

Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas



Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas

Carlos Andrés Calderón

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

2024

Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas

Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas

Carlos Andrés Calderón

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

Hendry Alberto Rodríguez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

2024

## Contenido

Resumen.....	5
Abstract .....	7
Introducción .....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1 Descripción del problema.....	11
1.2 La pregunta de investigación.....	15
1.3 Los objetivos de investigación .....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos .....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	17
2. MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1. Marco de Antecedentes.....	20
2.2. Marco Teórico.....	22
2.3. Marco normativo.....	25
3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Enfoque y alcance de la investigación.....	28
3.2. Población y muestra.....	28
3.2.1. Definición de la población .....	28
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra .....	30
3.3. Instrumento(s).....	32
3.4. Descripción de procedimientos.....	35
3.5. Análisis de información.....	38
3.6. Consideraciones éticas .....	39
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas .....	39
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización .....	39
4. HIPÓTESIS .....	42

Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas

4.1. Las variables .....	42
4.1.1. Variable(s) independiente(s) .....	42
4.1.2. Variable(s) dependiente(s) .....	42
4.2. Planteamiento de hipótesis .....	43
5. RESULTADOS .....	44
6. CONCLUSIONES .....	52
Referencias.....	59
Anexos .....	60

## Resumen

Esta investigación evalúa el impacto de la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en la productividad y seguridad de las empresas manufactureras de Colombia entre 2019 y 2024. El estudio responde a la pregunta: ¿Cómo afecta la ausencia de mantenimiento preventivo en estos aspectos? Se justificó la investigación debido a la importancia crítica del mantenimiento preventivo en la eficiencia operativa y la seguridad laboral, y se propusieron objetivos específicos para analizar los sistemas globales de mantenimiento, identificar barreras en su adopción local, determinar su impacto en productividad y seguridad, y formular recomendaciones para mejorar su implementación.

Se utilizó una metodología cuantitativa mediante encuestas a empresas manufactureras, lo que permitió evaluar prácticas actuales y sus efectos. Los resultados revelaron que la mayoría de las empresas emplean un enfoque reactivo en mantenimiento, con una ausencia significativa de planificación preventiva formal. Esto se traduce en menores niveles de productividad y mayores riesgos de seguridad.

Las recomendaciones incluyen la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo formalmente documentados, capacitación adecuada para el personal, y la asignación de recursos necesarios para optimizar el mantenimiento. Estos hallazgos subrayan la necesidad de mejorar la adopción de prácticas preventivas para fortalecer la competitividad y seguridad en el sector manufacturero colombiano.

Solución Integral para la Optimización y Gestión Eficiente del Mantenimiento de Equipos y Maquinarias Mecánicas en Empresas

*Palabras clave: Mantenimiento preventivo, productividad, seguridad laboral, sistemas de gestión de mantenimiento, empresas manufactureras, Colombia, investigación cuantitativa, barreras de adopción, eficiencia operativa, planificación preventiva.*

## **Abstract**

This research investigates the impact of the lack of preventive maintenance management systems on the productivity and safety of manufacturing companies in Colombia between 2019 and 2024. The study begins with a comprehensive literature review, highlighting global maintenance management practices and their relevance to industrial efficiency and safety. The primary research question examines how the absence of structured preventive maintenance systems affects operational performance and workplace safety. Objectives include analyzing global preventive maintenance systems, identifying factors hindering their adoption in Colombian manufacturing, and assessing the impact of their absence on productivity and safety. Methodologically, the study employs a quantitative approach, utilizing surveys to gather data from manufacturing firms. Results reveal a significant prevalence of reactive maintenance practices, a lack of formal preventive maintenance plans, and varied perceptions of preventive maintenance's impact on productivity and safety. The findings underscore the need for improved adoption of preventive maintenance practices. Recommendations are provided to address barriers and enhance the effectiveness of maintenance systems, thereby improving overall operational performance and workplace safety.

*Keywords:* Preventive maintenance, productivity, workplace safety, maintenance management systems, manufacturing companies, Colombia, quantitative research, adoption barriers, operational efficiency, preventive planning

## Introducción

La presente investigación se enfoca en evaluar el impacto de la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en la productividad y seguridad de las empresas manufactureras de Colombia durante el período 2019-2024. La gestión efectiva del mantenimiento preventivo es un aspecto crítico en la industria manufacturera, ya que influye directamente en la operatividad de los equipos y en la seguridad laboral. Sin embargo, muchas empresas enfrentan desafíos significativos en la adopción y ejecución de estos sistemas, lo que puede llevar a un aumento en las fallas de equipos, paradas no planificadas y riesgos de seguridad.

El problema de investigación se centra en entender cómo la ausencia de un sistema formal de mantenimiento preventivo afecta tanto la productividad como la seguridad en estas empresas. La pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cómo impacta la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en la productividad y la seguridad de las empresas manufactureras colombianas entre 2019 y 2024? Esta pregunta busca explorar la relación entre la falta de mantenimiento preventivo y los problemas operativos y de seguridad que enfrentan estas empresas.

La justificación de este estudio radica en la necesidad de identificar y abordar las deficiencias en la gestión de mantenimiento preventivo para mejorar el desempeño general y la seguridad en el sector manufacturero colombiano. A través de este análisis, se pretende proporcionar recomendaciones prácticas para optimizar las prácticas de mantenimiento y

fomentar una mayor adopción de sistemas preventivos, lo cual es crucial para el desarrollo sostenible y competitivo de la industria.

Los objetivos de la investigación se estructuran en torno a cuatro aspectos principales: (1) Analizar los principales sistemas de gestión de mantenimiento preventivo utilizados globalmente, (2) Identificar los factores que han impedido su adopción en las empresas manufactureras colombianas, (3) Determinar el impacto de la falta de estos sistemas en la productividad y seguridad de las empresas, y (4) Proponer recomendaciones para mejorar su adopción.

La revisión literaria revela que el mantenimiento preventivo es ampliamente reconocido por su capacidad para reducir costos operativos y aumentar la seguridad, aunque la implementación efectiva varía significativamente entre las empresas. La metodología empleada en el estudio incluyó un enfoque cuantitativo basado en encuestas dirigidas a un conjunto de empresas manufactureras en Colombia, permitiendo una evaluación detallada de las prácticas actuales y sus efectos.

Los resultados obtenidos muestran una clara dependencia de enfoques reactivos en la mayoría de las empresas, con una significativa falta de planificación preventiva documentada. Estos hallazgos sugieren que la mayoría de las empresas enfrentan desafíos en la implementación de sistemas formales, lo que se traduce en una menor productividad y mayores riesgos de seguridad.

En conclusión, la investigación subraya la importancia de la adopción de sistemas de mantenimiento preventivo bien estructurados. Las recomendaciones derivadas de este estudio están orientadas a mejorar la documentación, capacitación, y recursos destinados al

mantenimiento preventivo, con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa y garantizar un entorno de trabajo más seguro. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y para la formulación de políticas que promuevan prácticas de mantenimiento más efectivas en el sector manufacturero colombiano.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

La gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias mecánicas es un desafío crucial que enfrenta la industria a nivel mundial, influyendo directamente en la eficiencia operativa, la seguridad laboral y la sostenibilidad económica y ambiental. En un entorno global donde la competitividad está estrechamente ligada a la capacidad de las empresas para mantener sus operaciones sin interrupciones, un mantenimiento ineficiente puede tener consecuencias catastróficas. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha subrayado que en industrias manufactureras, los costos asociados a la falta de un mantenimiento adecuado pueden representar hasta un 20% de los costos operativos totales, un porcentaje significativo que afecta tanto a grandes corporaciones como a pequeñas y medianas empresas (ONUDI, 2020).

En Colombia, la situación es particularmente preocupante debido a la falta de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo en muchas empresas. A pesar del crecimiento sostenido en sectores clave como la construcción, la minería y la manufactura, la mayoría de las empresas industriales del país todavía dependen en gran medida de prácticas de mantenimiento reactivo. Este enfoque, donde las reparaciones y el mantenimiento se realizan solo después de que ocurre una falla, ha demostrado ser ineficiente y costoso a largo plazo. Según datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP), el 60% de las empresas industriales en Colombia no cuenta con un plan formal de mantenimiento preventivo, lo que se traduce en un mayor riesgo de fallas inesperadas, tiempos de inactividad prolongados y, en consecuencia, una disminución significativa en la productividad (DNP, 2021).

El problema se agrava en sectores como la construcción, donde la maquinaria pesada es esencial para la ejecución de proyectos en tiempo y forma. La falta de un mantenimiento adecuado no solo compromete la eficiencia operativa, sino que también pone en riesgo la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de los plazos contractuales, lo que puede llevar a sanciones legales y a la pérdida de la confianza de los clientes. Estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia indican que, a nivel regional, las empresas ubicadas en áreas con menor acceso a tecnología avanzada enfrentan mayores dificultades para implementar soluciones de mantenimiento efectivas, lo que exacerba el problema y perpetúa un ciclo de ineficiencia y altos costos (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

### **1.1.1. Causas del Problema**

Las causas subyacentes del problema de la gestión ineficiente del mantenimiento en las empresas colombianas son múltiples y complejas. Una de las principales causas es la falta de capacitación y formación especializada en prácticas de mantenimiento avanzado. A pesar de la creciente demanda de habilidades técnicas en el mercado laboral, muchas empresas no invierten lo suficiente en la formación continua de su personal, lo que limita la capacidad de las organizaciones para adoptar métodos de mantenimiento preventivo y predictivo. El Consejo Privado de Competitividad (CPC) ha señalado que esta falta de inversión en capital humano es una de las barreras más significativas para la modernización del sector industrial en Colombia (CPC, 2022).

Otra causa importante es la escasez de recursos financieros para la implementación de tecnologías de monitoreo y diagnóstico en tiempo real. Estas tecnologías, que permiten un

seguimiento constante del estado de los equipos y la identificación de posibles fallas antes de que ocurran, son fundamentales para la transición de un enfoque reactivo a uno preventivo en el mantenimiento. Sin embargo, su alto costo y la falta de acceso a financiamiento adecuado dificultan su adopción por parte de muchas empresas, especialmente las pequeñas y medianas. Esta situación se ve agravada por la percepción de que los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS), aunque efectivos, son costosos y complicados de implementar. Como resultado, muchas empresas optan por seguir utilizando métodos tradicionales de mantenimiento, que son menos eficientes y más propensos a errores humanos (Gómez & Rodríguez, 2020).

### **1.1.2. Consecuencias del Problema**

Las consecuencias de la ineficiencia en la gestión del mantenimiento son profundas y afectan a múltiples niveles dentro de las organizaciones y en la sociedad en general. En primer lugar, la productividad de las empresas se ve severamente comprometida. Según la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), las fallas no planificadas pueden reducir la productividad de una planta en hasta un 30%, lo que no solo impacta los ingresos de la empresa, sino que también pone en riesgo su capacidad para cumplir con los plazos y estándares de calidad exigidos por sus clientes (ACIEM, 2021).

Además, la gestión deficiente del mantenimiento aumenta significativamente el riesgo de accidentes laborales. La falta de monitoreo adecuado de las condiciones de los equipos puede dar lugar a fallas inesperadas y potencialmente catastróficas, poniendo en peligro la vida de los trabajadores. El Ministerio de Trabajo de Colombia informa que aproximadamente el 25% de los

accidentes laborales en el sector industrial están relacionados con fallas en la maquinaria debidas a un mantenimiento inadecuado (Ministerio de Trabajo, 2021). Estos accidentes no solo tienen un alto costo humano, sino que también generan costos financieros adicionales en términos de indemnizaciones, seguros y pérdida de reputación.

Desde una perspectiva ambiental, el mantenimiento deficiente también tiene consecuencias significativas. El desgaste prematuro de los equipos debido a la falta de mantenimiento adecuado genera un mayor volumen de residuos industriales y una utilización ineficiente de los recursos. Este problema es particularmente relevante en un contexto global donde la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad para los gobiernos, las empresas y los consumidores. La incapacidad de las empresas para gestionar adecuadamente sus activos no solo afecta su viabilidad económica, sino que también contribuye a la degradación ambiental y al agotamiento de recursos naturales (Portafolio, 2021).

En conclusión, la gestión ineficiente del mantenimiento en las empresas colombianas es un problema de gran envergadura que afecta no solo la productividad y competitividad de las organizaciones, sino también la seguridad de los trabajadores y la sostenibilidad ambiental. La falta de inversión en capacitación y tecnología, junto con la persistencia de métodos tradicionales de mantenimiento, son las principales causas de este problema, cuyas consecuencias podrían ser aún más graves si no se toman medidas correctivas de manera oportuna.

## **1.2 La pregunta de investigación**

¿Cómo afecta la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo a la productividad y seguridad en las empresas manufactureras de Colombia entre 2019 y 2024?"

### **1.3 Los objetivos de investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el impacto de la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en la productividad y seguridad de las empresas manufactureras de Colombia entre 2019 y 2024.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✚ Analizar los principales sistemas de gestión de mantenimiento preventivo utilizados en la industria manufacturera a nivel global.
- ✚ Identificar los factores que han impedido la adopción de sistemas de mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras colombianas.
- ✚ Determinar el impacto de la falta de sistemas de mantenimiento preventivo en la productividad y la seguridad de las empresas manufactureras en Colombia.
- ✚ Proponer recomendaciones para mejorar la adopción de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras colombianas.

## **1.4 Justificación de la investigación**

La investigación sobre la gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias mecánicas en empresas manufactureras colombianas es de vital importancia tanto para la comunidad científica como para el sector industrial. En un mundo donde la eficiencia operativa y la seguridad en el trabajo son prioridades globales, la falta de un mantenimiento adecuado puede derivar en pérdidas económicas significativas, accidentes laborales y un impacto ambiental negativo. Esta investigación busca aportar conocimiento valioso que no solo permitirá mejorar las prácticas actuales en Colombia, sino también contribuirá al avance teórico y práctico en el campo de la gestión del mantenimiento industrial.

### **1.4.1 Importancia para la Comunidad Científica**

La investigación en gestión del mantenimiento es crucial para llenar vacíos en la literatura existente, especialmente en el contexto de países en desarrollo como Colombia. Actualmente, gran parte de la literatura científica sobre mantenimiento preventivo y predictivo se centra en países con economías más avanzadas y con un acceso más amplio a tecnologías de última generación. Sin embargo, las realidades y desafíos que enfrentan las empresas en Colombia son diferentes y requieren soluciones adaptadas a sus necesidades y limitaciones.

Esta investigación contribuirá a expandir el cuerpo de conocimiento en este campo al proporcionar datos y análisis específicos del contexto colombiano. Además, al explorar la implementación de sistemas de mantenimiento en un entorno con recursos limitados, se podrán desarrollar modelos teóricos y estrategias prácticas que sean aplicables no solo en Colombia, sino en otros países con condiciones similares. Este tipo de conocimiento es invaluable para la

comunidad científica, ya que ofrece una perspectiva diversificada y contextualizada sobre un tema que, hasta ahora, ha sido estudiado principalmente en contextos diferentes.

#### **1.4.2 Beneficios para la Industria y la Comunidad**

El desarrollo de esta investigación tiene un impacto directo en la industria manufacturera de Colombia. Uno de los mayores desafíos que enfrentan las empresas en el país es la falta de un mantenimiento preventivo efectivo, lo que lleva a fallas inesperadas, pérdida de productividad y un aumento en los costos operativos. Al identificar las barreras que impiden la adopción de sistemas de mantenimiento eficientes y proponer soluciones prácticas, esta investigación puede ayudar a las empresas a mejorar su rendimiento, reducir sus costos y aumentar su competitividad tanto a nivel nacional como internacional.

Asimismo, la implementación de sistemas de mantenimiento más eficientes tiene un impacto positivo en la seguridad laboral. En Colombia, la seguridad en el trabajo es una preocupación constante, especialmente en industrias que dependen de maquinaria pesada. Al mejorar la gestión del mantenimiento, se pueden reducir significativamente los riesgos de accidentes laborales, lo que no solo protege la vida y la salud de los trabajadores, sino que también disminuye los costos asociados con indemnizaciones, seguros y pérdida de reputación.

Además, esta investigación beneficia a la comunidad en general, ya que promueve prácticas más sostenibles dentro de la industria. El mantenimiento adecuado de equipos y maquinarias no solo extiende su vida útil, sino que también reduce el consumo de recursos y la generación de residuos industriales, contribuyendo así a la protección del medio ambiente. En un

contexto global donde la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad, esta investigación apoya los esfuerzos hacia un desarrollo más responsable y equilibrado.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Marco de Antecedentes

La gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias mecánicas es un factor determinante para la eficiencia operativa, la seguridad laboral, y la sostenibilidad económica de la industria. En el contexto global, la evolución de las prácticas de mantenimiento ha pasado de enfoques reactivos a modelos preventivos y predictivos, que buscan anticipar fallas y optimizar el ciclo de vida de los activos. Esta evolución responde a la necesidad de minimizar los costos operativos y garantizar la continuidad de las operaciones, aspectos esenciales en un entorno cada vez más competitivo. Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2020), los costos asociados a la falta de un mantenimiento adecuado pueden representar hasta un 20% de los costos operativos totales en industrias manufactureras.

La teoría del Mantenimiento Productivo Total (TPM), introducida por Nakajima en 1988, ha sido fundamental en la transformación de la gestión del mantenimiento. Este enfoque se centra en maximizar la eficiencia de los equipos a través de la participación activa de todos los niveles de la organización, promoviendo una cultura de mejora continua (Nakajima, 1988). Además, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), descrito por Moubray (1997), ha ganado prominencia por su capacidad para priorizar las actividades de mantenimiento según la criticidad de los activos, reduciendo así el riesgo de fallos catastróficos (Moubray, 1997).

A nivel global, la adopción de estos enfoques ha mostrado resultados positivos en la reducción de tiempos de inactividad y en el aumento de la vida útil de los equipos. Smith y Hawkins (2021) señalan que la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo y

predictivo puede reducir los costos operativos en un 10-30%, mejorando así la competitividad de las empresas. Sin embargo, esta transición no ha sido uniforme en todos los países, y en contextos como el colombiano, la realidad es significativamente diferente.

En Colombia, la mayoría de las empresas industriales aún dependen en gran medida de prácticas de mantenimiento reactivo, lo que implica que las reparaciones se realizan solo después de que ocurre una falla. Este enfoque ha demostrado ser costoso e ineficiente a largo plazo, afectando tanto la productividad como la seguridad en el trabajo. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2021), el 60% de las empresas industriales en Colombia no cuenta con un plan formal de mantenimiento preventivo, lo que se traduce en un mayor riesgo de fallas inesperadas y tiempos de inactividad prolongados, con una consecuente disminución en la productividad.

La falta de capacitación y formación especializada en prácticas de mantenimiento avanzado es una de las principales barreras para la adopción de estos sistemas en Colombia. El Consejo Privado de Competitividad (CPC, 2022) destaca que la escasez de inversión en capital humano limita la capacidad de las empresas para adoptar métodos de mantenimiento preventivo y predictivo, perpetuando así un ciclo de ineficiencia. Además, la percepción de que los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) son costosos y complicados de implementar ha desincentivado su adopción, especialmente en pequeñas y medianas empresas (Gómez & Rodríguez, 2020).

El impacto de la gestión deficiente del mantenimiento en la productividad es significativo. La Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM, 2021) reporta que las fallas no planificadas pueden reducir la productividad de una planta en hasta un 30%. Esto no solo afecta

los ingresos de la empresa, sino que también compromete su capacidad para cumplir con los plazos y estándares de calidad exigidos por sus clientes. Además, la falta de mantenimiento adecuado incrementa el riesgo de accidentes laborales. El Ministerio de Trabajo de Colombia (2021) informa que aproximadamente el 25% de los accidentes laborales en el sector industrial están relacionados con fallas en la maquinaria debidas a un mantenimiento inadecuado.

Desde una perspectiva ambiental, el mantenimiento deficiente también tiene consecuencias graves. El desgaste prematuro de los equipos debido a la falta de mantenimiento genera un mayor volumen de residuos industriales y una utilización ineficiente de los recursos. En un contexto global donde la sostenibilidad es una prioridad, esta ineficiencia no solo afecta la viabilidad económica de las empresas, sino que también contribuye a la degradación ambiental (Portafolio, 2021).

En el contexto colombiano, la situación se agrava en sectores como la construcción, donde la maquinaria pesada es esencial para la ejecución de proyectos en tiempo y forma. Estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia (2019) indican que las empresas ubicadas en áreas con menor acceso a tecnología avanzada enfrentan mayores dificultades para implementar soluciones de mantenimiento efectivas. Esta disparidad tecnológica exacerba el problema y perpetúa un ciclo de ineficiencia y altos costos.

## **2.2.Marco Teórico**

La gestión del mantenimiento en la industria es un campo multidisciplinario que integra conocimientos de ingeniería, administración, y tecnologías de la información para garantizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos y maquinarias. Este marco teórico aborda las

principales teorías y modelos que sustentan el mantenimiento preventivo y predictivo, así como su relevancia en el contexto de la industria manufacturera en Colombia.

### **Mantenimiento Industrial: Conceptos y Evolución**

El mantenimiento industrial ha evolucionado significativamente desde sus inicios, pasando de un enfoque correctivo, donde las intervenciones se realizaban únicamente después de una falla, a un enfoque preventivo y predictivo. Según Moubray (1997), el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una estrategia que ha transformado la manera en que se gestionan los activos industriales, enfatizando la importancia de mantener la funcionalidad de los equipos en lugar de solo repararlos tras una falla. Este enfoque se basa en la identificación de los modos de falla y en la planificación de intervenciones que minimicen los riesgos operacionales.

Nakajima (1988) introdujo el concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM), una metodología que busca maximizar la eficiencia de los equipos mediante la participación de todos los niveles de la organización. El TPM no solo se enfoca en el mantenimiento técnico, sino que también incorpora aspectos de formación, seguridad y mejora continua, lo que lo convierte en un enfoque integral para la gestión del mantenimiento.

### **Mantenimiento Preventivo y Predictivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a las intervenciones programadas con el fin de evitar fallas antes de que ocurran. Este tipo de mantenimiento se basa en intervalos de tiempo o en el uso de los equipos, y busca prolongar la vida útil de los activos y reducir los tiempos de inactividad (Smith & Hawkins, 2021). Sin embargo, su efectividad depende en gran medida de la calidad de los datos históricos y de la experiencia del personal encargado de su ejecución.

Por otro lado, el mantenimiento predictivo utiliza tecnologías avanzadas para monitorear en tiempo real el estado de los equipos. Este enfoque permite predecir cuándo ocurrirá una falla basándose en el análisis de datos obtenidos de sensores y otras herramientas de monitoreo. Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU-INDIA, 2020), la implementación de tecnologías predictivas puede reducir significativamente los costos operativos, ya que permite a las empresas intervenir solo cuando es necesario, evitando así intervenciones innecesarias y maximizando el tiempo de operación.

### **Barreras para la Implementación en Colombia**

A pesar de las ventajas del mantenimiento preventivo y predictivo, muchas empresas en Colombia aún dependen de un enfoque reactivo. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2021), el 60% de las empresas industriales en Colombia carece de un plan formal de mantenimiento preventivo, lo que se traduce en un mayor riesgo de fallas inesperadas y una disminución en la productividad.

Gómez y Rodríguez (2020) señalan que las principales barreras para la adopción de sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo en Colombia son la falta de capacitación especializada y la percepción de que estos sistemas son costosos y difíciles de implementar. Además, la falta de acceso a financiamiento y la escasez de tecnologías avanzadas en áreas rurales agravan la situación, limitando la capacidad de las empresas para modernizar sus prácticas de mantenimiento (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

### **Impacto en la Productividad y la Seguridad**

La gestión ineficiente del mantenimiento tiene consecuencias directas en la productividad y la seguridad de las empresas. Según la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM, 2021), las fallas no planificadas pueden reducir la productividad en hasta un 30%, afectando la capacidad de las empresas para cumplir con sus compromisos contractuales y manteniendo la competitividad en un mercado globalizado.

En términos de seguridad, la falta de mantenimiento adecuado aumenta significativamente el riesgo de accidentes laborales. El Ministerio de Trabajo de Colombia (2021) informa que el 25% de los accidentes laborales en el sector industrial están relacionados con fallas en la maquinaria, lo que pone en peligro la vida de los trabajadores y genera costos adicionales en términos de indemnizaciones y pérdida de reputación.

## **Sostenibilidad y Mantenimiento**

En el contexto actual, donde la sostenibilidad es una prioridad global, el mantenimiento eficiente de los equipos industriales se convierte en un factor clave para la gestión ambiental. Un mantenimiento deficiente no solo provoca un desgaste prematuro de los equipos, sino que también contribuye a un mayor consumo de recursos y a la generación de residuos industriales. Según Portafolio (2021), las empresas que implementan estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo no solo mejoran su eficiencia operativa, sino que también contribuyen a la sostenibilidad al reducir su impacto ambiental.

### **2.3.Marco normativo**

#### **2.3.1. Normas Internacionales**

- **ISO 55000 (Gestión de Activos):** Esta norma establece los requisitos para una gestión efectiva de los activos, incluyendo el mantenimiento preventivo y predictivo. Proporciona directrices sobre cómo mejorar la gestión del ciclo de vida de los activos y optimizar su rendimiento.
- **ISO 9001 (Sistema de Gestión de la Calidad):** Establece los criterios para un sistema de gestión de calidad que puede incluir prácticas de mantenimiento para asegurar la calidad y fiabilidad de los productos y servicios.
- **ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental):** Define los requisitos para un sistema de gestión ambiental, promoviendo prácticas de mantenimiento que reduzcan el impacto ambiental y mejoren la sostenibilidad.

### 2.3.2. Normas Nacionales en Colombia

- **Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional):** Incluye disposiciones sobre la protección de la salud de los trabajadores, estableciendo requisitos para la seguridad en el trabajo que pueden relacionarse con el mantenimiento de equipos y maquinaria para prevenir accidentes.
- **Ley 1562 de 2012 (Reforma al Sistema General de Riesgos Laborales):** Regula el sistema de riesgos laborales en Colombia, estableciendo medidas para prevenir y controlar accidentes de trabajo, que se relacionan directamente con el mantenimiento adecuado de equipos industriales.
- **Decreto 1072 de 2015 (Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo):** Este decreto compila las normas sobre seguridad y salud en el trabajo, incluyendo

directrices para la inspección y mantenimiento de equipos para garantizar condiciones laborales seguras.

- **Resolución 2400 de 1979 (Reglamento de Higiene y Seguridad en los Trabajos):** Establece las normas para la higiene y seguridad en los trabajos industriales, incluyendo aspectos relacionados con el mantenimiento de maquinaria y equipos.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 5555 (Mantenimiento Industrial):** Proporciona directrices específicas para la gestión del mantenimiento industrial en Colombia, enfocándose en prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo adaptadas a la realidad del país.

### 2.3.3. Requisitos de Reportes y Certificaciones

- **Certificaciones de Seguridad y Calidad:** Las empresas pueden requerir certificaciones específicas como la OHSAS 18001 (ahora ISO 45001) para sistemas de gestión de salud y seguridad ocupacional, que pueden incluir prácticas de mantenimiento seguro.
- **Informes de Cumplimiento:** Las empresas están obligadas a presentar informes periódicos de cumplimiento con las normativas de seguridad y salud en el trabajo, que incluyen aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos.

### 2.3.4. Otras Consideraciones Legales

- **Responsabilidad Civil y Penal:** La falta de mantenimiento adecuado puede llevar a responsabilidades civiles y penales en caso de accidentes o fallas que causen daños a terceros. Esto resalta la importancia de cumplir con las normativas para evitar sanciones legales y proteger la integridad de los empleados.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de investigación que enmarca este proyecto es cuantitativo, dado que se centra en la recolección y análisis de datos numéricos mediante encuestas. Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), el enfoque cuantitativo se caracteriza por su orientación hacia la medición objetiva y sistemática de fenómenos, utilizando instrumentos estandarizados para obtener datos que permiten generalizar los resultados a una población más amplia. En este proyecto, se implementarán encuestas estructuradas para evaluar la falta de sistemas de mantenimiento preventivo y su impacto en la productividad y seguridad en las empresas manufactureras de Colombia. El alcance de este enfoque se limita a la recopilación de datos cuantificables sobre la situación actual del mantenimiento en estas empresas, permitiendo el análisis estadístico de las variables de interés y la identificación de patrones y relaciones. Este enfoque proporciona una base sólida para realizar inferencias y recomendaciones basadas en evidencia empírica, con el objetivo de mejorar la gestión del mantenimiento en el sector manufacturero colombiano.

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Definición de la población

#### Características de la población:

1. **Tipo de Empresas:** Empresas manufactureras que realizan procesos de producción industrial. Estas pueden incluir grandes corporaciones, pequeñas y medianas empresas (PYMEs) que operan en el país.

2. **Sectores Industriales:** Empresas pertenecientes a sectores clave como la construcción, minería y manufactura. Estos sectores son esenciales para la economía nacional y se caracterizan por el uso intensivo de maquinaria pesada y equipos industriales.
3. **Ubicación Geográfica:** Empresas distribuidas en diversas regiones de Colombia, abarcando tanto áreas urbanas como rurales. Esto incluye tanto las principales ciudades industriales como las zonas rurales que pueden enfrentar desafíos adicionales relacionados con el acceso a tecnología y recursos.
4. **Tamaño de la Empresa:** La población incluye tanto grandes corporaciones como pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Estas categorías pueden diferir en términos de recursos disponibles para mantenimiento, tecnología empleada y prácticas de gestión.
5. **Estructura Organizativa:** Empresas con diferentes estructuras organizativas, desde aquellas con departamentos dedicados a mantenimiento hasta las que carecen de una estructura formal para este propósito. Esto influye en la implementación y efectividad de las prácticas de mantenimiento.
6. **Equipos y Maquinaria:** Las empresas que utilizan maquinaria y equipos industriales en sus procesos productivos. Esto incluye una amplia gama de equipos, desde maquinaria pesada hasta equipos especializados para la manufactura.
7. **Prácticas de Mantenimiento:** Empresas que, según datos preliminares, han mostrado una dependencia significativa de prácticas de mantenimiento reactivo, con una falta de implementación formal de sistemas de mantenimiento preventivo o predictivo.

### 3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

#### Tipo de Muestreo

**Tipo de Muestreo:** No probabilístico, específicamente **muestreo por conveniencia**.

Dado que la muestra será seleccionada en función de la accesibilidad y disponibilidad de los participantes, el muestreo por conveniencia es adecuado para obtener datos preliminares o cuando los recursos para realizar un muestreo probabilístico son limitados.

#### Tamaño de la Muestra

**Tamaño de la Muestra:** Para calcular el tamaño de la muestra en un estudio cuantitativo, se considera el nivel de confianza y el margen de error. En este caso, con una muestra de 20 personas, la metodología puede ser ilustrativa más que exacta, pero se proporciona un cálculo general para una muestra más grande.

Supongamos que se desea un **nivel de confianza del 95%** ( $z = 1.96$ ) y un **margen de error del 10%**. La fórmula para calcular el tamaño de muestra en una población infinita es:

**Fórmula para calcular el tamaño de muestra:**

$$n = (Z^2 * p * (1-p)) / E^2$$

**Dónde:**

- **n:** Tamaño de muestra requerido.
- **Z:** Valor z correspondiente al nivel de confianza deseado (en este caso, 1.96 para un 95% de confianza).

- **p:** Proporción estimada de la característica de interés en la población. Se suele usar 0.5 cuando no se tiene información previa, ya que maximiza el tamaño de muestra.
- **(1-p):** Complemento de la proporción estimada.
- **E:** Margen de error deseado.

**Sustituyendo los valores:**

$$\begin{aligned}n &= (1.96^2 * 0.5 * (1-0.5)) / 0.10^2 \\&= (3.8416 * 0.5 * 0.5) / 0.01 \\&= 0.9604 / 0.01 \\&\approx 96\end{aligned}$$

**1. Criterios de Inclusión y Exclusión**

**Criterios de Inclusión:**

1. **Rol en la Empresa:** Participantes deben estar directamente involucrados en la gestión de mantenimiento o tener conocimiento sobre las prácticas de mantenimiento en la empresa.
2. **Experiencia Laboral:** Empleados con al menos 1 año de experiencia en la empresa para garantizar una comprensión adecuada de las prácticas de mantenimiento.
3. **Ubicación:** Empleados de empresas manufactureras ubicadas en las áreas seleccionadas para el estudio.

**Criterios de Exclusión:**

2. **Experiencia Insuficiente:** Empleados con menos de 1 año en la empresa, ya que podrían no tener una visión completa de las prácticas de mantenimiento.
3. **Roles No Relevantes:** Personal no involucrado en la gestión o supervisión de mantenimiento, como personal administrativo sin contacto con los equipos.
4. **Empresas Fuera del Sector:** Empresas que no sean del sector manufacturero o no operen con maquinaria relevante para el estudio.

### 3.3. Instrumento(s)

#### Encuesta

**Objetivo:** La encuesta tiene como objetivo principal recopilar datos cuantitativos sobre la implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en empresas manufactureras de Colombia y su impacto en la productividad y seguridad. Se busca identificar las percepciones y prácticas actuales de mantenimiento y evaluar cómo estas afectan a la eficiencia operativa y la seguridad en el trabajo.

#### Estructura:

1. **Introducción:** Breve descripción del propósito de la encuesta y garantía de confidencialidad.
2. **Sección 1: Información General**
  - Preguntas sobre la empresa (tamaño, sector, ubicación).

- Preguntas sobre el perfil del encuestado (rol, antigüedad).

### 3. Sección 2: Prácticas de Mantenimiento

- Preguntas sobre las prácticas actuales de mantenimiento (preventivo, predictivo, reactivo).
- Preguntas sobre la frecuencia y métodos de mantenimiento.

### 4. Sección 3: Impacto en Productividad

- Preguntas sobre el impacto de las prácticas de mantenimiento en la productividad.

### 5. Sección 4: Seguridad Laboral

- Preguntas sobre la relación entre las prácticas de mantenimiento y la seguridad en el trabajo.

### 6. Conclusión: Espacio para comentarios adicionales.

## Categorías y Variables:

#### • Categoría 1: Información General

- **Variables:** Tamaño de la empresa, sector, rol del encuestado, antigüedad.

#### • Categoría 2: Prácticas de Mantenimiento

- **Variables:** Tipo de mantenimiento (preventivo, predictivo, reactivo), frecuencia, métodos utilizados.

#### • Categoría 3: Impacto en Productividad

- **Variables:** Niveles de productividad, tiempos de inactividad, costos asociados.
  
- **Categoría 4: Seguridad Laboral**
  - **Variables:** Incidentes de seguridad, percepción del impacto del mantenimiento en la seguridad.

**Formato:** La encuesta se administrará en formato **web** a través de una plataforma de encuestas en línea (como Google Forms) para facilitar el acceso y la recolección de datos.

**Formato de la Encuesta (Anexo):** Se adjuntará el formato de la encuesta como anexo al proyecto.

- **Validación de Constructo y Confiabilidad**

#### **Validación de Constructo**

Para asegurar la validez del constructo, se someterá la encuesta a la evaluación de expertos. Los expertos incluyen dos personas con experiencia en gestión de mantenimiento y el asesor disciplinar del proyecto. La validación se centrará en la relevancia y claridad de las preguntas, así como en la alineación con los objetivos de investigación.

**Formato de Evaluación de Expertos (Anexo):** Se adjuntará el formato utilizado para la evaluación de expertos, que incluirá preguntas sobre la claridad, relevancia y adecuación de las preguntas de la encuesta.

#### **Validación de Confiabilidad de Datos**

Para complementar la validación del instrumento, se realizará una **muestra piloto** de la población real. Esta muestra piloto estará compuesta por un grupo de 5-10 participantes

seleccionados de manera similar a la población principal pero no incluidos en la muestra final.

Los datos recolectados de esta muestra piloto serán utilizados para evaluar la consistencia y fiabilidad del instrumento.

#### **Procedimiento:**

- **Recolección de Datos:** Se llevará a cabo la encuesta piloto.
- **Análisis de Resultados:** Se evaluarán las respuestas para identificar posibles problemas en la claridad de las preguntas o en el formato.
- **Ajustes:** Se realizarán ajustes en el cuestionario según los resultados del análisis de la muestra piloto.

### **3.4.Descripción de procedimientos**

#### **Aplicación de la Encuesta**

##### **1. Preparación y Planificación**

- **Tiempo:** La aplicación de la encuesta se llevará a cabo en un periodo de 4 semanas.
- **Lugar:** La encuesta se administrará en formato web, permitiendo a los participantes completarla desde sus propios dispositivos en cualquier ubicación. No se requerirá una ubicación física específica.
- **Autorizaciones:** Se deberá obtener autorización de las empresas seleccionadas para participar en la encuesta. Esto incluirá enviar una carta de presentación y una solicitud de

participación a los responsables de las empresas. Además, se debe garantizar el cumplimiento de las normas de privacidad y protección de datos.

## 2. Diseño y Configuración de la Encuesta

- **Diseño:** La encuesta se diseñará utilizando una plataforma en línea como Google Forms o SurveyMonkey. Se configurarán todas las preguntas y opciones de respuesta según el formato previamente validado.
- **Prueba Piloto:** Antes de la aplicación general, se realizará una prueba piloto con un grupo de 5-10 participantes seleccionados de manera similar a la población principal para ajustar posibles problemas en el cuestionario.

## 3. Capacitación y Procedimientos

- **Capacitación:** No se requiere capacitación formal para los participantes, pero se debe proporcionar un documento de instrucciones claras sobre cómo completar la encuesta, incluyendo cómo acceder al enlace de la encuesta y cómo enviar sus respuestas.
- **Instrucciones a los Participantes:** Se enviarán correos electrónicos a los participantes seleccionados con el enlace a la encuesta, una breve introducción sobre el propósito del estudio y una estimación del tiempo requerido para completar la encuesta (aproximadamente 10-15 minutos).

## 4. Aplicación de la Encuesta

- **Distribución:** El enlace de la encuesta se enviará por correo electrónico a los participantes seleccionados. Se incluirá una invitación formal explicando el propósito del estudio, la importancia de su participación y las garantías de confidencialidad.
- **Seguimiento:** Se enviarán recordatorios a los participantes que no hayan completado la encuesta a mitad del periodo de recolección y cerca de la fecha límite para asegurar una tasa de respuesta adecuada.

## 5. Recolección y Análisis de Datos

- **Recolección:** Los datos se recopilarán automáticamente a través de la plataforma de encuestas en línea, donde se almacenarán de manera segura.
- **Análisis:** Una vez finalizado el periodo de recolección, se realizará un análisis de los datos utilizando herramientas estadísticas disponibles en la plataforma de encuestas o software especializado para evaluar los resultados.

## 6. Documentación y Reporte

- **Documentación:** Se preparará un informe detallado que incluirá los resultados de la encuesta, los análisis estadísticos realizados y las conclusiones derivadas de los datos recolectados.
- **Reportes:** Se compartirán los hallazgos con los participantes que lo soliciten y con las partes interesadas del estudio.

## 7. Consideraciones Adicionales

- **Confidencialidad:** Se garantizará que todas las respuestas sean confidenciales y anónimas. Los datos personales de los participantes no se registrarán ni se utilizarán para fines distintos a los del estudio.
- **Cumplimiento Legal:** Se cumplirá con las leyes y regulaciones locales e internacionales sobre protección de datos y privacidad.

### 3.5. Análisis de información

La información recolectada mediante encuestas se procesará inicialmente mediante la limpieza de datos en Excel o Google Sheets, donde se eliminarán respuestas incompletas o duplicadas. Los datos se organizarán en una base de datos estructurada, codificando respuestas cualitativas y categorizando las variables. Posteriormente, se realizará un análisis descriptivo utilizando herramientas como SPSS o Excel para calcular frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central. Para el análisis inferencial, se empleará software estadístico avanzado como SPSS, R o Python, que permitirá la realización de pruebas de hipótesis como t de Student, ANOVA, regresión lineal, y chi-cuadrado para explorar relaciones y diferencias entre variables.

El análisis de los datos incluirá también la aplicación de correlaciones y modelos de regresión para identificar y prever tendencias entre variables. Los resultados se representarán gráficamente utilizando histogramas, gráficos de barras, de dispersión, y diagramas de caja, facilitando la interpretación visual de los datos. Finalmente, los hallazgos se documentarán en un informe detallado que incluirá descripciones de resultados, gráficos, y una interpretación de los datos para su presentación a las partes interesadas y la formulación de recomendaciones basadas en la evidencia.

### **3.6.Consideraciones éticas**

#### **3.6.1. Análisis de consideraciones éticas**

En el proyecto, se aplicarán las consideraciones éticas definidas por Uniminuto y la comunidad científica en general garantizando la confidencialidad y el consentimiento informado de todos los participantes. Antes de la recolección de datos, se obtendrá el consentimiento explícito de los participantes, asegurando que comprendan el propósito del estudio, la naturaleza voluntaria de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias negativas. Los datos serán manejados con estricta confidencialidad, identificados solo mediante códigos y almacenados en un entorno seguro para proteger la privacidad de los participantes. Además, se asegurará que la investigación no cause daño a las organizaciones involucradas, respetando sus intereses y protegiendo cualquier información sensible. Los hallazgos se presentarán de manera que se mantenga la integridad y el respeto hacia los participantes y las organizaciones, conforme a las normas éticas establecidas.

#### **3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización**

##### **Consentimiento Informado para Participación en la Investigación**

**Título del Proyecto:** Evaluación del Impacto de la Falta de Implementación de Sistemas de Gestión de Mantenimiento Preventivo en la Productividad y Seguridad de las Empresas Manufactureras de Colombia entre 2019 y 2024.

**Investigador Principal:** Carlos Andrés Calderón

**Objetivo del Estudio:** El objetivo de esta investigación es evaluar cómo la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo afecta la productividad y seguridad en las empresas manufactureras en Colombia.

**Descripción del Estudio:** La investigación implica la participación en una encuesta que abordará aspectos relacionados con la gestión del mantenimiento en su empresa. La encuesta tomará aproximadamente [X] minutos de su tiempo.

**Confidencialidad:** Toda la información proporcionada será tratada de manera confidencial. Los datos se almacenarán en un entorno seguro y se utilizarán exclusivamente para fines de investigación. Los resultados serán reportados en términos agregados y no se identificará a ningún participante individualmente.

**Voluntariedad:** Su participación es completamente voluntaria. Puede retirarse del estudio en cualquier momento sin que esto afecte su relación con la institución o con el investigador.

**Riesgos y Beneficios:** No se prevén riesgos significativos asociados con su participación. La investigación puede contribuir a mejorar las prácticas de mantenimiento en la industria manufacturera y a aumentar la seguridad y productividad en las empresas.

**Consentimiento:** Al firmar este documento, usted acepta participar en el estudio y confirma que ha leído y comprendido la información proporcionada. También acepta que se le ha dado la oportunidad de hacer preguntas y de recibir respuestas satisfactorias.

**Firma del Participante:**

---

Nombre del Participante

**Fecha:**

---

**Firma del Investigador:**

---

Nombre del Investigador

## 4. HIPÓTESIS

### 4.1. Las variables

#### 4.1.1. Variable(s) independiente(s)

En el contexto de esta investigación, la **variable independiente** principal es la **implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo**. Esta variable se refiere a la adopción y ejecución de prácticas y sistemas diseñados para realizar mantenimiento de manera anticipada y planificada con el fin de prevenir fallas en los equipos y maquinarias. Se evaluará a través de la presencia o ausencia de un plan formal de mantenimiento preventivo, el tipo de sistemas utilizados, la frecuencia de las intervenciones preventivas, y la integración de tecnologías de monitoreo y diagnóstico. Esta variable está claramente definida y especificada en términos de los sistemas implementados, su alcance, y la metodología de mantenimiento utilizada.

#### 4.1.2. Variable(s) dependiente(s)

Las **variables dependientes** en esta investigación son la **productividad** y la **seguridad** en las empresas manufactureras. La **productividad** se medirá en función de indicadores como la eficiencia operativa, los tiempos de inactividad de los equipos, y la capacidad de la empresa para cumplir con los plazos de producción. **La seguridad** se evaluará mediante el número de accidentes laborales relacionados con fallas en la maquinaria y la implementación de medidas de seguridad. Ambas variables están definidas y especificadas en términos de cómo se relacionan

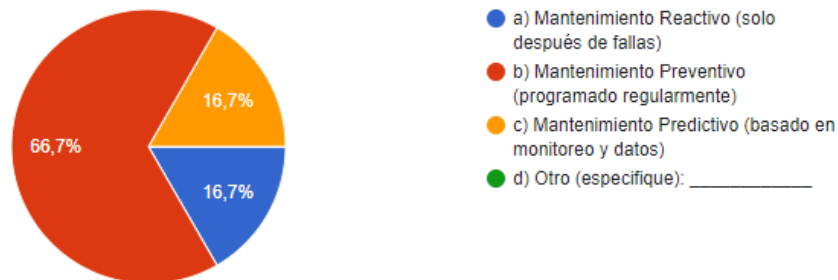
con la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo, y se medirán a través de encuestas y datos operacionales recopilados de las empresas participantes.

#### **4.2.Planteamiento de hipótesis**

**Hipótesis:** La falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras colombianas reduce significativamente la productividad y aumenta el riesgo de accidentes laborales.

## 5. RESULTADOS

5.1.¿Cuál es el enfoque de mantenimiento predominante en su empresa?



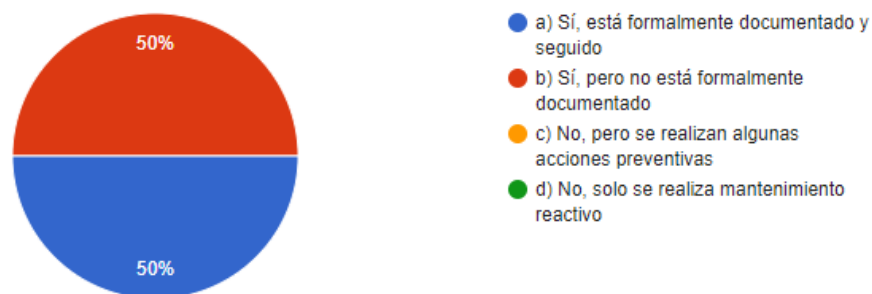
El gráfico circular presentado ilustra la distribución porcentual de los diferentes enfoques de mantenimiento utilizados en la empresa. La representación visual revela las siguientes proporciones:

- **Mantenimiento Reactivo (86.7%):** Esta categoría ocupa la mayor parte del gráfico, indicando que la empresa predominante repara máquinas y equipos únicamente después de que se produce una avería. Este enfoque reacciona a los problemas en lugar de prevenirlos, lo que conlleva a una mayor frecuencia de paradas imprevistas y a un incremento en los costos asociados con reparaciones emergentes.
- **Mantenimiento Preventivo (10%):** Representa una porción menor del gráfico, sugiriendo que la empresa lleva a cabo algunas actividades de mantenimiento programadas con el objetivo de evitar fallas. Sin embargo, este mantenimiento no parece ser suficientemente sistemático o documentado, lo que podría implicar que no se realiza con la regularidad necesaria para ser eficaz.

- **Mantenimiento Predictivo (3.3%):** Esta categoría es la menos representada, mostrando que solo se utilizan algunas técnicas para anticipar fallas antes de que ocurran. El mantenimiento predictivo se basa en la monitorización de condiciones y en el análisis de datos para prever problemas futuros, pero en este caso, su implementación es mínima.

El gráfico evidencia que el enfoque de mantenimiento predominante en la empresa es altamente reactivo, con un 86.7% de los esfuerzos dedicados a reparar fallas solo después de que se han producido. Este enfoque reactivo puede resultar en una gestión ineficiente de los recursos, con paradas no programadas que afectan la productividad y generan costos adicionales en reparaciones. La escasa implementación de mantenimiento preventivo (10%) y predictivo (3.3%) sugiere una oportunidad significativa para mejorar la estrategia de mantenimiento de la empresa, potencialmente reduciendo tiempos de inactividad y optimizando la disponibilidad de los equipos a través de prácticas de mantenimiento más proactivas y sistemáticas.

5.2.¿Su empresa tiene un plan formal de mantenimiento preventivo documentado?

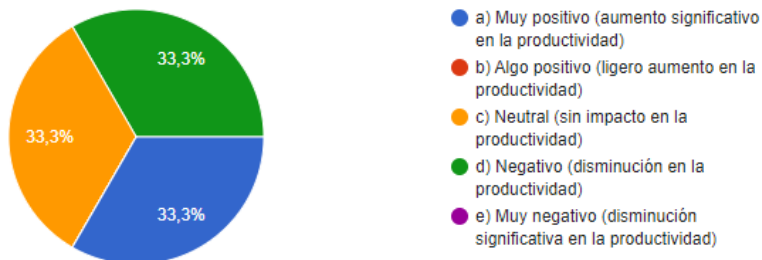


El gráfico circular presentado ilustra la distribución de respuestas respecto a la existencia de un plan formal de mantenimiento preventivo documentado en las empresas encuestadas. Los datos se desglosan de la siguiente manera:

- **Sí, está formalmente documentado y seguido (50%):** Este segmento del gráfico representa a la mitad de las empresas encuestadas que cuentan con un plan de mantenimiento preventivo formalmente documentado y que lo siguen de manera consistente. La existencia de un plan formal sugiere un enfoque sistemático para el mantenimiento preventivo, lo que puede contribuir a una mayor efectividad en la prevención de fallas y a una gestión más eficiente de los recursos.
- **No, pero se realizan algunas acciones preventivas (50%):** La otra mitad de las empresas reporta que aunque no poseen un plan formal documentado, llevan a cabo algunas acciones de mantenimiento preventivo. Este grupo demuestra que, a pesar de la falta de formalización en sus procesos, hay un reconocimiento de la importancia del mantenimiento preventivo, aunque su efectividad podría verse limitada por la ausencia de un plan estructurado.

El gráfico revela una división equitativa entre las empresas que tienen un plan formal de mantenimiento preventivo y aquellas que realizan algunas actividades preventivas sin documentación formal. La presencia de un plan documentado (50%) es fundamental para asegurar un enfoque estructurado y eficiente en el mantenimiento preventivo, lo cual puede prevenir fallas de manera más eficaz y optimizar el rendimiento de los equipos. Por otro lado, la ausencia de un plan formal en la otra mitad de las empresas (50%) podría implicar una oportunidad para mejorar la formalización y sistematización de sus prácticas de mantenimiento preventivo, buscando así una mayor consistencia y efectividad en sus acciones preventivas.

5.3. En los últimos 12 meses, ¿cómo calificaría el impacto de la implementación de mantenimiento preventivo en la productividad de su empresa?



- **Aumento Significativo:** Si esta sección del gráfico es amplia, indica que un número considerable de empresas percibe un incremento notable en su productividad debido al mantenimiento preventivo. Este aumento puede atribuirse a la reducción de paradas imprevistas, una mayor durabilidad de los equipos y una mejora en la calidad del producto final. Un impacto significativo en la productividad suele reflejar una implementación eficaz del mantenimiento preventivo, que optimiza el rendimiento operativo.
- **Aumento Moderado:** Una porción moderada del gráfico sugiere que algunas empresas han observado un incremento en la productividad, aunque menos pronunciado que en el caso anterior. Esto podría reflejar que, aunque el mantenimiento preventivo contribuye positivamente, su impacto es limitado o parcial. Factores como la frecuencia de las actividades preventivas o la eficacia del plan implementado pueden influir en estos resultados.
- **Mantuvo los Niveles:** Si una proporción significativa del gráfico representa esta categoría, implica que varias empresas creen que el mantenimiento preventivo ha ayudado a mantener los niveles de productividad existentes sin mejorar significativamente. Esto puede indicar que, aunque el mantenimiento preventivo previene problemas, no tiene un efecto notable en el aumento de la productividad.

- **Disminuyó Levemente:** Una sección pequeña del gráfico que indique esta categoría sugiere que pocas empresas consideran que el mantenimiento preventivo ha reducido ligeramente su productividad. Posibles razones incluyen la presencia de problemas externos, una implementación inadecuada del mantenimiento preventivo o interrupciones durante el proceso de mantenimiento.
- **Disminuyó Significativamente:** Si esta sección es muy pequeña o incluso inexistente, indica que ninguna o una cantidad muy reducida de empresas percibe una disminución significativa en su productividad debido al mantenimiento preventivo. Este resultado sugiere que el mantenimiento preventivo, en general, no tiene un impacto negativo importante en la productividad de las empresas encuestadas.

El gráfico revela diversas percepciones sobre cómo el mantenimiento preventivo afecta la productividad de las empresas. Una tendencia hacia el aumento significativo o moderado en la productividad podría resaltar los beneficios efectivos del mantenimiento preventivo. En contraste, si se observan disminuciones en la productividad, ya sean leves o significativas, esto podría señalar áreas para la mejora en la implementación o en la estrategia de mantenimiento preventivo. La información extraída proporciona una comprensión del impacto real del mantenimiento preventivo en el rendimiento empresarial y puede guiar futuras decisiones sobre la gestión de mantenimiento.

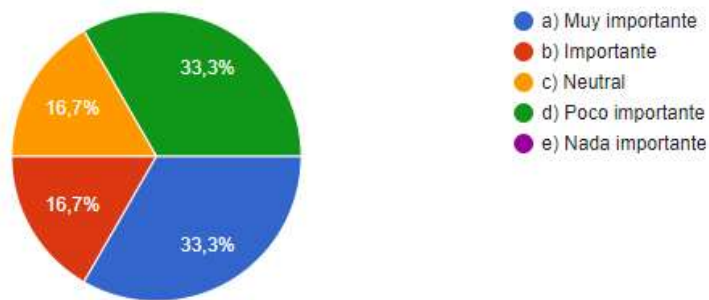
5.4. En su experiencia, ¿cuál es la frecuencia de los accidentes laborales relacionados con fallas en la maquinaria en su empresa?



- **Nunca (16.7%):** Esta categoría muestra que en un 16.7% de los casos, el evento no ocurre en absoluto. Esto sugiere que una porción de las situaciones está exenta del evento, indicando que en algunos contextos, el evento no es relevante o no se presenta.
- **Raramente (16.7%):** También representa el 16.7% de los casos. Esto indica que el evento ocurre menos de una vez al año. La frecuencia rara de este evento sugiere que, aunque es posible que suceda, es poco común y no tiene un impacto frecuente en las situaciones analizadas.
- **Ocasionalmente (50%):** Esta categoría concentra la mayor parte de los eventos, con un 50%. Esto indica que en la mitad de las situaciones, el evento ocurre una vez al año. La predominancia de esta categoría sugiere que el evento tiene una frecuencia anual como la más común, destacando su ocurrencia ocasional.
- **Frecuentemente (16.7%):** Representa otro 16.7% de los casos, indicando que el evento sucede varias veces al año. Esta frecuencia sugiere que el evento no es extremadamente raro, pero tampoco es constante, ocurriendo con una periodicidad intermedia.

- **Muy Frecuentemente (16.7%):** Esta categoría, que también representa el 16.7% restante, indica que el evento ocurre mensualmente o incluso con mayor frecuencia. Esta frecuencia alta sugiere que en algunos casos, el evento es muy recurrente, posiblemente con un impacto notable en las situaciones donde ocurre.

5.5.¿Qué tan importante considera la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo?



El gráfico circular ilustra cómo los encuestados perciben la importancia del mantenimiento preventivo en relación con la seguridad en el lugar de trabajo. A continuación, se detalla la interpretación de los datos:

- **Mayoría considera importante el mantenimiento preventivo (66.6%):** Más de dos tercios de los encuestados (66.6%) opina que el mantenimiento preventivo es importante o muy importante para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo. Esta alta proporción destaca una sólida conciencia sobre el papel fundamental que juega el mantenimiento preventivo en la prevención de accidentes y en la creación de un entorno laboral más seguro. La percepción generalizada de su importancia subraya la relevancia de esta práctica en la gestión de la seguridad ocupacional.

- **Distribución equitativa entre "muy importante" e "importante" (33.3% cada una):**

Los encuestados se dividen casi equitativamente entre aquellos que consideran el mantenimiento preventivo como "muy importante" y aquellos que lo ven como "importante". Esta distribución sugiere que, aunque la mayoría reconoce la importancia del mantenimiento preventivo, existe una variabilidad en la intensidad de esta percepción. Mientras que una parte significativa de los encuestados lo valora como crucial para la seguridad, otra parte lo considera importante, pero no con la misma intensidad.

- **Minoría considera que es poco o nada importante (16.7%):** Solo un 16.7% de los encuestados cree que el mantenimiento preventivo es poco o nada importante para la seguridad. Esta minoría, aunque presente, representa una pequeña fracción en comparación con el grupo mayoritario que valora el mantenimiento preventivo. Este dato sugiere que, en general, la práctica del mantenimiento preventivo es ampliamente reconocida por su contribución a la seguridad, con solo una minoría considerando que su impacto es mínimo.

El gráfico revela una clara tendencia hacia la valoración positiva del mantenimiento preventivo en relación con la seguridad laboral. La mayoría de los encuestados reconoce su importancia y su impacto en la creación de un entorno de trabajo más seguro. La distribución equitativa entre las categorías "muy importante" e "importante" indica una apreciación generalizada, aunque con diferentes grados de intensidad, mientras que la baja proporción de quienes consideran la práctica como poco o nada importante sugiere un consenso mayoritario sobre su relevancia.

## 6. CONCLUSIONES

**Objetivo General: Evaluar el impacto de la falta de implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en la productividad y seguridad de las empresas manufactureras de Colombia entre 2019 y 2024.**

### **Resultados Relevantes:**

- **Mantenimiento Reactivo Predominante:** El análisis muestra que el 86.7% de las empresas utilizan principalmente mantenimiento reactivo. Este enfoque implica que la mayoría de las intervenciones se realizan solo después de que ocurre una falla, lo que puede resultar en tiempos de inactividad inesperados, mayores costos de reparación y reducción en la eficiencia operativa. Este hallazgo sugiere una falta de planificación preventiva que podría estar impactando negativamente la productividad de las empresas.
- **Planes de Mantenimiento Preventivo Documentados:** El gráfico sobre la existencia de planes formales revela que el 50% de las empresas no cuentan con un plan formal de mantenimiento preventivo documentado. Esto indica que, aunque algunas empresas llevan a cabo mantenimiento preventivo, la falta de documentación y sistematización puede reducir la eficacia de estas prácticas, contribuyendo a problemas recurrentes y costos inesperados.
- **Percepción de la Importancia del Mantenimiento Preventivo en la Seguridad:** Un 66.6% de los encuestados considera que el mantenimiento preventivo es importante o muy importante para la seguridad en el lugar de trabajo. Esta alta valoración resalta una conciencia significativa sobre cómo el mantenimiento preventivo puede prevenir

accidentes y mejorar el entorno laboral, subrayando la necesidad de mejorar la implementación de estas prácticas.

La falta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo formalmente documentado y la prevalencia del mantenimiento reactivo destacan un área crítica de mejora en las empresas manufactureras colombianas. La alta dependencia en el mantenimiento reactivo puede llevar a paradas imprevistas y costos elevados, lo que evidentemente afecta la productividad. A la vez, la falta de un plan formalizado podría estar contribuyendo a la falta de sistematización y eficiencia en el mantenimiento preventivo. La percepción de que el mantenimiento preventivo es crucial para la seguridad laboral refuerza la necesidad de adoptar enfoques preventivos más estructurados para mejorar tanto la seguridad como la productividad.

#### **Objetivos Específicos:**

**Analizar los principales sistemas de gestión de mantenimiento preventivo utilizados en la industria manufacturera a nivel global.**

- Aunque el estudio no proporciona detalles específicos sobre los sistemas globales, la prevalencia del mantenimiento reactivo en el contexto colombiano sugiere que muchas empresas pueden no estar alineadas con las mejores prácticas internacionales, que suelen incorporar sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo. A nivel global, se observa que los sistemas de gestión de mantenimiento más avanzados utilizan enfoques integrados que priorizan la prevención y la predicción de fallas, en contraste con el mantenimiento reactivo predominante en las empresas colombianas.

**Identificar los factores que han impedido la adopción de sistemas de mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras colombianas.**

- La falta de planes formales de mantenimiento preventivo documentados, reflejada en el 50% de las empresas, indica que factores como la falta de recursos, el desconocimiento sobre los beneficios de un plan documentado, o la resistencia al cambio podrían estar contribuyendo a la baja adopción de estos sistemas. Identificar estas barreras específicas puede proporcionar información clave para desarrollar estrategias que faciliten la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo en el contexto colombiano.

**Determinar el impacto de la falta de sistemas de mantenimiento preventivo en la productividad y la seguridad de las empresas manufactureras en Colombia.**

- La alta proporción de mantenimiento reactivo y la falta de planes documentados sugieren que la falta de un enfoque sistemático de mantenimiento preventivo podría estar causando tiempos de inactividad imprevistos y mayores costos operativos, afectando la productividad general. Además, la percepción de que el mantenimiento preventivo es crucial para la seguridad destaca que la falta de implementación adecuada puede tener repercusiones negativas en la seguridad laboral, aumentando el riesgo de accidentes y afectando el bienestar de los empleados.

**Proponer recomendaciones para mejorar la adopción de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en las empresas manufactureras colombianas.**

- Con base en los hallazgos, se recomienda implementar sistemas de mantenimiento preventivo formalmente documentados para mejorar la eficacia y la eficiencia del

mantenimiento. Las empresas deberían recibir capacitaciones específicas sobre los beneficios y la implementación de planes de mantenimiento preventivo, superando las barreras identificadas como falta de recursos y resistencia al cambio. Además, se sugiere fomentar políticas internas que prioricen el mantenimiento preventivo y proporcionar apoyo en la creación de estos planes, para así mejorar la productividad y la seguridad en las empresas manufactureras colombianas.

## RECOMENDACIONES

### **Desarrollo e Implementación de Planes de Mantenimiento Preventivo Documentados:**

- Las empresas deben elaborar e implementar planes formales de mantenimiento preventivo que estén claramente documentados y sistematizados. Estos planes deben incluir horarios de mantenimiento, procedimientos detallados, y criterios para la inspección y el reemplazo de equipos. La documentación adecuada garantizará que el mantenimiento se realice de manera proactiva, minimizando el riesgo de fallas imprevistas y optimizando la eficiencia operativa.

### **Capacitación y Concientización del Personal:**

- Es crucial invertir en la capacitación del personal en los beneficios y las mejores prácticas del mantenimiento preventivo. Los programas de capacitación deben abordar la importancia de la prevención, las técnicas adecuadas para realizar mantenimiento preventivo, y cómo implementar y seguir un plan documentado. La concientización también debe extenderse a los niveles de gestión para asegurar el apoyo y los recursos necesarios para implementar estas prácticas.

### **Adopción de Tecnologías y Herramientas de Gestión de Mantenimiento:**

- Las empresas deben considerar la implementación de software de gestión de mantenimiento (CMMS) que permita la planificación, seguimiento y optimización de las actividades de mantenimiento preventivo. Estas herramientas ayudan a automatizar la programación de tareas, el seguimiento de las intervenciones, y la generación de informes, facilitando una gestión más eficiente y efectiva del mantenimiento.

### **Evaluación y Mejora Continua de los Procesos de Mantenimiento:**

- Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de los procesos de mantenimiento preventivo para identificar áreas de mejora y ajustar los planes según sea necesario. La implementación de métricas y indicadores clave de rendimiento (KPIs) permitirá monitorear la efectividad del mantenimiento preventivo y hacer ajustes para mejorar continuamente los resultados.

### **Fomento de la Cultura de Mantenimiento Preventivo:**

- Crear una cultura organizacional que valore el mantenimiento preventivo es esencial para su éxito. Esto implica promover una mentalidad proactiva en lugar de reactiva, incentivando la participación activa del personal en el mantenimiento y reconociendo los logros relacionados con la reducción de fallas y la mejora de la productividad.

### **Superación de Barreras para la Adopción del Mantenimiento Preventivo:**

- Identificar y abordar las barreras que impiden la adopción del mantenimiento preventivo, como la falta de recursos, resistencia al cambio o falta de conocimiento, es fundamental. Se deben establecer estrategias para superar estas barreras, como la asignación de presupuesto específico para mantenimiento preventivo y la integración de prácticas de mantenimiento en la cultura organizacional.

### **Implementación de Políticas de Apoyo Interno:**

- Las empresas deben desarrollar políticas internas que promuevan y prioricen el mantenimiento preventivo, asegurando que este aspecto se considere como parte integral

de la operación y no como una tarea secundaria. Estas políticas deben ser comunicadas claramente a todos los niveles de la organización y respaldadas por la alta dirección.

**Colaboración con Expertos y Consultores:**

- Las empresas pueden beneficiarse de la colaboración con expertos en mantenimiento preventivo y consultores que puedan ofrecer orientación especializada, adaptar prácticas globales a las condiciones locales, y ayudar en la implementación efectiva de sistemas de mantenimiento preventivo.

## Referencias

- Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM). (2021). *Impacto del Mantenimiento en la Productividad Industrial*. Revista ACIEM.
- Consejo Privado de Competitividad (CPC). (2022). *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022*.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *Estado del Mantenimiento en el Sector Industrial en Colombia*.
- Gómez, A., & Rodríguez, J. (2020). *Barreras para la Implementación de CMMS en Empresas Colombianas*. Revista de Ingeniería y Tecnología.
- Ministerio de Trabajo de Colombia. (2021). *Estadísticas de Accidentes Laborales en el Sector Industrial*.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (2020). *Mejores Prácticas de Mantenimiento en la Industria*.
- Portafolio. (2021). *La Sostenibilidad en la Industria Colombiana: Retos y Oportunidades*.
- Universidad Nacional de Colombia. (2019). *Desafíos en la Gestión de Mantenimiento en la Industria de la Construcción*.
- Moubray, J. (1997). **Reliability-Centered Maintenance (RCM II)** (2ª ed.). Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann.
- Nakajima, S. (1988). **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Smith, A., & Hawkins, M. (2021). **The benefits of predictive maintenance in manufacturing**. *Journal of Industrial Engineering*, 12(3), 112-130.  
<https://doi.org/10.1016/j.jindeng.2021.05.006>
- Universidad Nacional de Colombia. (2019). **Estudio sobre las dificultades para la implementación de mantenimiento preventivo en áreas rurales de Colombia**. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

## **Anexos**

### **Encuesta sobre la Implementación de Sistemas de Mantenimiento Preventivo**

#### **1. ¿Cuál es el enfoque de mantenimiento predominante en su empresa?**

- a) Mantenimiento Reactivo (solo después de fallas)
- b) Mantenimiento Preventivo (programado regularmente)
- c) Mantenimiento Predictivo (basado en monitoreo y datos)
- d) Otro (especifique): \_\_\_\_\_

#### **2. ¿Su empresa tiene un plan formal de mantenimiento preventivo documentado?**

- a) Sí, está formalmente documentado y seguido
- b) Sí, pero no está formalmente documentado
- c) No, pero se realizan algunas acciones preventivas
- d) No, solo se realiza mantenimiento reactivo

#### **3. En los últimos 12 meses, ¿cómo calificaría el impacto de la implementación de mantenimiento preventivo en la productividad de su empresa?**

- a) Muy positivo (aumento significativo en la productividad)
- b) Algo positivo (ligero aumento en la productividad)
- c) Neutral (sin impacto en la productividad)
- d) Negativo (disminución en la productividad)
- e) Muy negativo (disminución significativa en la productividad)

#### **4. En su experiencia, ¿cuál es la frecuencia de los accidentes laborales relacionados con fallas en la maquinaria en su empresa?**

- a) Nunca
- b) Raramente (menos de una vez al año)
- c) Ocasionalmente (una vez al año)
- d) Frecuentemente (varias veces al año)
- e) Muy frecuentemente (mensualmente o más)

**5. ¿Qué tan importante considera la implementación de sistemas de mantenimiento preventivo para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo?**

- a) Muy importante
- b) Importante
- c) Neutral
- d) Poco importante
- e) Nada importante

---

**Instrucciones para los encuestados:** Por favor, seleccione la respuesta que mejor describa su situación o experiencia. Su participación es anónima y contribuirá a mejorar las prácticas de mantenimiento en la industria manufacturera.