema .....	13
Justificación.....	14
Objetivos .....	16
Objetivo general .....	16
Objetivos específicos.....	16
Marco Teórico .....	18
Optimización de procesos de producción .....	18
Seguimiento de procesos.....	19
Teorías relacionadas .....	19
Importancia de la cultura organizacional .....	19
Metodología .....	20
Fuentes de recopilación de información .....	20
Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	20
Unidad de análisis .....	20
Elementos para establecer KPIs relevantes.....	20
Eficiencia operativa .....	20
Abastecimiento .....	21
Mecanizado y procesamiento de piezas.....	21
Productividad .....	22
Calidad del producto .....	22
Gestión de mantenimiento .....	23

Tiempos muertos e ineficiencias.....	24
Costos de producción y operación .....	24
Logística y entregas .....	24
Seguridad y salud ocupacional.....	25
Seguridad y cumplimiento normativo.....	25
Selección y seguimiento de KPIs por áreas críticas .....	25
Clasificación de los procesos de seguimiento actuales en METCOL .....	26
Fase de diagnóstico .....	26
Fase de análisis.....	27
Fase de diseño de soluciones.....	27
Fase de implementación.....	27
Fase de evaluación y monitoreo .....	28
Resultados .....	29
Resultados de la fase de diagnóstico .....	31
Desarrollo de la ficha técnica de la entrevista.....	32
Resultados de la fase de análisis .....	36
Actividades .....	36
Herramientas de calidad.....	36
Resultados de la fase de diseño de soluciones .....	39
Actividades .....	39
Resultados de la fase de implementación .....	41
Formación del personal.....	41
Despliegue completo del sistema.....	43

Resultados de la fase de evaluación y monitoreo .....	45
Actividades .....	45
Recursos necesarios .....	46
Recursos tecnológicos.....	47
Recursos financieros .....	47
Conclusiones .....	50
Recomendaciones.....	52
Referencias .....	53

**Lista de tablas**

Tabla 1 KPIs de abastecimiento.....	21
Tabla 2 KPIs procesamiento de piezas .....	21
Tabla 3 KPIs de calidad de productos conformes.....	23
Tabla 4 KPIs porcentaje de rotación de la máquina .....	23
Tabla 5 KPIs tiempo total desde el final de producción hasta la entrega .....	24
Tabla 6 KPIs porcentaje de tiempo sin incidentes en la jornada de producción.....	25
Tabla 7 Indicadores antes y después del proyecto en METCOL.....	49

## Lista de figuras

Figura 1 Aplicaciones de la fase diagnóstica .....	32
Figura 2 Entrevistas en METCOL .....	32
Figura 3 Distribución del personal en la empresa METCOL .....	33
Figura 4 Indicadores de evaluación del personal en cuanto al proyecto.....	34
Figura 5 Criterios de evaluación del personal en METCOL .....	35
Figura 6 Herramientas de calidad a implementarse según el personal .....	37
Figura 7 Inspección del proceso de los productos y servicios de METCOL.....	38
Figura 8 Herramientas propuestas para la inspección en progreso.....	40
Figura 9 Socialización con el personal encargado de las operaciones de METCOL .....	42
Figura 10 Calificación de las capacitaciones con el personal.....	42
Figura 11 Indicadores de satisfacción de clientes.....	43
Figura 12 Indicadores de productividad en el transcurso del proyecto .....	44
Figura 13 Matriz de indicador de metas de METCOL .....	45
Figura 14 Parámetros de aceptación final.....	46
Figura 15 Recurso humano de METCOL comprometido con el proyecto.....	47
Figura 16 Registro final de satisfacción del cliente .....	48

## Glosario

Definiciones utilizadas en el proyecto de optimización del seguimiento de procesos de producción en METCOL LTDA.

**Ciclo PDCA:** Modelo de gestión que consiste en Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, utilizado para la mejora continua de procesos.

**Cumplimiento normativo:** Adherencia a las leyes, regulaciones y estándares relevantes que afectan las operaciones de una empresa.

**Cultura organizacional:** Conjunto de valores, creencias, y comportamientos compartidos por los miembros de una organización que influyen en su funcionamiento.

**Eficiencia:** Capacidad de lograr un resultado deseado con el mínimo de recursos, tiempo y esfuerzo.

**Indicadores de desempeño (KPIs):** Métricas cuantitativas utilizadas para medir el rendimiento de un proceso y evaluar su éxito en alcanzar objetivos específicos.

**Lean manufacturing:** Filosofía de gestión enfocada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua en los procesos de producción.

**Six sigma:** Metodología que utiliza técnicas estadísticas para reducir la variabilidad en los procesos y mejorar la calidad de los productos.

**Software de gestión:** Herramientas tecnológicas diseñadas para integrar y automatizar.

**Teoría de restricciones (TOC):** Enfoque que identifica y gestiona las limitaciones que afectan el rendimiento del sistema productivo, buscando maximizar el flujo y la productividad.



## Resumen general de trabajo de grado en español

**TITULO:** Optimización del Seguimiento de Procesos de Producción en Metcol Ltda.

**AUTOR(ES):** Samuel Alejandro Beltrán Arguello

**PROGRAMA:** Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Edwin Jesús Córdoba Tuta

### RESUMEN

Este documento buscó como finalidad, mejorar la optimización de los procesos de producción en Metcol Ltda., aumentando la eficiencia y calidad de sus operaciones, con el objetivo de incrementar la competitividad y rentabilidad de la empresa. En un contexto mecánico cada vez más exigente, la necesidad de optimizar los procesos se vuelve crucial para garantizar un rendimiento sostenible. El proyecto se centró en diversas áreas clave, comenzando por la recepción de materia prima, donde se implementaron criterios estrictos de control de calidad para minimizar rechazos. La producción se analizó con el fin de identificar cuellos de botella y mejorar la tasa de rendimiento, se utilizaron herramientas como la metodología Lean Manufacturing. Esto le permitió mejorar y maximizar el uso de sus recursos y reducción de los tiempos de inactividad en el producto final.

### PALABRAS CLAVE:

Optimización, procesos, calidad, incrementar nuevas tecnologías.

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



## General summary of work of grade

**TITLE:** Optimización del Seguimiento de Procesos de Producción en Metcol Ltda.

**AUTHOR(S):** Samuel Alejandro Beltrán Arguello

**FACULTY:** Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Edwin Jesús Córdoba Tuta

### ABSTRACT

This document seeks to improve the optimization of production processes at Metcol Ltda. Increasing the efficiency and quality of its operations, with the intention of increasing the competitiveness and profitability of the company. In an increasingly demanding industry context, the requirement to optimize processes becomes crucial to guarantee sustainable performance. The project focused on several critical areas, starting with the receipt of raw materials, with strict quality control criteria being implemented to minimize rejections. Production was analyzed to identify bottlenecks and improve the performance rate; tools such as the Lean Manufacturing methodology were used. This allowed it to improve and maximize the use of its resources and reduced downtime in the final product..

### KEYWORDS:

Optimization, processes, quality, increase new technologies.

**Vº Bº DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## **Introducción**

En los entornos empresariales cada vez más se hace evidente aumentar la eficiencia en los procesos de producción, que son un factor clave para el éxito y la sostenibilidad de las empresas dedicadas a procesos de producción de la industria metalmecánica. Este proyecto busca mejorar la optimización del seguimiento de los procesos de producción en la empresa Metalmecánica Colombiana METCOL LTDA (en adelante METCOL), un actor relevante en el sector. La gestión se hace efectiva cuando en los procesos mejora la calidad del producto final, además también reduce costos, minimiza tiempos de entrega y aumenta la satisfacción del cliente.

A través de la fase de investigación y diagnóstico de los procedimientos productivos, que actualmente utiliza la empresa METCOL, se harán evidentes las áreas a mejorar, proponiéndoles estrategias que permitan una supervisión más eficiente y precisa de la etapa productiva. La implementación de herramientas tecnológicas y metodológicas, a favor de optimizar los procesos, será fundamental para alcanzar la meta planteada. Este punto de vista, no solo beneficiará a la empresa en términos operativos, sino que también contribuirá a su crecimiento sostenible en el sector.

El carácter de este documento se establece en cómo la empresa METCOL requiere mejorar su capacidad productiva, a partir de transformar elementos industriales; de la manera que gestiona sus procesos de producción, convirtiéndolos en un sistema dinámico y flexible a las demandas del mercado. Con este propósito, se busca no solo mejorar recursos, sino también establecer un patrón que pueda ser replicado y ajustado a próximas necesidades. A través de este proyecto, se espera aportar un valor significativo tanto a la empresa METCOL como en el campo académico y profesional en el área de la Ingeniería Mecánica.

## **Planteamiento del problema**

Al día de hoy, muchas empresas enfrentan la problemática referente al mejoramiento de los procesos de producción para ser competitivas en un mercado de constante evolución. En este sentido, se identifican las debilidades en la etapa de seguimiento de sus procesos productivos, causales de los retrasos en la entrega de productos, aumentando los costos operativos y la disminución en la satisfacción del cliente.

Lamentablemente, las herramientas básicas de seguimiento que posee la empresa, evidentemente no abastecen las necesidades, haciendo necesario la integración de una automatización en los sistemas de las nuevas tecnologías, lo que dificulta la obtención de información precisa en tiempo real sobre el estado de fabricación. Por lo tanto, este señalamiento, no solo afecta la toma de decisiones oportunas, sino que también pone límites en la capacidad de la empresa para adaptarse a las demandas del mercado para que se implementen mejoras continuas en sus diversas fases de producción.

Es decir, que la falta de un sistema actualizado en el seguimiento de las etapas de producción, influye en que se genere una desinformación sobre los puntos críticos, y deja en evidencia las áreas a mejorar. A su vez, conduce a una ineficiencia de los recursos y, en general, a una pérdida de competitividad.

Por lo tanto, se ve en la necesidad de desarrollar un enfoque que permita optimizar el seguimiento de los procesos de producción en METCOL, que no solo mejore la eficiencia operativa, sino que también ayude a una mayor satisfacción del cliente, y brinde una mayor sostenibilidad a largo plazo de la empresa. Este proyecto aborda estas deficiencias, identificando las causas, y propone soluciones innovadoras que se alineen con los objetivos estratégicos de METCOL.

## Justificación

La optimización del seguimiento de los procesos de producción en METCOL es un paso fundamental para suplir las necesidades del cliente, que enfrenta la empresa en un entorno competitivo. La justificación de este proyecto se fundamentó en los pasos del documento (Piro Guerrero, 2018), de donde se resaltan varios aspectos claves:

- **Eficiencia operativa:** Mejorar el seguimiento de los procesos permitirá identificar y eliminar ineficiencias, lo que se traducirá en una reducción de costos operativos, al optimizar recursos y minimizar desperdicios, la empresa podrá mejorar su rentabilidad y mantener precios competitivos.
- **Satisfacción del cliente:** Un seguimiento más efectivo de los procesos productivos permitirá cumplir con los plazos de entrega y mejorar la calidad del producto final. Esto, a su vez, aumentará la satisfacción del cliente y fortalecerá la lealtad hacia la marca.
- **Toma de decisiones informadas:** La implementación de un sistema de seguimiento optimizado proporcionará datos precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones basadas en información confiable. Esto permitirá a la dirección anticipar problemas, responder rápidamente a cambios en la demanda y ajustar las operaciones según sea necesario.
- **Adaptabilidad al mercado:** En un entorno de negocios en constante cambio, la capacidad de adaptarse rápidamente es crucial. Un sistema de seguimiento eficiente permitirá a METCOL responder con agilidad a las fluctuaciones del mercado y a las necesidades de los clientes, asegurando así su relevancia en el sector.

- Sostenibilidad a largo plazo: Al optimizar los procesos de producción, la empresa no solo mejora su eficiencia inmediata, sino que también establece las bases para un crecimiento sostenible a largo plazo.
- Innovación y mejora continua: La mejora en el seguimiento de los procesos fomenta una cultura de innovación y mejora continua dentro de la organización. Esto no solo impulsa la motivación de los empleados, sino que también genera un entorno propicio para la implementación de nuevas tecnologías y metodologías.

En general, se requiere no solo abordar las deficiencias actuales de las etapas de producción en METCOL, sino que también se alinea con su visión de crecimiento y mejora continua, para que contribuya a su éxito y sostenibilidad en el futuro.

## Objetivos

### Objetivo general

Utilizar herramientas que permitan optimizar el seguimiento de los procesos de producción en METCOL, implementando las nuevas tecnologías y metodologías que contribuyan a mejorar la eficiencia operativa, disminuya costos, aumentando la satisfacción del cliente, asegurando así una gestión integral que se adapte a las demandas del mercado.

### Objetivos específicos

- Indagar qué puntos en la línea de producción requieren mejora, utilizando los métodos y herramientas actuales en el seguimiento de la producción en METCOL.
- Implementar herramientas tecnológicas; p Proponer e implementar sistemas de gestión y seguimiento en tiempo real que faciliten la recopilación y análisis de datos sobre los procesos productivos.
- Proponer indicadores de desempeño, definiendo indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan medir la eficiencia y efectividad de los procesos de producción.
- Orientar al personal involucrado en el seguimiento de la producción, con programas de capacitación a fin mejorar las diversas etapas, enfocando el uso de nuevas herramientas tecnológicas y la adopción de prácticas de seguimiento estandarizadas.
- Desarrollar un Plan de Mejora Continua, creando un plan que contemple estrategias para la mejora continua de los procesos, basado en los datos recopilados y en el análisis de los resultados obtenidos.
- Evaluar los resultados; medir y evaluar el impacto de las nuevas herramientas tecnológicas implementadas en la eficiencia operativa, disminuyendo significativamente los costos y la satisfacción del cliente, proporcionando un informe

con recomendaciones para futuros ajustes.

## Marco Teórico

El marco teórico establece bases conceptuales y metodológicas para la propuesta de optimización del seguimiento de procesos en METCOL, al integrar teorías relevantes, metodologías probadas y la importancia del contexto en la empresa. Este enfoque no sólo beneficiará a METCOL en términos de eficiencia y calidad, sino que también contribuirá a su sostenibilidad a largo plazo en un mercado competitivo. Como se indica en el documento (Guerrero F. P. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de planta Industriales*):

### Optimización de procesos de producción

La optimización de procesos implica el uso de diversas metodologías y técnicas para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad de los productos. Las principales metodologías incluyen:

- **Lean manufacturing:** Esta filosofía busca maximizar el valor del cliente al eliminar desperdicios en el proceso. Se centra en la mejora continua, la reducción de tiempos de espera y la optimización de recursos. Sus herramientas incluyen el mapeo de flujo de valor y las 5S (Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina).
- **Six sigma:** Enfocada en la mejora de la calidad, Six Sigma utiliza métodos estadísticos para reducir la variabilidad y defectos en los procesos. El ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es fundamental en este enfoque (*Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios? (2019) ¿Cuáles son los principios de la filosofía lean manufacturing?, s. f.*)
- **Investigación y diagnóstico:** frente a los procesos de seguimiento en la producción de bienes y servicios ofrecidos por METCOL.

## **Seguimiento de procesos**

El seguimiento de procesos se refiere a la capacidad de monitorear y evaluar continuamente el rendimiento de las actividades productivas. Esto implica:

- Implementación de tecnologías de información: Sistemas como ERP y MES permiten la integración de datos en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones informadas. Estos sistemas ayudan a consolidar información de diferentes áreas, mejorando la visibilidad y el control.
- Indicadores de desempeño (KPIs): Los KPIs son métricas que permiten evaluar el rendimiento de los procesos. Algunos ejemplos incluyen el tiempo de ciclo, la tasa de defectos y la eficiencia general del equipo (OEE). (Lean Manufacturing. 2019).

## **Teorías relacionadas**

- Teoría de Restricciones (TOC): Según la propuesta por Eliyahu M. Goldratt, esta teoría se centra en identificar y gestionar las limitaciones que afectan la capacidad de producción. El objetivo es maximizar el rendimiento del sistema al resolver las restricciones que limitan el flujo de trabajo.
- Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act): Este ciclo es fundamental para la mejora continua. Permite planificar acciones de mejora, ejecutarlas, verificar los resultados y ajustar según sea necesario, promoviendo un enfoque sistemático en la optimización.

## **Importancia de la cultura organizacional**

La cultura organizacional juega un papel crucial en la implementación de cambios. La participación del personal y su capacitación en nuevas metodologías son esenciales para asegurar la aceptación y el éxito de las iniciativas de mejora. Fomentar un ambiente de innovación y colaboración facilitará la adopción de nuevas herramientas y procesos.

## **Metodología**

La metodología propuesta para la optimización del seguimiento de procesos en METCOL es la descriptiva, ya que se basa en un enfoque que abarca desde el diagnóstico inicial hasta los resultados y recomendaciones. Cada fase está diseñada para asegurar que las decisiones se tomen con base en datos y análisis, y que el personal esté preparado y comprometido con el cambio.

Este enfoque integral no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también fomentará una cultura de mejora continua dentro de la organización. (Hernández Sampieri et al., 2020).

### **Fuentes de recopilación de información**

Principales: Aquellas proporcionadas por miembros esenciales del equipo de la empresa bajo análisis. Secundarias: Las obtenidas mediante la investigación en bases de datos y revistas reconocidas, así como de partes interesadas clave como productores, transportistas, proveedores y clientes, entre otros.

### **Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

Cualitativos: Observación participante y no participante; análisis de contenido y entrevistas. Cuantitativos: Encuestas, checklist y análisis estadísticos.

### **Unidad de análisis**

Personal colaborativo, operativo, administrativo y stakeholders de la empresa.

### **Elementos para establecer KPIs relevantes**

#### ***Eficiencia operativa***

- Tiempo de ciclo (Cycle Time): Tiempo promedio que tarda un proceso en completarse.
- Tasa de utilización del equipo: Porcentaje de tiempo que las máquinas están en

uso productivo.

- Overall Equipment Effectiveness (OEE): Eficiencia general del equipo, considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.

Fórmula:  $OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$

### ***Abastecimiento***

**Tabla 1**

#### *KPIs de abastecimiento*

<b>KPI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula / Método</b>
Tiempo de abastecimiento	Tiempo total desde la orden de compra hasta la recepción de materiales	Recepción - Solicitud de compra
Tasa de materiales defectuosos	Porcentaje de materias primas que no cumplen las especificaciones	$(\text{Material defectuoso} / \text{Total recibido}) \times 100$
Costo de inventario	Valor monetario del stock inmovilizado	$\text{Inventario disponible} \times \text{Costo unitario}$
Rotación de inventario	Frecuencia con que se renueva el inventario	$\text{Costo de materiales consumidos} / \text{Inventario promedio}$

*Nota.* Tiempos y calidad de abastecimiento de la empresa.

### ***Mecanizado y procesamiento de piezas***

Asegurar que las piezas se produzcan con precisión, minimizando tiempos y defectos, y maximizando la eficiencia de las máquinas.

**Tabla 2**

#### *KPIs procesamiento de piezas*

<b>KPI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula / Método</b>
Tiempo de ciclo	Tiempo promedio que tarda la máquina en fabricar una pieza	$\text{Tiempo total del proceso} / \text{Piezas fabricadas}$
Tasa de utilización de máquina	Porcentaje del tiempo que la máquina está operativa	$(\text{Tiempo operativo} / \text{Tiempo disponible}) \times 100$
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	Mide la eficiencia general del equipo considerando disponibilidad, rendimiento y calidad	$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$

<b>KPI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula / Método</b>
Piezas por hora	Número de piezas terminadas en una hora	Piezas completadas / Tiempo trabajado
Tasa de defectos en proceso	Porcentaje de piezas no conformes detectadas antes del control final	$(\text{Piezas defectuosas} / \text{Total producidas}) \times 100$

*Nota.* Producción de piezas con tiempo y porcentaje. Reconstrucción del presentado (Kafetzopoulos, D., & Psomas, E. L. (2015) c.)

### ***Productividad***

- Producción por hora / turno: Número de unidades producidas en un período definido.
- Cumplimiento de plan de producción: Porcentaje de metas alcanzadas según el plan establecido.
- Tasa de producción por máquina: Unidades por hora de cada equipo o línea.

### ***Calidad del producto***

- Tasa de defectos: Porcentaje de piezas defectuosas en comparación con la producción total. KPI relevante para detectar problemas en el mecanizado o procesos automatizados.
- First Pass Yield (FPY): Porcentaje de productos que pasan la inspección sin necesidad de retrabajo.
- Coste de No Calidad (CONQ): Costo asociado a productos defectuosos, incluyendo desperdicios y retrabajo.
- Identificar y reducir errores en las piezas terminadas antes de su envío, garantizando productos finales conformes de la empresa METCOL.

**Tabla 3***KPIs de calidad de productos conformes*

<b>KPI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula / Método</b>
First Pass Yield (FPY)	Porcentaje de piezas que pasan las pruebas sin necesidad de retrabajo	$(\text{Piezas aprobadas a la primera} / \text{Total inspeccionadas}) \times 100$
Tasa de productos conformes.	Porcentaje de productos que cumplen con las especificaciones finales	$(\text{Piezas conformes} / \text{Total inspeccionadas}) \times 100$
Tiempo de inspección.	Tiempo promedio que toma inspeccionar una pieza o lote	$\text{Tiempo total de inspección} / \text{Lotes inspeccionados}$
Costo de No Calidad (CONQ)	Valor monetario de productos rechazados o retrabajados	$(\text{Retrabajo} + \text{Desperdicio}) \times \text{Costo unitario}$

*Nota.* Porcentajes de productos conformes.**Gestión de mantenimiento**

- Mean Time Between Failures (MTBF): Tiempo promedio entre fallos en equipos críticos.
- Mean Time to Repair (MTTR): Tiempo promedio necesario para reparar una máquina después de una falla.
- Tasa de cumplimiento de mantenimiento preventivo: Porcentaje de planes de mantenimiento completados según el cronograma.
- Garantizar la disponibilidad y eficiencia de las máquinas minimizando los tiempos de inactividad.

**Tabla 4***KPIs porcentaje de rotación de la máquina*

<b>KPI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fórmula / Método</b>
MTBF (Mean Time Between Failures)	Tiempo promedio entre fallas de una máquina	$\text{Tiempo operativo total} / \text{Número de fallas}$
MTTR (Mean Time to Repair)	Tiempo promedio que tarda en repararse una máquina	$\text{Tiempo total de reparación} / \text{Número de reparaciones}$
Tasa de mantenimiento preventivo completado	Porcentaje de planes preventivos realizados a tiempo	$(\text{Órdenes completadas} / \text{Órdenes programadas}) \times 100$

KPI	Descripción	Fórmula / Método
Disponibilidad del equipo	Porcentaje de tiempo que las máquinas están disponibles para operar	$(\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo inactivo}) / \text{Tiempo disponible}$

### *Tiempos muertos e ineficiencias*

- Tiempo muerto (Downtime): Tiempo total en el que una máquina o línea de producción no está operativa.
- Cuellos de botella: Identificación de puntos en la línea que ralentizan la producción total.
- Porcentaje de utilización del personal: Medición de la eficiencia del recurso humano.

### *Costos de producción y operación*

- Costo por unidad producida: Total de gastos dividido por la producción total.
- Costos de desperdicio: Valor del material que no puede ser reutilizado.
- Eficiencia energética: Consumo de energía por unidad producida.

### *Logística y entregas*

Asegurar que los productos terminados se entreguen de forma eficiente y a tiempo para cumplir con los compromisos del cliente.

### **Tabla 5**

*KPIs tiempo total desde el final de producción hasta la entrega*

KPI	Descripción	Fórmula / Método
Cumplimiento de plazos de entrega	Porcentaje de pedidos entregados dentro del plazo acordado	$(\text{Pedidos a tiempo} / \text{Total de pedidos}) \times 100$
Costo por entrega	Costo total por unidad entregada	$\text{Costo total de transporte} / \text{Unidades entregadas}$
Tasa de devoluciones	Porcentaje de productos devueltos por defectos o incumplimientos	$(\text{Devoluciones} / \text{Total entregas}) \times 100$

KPI	Descripción	Fórmula / Método
Tiempo de ciclo de logística	Tiempo total desde la finalización de producción hasta la entrega al cliente	Fecha de entrega - Fecha de finalización

### *Seguridad y salud ocupacional*

Reducir accidentes e incidentes laborales, mejorando las condiciones de trabajo.

#### **Tabla 6**

*KPIs porcentaje de tiempo sin incidentes en la jornada de producción*

KPI	Descripción	Fórmula / Método
Índice de accidentes	Número de accidentes por cada 1,000 horas trabajadas	$(\text{Accidentes} / \text{Horas trabajadas}) \times 1,000$
Tasa de días perdidos	Número de días sin actividad por accidentes laborales	Días perdidos / Total de horas laborables
Días sin accidentes	Tiempo transcurrido sin incidentes	Contador diario
Cumplimiento de normas	Porcentaje de auditorías internas o externas exitosas	$(\text{Auditorías cumplidas} / \text{Auditorías programadas}) \times 100$

### *Seguridad y cumplimiento normativo*

- Índice de accidentes: Número de accidentes por cada 1,000 horas trabajadas.
- Tasa de cumplimiento normativo: Porcentaje de auditorías exitosas o cumplimiento de normativas.
- Días sin accidentes: Contador de días sin incidentes en la planta.

### **Selección y seguimiento de KPIs por áreas críticas**

- Al seleccionar los KPIs más adecuados para cada proceso, se debe asegurar que los materiales estén disponibles a tiempo y con la calidad adecuada para no detener el proceso productivo. (Iso9001.2015).
- Una vez identificados los KPIs por cada fase, es crucial definir responsabilidades claras; cada área debe tener asignada una persona responsable del seguimiento y

reporte de sus KPIs.

- Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real (como un ERP o SCADA) para recopilar y visualizar los datos de forma automática.
- Establecer puntos de control periódicos (revisiones diarias, semanales o mensuales) para analizar los indicadores y tomar acciones correctivas cuando sea necesario.
- Benchmarking: Comparar los KPIs internos con los estándares de la industria para identificar áreas de mejora. (León, A. S. (2013). Estudio de la innovación tecnológica en el proceso de diseño y desarrollo de producto: aplicación a las Pymes de la industria auxiliar del automóvil: caso comparativo Estado de México y Cataluña).

### **Clasificación de los procesos de seguimiento actuales en METCOL**

A continuación, se describen las etapas principales con las cuales se implementará el proyecto (Kafetzopoulos, D., & Psomas, E. L. (2015).

#### ***Fase de diagnóstico***

**Objetivo.** Evaluar el estado actual de los procesos de producción y el seguimiento existente.

**Actividades.** Estas son las principales actividades:

- Revisión documental: Análisis de documentación existente sobre procesos y sistemas actuales.
- Entrevistas: Reuniones con el personal involucrado para comprender los desafíos y limitaciones del sistema actual.
- Observación directa: Visitas a la planta para observar los procesos en tiempo real y detectar ineficiencias.

### ***Fase de análisis***

**Objetivo.** Identificar áreas de mejora y definir KPIs.

**Actividades.** Estas son las principales actividades:

- Análisis de datos: Evaluar datos históricos de producción y rendimiento para identificar patrones y problemas recurrentes.
- Identificación de cuellos de obstáculos: Aplicar técnicas de mapeo de flujo de valor para localizar ineficiencias.
- Definición de KPIs: Establecer indicadores clave de desempeño que se utilizarán para medir el éxito de las mejoras.

### ***Fase de diseño de soluciones***

**Objetivo.** Proponer soluciones y herramientas para optimizar el seguimiento de procesos.

**Actividades.** Estas son las principales actividades:

- Investigación de herramientas: Evaluar tecnologías y software de gestión que se alineen con las necesidades identificadas (por ejemplo, ERP o MES).
- Desarrollo de propuestas: Crear un conjunto de recomendaciones que incluyan cambios en los procesos, implementación de nuevas herramientas y formación del personal.

### ***Fase de implementación***

**Objetivo.** Ejecutar las soluciones propuestas y realizar la capacitación necesaria.

**Actividades.** Estas son las principales actividades:

- Plan de implementación: Elaborar un cronograma detallado que incluya las etapas de implementación y los recursos necesarios.
- Capacitación del personal: Desarrollar y llevar a cabo programas de formación para

asegurar que el personal esté familiarizado con las nuevas herramientas y procesos.

- Implementación de herramientas: Configurar y poner en marcha el software utilizado por METCOL y otras herramientas de gestión seleccionadas.

### ***Fase de evaluación y monitoreo***

**Objetivo.** Cuantificar las mejoras implementadas según su impacto.

**Actividades.** Estas son las principales actividades:

- Monitoreo de KPIs: Es necesario examinar periódicamente los indicadores de rendimiento, establecidos para evaluar el avance y la eficacia de las optimizaciones.
- Reuniones de revisión: Ejecutar encuentros periódicos con el equipo para debatir los resultados y modificar las estrategias conforme se requiera.
- Informe final: Desarrollar un reporte que sintetice los descubrimientos y las mejoras alcanzadas.

## **Resultados**

La empresa METCOL se estableció por ley No 2395 y su objetivo principal es brindar servicios en la industria metalmeccánica. La meta de METCOL es brindar servicios metal mecánicos a través de máquinas, herramientas, habitado, metalizado y soldaduras especiales según las necesidades del cliente. Lo más importante del servicio que ofrece, es que la empresa cuenta con personal calificado para satisfacer las necesidades del cliente y brindarle una buena orientación.

METCOL proporciona servicios a todos los sectores industriales a escala nacional. cuidado mecánico de dispositivos estáticos y rotativos. Poseen recursos humanos, Infraestructura física y tecnología que facilita ser oportunos y competitivos para garantizar la seguridad de la infraestructura física y tecnología.

La disponibilidad y el rendimiento óptimo del principio de satisfacción de los activos de los clientes se basan en la satisfacción de los activos de los clientes. consumidores. Los servicios de excelencia que se proporcionan son torneado, fresado, alisado, rectificado, taladrado, aplicación de procesos térmicos, babbitado y soldadura de metales ferrosos y no ferrosos.

### **Productos de comercialización**

- Cojinetes: Éstos se fabrican de acuerdo con los procedimientos de la empresa, siguiendo las normas de adherencia para toda clase de máquinas rotativas, utilizando materiales como aceros fundidos o forjados como metal base y metal antifricción (babbitt) para las partes que están en contacto con movimientos radiales o axiales (motrices). Esto da como resultado un producto con pruebas de adherencia y medidas metrológicas finales que reciben una excelente aceptación de los clientes.
- Ejes y camisas: Estos componentes se fabrican para las industrias nacionales de

generación de energía y transformación de materias primas utilizando materiales como bronce, acero inoxidable y acero al carbón. Se realizan bajo procedimientos estandarizados en METCOL, de acuerdo con las normas AFBMA, cumpliendo con los requisitos del cliente en su inspección metrológica final y siempre teniendo en cuenta la seguridad y salud ocupacional y el entorno ambiental.

### **Reparaciones y reconstrucciones**

- **Reconstrucción de esferas:** Se realiza la reconstrucción total o parcial de las esferas para diferentes tipos de válvulas junto con la fabricación de sus anillos de ondas y camisas.
- **Reparación de bombas (en voladizo, verticales y de desplazamiento positivo):** La reparación y reconstrucción de estos equipos se realiza de acuerdo con los procedimientos establecidos en METCOL, cumpliendo con las normas API 610 (BB5), ASME/ANSI B73.1, ISO 286-2, ISO 9905, ISO 13710, ISO 16330, ISO 21049, ISO 5199, ISO 13709, API 682-2<sup>a</sup>, con personal calificado y competente, y herramientas certificadas para desarmar y armar estos equipos.

### **Disponibilidad de materiales para la prestación de servicios**

En la empresa METCOL se cuenta con una gran variedad de materiales en acero inoxidable austeníticos y martensíticos, aceros al carbón, bronce y aluminio hasta 6 pulgadas, aceros fundidos de hierro nodular y centrifugada hasta 14 pulgadas, láminas A-283 grado C, A-516 grado 70, A-36 hasta 1 pulgada de espesor certificados, que permiten prestar el servicio a los clientes según sus necesidades.

### **Pilares de METCOL**

METCOL garantiza que cada producto que se produce cumpla con los estándares de

calidad más altos, contando con equipamiento de punta y un personal profesional y responsable, criterios elevados para favorecer la satisfacción del cliente. Con el paso del tiempo, METCOL ha obtenido tecnología avanzada y maquinaria de última generación, lo que facilita la realización de trabajos de excelente calidad, con exactitud y eficacia.

La empresa también dispone de ingenieros altamente capacitados, profesionales dedicados, que forman parte de su equipo y contribuyen con su experiencia, destrezas y saberes avanzados de ingeniería en la implementación de los proyectos. Así mismo, la empresa ha sido certificada en los servicios para el sector de hidrocarburos y la industria en el ámbito industrial con los certificados de excelencia Icontec. (Metcol Ltda. 2013).

En términos de servicios y/o productos, la empresa cuenta con:

- Torneado tradicional y mediante control numérico digital. Corrección de superficies planas y cilíndricas, con aletas, rolos, fresas, taladrados, metalizados y babitados.
- Soldadura SMAW, GMAW y GTAW entre otros. Corte mediante plasma y oxicorte. Desarrollo CAD.
- Desarrollo, producción y recalentamiento de componentes mecánicos. Regeneración de la energía de recarga dispositivos aislados y rotativos. Elaboración de aparatos estáticos y construcciones de metal.

### **Resultados de la fase de diagnóstico**

En esta fase es fundamental establecer las bases del sistema de optimización de producción en METCOL. Un enfoque minucioso en esta etapa permitirá recopilar datos relevantes, garantizando que el personal esté capacitado, evitando problemas mayores en fases posteriores. La clave del éxito será la integración fluida del sistema de seguimiento con los procesos actuales y la adopción de una cultura de mejora continua.

**Figura 1**

*Aplicaciones de la fase diagnóstica*



*Nota.* Imagen del entorno donde se visualizan las maquinarias con todos los recursos con los que cuenta la empresa METCOL.

**Figura 2**

*Entrevistas en METCOL*



*Nota.* Entrevista al personal encargado, para el reconocimiento de la organización y constitución de la empresa METCOL.

***Desarrollo de la ficha técnica de la entrevista***

Personal administrativo: 8; operadores: 25.

**Figura 3**

*Distribución del personal de la empresa METCOL*



86% es un porcentaje que confirma la empresa METCOL es en gran medida operativa, y que se complementa un equipo de trabajo que en este caso el del 14% que corresponde a la gerencia y colaboradores administrativos.

Figura 4

## Indicadores de evaluación del personal en cuanto el proyecto

METCOL LTDA METALECANIA COLOMBIANA NIT 800.119.025-9		INDICADORES DE EVALUACION ANUAL DE PERSONAL			FECHA: 20-10-2022	CARGO				
					EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD				
					APROBO:	GERENTE				
					CODIGO:	MET-IEAVP				
AÑO:	2022			PRODUCTIVIDAD						
COLABORADOR	PUNTUALIDAD	CONDICIONES PERSONALES	CONCENTRACION	TRABAJO EN EQUIPO	RELACIONES INTERPERSONALES	COMPROMISO	RESPECTO POR SST&A	SUBORDINACION	CALIFICACION	
Luis Enrique Beyaert Mendez	5	2	3	4	4	5	2	5	4	
Delsy Johana Diaz Cuero	4	5	5	5	5	5	4	5	5	
Mayra Alejandra Jaraba Martinez	4	5	5	5	5	5	5	5	5	
Ricardo Andres Torres Garcia	5	5	3	5	5	5	4	5	5	
Yamir Jesus Contreras Linares	3	3	5	5	4	5	4	4	4	
Brayan Jussef Vargas Ramos	4	5	5	5	5	5	5	5	5	
Juan Jose Gonzalez Contreras	3	5	5	5	4	5	5	5	5	
Mauro Edwin Carvajal Gomez	5	5	5	5	5	5	4	5	5	
Mauro Edwin Carvajal Diaz	3	5	4	4	5	5	5	5	5	
Eduardo Perez Galeano	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Jhon Fredy Linares Guerrero	5	5	5	5	5	5	4	4	5	
Jairo Perez Galeano	4	5	5	4	5	5	4	3	4	
Alonso de Jesus Gomez Bedoya	5	4	5	5	4	5	4	5	5	
Edgar Enrique Diaz Sierra	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Omar Jose Valest Vesgal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Jorge Sneider Diaz Devia	5	5	3	5	5	5	5	5	5	
Eder Enrique Villalobos Arquez	4	3	3	4	4	5	4	5	4	
Deivi Alexander Morales Merlano	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Herney Rios Bocanegra	5	5	5	4	4	5	5	5	5	
Rodolfo Contreras Diaz	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Jorge Eliecer Diaz Peñalosa	5	5	4	5	5	5	5	5	5	
Marcelino Diaz Sierra	5	5	5	4	4	4	5	5	5	
Belford Velaides Mozo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Camilo Andres Ardila Sierra	5	5	4	5	5	5	5	5	5	
Jose Andres Montaña Jimenez	5	4	5	5	5	5	5	5	5	
Antony Cristancho Zambrano	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Dagoberto Martinez Ortiz	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Edinson Jose Guzman Mozcote	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
EVALUADOR:	MAURO EDWIN CARVAJAL DIAZ									
CARGO:	JEFE DE CALIDAD									
FECHA DE EVALUACION:	8/06/2024									
calificaciones										
5	excelente	cumple totalmente el criterio								
4	bueno	cumple mayormente el criterio								
3	adecuado	falla esporadicamente al cumplir el criterio								
2	mejorable	fallas continuas al cumplir el criterio								
1	malo	no cumple el criterio								

**Figura 5***Crterios de evaluaci3n del personal en METCOL*

	INDICADORES EVALUACION DE PERSONAL	FECHA: 20-10-2022	CARGO
		EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD
		APROBO:	GERENTE
		CODIGO:	MET-IEAVP
CRITERIO		DESCRIPCION	
PUNTUALIDAD	El colaborador debe cumplir en su totalidad los horarios establecidos por METCOL LTDA. Si los horarios son modificados por la empresa o por el colaborador por motivos de la naturaleza del trabajo o solicitud de permisos, no se debera tener en cuenta para el proceso de calificaci3n.		
CONDICIONES PERSONALES	El colaborar demuestra compromiso e interes por el desarrollo de las actividades asignadas.		
CONCENTRACION	El colaborar permanece centrado en el desarrollo de sus actividades, demuestra total inmercion en el trabajo realizado, es restuoso de las actividades circundantes y los riesgos de las mismas.		
TRABAJO EN EQUIPO	El colaborador realiza labores de apoyo a sus compa1eros en actividades que lo requieran de manera oportuna y adecuada.		
RELACIONES INTERPERSONALES	El trato personal del colaborador con sus compa1eros es basado en el respeto, no presenta discusiones i/o peleas con ningun compa1ero de la planta.		
COMPROMISO	El colaborador es conciente de la importancia de los trabajos realizados y tiene la capacidad de entregarlos con estandares de calidad optimos y en los tiempos establecidos, ademas presenta disposicion al trabajo en horarios extraordinarios con el fin de cumplirle a los clientes.		
RESPECTO POR SST&A	El colaborador conoce, respeta y participa en lo relacionado con el sistema de calidad, Seguridad,salud y respeto ambiental de la empresa.		
SUBORDINACION	El colaborar acata y respeta las directrices dadas por el personal superior en la cadena de mando.		
	NOTA:	Las evaluaciones de personal en METCOL LTDA se llevan a cabo en el mes de julio. Para ellas, s3lo se tendra en cuenta el personal activo en METCOL LTDA; de ser requerida por parte de un trabajador inactivo, se realizar3 de manera extraordinaria.	

*Nota.* Adaptado de Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003).

## **Resultados de la fase de análisis**

Selección e integración de tecnologías: Aportar nuevas herramientas con el fin de optimizar el software, hardware y dispositivos necesarios para la optimización del seguimiento, de los bienes y servicios de la empresa METCOL. (Lic. Escamilla Dzul Marisela. (2018) Fundamentos de la metodología y la investigación).

Duración: 3 semanas.

### ***Actividades***

- Inducción del software ERP o SCADA de la empresa METCOL, para el seguimiento en tiempo real.
- Recolección de datos en puntos clave de la línea de producción.
- Integración de los aportes al sistema digital con los equipos existentes.
- Pruebas iniciales de comunicación entre equipos (sensores-máquinas-software).
- Aporte a los sistemas de software instalados y operativos de la empresa METCOL.
- Dispositivos configurados e integrados.
- Informe de compatibilidad e integración tecnológica.

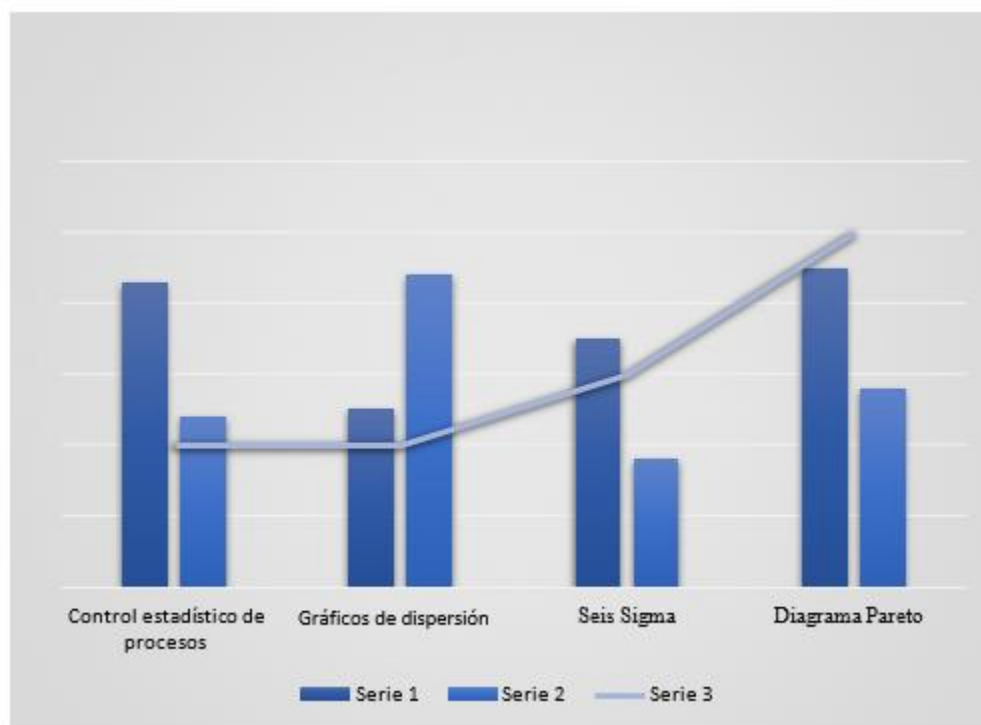
### ***Herramientas de calidad***

Se listan las herramientas de calidad que se implementaron a la hora de mejorar los procesos desde la construcción y fabricación de los productos y servicios que ofrece la empresa METCOL:

- Control estadístico de procesos (CEP)
- Seis Sigma
- Gráficos de dispersión
- Diagrama de Pareto

**Figura 6**

*Herramientas de calidad a implementarse según el personal*



El anterior representa las herramientas tecnológicas que se tomaron a la hora de la ejecución, evidenciando las que más se adaptan a una optimización del seguimiento en la producción y servicios que se ofrecen en METCOL.



## **Resultados de la fase de diseño de soluciones**

Prueba piloto: Validar el funcionamiento del sistema en un entorno controlado antes del despliegue completo.


Duración: 2 semanas.

### ***Actividades***

- Implementación de la prueba piloto en una línea específica o área de producción.
- Monitoreo y recolección de datos durante la operación piloto.
- Identificación de errores y ajustes en la configuración del sistema.
- Revisión de los KPIs preliminares (tiempos de ciclo, tasa de defectos, OEE).
- Informe de resultados de la prueba piloto.
- Plan de ajuste y corrección de errores detectados.
- Validación del sistema para despliegue completo.
- Vincular los procesos de seguimiento de producción actuales de la empresa, en búsqueda de áreas con oportunidades y con posibles obstáculos. Este propósito específico se justifica la identificación de procesos de seguimiento actuales, en la cadena de producción como en los servicios ofrecidos por METCOL. Así mismo, es fundamental para promover la mejora continua, en producción, la competitividad y el logro de los objetivos estratégicos para la empresa, los cuales le permiten reducir los riesgos y se optimizan los recursos. En este contexto, primero se llevó a cabo un diagnóstico de percepción tanto de los operadores como del área administrativa. El personal se mostró colaborativo en virtud de identificar objetivamente las áreas de oportunidad y potenciales impedimentos que se presentan y que en determinado momento contribuyen negativamente al bienestar de esta empresa.

Figura 8

## Herramientas propuestas para la inspección en progreso

 NIT 800.119.025-9		INSPECCION EN PROCESO				FECHA: 13-03-2023	CARGO				
						EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD				
						APROBO:	GERENTE				
						CODIGO:	MET-IEPR				
						PAGINA 2 DE 2					
PROCESO DE SOLDADURA											
LONGITUD	MEDIDA REQUERIDA	TOLERANCIA (mm)	MEDIDA EN PROCESO	CODIGO DE EQUIPO	TIG	MIG	ELECTRODO REVESTIDO	PLASMA	CODIGO OPERADOR	CANTIDAD	INSPECCION FINAL
L1											
L2											
L3											
L4											
L5											
L6											
L7											
DIAMETRO											
Ø 1											
Ø 2											
Ø 3											
Ø 4											
Ø 5											
INSTRUMENTO DE MEDICION			CODIGO		OBSERVACIONES						
PIE DE REY											
CALIBRE EXT											
CALIBRE INT											
FLEXOMETRO											
GONIOMETRO											
ACEPTADO:			RECHAZADO:			REVISO:					
PROCESO DE BABITADO											
LONGITUD	MEDIDA REQUERIDA	TOLERANCIA (mm)	MEDIDA EN PROCESO	CODIGO DE EQUIPO	PRODUCTO APLICADO	CANTIDAD	CODGIO OPERADOR	INSPECCION FINAL			
L1											
L2											
L3											
L4											
DIAMETRO											
Ø 1											
Ø 2											
Ø 3											
Ø 4											
INSTRUMENTO DE MEDICION			CODIGO		OBSERVACIONES						
PIE DE REY											
CALIBRE EXT											
CALIBRE INT											
FLEXOMETRO											
PIROMETRO											
ACEPTADO:			RECHAZADO:			REVISO:					
PROCESO DE METALIZADO											
LONGITUD	MEDIDA REQUERIDA	TOLERANCIA (mm)	MEDIDA EN PROCESO	CODIGO DE EQUIPO	ALTA FUSION	BAJA FUSION	PRODUCTO APLICADO	CANTIDAD	INSPECCION FINAL		
L1											
L2											
L3											
L4											
DIAMETRO											
Ø 1											
Ø 2											
Ø 3											
Ø 4											
INSTRUMENTO DE MEDICION			CODIGO		OBSERVACIONES						
PIE DE REY											
CALIBRE EXT											
CALIBRE INT											
FLEXOMETRO											
PIROMETRO											
ACEPTADO:			RECHAZADO:			REVISO:					

Nota. Se plantean cambios en la matriz de la inspección del proceso.

## **Resultados de la fase de implementación**

***Formación del personal:*** asegurar que el personal operativo y los supervisores estén capacitados en el uso del sistema y las nuevas herramientas aportadas al sistema de control.

Duración: 1 semana.

Actividades:

- Formación del personal en la utilización del software de seguimiento y registro de incidentes.
- Talleres prácticos sobre la interpretación de KPIs y uso de tableros de control.
- Formación en nuevas prácticas de mantenimiento preventivo y registro de tiempos muertos.
- Promoción de la cultura de mejora continua en la planta.
- Entrenamiento del personal operativo.
- Materiales de formación entregados.
- Listado de usuarios con acceso al sistema.

**Figura 9**

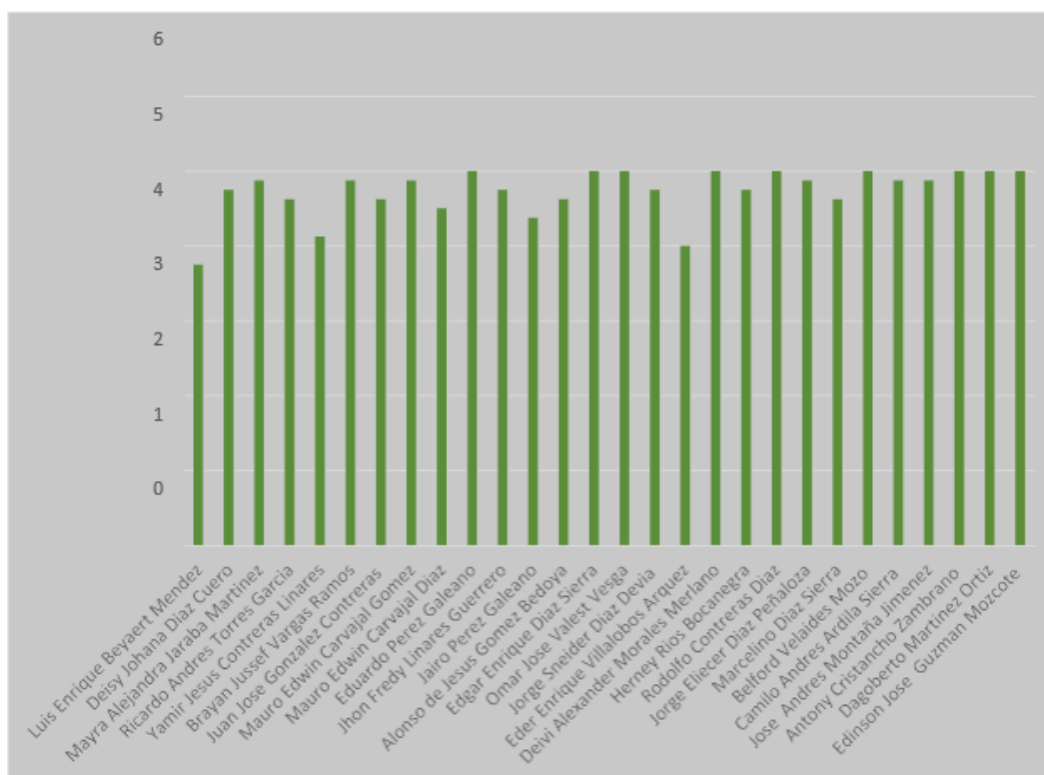
*Socialización con el personal encargado de las operaciones de METCOL*



*Nota.* Respondiendo a las dudas frente a la ejecución del proyecto.

**Figura 10**

*Calificación de las capacitaciones con el personal*



**Despliegue completo del sistema:** activar el sistema de seguimiento en todas las áreas de producción de la empresa Metcol Ltda. (Ahrens, T., & Chapman, C. (2007). Management Control Systems: A Study of the Processes of Control. Management Accounting Research, 18(2), 257-274).

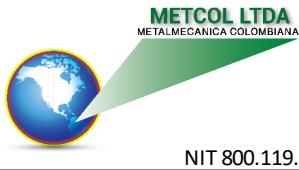
Duración: 3 semanas.

Actividades:

- Activación completa del seguimiento en todas las líneas de producción.
- Sincronización del sistema con los procesos de logística y control de calidad.
- Configuración final de alertas automáticas (fallos, retrasos, niveles de inventario).
- Monitoreo diario para asegurar la correcta operación del sistema.
- Base de datos activa con registros de producción.

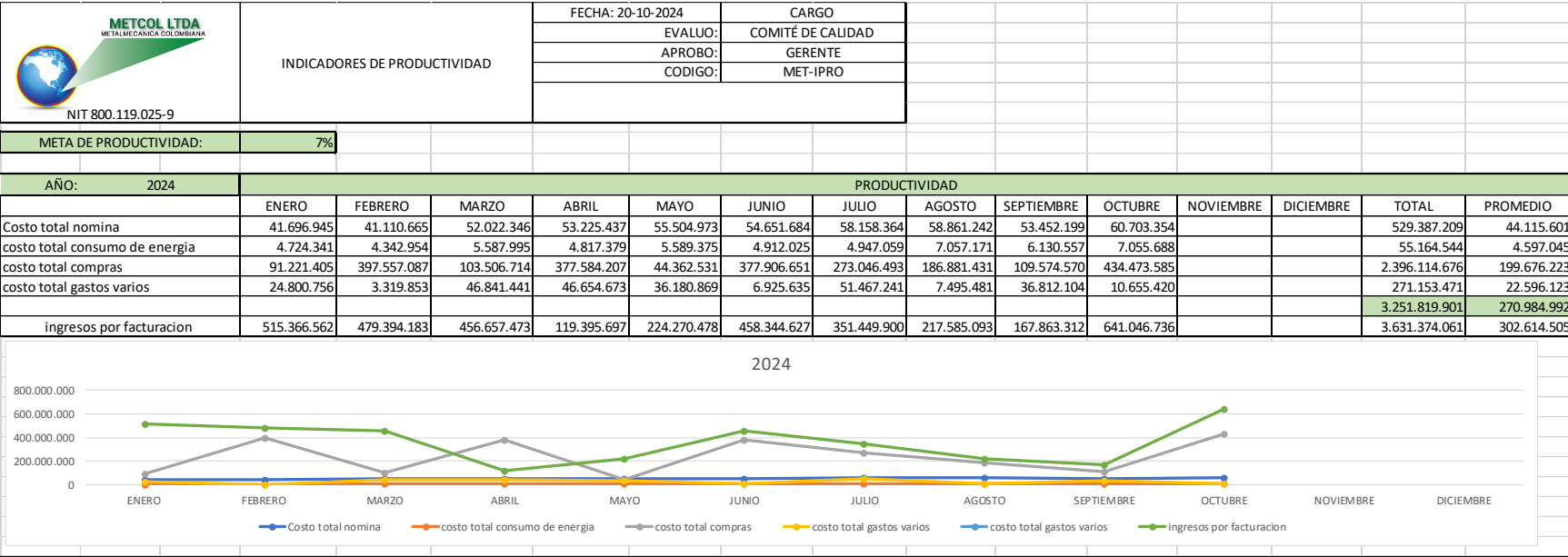
## Figura 11

*Indicadores de satisfacción de clientes*

	INDICADORES DE SATISFACCION DEL CLIENTE	FECHA: 20-06-2022	CARGO
		EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD
		APROBO:	GERENTE
		CODIGO:	MET-ISCL-1
NIT 800.119.025-9			
<b>INSTRUCCIONES</b>			
1	La satisfacción del cliente se mide de 1 a 5, siendo 1 la calificación mala y 5 una calificación excelente.		
2	Considerando la diversidad de clientes de METCOL LTDA y las limitaciones que se pueden presentar para obtener las calificaciones debido a las intrincadas cadenas de mando, se tomarán las calificaciones de los clientes que estén dispuestos a darlas y éstas serán en promedio un reflejo de todas.		
3	En la hoja "Datos" se reflejarán los datos de las calificaciones, quejas y reclamos anuales y promedios.		
4	En la hoja "Comparativa" se observará el comportamiento y evolución año a año de la satisfacción de los clientes de METCOL LTDA.		

**Figura 12**

*Indicadores de productividad en el transcurso del proyecto*



## Resultados de la fase de evaluación y monitoreo

Medir el impacto del sistema en el rendimiento de la planta y asegurar la mejora continua.


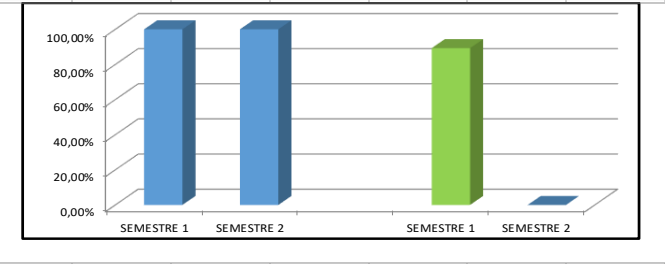
Duración: 2 semanas de seguimiento posterior al despliegue.

### Actividades

- Revisión periódica de los KPIs establecidos (productividad, calidad, eficiencia).
- Comparación de resultados actuales con los datos históricos previos a la implementación.
- Identificación de nuevas oportunidades de mejora.
- Reuniones de retroalimentación con operadores y supervisores.
- Ajuste del sistema según las observaciones obtenidas.
- Informe final de evaluación del impacto.

### Figura 13

#### Matriz de indicador de metas de METCOL


 NIT. 800.119.025-9		REGISTRO PRESENTACION DE INDICADORES		FECHA: 01/02/2023	CARGO																												
				EVALUO	COORDINADOR SIG																												
				APROBO	GERENTE																												
				CODIGO: MET-PROOV	Pagina 1 de 1																												
PROCESO:	COMPRAS																																
OBJETIVO RELACIONADO:	Mejorar continuamente los procesos del sistema integrado de gestion ajustandolo a los nuevos conceptos																																
INDICADOR:	+ % Proveedores reevaluados positivamente																																
META RELACIONADA:	2023 ≥ 90%	2024 ≥ 92%																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">2023</th> </tr> <tr> <th>TOTAL</th> <th>REALIZADAS</th> <th colspan="2">PORCENTAJE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SEMESTRE 1</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>100,00%</td> </tr> <tr> <td>SEMESTRE 2</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>100,00%</td> </tr> <tr> <th colspan="4">2024</th> </tr> <tr> <td>SEMESTRE 1</td> <td>28</td> <td>25</td> <td>89,29%</td> </tr> <tr> <td>SEMESTRE 2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>#DIV/0!</td> </tr> </tbody> </table>					2023				TOTAL	REALIZADAS	PORCENTAJE		SEMESTRE 1	6	6	100,00%	SEMESTRE 2	15	15	100,00%	2024				SEMESTRE 1	28	25	89,29%	SEMESTRE 2	0	0	#DIV/0!
2023																																	
TOTAL	REALIZADAS	PORCENTAJE																															
SEMESTRE 1	6	6	100,00%																														
SEMESTRE 2	15	15	100,00%																														
2024																																	
SEMESTRE 1	28	25	89,29%																														
SEMESTRE 2	0	0	#DIV/0!																														
																																	
	<b>CONCLUSION</b>																																
	Se tiene proveedores estables esto hace de las compras tengan su requerimientos en cuanto a la descripción del producto a comprar. Se reevaluan los proveedores para verificar la calidad y la fiabilidad del proveedor de quien está brindando el servicio representada en responsabilidad, cumplimiento, transparencia y legitimidad de su actividad económica.																																

*Nota.* Crecimiento en el comparativo anual, conclusión y recomendaciones a fin de realizar

cambios en busca de una mejora constante.

## Figura 14

### *Parámetros de aceptación final*


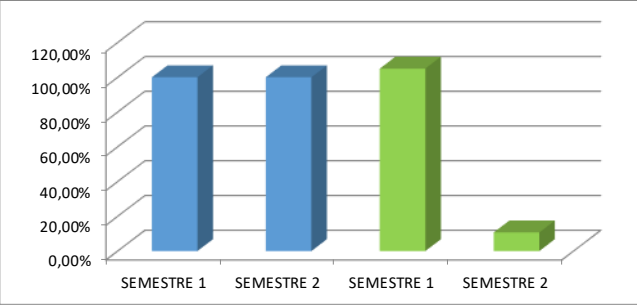
	ACEPTACION FINAL DE ELEMENTOS	FECHA:	
		EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD
		APROBO:	GERENTE
		CODIGO:	MET-AFE
DEFINICION:	La aceptación final de elementos corresponde al visto bueno por parte de METCOL LTDA a todos los trabajos ejecutados.		
CONDICIONES DE ACEPTACION:	1. Todos los elementos de fabricación deberán cumplir con las dimensiones especificadas en el plano.		
	2. Todos los elementos fabricados deberán cumplir con las tolerancias especificadas en el plano.		
	3. Los elementos no deberán presentar golpes, arañazos o cualquier otra marca evidencia de mala manipulación.		
	4. Los elementos no deberán presentar aristas cortantes a menos que lo exija el plano.		
	5. Todos los elementos deberán contar con los accesorios especificados en el plano.		
NOTA:	Estas condiciones deberán ser corroboradas por el personal de METCOL para continuar con los procesos de embalaje y envío.		

### ***Recursos necesarios***

Recursos humanos: jefe de proyecto (supervisión general del plan), área TIC (integración de formatos a la matriz de METCOL y coordinación operativa durante la implementación), operarios (uso del sistema y registro de datos).

Figura 15

## Recurso humano de METCOL comprometido con el proyecto

 NIT 800.119.025-9	PRESENTACION DE INDICADORES		FECHA:	6/10/2024
			EVALUO:	COMITÉ DE CALIDAD
			APROBO:	GERENTE
			CODIGO:	MET-PIN-1
PROCESO:	RECURSO HUMANO			
OBJETIVO RELACIONADO:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar al personal para tener talento con responsabilidad humana para dar solución en la satisfacción del cliente, en prevenir accidentes y enfermedades laborales y preservar el medio ambiente</li> </ul>			
INDICADOR:	<ul style="list-style-type: none"> <li>% Eficacia en la formación</li> </ul>			
META RELACIONADA:	AÑO 2023	AÑO 2024		
	90%	92%		
	AÑO 2023	TOTAL	REALIZADAS	PORCENTAJE
	SEMESTRE 1	5	5	100,00%
	SEMESTRE 2	4	4	100,00%
	AÑO 2024	TOTAL	REALIZADAS	PORCENTAJE
	SEMESTRE 1	20	21	105,00%
	SEMESTRE 2	28	3	10,71%
				
<b>CONCLUSION</b>				
<p>Se ha cumplido a totalidad con las capacitaciones programadas para el presente año, se ha contado con el apoyo de la ARL y se ha buscado una formación específica para los soldadores y sus ayudantes, contratada por la gerencia de la empresa con el fin de aumentar la productividad y conocimientos de los trabajadores. Para el año 2025 la empresa va a trabajar de forma intensiva en las capacitaciones en "Seguridad y Salud en el Trabajo", como una forma de aumentar la prevención dentro de la empresa, así como en "Calidad" para mejorar la competitividad de la empresa a través de la productividad de sus trabajadores, y la parte ambiental para buscar los aportes de la empresa a su medio ambiente, para lograr la sostenibilidad en el mundo empresarial.</p>				

*Nota.* Eficiencia de la inclusión de la propuesta por parte del recurso humano de METCOL.

**Recursos tecnológicos**

- Software SCADA para seguimiento.
- Sensores y PLCs para monitoreo en tiempo real.
- Servidores y computadoras para almacenamiento y análisis de datos.
- Conectividad de red en toda la planta.

**Recursos financieros**

- Gastos operativos asociados al despliegue del sistema



Los resultados que se alistan a continuación ofrecen un panorama de la ejecución del proyecto optimización del seguimiento de los procesos de producción en METCOL, orientados a mejorar la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente. Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*. PICSIE Brooks. Se detallan los principales resultados:

**Tabla 7**

*Indicadores antes y después del proyecto en METCOL*

<b>Indicador</b>	<b>Antes de la optimización</b>	<b>Después de la optimización</b>
Tiempo de ciclo	24 horas	19 horas
Tasa de defectos	15%	10%
Eficiencia del equipo	89%	95%

Análisis con los resultados esperados del proyecto que no solo contribuirán a mejorar la eficiencia y la calidad en METCOL, sino que también establecerán un marco para la sostenibilidad y el crecimiento a largo plazo.

A través de la optimización del seguimiento de procesos de producción, la empresa estará mejor posicionada para enfrentar los desafíos del mercado y satisfacer las expectativas de sus clientes, logrando una ventaja competitiva significativa.

## **Conclusiones**

### **Mejora en la eficiencia operativa**

- Disminución de los tiempos de ciclo: Se proyecta reducir el tiempo total necesario para finalizar los procesos productivos, mediante la detección y supresión de los puntos de congestión.
- Incremento en la productividad: La optimización de procesos y la implementación de herramientas tecnológicas deberían resultar en un aumento en la producción diaria sin incrementar los costos.

### **Aumento de la calidad del producto**

- Disminución de la tasa de defectos: Se anticipa una reducción significativa en la cantidad de productos defectuosos, lo que contribuirá a mejorar la reputación de la empresa y la satisfacción del cliente.
- Cumplimiento de normas de calidad: La implementación de un sistema de seguimiento mejorado permitirá a METCOL cumplir de manera más efectiva con las certificaciones de calidad relevantes, como ISO 9001.

### **Optimización de costos**

- Reducción de costos operativos: La eliminación de desperdicios y la mejora en la utilización de recursos deberían traducirse en una disminución de los costos operativos generales.
- Ahorros en inventario: Un seguimiento más efectivo permitirá gestionar mejor los niveles de inventario, evitando excesos y reduciendo costos asociados al almacenamiento.

### **Mejora en la satisfacción del cliente**

- Aumento de la puntualidad en entregas: Con procesos más eficientes, se espera mejorar la capacidad de cumplir con los plazos de entrega, lo que impactará positivamente en la percepción del cliente.
- Feedback positivo: Un aumento en la calidad del producto y la reducción de tiempos de entrega deberían resultar en comentarios más favorables por parte de los clientes.

### **Capacitación y compromiso del personal**

- Incremento de la capacitación del personal: Se espera que el programa de capacitación desarrolle habilidades en el personal para el uso efectivo de nuevas herramientas y metodologías, aumentando la confianza y el compromiso.
- Cultura de Mejora Continua: La adopción de nuevas prácticas fomentará un ambiente de innovación y mejora continua dentro de la organización.

### **Datos y análisis para la toma de decisiones**

- Disponibilidad de información en tiempo real: La implementación de herramientas de seguimiento proporcionará datos precisos y actualizados que facilitarán la toma de decisiones informadas.
- Mejoras en la toma de decisiones: La capacidad de analizar datos en tiempo real permitirá a la dirección reaccionar rápidamente a las fluctuaciones del mercado y ajustar estrategias según sea necesario.

## Recomendaciones

Llevar a cabo un estudio detallado al menos una vez al año de los procesos vigentes de la empresa METCOL, para detectar los sectores a potenciar y las posibilidades de mejora, así como la aplicación de instrumentos de calidad.

Dar prioridad a la formación del personal en la utilización y empleo de instrumentos como el Control Estadístico de Procesos (CEP) y la metodología Six Sigma, que asegura que todos los procesos se gestionen de manera eficaz.

Establecer equipos multidisciplinarios dedicados a la implementación y seguimiento de las herramientas de calidad, con roles claramente definidos y responsabilidades asignadas.

Fomentar una cultura de perfeccionamiento constante en toda la entidad, incentivando la implicación directa del personal en la detección de problemas y la exploración de soluciones alternativas.

Realizar auditorías periódicas para evaluar la efectividad de las herramientas de calidad, incorporando tecnologías innovadoras como sistemas de gestión de calidad digitalizados, para agilizar y optimizar los procesos de control de calidad.

Mantener la empresa actualizada sobre las mejores prácticas y tendencias en el campo de la calidad, participando en conferencias, seminarios y cursos de formación relevantes.

Incluir de manera activa a los directivos de la empresa en la implementación de herramientas de alta calidad, garantizando su dedicación y respaldo constante a través del tiempo. (Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simón & Schuster).

## Referencias

- Ahrens, T., & Chapman, C. (2007). *Management Control Systems: A Study of the Processes of Control*. *Management Accounting Research*, (pág. 257-274).
- Aleixandre Esmeralda. (25 julio 2022). *Los 5 KPIs de recursos humanos claves para tu organización*. <https://www.endalia.com/news/5-kpis-de-recursos-humanos-para-tu-organizacion/>.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2009). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation*. PICSIE Books.
- C/Ricardo Martín Esperanza. (2015). *Gestión de Calidad ATF 16949:2016, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015*. <https://www.amgmetalmecanica.com/calidad/>.
- Goldratt, E. M. (1990). *La Meta: Un Proceso de Mejora Continua*. Editorial McGraw- Hill.
- Gómez Pinto Oscar Orlando. (5 de diciembre de 2018). *Propuesta de un diseño metodológico para la administración estratégica de riesgos en el sector*.
- Guerrero, F. P. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de una planta de fabricación de alimento balanceado utilizando la metodología TPM*.
- HH Romero Arévalo. (2023). *Universidad Externado de Colombia Propuesta de diseño de una metodología para la gestión de proyectos, basado en los lineamientos del Project Management Institute PMI*, en MetLife Colombia Seguros de Vida S.A.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). *To Pull or Not to Pull: ¿What Is the Question?* *Manufacturan & Service Operations Management*. (pág. 133-148).
- International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO 9001:2015 – Quality Management Systems – Requirements*. ISO. (*The impact of quality management systems on the performance of manufacturing firms* / Semantic Scholar, s. f.).

International Organization for Standardization (ISO). (2015). ISO 14001:2015 – Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use. ISO.

Kafetzopoulos, D., & Psomas, E. L. (2015). *The Impact of Quality Management Practices on Performance: The Case of Greek Manufacturing Firms. Total, Quality Management & Business Excellence*, (pág. 552-570).

Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?. (2019). *¿Cuáles son los principios de la filosofía lean manufacturing?* <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>.

León, A. S. (2013). *Estudio de la innovación tecnológica en el proceso de diseño y desarrollo de producto: aplicación a las PyMEs de la industria auxiliar del automóvil: caso comparativo Estado de México y Cataluña*.

Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades (2011). *Procesos de negocio, facilitando el seguimiento y control de operaciones*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.