

**Propuesta de optimización del programa de mantenimiento del laboratorio de ensayo de
materiales Concrelab S.A.S**

Andrés Ochoa, Juan Diaz y Samith Rodríguez

Facultad de posgrados, Universidad ECCI, Bogotá D.C

Seminario de investigación II - EGM

Ing. José Isaías Salas Hernández

06 de mayo 2024

Introducción

Actualmente Concrelab es el laboratorio de ensayos de materiales más grande a nivel nacional lo que significa que debe cumplir estrictamente protocolos de calidad, su enfoque en el aseguramiento de la calidad de los materiales requiere que todos los sistemas de la empresa estén engranados para lograr ese objetivo, entregar resultados confiables y oportunos, para lograr estos resultados es necesario contar con un equipo humano capacitado y organizado. (Concrelab S.A.S, 2024)

Sin embargo, no es el único factor que interviene, la capacidad técnica de sus profesionales debe complementarse con equipos adecuados para cada servicio del ensayo, en ese orden de ideas, un factor importante para garantizar la calidad de los equipos y su confiabilidad es el mantenimiento (ECCI, 2020) en este campo se pueden evidenciar falencias en los procesos existentes para la gestión de mantenimiento en cada uno de los equipos.

Las estrategias actuales que se usan en el área son insuficientes para realizar la gestión y garantizar los mantenimientos de manera oportuna. Esto genera inconvenientes en la prestación de servicios a los clientes y a su vez aumenta los mantenimientos correctivos.

Lo que se busca con el proyecto es realizar un diagnóstico completo que permita desarrollar las estrategias que se ajusten a la operación del laboratorio y que permitan realizar una gestión eficaz de los programas de mantenimiento que se establezcan en él.

Tabla de contenido

Introducción	2
Tabla de tablas.....	4
Tabla de gráficos	5
Resumen	6
1. Título de la investigación.....	7
2. Problema de investigación.....	7
2.1 Descripción del problema.....	7
2.2 Pregunta de investigación.....	8
3. Objetivos	8
3.1 Objetivos general.....	8
3.2 Objetivos específicos.....	8
4. Justificación y Delimitación	9
4.1. Justificación.....	9
4.2 Delimitación	10
4.3 Limitaciones	10
5. Marcos de referencia.....	10
5.1 Estado del arte	10
5.2 Marco teórico	20
5.3 Marco Legal	42
6. Marco metodológico	46
7. Resultados y discusión.....	54
7.1 Análisis general de la variable de mantenimiento preventivo.....	55
7.2 Análisis de cada una de las dimensiones con respecto a la variable estudiada.	56
7.3 Análisis por ítem de los indicadores cumplimiento del programa de mantenimiento, metas y RBM.....	60
9. Conclusiones.....	68
9. Referencias.....	71

Tabla de tablas

Tabla 1.	Operalización de la variable.	49
Tabla 2.	Población del área de proyectos y equipos de la empresa Concrelab S.A.S	49
Tabla 3.	Calculo de confiabilidad.....	51
Tabla 4.	Distribución de la frecuencia relacionada con el proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.....	55
Tabla 5.	Distribución de la frecuencia relacionada con la programación de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S	56
Tabla 6.	Distribución de la frecuencia relacionada con la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.	57
Tabla 7.	Distribución de la frecuencia relacionada con el cumplimiento de las rutinas básicas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.	59
Tabla 8.	Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento programa de mantenimiento.	60
Tabla 9.	Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento de metas por técnico.	62
Tabla 10.	Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento de las rutinas básicas de mantenimiento.	64
Tabla 11.	Presupuesto para el software de mantenimiento.....	64
Tabla 12.	Análisis de producción y perdidias de l álnea de máquinas de compresión.....	64

Tabla de gráficos

Gráfico 1. Percepción de proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.	55
Gráfico 2. Percepción de la programación de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.....	56
Gráfico 3. Percepción de la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.....	58
Gráfico 4. Percepción de las rutinas básicas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.....	59
Gráfico 5. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento del mismo.....	60
Gráfico 6. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento de metas por técnico.	63
Gráfico 7. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento de rutinas básicas de mantenimiento.	64

Resumen

Concrelab S.A.S es un laboratorio de ensayos el cual se enfoca en evaluar la calidad de los materiales usados en la industria de la construcción, actualmente es el laboratorio con mayor trayectoria en el país con más de 50 años en el mercado, sin embargo, debido a su enfoque, requiere que los equipos usados en sus proyectos y servicios tengan un alto índice de confiabilidad y disponibilidad, lo cual se logra con un correcto programa de mantenimiento y gestión de activos. En la actualidad, se evidencian falencias en el proceso de mantenimiento preventivo, razón por la cual, el presente proyecto busca presentar una propuesta de mantenimiento preventivo que incluya todos los equipos del laboratorio, tanto los activos fijos como las herramientas y equipos menores, buscando optimizar los procesos, aumentando la disponibilidad de los equipos y la rentabilidad de los servicios derivado de la disminución de fallas y tiempos de reparación.

Abstract

Concrelab S.A.S is a testing laboratory which focuses on evaluating the quality of materials used in the construction industry, it is currently the laboratory with the longest history in the country with more than 50 years in the market, however, due to its approach, requires that the equipment used in its projects and services have a high rate of reliability and availability, which is achieved with a correct maintenance and asset management program. Currently, shortcomings are evident in the preventive maintenance process, which is why this project seeks to present a preventive maintenance proposal that includes all laboratory equipment, both fixed assets and minor tools and equipment, seeking to optimize processes, increasing the availability

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

of equipment and the profitability of services derived from the reduction of failures and repair times.

Palabras clave

Mantenimiento, Preventivo, Correctivo, Máquina, Herramienta, Activo fijo, Cronograma, Plan, Programa.

Keywords

Maintenance, Preventive, Corrective, Machine, Tool, Fixed Asset, Schedule, Plan, Program.

1. Título de la investigación

Propuesta de optimización del programa de mantenimiento del laboratorio de ensayo de materiales Concrelab S.A.S

2. Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Actualmente el laboratorio Concrelab cuenta con un robusto inventario de equipos que son usados en la prestación de servicios de ensayo para la industria de la construcción. Estos requieren que un alto nivel de desempeño de estos equipos incluyendo calibración y mantenimiento, ya que se usan para evaluar la calidad de los materiales usados en obras civiles. El programa de mantenimiento con el que cuenta actualmente el laboratorio, no abarca todos los requerimientos necesarios para garantizar el cumplimiento estricto del mismo y asegurar que todos los mantenimientos se realicen dentro de los tiempos estipulados.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Por otra parte, se debe realizar un análisis de cada equipo donde se obtenga la información necesaria para la programación de los mantenimientos, cosa que no se evidencia en el actual programa.

Teniendo en cuenta esto, se realiza una primera evaluación de las estrategias realizadas en el laboratorio para garantizar el estado óptimo de estos equipos, donde se evidencia las falencias de los programas de mantenimiento, la actividad se realiza de forma manual lo cual dificulta su cumplimiento eficaz y control. Esto conlleva a realizar la siguiente pregunta:

2.2 Pregunta de investigación

¿Qué se requiere en el laboratorio Concrelab para optimizar el proceso de mantenimiento de equipos?

3. Objetivos

3.1 Objetivos general.

Elaborar una propuesta de optimización para el proceso de mantenimiento en el laboratorio CONCRELAB S.A.S

3.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar el proceso actual de mantenimiento del laboratorio.
- Proponer las mejoras en las labores de control y programación en el área de mantenimiento para el cumplimiento del programa en su totalidad.
- Proponer un software que permita un control eficaz de los equipos y su respectiva hoja de vida.

4. Justificación y Delimitación

4.1. Justificación

El problema de investigación, busca brindar beneficios económicos a la compañía, realizando la propuesta de optimización del programa de gestión del mantenimiento dentro del laboratorio. Con un programa bien estructurado se espera reducir las fallas repentinas de los equipos, de esta forma aportar valor al proceso logrando disminuir los costos que generan los mantenimientos correctivos y el tiempo que los equipos quedan fuera de servicio.

Con esta propuesta también se pretende aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, teniendo en cuenta que la actividad del laboratorio requiere la mayor precisión y confiabilidad de estos, debido a que se usan en las actividades de evaluación de la calidad y aprobación de materiales (Concrelab S.A.S, 2024)

Otro beneficio de la investigación, se enfoca en el personal del área de mantenimiento, logrando organizar sus actividades de tal forma que disminuya largas jornadas de trabajo, provocadas por la gestión ineficiente en la programación y ejecución de los mantenimientos preventivos.

Esto no solo brinda beneficios en el área de mantenimiento, también proporciona herramientas para la gestión de activos y análisis de costos en la compañía, teniendo información de los gastos y el historial de servicios realizados a los equipos, pudiendo así, optimizar la toma de decisiones que favorezcan a la compañía desde el punto de vista financiero. También se busca brindar las herramientas tecnológicas disponibles en el mercado para desarrollar las actividades de mantenimiento de una forma más amigable con todo el personal que interactúa en el proceso. (ECCI, 2020)

4.2 Delimitación

El desarrollo del proyecto de investigación se estima durante ocho meses, en los cuales se disponen 2 meses para vacaciones y/o recesos, debido a los procesos de la universidad y de la compañía. El alcance de la investigación cubre hasta la propuesta de optimización del programa de mantenimiento por medio de un software especializado para tal fin.

4.3 Limitaciones

El proyecto es un trabajo de especialización, se desarrolla con un enfoque estudiantil por lo que se tienen limitaciones económicas, acceso a la información y el tiempo disponible que se tiene para el desarrollo del mismo, es posible que se tengan limitaciones adicionales de acceso a la información por políticas de confidencialidad que pueda tener la compañía.

5. Marcos de referencia

5.1 Estado del arte

“Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para una compañía metalmecánica en la Sabana de Bogotá”, En el año 2023 los ingenieros Baleta Ortega, Jorge Luis, Peña Forero, Camilo Andrés, Plazas Quitian, Javier Ricard, presentaron a la Universidad ECCI, la investigación, Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para una compañía metalmecánica en la Sabana de Bogotá, con la cual se buscó realizar una propuesta para implementación del plan de mantenimiento preventivo en una empresa dedicada a trabajos de metalmecánica, la cual no cuenta con estrategias de mantenimiento, en el análisis que se realiza de la compañía se evidencia la necesidad de contar con una herramienta para efectuar

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

mantenimientos a la maquinaria y reducir los tiempos de parada ocasionados por fallas repentinas de los equipos. (Ortega, 2023)

La experiencia de los autores de la investigación y la metodología desarrollada en el proyecto, se usará como guía para el desarrollo de documento de investigación.

“Análisis estratégico de mantenimiento para equipos livianos de construcción para la empresa Acomeq Ingeniería S.A.S.” En el año 2023, Los ingenieros Díaz Contento, Alfred Beken Bauer, Vargas Vélez, Daniel Felipe, Villanueva Trujillo, Carlos Eduardo presentaron a la Universidad ECCI, el artículo Análisis estratégico de mantenimiento para equipos livianos de construcción para la empresa Acomeq Ingeniería S.A.S, el cual busca definir una estrategia de mantenimiento que permita identificar las necesidades puntuales del mantenimiento de equipos livianos en una empresa del sector construcción. Con esto se busca aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. (Díaz Contento, 2023)

Teniendo en cuenta el enfoque de la investigación es sobre equipos livianos para construcción, este artículo se usará como referencia al proyecto, teniendo en cuenta que se está trabajando con una empresa del mismo sector y con equipos similares.

“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para Gascol centro caso de estudio "máquina llenadora de bolsas Solpac 2006"”, En el año 2019 los ingenieros, González Ardila, Hernando, Pabón Ortiz, Keydth Brayan, presentaron a la universidad ECCI el proyecto Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para Gascol centro caso de estudio con el cual se busca establecer e implementar un plan de mantenimiento con la metodología que más se adapte a la empresa teniendo énfasis en el proceso de la máquina llenadora, garantizando así a

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

este activo el poder mantener la calidad del producto final bajo las condiciones normales y siempre manejadas en cada uno de los procesos ya establecidos, adicionalmente se proporcione optimización del mismo con resultados con las bolsas Solpac. (González Ardila, 2019)

Desde el punto de vista estratégico y para la investigación, el aporte que brinda es debido a la implementación de un plan de mantenimiento en un área concisa de algún proceso, debemos siempre tener en cuenta que la calidad del producto debe mantenerse así sea alterado u optimizado para mejorar dicho proceso.

“Evaluación técnico-económica para la implementación de un software de gestión de activos en el proceso de mantenimiento basado en RCM en la empresa Grasco Ltda.”, En el año 2022, los ingenieros Buitrago Fonseca, Marco Sebastián, Poveda Aya, John William, Rodríguez Sánchez, Omar Vicente presentaron a la universidad ECCI, el artículo Evaluación técnico-económica para la implementación de un software de gestión de activos en el proceso de mantenimiento basado en RCM en la empresa Grasco Ltda., el cual busca aplicar conceptos de implementación de mantenimiento a la empresa Grasco LTDA, buscando dar solución a la gestión actual de mantenimiento y lograr una evolución en la gestión de activos. (Buitrago Fonseca, 2022)

Mediante la retroalimentación de este proyecto permite conocer las técnicas de TPM y RCM para la implementación y mejoramiento de un sistema de mantenimiento existente en una empresa.

“Mantenimiento con planeación estratégica”, En el año 2015 el ingeniero, Quintero Joya, John Edison presentó a la universidad ECCI el artículo Mantenimiento con planeación

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

estratégica el cual aborda un término de gran importancia en cualquier compañía, planeación estratégica, donde su enfoque está hacia el mantenimiento de los equipos, la relación entre la administración de mantenimiento y la operación o ejecución del mismo, resaltando los beneficios de la planeación del mantenimiento, los objetivos y logros que puede obtener una compañía con una gestión de mantenimiento efectiva. (Quintero Joya, 2015)

Desde la gestión estratégica del mantenimiento se puede abordar diferentes temas, incluyendo la parte administrativa, por lo cual se espera obtener información que nos permita complementar la investigación, abordando los temas más relevantes de cada una de las áreas involucradas.

“Diseño de un plan estratégico de gestión de mantenimiento para el taller 147 de Soldadura del Centro de Materiales y Ensayos - SENA complejo sur”, En el año 2023, los ingenieros Rico Toca Sergio Alfonso, Muñoz Sánchez Michael Fabian Alexis, Alfonso Rodríguez Gustavo Adolfo, presentaron a la universidad ECCI el proyecto, Diseño de un plan estratégico de gestión de mantenimiento para el taller 147 de Soldadura del Centro de Materiales y Ensayos - SENA complejo sur que tiene como objetivo principal establecer una planeación estratégica donde se puedan implementar los diferentes tipos de mantenimiento que dan lugar al carácter predictivo, preventivo y correctivo, en la sede SENA de la carrera 30, la cual será aplicada al centro de materiales y ensayos realizados allí de la industria metalmecánica; cada tipo de mantenimiento es primordial tanto para la debida formación profesional como para la vida óptima de cada uno de los activos que conformen la empresa. Para la implementación del plan estratégico se tendrá de base el apoyo mediante indicadores de gestión y políticas de la organización. (Rico Toca Sergio Alfonso, 2023)

Gracias a este artículo se toma como aporte, la importancia de la implementación de planes estratégicos de mantenimiento a un área determinada teniendo en cuenta y prevaleciendo las políticas que dependiendo la empresa sean manejadas, con eso el resultado no es alterar sino optimizar lo que se necesita para mantener los estándares de calidad caracterizados y mejorar el reconocimiento de la empresa u organización.

“Análisis de la mejora en procesos de mantenimiento de la empresa Coca -Cola FEMSA”, En el año 2019 los ingenieros, Delgadillo Calderón, Hernán Camilo, Gonzáles Londoño, Fabián Andrés, Núñez Sandoval, Diego Orlando presentaron a la universidad ECCI el artículo Análisis de la mejora en procesos de mantenimiento de la empresa Coca -Cola FEMSA, el habla del proceso que se realizó para generar ideas en la minimización de fallas presentadas en los vehículos de Coca-Cola de la distribuidora del sur de Bogotá, mediante una consultoría se realizó con el objetivo de mejorar los procesos definidos por el área de mantenimiento. (Delgadillo Calderón, 2019)

El artículo ayuda a determinar un proceso de análisis del mantenimiento actual en la empresa con el fin de realizar un diagnóstico en la gestión de mantenimiento teniendo en cuenta metodología existente y procesos que realiza la compañía.

“Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos)”, En el año 2021 el ingeniero Gordillo Chacón, Jeyson Hernán presentó a la universidad ECCI, el proyecto Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos), el cual busca desarrollar una metodología de mantenimiento teniendo en cuenta el mantenimiento de 8

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

pasos por el cual cada una de las etapas serán evaluadas garantizando una correcta implementación en la empresa Mundial de Montacargas SAS. (Gordillo Chacón, 2021)

El artículo muestra una metodología aplicable al mantenimiento como lo es el mantenimiento en 8 pasos lo cual permite estructurar una gestión mediante diferentes etapas de implementación.

“Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de Medición en la compañía Rayco LTDA.” En el año 2018, los ingenieros Santander Pico, Mariana Andrea, Villegas Gómez, Andrés Felipe, presentaron a la universidad ECCI el proyecto Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de medición en la compañía Rayco LTDA. El cual desarrollaron en base a la compañía RAYCO Ltda quien se dedica al suministro y almacenamiento de equipos de medición, donde se evidencia falencia en el registro de mantenimientos e intervenciones realizados a los equipos de medición los cuales pueden presentar fallas debido a de calibración y baja confiabilidad en su operación por lo cual mediante un sistema de gestión de mantenimiento se busca mejorar indicadores como, mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos de medición. (Santander Pico, 2018)

El artículo propone realizar un diagnóstico respecto a los programas y procedimientos que tiene actualmente la empresa, realizando una recopilación de información para definir un plan de mantenimiento de forma preventiva.

“Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado en la empresa Polimérica SAS”, En el año 2021 los ingenieros Gómez Correa, Herberth Luis, Herrera Bazurto, Edwin Alonso, López Flórez, Ángela, presentaron a la universidad ECCI, una

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado en la empresa Polimérica SAS, donde se propone la implementación de un plan de mantenimiento aplicado al área de operación para el soplado de una empresa de polímeros, la cual ha presentado inconsistencias en la realización de cada uno de los procesos ya que, las pérdidas en cuanto a la producción de los productos y cumplimiento a los clientes correspondientes ha ido aumentando y generando un déficit en la empresa, por esa razón se busca el objetivo de llevar a cabo un plan de mantenimiento para contrarrestar incumplimientos en entregas a clientes, retrasos, tiempos de parada de equipos y consigo pérdidas económicas (Gómez Correa, 2021)

Enfatiza primordialmente para el enfoque de cumplimiento frente a cada uno de los clientes, lo cual conlleva a tener en cuenta que el proyecto debe ser en pro y beneficio de la empresa en específico, en este caso Concrelab SAS, ya que dando cumplimiento y garantizando un mejor seguimiento a cada proceso de mantenimiento que se llevará a cabo en la organización se mantendrá una satisfacción mutua.

“Plan de mantenimiento predictivo para los reductores de las bandas transportadoras en una planta productora de concreto”, En el año 2022 los ingenieros, Gerardo Alonso Cardona Alzate, Carlos Alfonso Garavito Torres, presentaron a la universidad ECCI el proyecto Plan de mantenimiento predictivo para los reductores de las bandas transportadoras en una planta productora de concreto, el cual se lleva a cabo teniendo presente que las áreas de las empresas productoras de cemento solo cuentan como en otras de distinta área con planes y ejecución de mantenimientos de índoles preventivo y en su defecto correctivo, no obstante, se hace aclaración de implementación de un mantenimiento predictivo/preventivo adicional para un grupo determinado de activos que conforman el área de producción evitando

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

así los tiempos de intervención de un equipo que se haya requerido desarrollar un trabajo correctivo que pudo haberse trabajado a tiempo y así disminuir la falla, daño o tiempo muerto que se le suma al incumplimiento por un equipo detenido. (Gerardo Alonso Cardona Alzate, 2022)

De la presente investigación, se adopta la importancia de que el plan de mantenimiento que se vaya a generar en la empresa Concrelab SAS, se involucren todos y cada uno de los equipos o activos que hagan parte de la parte operativa de la empresa, con eso los mantenimientos serán garantizados para que todo funcione correctamente.

“Análisis de factibilidad técnico-económica para la creación del área de soporte y mantenimiento a laboratorios de diagnóstico veterinario de la red Colombia”, En el año 2022, los ingenieros, Arbeláez Ospina Hugo Fernando, Méndez Méndez Diego Alejandro, presentaron a la universidad ECCI, el proyecto Análisis de factibilidad técnico-económica para la creación del área de soporte y mantenimiento a laboratorios de diagnóstico veterinario de la red Colombia en el cual se expresa la idea de crear un plan de mantenimiento creado directamente a una empresa prestigiosa a cargo de la sanidad del país, la cual realiza cada uno de los procesos que necesita con ayuda de otras empresas contratistas ya que en el momento no cuentan con un área propia encargada de la realización de estos trabajos, teniendo en cuenta que siendo una organización de gran tamaño tienen más de 5.000 equipos y 200 sistemas ejecutándose al tiempo; se realiza la propuesta de creación de un área propia que se encargue de dar respuesta inmediata a lo que sea requerido en su debido momento por cada uno de los activos que lo necesiten y así disminuir los costos que se están efectuando al realizarlo mediante tercerización. (Arbeláez Ospina Hugo Fernando, 2022)

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Lo importante de contar con un área propia dentro de una organización o empresa reduce demasiados costos referentes a repuestos y manos de obra que se requieren normalmente en una tercerización, es aquí donde se evidencia que para economía propia e interna de la empresa la importancia que lleva un área de mantenimiento es crucial para la misma.

“Propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio Quibi”, En el año 2021 el ingeniero Bernal Socha, Fredy Hernando presentó a la universidad ECCI la propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio Quibi, en la cual aborda el inconveniente que actualmente se está presentando, referente a las paradas de los equipos o maquinaria en la producción generados por pésimos mantenimientos realizados a estos y también la carencia de un buen planeamiento en cuanto a los quehaceres de mantenimientos preventivos y predictivos, ya que no son generados oportunamente siempre conlleva a realizar directamente los de carácter correctivo. Se propone realizar un plan de mantenimiento completo que incluya predictivo, planeado y preventivo, esto para poder garantizar una optimización en la eficiencia de funcionamiento de cada uno de los equipos con los que cuenta la organización, teniendo siempre presente y en base a los análisis de criticidad, efecto y falla, históricos como trazabilidad de la vida útil que lleva el activo; plasmando todo en informes tipo hoja de vida de cada equipo que nos evidencien confiabilidad, disponibilidad y operatividad de cada uno de ellos. (Socha, 2021)

Para no presenciar daños en los equipos y paradas en el área operativa es necesario enfocarse como lo menciona el presente documento, ya que sí se controlan este tipo de mantenimientos adecuadamente es posible garantizar siempre la operatividad de toda la empresa.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

“Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la empresa Vitelsa Mosquera S.A., mediante el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo”, En el año 2019 los ingenieros, Negrette González, Javier Ignacio / Suarez Rojas, José Esneider / José Esneider, Alexis Alfonso, presentaron la propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la empresa Vitelsa Mosquera S.A., mediante el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo la cual se basa en la implementación para un programa de mantenimiento preventivo en la empresa Vitelsa Mosquera S.A.S, la cual se destaca en la industria del vidrio siendo fabricantes. La compañía presenta una serie de inconvenientes con los equipos que usan en su línea de producción, provocando paradas repentinas lo que afecta la operación. Con el proyecto se busca diseñar un programa de mantenimiento preventivo con la ayuda de la metodología de los 19 pasos del mantenimiento preventivo, que permita aumentar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos de la compañía. (Negrette González, 2019)

Con este material se espera tener una guía de apoyo para desarrollar la investigación propia adoptando la metodología de los 19 pasos del mantenimiento preventivo, con el fin de usar los ítems que se adapten a los equipos del laboratorio del estudio.

“Propuesta de desarrollo del método análisis causa raíz (RCA) para el plan de mantenimiento preventivo de la herramienta de mano de la empresa Allians S.A.S”, En el año 2019, los ingenieros, Bernal de Wrede, Eduardo / Londoño Ramírez, John Alexander, presentaron a la universidad ECCI la propuesta de desarrollo del método análisis causa raíz (RCA) para el plan de mantenimiento preventivo de la herramienta de mano de la empresa Allians S.A.S, la cual se enfoca en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para herramientas menores o manuales, las cuales por no ser equipos de gran cuantía la compañía

no les da la importancia que requieren. Desde el análisis de los autores se evidencia que la no disponibilidad de las herramientas afecta directamente el factor financiero de la empresa Allianz S.A.S, la cual utiliza la metodología RTF (correr a falla), lo cual está generando estos inconvenientes con las herramientas. El objetivo de la investigación es hacer el análisis con otra estrategia disponible RCA (Análisis de Causa Raíz), con la cual buscan proponer el plan de mantenimiento que permita reducir estos costos y aumentar los indicadores de disponibilidad. (Wrede, 2019)

La metodología RCA (Análisis de causa Raíz), puede ser implementada para el caso análisis que se está desarrollando, teniendo en cuenta que el laboratorio Concrelab usa herramientas manuales y a pesar de no ser un gran equipo o de gran cuantía, si tiene un gran impacto en la prestación de los servicios y la disminución de costos y tiempos.

5.2 Marco teórico

¿Qué es mantenimiento? para hablar de mantenimiento, se debe entender su significado, técnicamente se define mantenimiento como las actividades que se ejecutan en pro de garantizar el funcionamiento de una máquina, herramienta o planta física en condiciones óptimas, que cumpla el objetivo para lo cual fue diseñada. El mantenimiento no solo funciona con el fin de preservar sino también de prevenir, reparar o corregir fallas que se puedan presentar, esto genera beneficios económicos a la organización en la cual se desarrolla el mantenimiento.

Desde la administración de mantenimiento, se define como las actividades relacionadas a la preservación del servicio, teniendo en cuenta que las máquinas e instalaciones no se pueden preservar por si solas. (Botero, 1993)

Historia del mantenimiento

La revolución industrial fue el principal periodo de evolución del mantenimiento, la cual inicio entre la mitad del siglo XVIII y principios del XIX, donde dio inicio a la mecanización del sector textil y dio pie al desarrollo de algunos procesos del hierro.

En esta época las innovaciones tecnológicas como lo fue la máquina de vapor y también denominada Spinning Jenny fueron un factor muy importante para el desarrollo de la industria textil, grandes empresas que implementaron esta tecnología comenzaron a tener ciertas preocupaciones ante los fallos o ciertos paros en la producción que podía existir dentro del proceso, por lo cual se comenzaron a plantear diferentes términos como lo fue el concepto de competitividad y optimización de costos, para ello se hacían responsables los operarios de las reparaciones que necesitara la maquina pero a medida que iba pasando el tiempo las organizaciones evidenciaban que la innovación y actualización de las maquinas generaba que las reparaciones fueran más complejas y que las tareas de reparación aumentarían por lo cual se dio pie a los primeros departamentos para mantenimiento.

A mediados de 1910 se notaba un aumento e incremento en la maquinaria lo cual generaba que el trabajador o colaborador tuviese que invertir más tiempo en reparaciones y arreglos a la maquinarias, por lo cual fue necesario que las organizaciones realizaran estrategias para la solución de estos problemas, logrando formar grupos de mantenimiento los cuales constaban de personal de baja calidad con el fin de liberar estas responsabilidades a los operarios de producción el cual contaba con habilidades y conocimientos de producir lo que hacia la máquina.

A mediados de 1914 una de las industrias más importantes como lo era la industria de la guerra debió trabajar de forma continua lo cual generó desgaste en su maquinaria y por ende generó fallas constantes por lo cual fue necesario comenzar a asignar actividades preventivas para que la maquinaria más importante no fallase.

El mantenimiento preventivo inició a raíz de la innovación de trabajo ejecutada por Taylor, Henry Ford y Fayol, como término de un mantenimiento especializado donde surge la administración, el control y dirección de los sistemas mecánicos incorporando programas de mantenimientos preventivos en busca de la disponibilidad que se necesitaba para aquel entonces en la industria mediante un proceso continuo.

Hacia el año 1950 una nueva visión sobre el concepto de mantenimiento surge por parte de unos ingenieros japoneses, donde se establece el simple hecho de seguir las recomendaciones que los fabricantes daban sobre sus productos teniendo en cuenta los cuidados a tener en cuenta en los procesos de producción y mantenimiento del mismo, lo cual fue denominado como mantenimiento preventivo

Mediante esta tendencia muchos de los gerentes de las organizaciones mostraban interés en desarrollar diversos programas como el de lubricación y observación con el fin de evitar y prevenir daños que se pudieran presentar en el equipo, aunque esta tendencia de prevención brindaba beneficios en tiempo ya que ayudaba a la reducción de pérdidas de tiempo, se evidenció que era una alternativa muy costosa ya que este mantenimiento se basaba en el tiempo de operación mas no en el tiempo que un repuesto podía llegar a durar. (Oliverio García Palencia, 2006)

Evolución del mantenimiento

-120.000 a.c, para esta época, aunque no se hablaba de una terminología se podía caracterizar o identificar como el mantenimiento correctivo.

Como bien se mencionaba su inicio surgen de la revolución industrial donde las innovaciones en las máquinas generaron que fuera necesario implementar estrategias para poder mitigar el daño que se presentaban en los procesos o actividades de la industria, en busca de lograr mejores resultados operativos.

Su evolución la podemos estructurar en cuatro generaciones donde hablamos de una primera generación que estuvo enfocada al mantenimiento correctivo total, donde el operario debe realizar la reparación de la máquina cuando ésta fallaba.

En su segunda generación comenzamos a hablar de mantenimiento preventivo, donde se buscaba realizar actividades enfocadas a prevenir las averías del equipo o máquina, para ello se trabajaba con mantenimientos de acuerdo al tiempo de proceso y no por determinación de duración de las piezas, durante esta generación se evidencio sobre costos por mantenimiento debido al cambio de piezas innecesarios, aunque se notó un gran avance en la reducción de tiempos muertos en los procesos.

Para su tercera generación se empieza a realizar mantenimientos mediante parámetros monitorizados mediante la implementación de un mantenimiento productivo, que buscaba prever los fallos en la operación.

En su cuarta generación se implementa el mantenimiento productivo total donde su objetivo se centra en el mejoramiento continuo mediante grupos de mejora, ya se genera avances

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

tecnológicos en la electrónica e informática donde dio lugar a una revolución en el mantenimiento preventivo.

Una vez el mantenimiento atraviesa estas generaciones se implementa mejoras continuas en la cual surge el mantenimiento predictivo el cual es una técnica para llegar a pronosticar mediante indicios el posible momento futuro en el que un componente podría fallar en una máquina, para de esta forma lograr anticiparse con tiempo suficiente y poder generar un plan de acción justo antes de que falle.

Con la llegada de los equipos de cómputo se comenzó a emplear estos sistemas como métodos de inventario para los departamentos de producción y mantenimiento.

En la actualidad el mantenimiento ha tenido varios procesos y mejoras en su planteamiento y proceso, entre ellos encontramos lo relacionado a las Cinco S donde Hiroyuki presenta esta ideología en base a que, en las industrias, los lugares de trabajo permanecen muy sucios y desordenados lo cual generaban tiempos perdidos en la operación por diversas razones como lo era por accidentes y búsqueda de herramientas.

Con el aumento de la industria se creó un mantenimiento enfocado a la preservación y cuidado del medio ambiente, por dos aspectos importantes, el primero donde se evidencia que ejecutar tareas de mantenimiento asegura la fiabilidad de los equipos pero estas actividades realizadas pueden llegar a ocasionar en su mayoría de procesos daños al medio ambiente y en segundo aspecto que toda protección ambiental debe ser gestionada íntegramente con los procesos que se pueden generar, de esta forma generar acciones a las personas, equipos o procesos que permitan prevenir estos daños ambientales

La evolución del mantenimiento ha generado que la gran mayoría de empresas que cuenten con máquinas o procesos que tengan labores manuales, realicen una respectiva implementación de un sistema de mantenimiento especializado para cada proceso en busca de una mejora continua, reducción de tiempos muertos por indisponibilidad y una mayor eficacia en sus procesos.(Oliverio García Palencia, 2006)

Áreas de aplicación

Al pensar en mantenimiento siempre llega la idea de arreglo de equipos o maquinaria de una industria sin embargo es importante tener en cuenta que este campo cubre diferentes áreas de la organización, lo cual nos permite llegar a medir el rendimiento de la empresa y con estos datos lograr generar áreas de acción o tener oportunidades de mejora.

Una de las áreas más importantes que abarca el mantenimiento es la del personal, ya que a medida del crecimiento de las empresas se evidencia actualizaciones en sus sistemas y procesos por lo cual es importante actualizar las competencias de los colaboradores para generar un mantenimiento efectivo en sus tareas predictivas y que estos puedan llegar a priorizar las tareas de mantenimiento y lograr evitar imprevistos

Otra de las áreas importantes es la del stock donde es importante tener una gestión correcta de los productos y materias primas que se requieran para el mantenimiento, esto con el fin de lograr evitar tiempos perdidos por falta de stock y poder prever intervenciones con tiempo, esto nos lograra ayudar a un ritmo de fabricación más alto.

Evidenciamos la presencia del mantenimiento en el área de calidad del producto, ya que con este sistema implementado se logrará la conservación de la máquina lo cual generará una

mayor eficiencia en los procesos de control de calidad, también nos ayuda a garantizar que aquellos equipos que se manejan para el proceso estén en las mejores condiciones lo cual ayuda a impedir los fallos que se puedan producir en las tareas.

En la seguridad nos podemos dar cuenta que es un factor importante tener un sistema de mantenimiento estructurado ya que este proveerá accidentes por comportamientos anormales de los equipos o máquinas de producción, esto con el fin de proteger la integridad física y ayudando a disminuir los accidentes laborales que se pueden presentar por fallos de las máquinas.

En la planificación, el mantenimiento obtiene un papel importante ya que al establecerse que intervenciones se deben realizar y en qué momento realizar, esto ayuda a la coordinación y se logra una mayor agilidad en la puesta en marcha de los procesos pausados por la actividad de mantenimiento.

En la comunicación con agentes externos es importante tener en cuenta el mantenimiento ya que de este se deriva el equipo que hará participe de la reparación y también contacto con los fabricantes de los equipos y sus repuestos, por lo cual al realizar un mantenimiento asistido por ordenador es necesario que los operarios tengan una comunicación asertiva entre ellos y los fabricantes. (*Mint Rethinking the future, 2022*)

Indicadores de mantenimiento

El mantenimiento en las organizaciones ha permitido que estas sean más productivas, es una herramienta que contribuye a la productividad de la empresa y de esta forma aporta al cumplimiento de las metas corporativas.

Sin embargo, como todo proceso dentro una organización debe ser medido y evaluado con el fin de conocer su efectividad y el cumplimiento de las estrategias. Esto está relacionado estrechamente con la gestión de mantenimiento y una parte de esta gestión se enfoca en la medición de los procesos internos del área.

Para realizar estas mediciones, se emplean herramientas como los indicadores de gestión. Un indicador se define como una relación entre variables, estas pueden ser cuantitativas o cualitativas, permite obtener información detallada de los resultados en base a las estrategias establecidas para el proceso que se está midiendo, permite evaluar el cumplimiento de las metas u objetivos corporativos, de ahí su importancia en la gestión administrativa del proceso mismo de mantenimiento. (Zambrano et al., 2015)

Tipos de indicadores

Existen varios tipos de indicadores en mantenimiento, sin embargo, se destacan algunos que tienen relevancia en las organizaciones.

Calidad del servicio

Este indicador es usado para conocer la satisfacción del usuario de mantenimiento. La forma de medición es a través de encuestas, de estas se obtiene información acerca de posibles desviaciones o no conformidades que permitan realizar planes de mejora y aplicar acciones correctivas con el fin de mejorar la calidad de los servicios. (Zambrano et al., 2015)

Disponibilidad

La disponibilidad se puede definir como la capacidad de funcionamiento del equipo en el momento y lugar requerido y se mide durante un periodo de tiempo.

Este indicador se puede calcular matemáticamente para obtener un porcentaje de disponibilidad en un determinado periodo.

Se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPDR}$$

Donde:

D= Disponibilidad

TPEF= Tiempo promedio entre fallas

TPDR= Tiempo promedio en reparación

Confiabilidad

La confiabilidad se basa en la capacidad del equipo de realizar la función en un determinado tiempo sin presentar fallas, en otras palabras, es la probabilidad de que el equipo opere en un periodo de tiempo sin que falle.

Al igual que la disponibilidad, se puede usar una relación matemática para conocer su porcentaje.

$$TPEF = \frac{\textit{Horas totales en servicio}}{\textit{Cantidad de fallas reportadas}}$$

$$RF = \frac{\textit{Cantidad de fallas}}{\textit{Horas totales en servicio}}$$

$$Ps = 1 - Rf$$

Donde:

Rf= Tasa de fallas

Ps= Probabilidad de supervivencia

Este indicador provee información de utilidad para la elaboración de un plan de mantenimiento bien estructurado con el fin de mejorar dicha probabilidad.

Mantenibilidad

Este indicador se refiere al tiempo que transcurre en la reparación del equipo, la velocidad de mantenimiento, bajo condiciones normales de ejecución.

La forma de medición está relacionada con el tiempo promedio de reparación TPDR, el objetivo principal de disminuir este tiempo es aumentar la disponibilidad del equipo y se puede calcular con la siguiente expresión.

$$TPDR = \frac{\text{Horas de mantenimiento correctivo}}{\text{cantidad de fallas}}$$

Costos

Tal vez de los más importantes indicadores de gestión es el indicador de costos, esta medición permite a la gerencia de mantenimiento y gerencia general conocer el desempeño del área. Permite la toma de decisiones acertadas y realizar los ajustes necesarios para optimizar recursos, dependiendo de las evaluaciones individuales realizadas al personal encargado de cada actividad programada.

La información obtenida con esta herramienta es el costo total de mantenimiento CTM, el cual se puede calcular mediante la siguiente expresión.

$$\text{Costo de mantenimiento} = \left(\frac{CTM}{\text{Costo total del sistema productivo}} \right) \times 100$$

Sin embargo, con base en este dato se puede calcular los demás indicadores de costos como el costo del personal, costo de mantenimiento preventivo y correctivo con las siguientes expresiones matemáticas.

Costo de personal o mano de obra

$$\text{Costo del personal de mantenimiento} = \left(\frac{\text{Costo de personal del mantenimiento}}{CTM} \right) \times 100$$

Costo de mantenimiento correctivo

$$\text{Mantenimiento correctivo} = \left(\frac{\text{Costo del mantenimiento correctivo}}{CTM} \right) \times 100$$

Costo de Repuestos y consumibles

$$\text{Costo de materiales y repuestos} = \frac{\text{Costo de materiales y repuestos}}{CTM}$$

Estos son algunos de los principales indicadores de costo que se pueden implementar en las organizaciones con el fin de realizar una adecuada gestión de activos y de mantenimiento.

(Zambrano et al., 2015)

Aportes de un programa de mantenimiento

Como se ha evidenciado, el mantenimiento aporta distintos beneficios a las empresas u organizaciones donde se aplica, sin embargo, para obtener un beneficio mayor, debemos implementar un mantenimiento organizado con estrategias claras y procesos definidos.

Desde el punto de vista administrativo y gerencial se requiere que todos los procesos cuenten con organización, por tanto, el mantenimiento no es la excepción. Todo el proceso de los activos se debe organizar, establecer un plan de mantenimiento es una forma en la cual se logra mejorar la gestión. Un programa de mantenimiento, permite llevar control sobre las intervenciones que se realizan a los equipos, aporta información de costos y permite la optimización de los mismos.

Operativamente, establecer un programa de mantenimiento, permite disminuir los tiempos de parada debido a fallas, disminuir costos por indisponibilidad, así como alargar la vida útil de los activos de la empresa.

En conclusión, establecer un programa de mantenimiento permite llevar un control administrativo y de costos, implementar estrategias de mejora en los procesos y optimizar los tiempos de producción en planta. (Servicio Nacional de aprendizaje, 1993)

Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que hace referencia a una anticipación de actividades con tiempo suficiente para poder ser intervenidas sin abarcar más allá de lo

necesario, es decir, actuar a tiempo antes de repercutir más elementos que se involucren en las actividades de reparación.

Típicamente el mantenimiento preventivo define actividades previamente establecidas de intervención a determinado activo. A manera de ejemplo se puede tener un activo en un programa de mantenimiento la cual se le realizan los servicios preventivos dependiendo de su uso, ya sea en un determinado periodo de tiempo o por horas de uso.

Las actividades podrán ser de lubricación, limpieza, pintura y revisiones eléctricas, esto con el fin de maximizar la vida útil del equipo y prevenir o identificar posibles fallas graves que se puedan presentar a futuro.

Beneficios del mantenimiento preventivo

Los beneficios que podemos encontrar con la realización de los mantenimientos preventivos son aquellos relacionados a continuación, no obstante, la cantidad de beneficios que se les puede sacar provecho y generan este tipo de mantenimientos son múltiples, ya que teniendo en cuenta que son previstos con anterioridad o ya se sabe a qué tiempo deben intervenir, los repuestos que se necesiten en stock ya se deben tener, adicional a eso la mano de obra, seguido tenemos el menor tiempo posible en la realización y ejecución de los procesos para poder llevarlo a cabo. Otros beneficios que se pueden hallar son:

“Con un adecuado mantenimiento preventivo, el equipo se conservará en óptimas condiciones de trabajo, permitiendo que la producción continúe su flujo normal sin interrupciones. Los niveles de productividad subirán considerablemente”(Servicio Nacional de aprendizaje, 1993)

Costos del mantenimiento preventivo

Al referirnos del mantenimiento preventivo y todo lo que consigo abarca, se debe incluir, así como los repuestos también la mano de obra, para lo cual existe un costo de todo lo que se deba realizar. En el caso actual del ejemplo anteriormente mencionado referente a una máquina o el activo sea el que sea que requiera mantenimiento y forme parte de la empresa para su óptima producción y demás, lo importante es siempre mantener cada uno de estos en sus óptimas condiciones de operación para evitar contratiempo en las entregas a clientes, tiempos muertos en reparaciones, personal u operarios en espera de ser resuelta la novedad que presente las máquinas donde usualmente se desempeñen; los costos de mantenimiento preventivo deben ser y son los de menor valor ya que en su realización siempre se incluyen los repuestos y la misma mano de obra.

No obstante, estos repuestos y lo que abarca el mantenimiento preventivo son los que ya en cierto tiempo deben reemplazarse por fatiga, por kilometraje o por tiempo ya estipulado, es el caso de los aceites para máquinas y/o automóviles, que en el segundo caso se realiza el mantenimiento preventivo que incluye repuestos como: Aceite, filtros, plumillas, revisión de frenos al transcurrir 5.000 km según el ejemplo anterior y, mano de obra que abarca el costo de eso que se cobra por realizar el respectivo mantenimiento y que los proveedores, terceros o las mismas empresa (si tienen área propia de mantenimiento) ya tienen un consolidado de precios para tanto los repuestos como las manos de obra.

Estrategias de mantenimiento preventivo

Las estrategias para realizar un adecuado mantenimiento preventivo, la principal y que puede ofrecer un mayor beneficio, es establecer un programa de mantenimiento con inspecciones

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

a los equipos, con esto se garantiza el buen funcionamiento de estos y la identificación de piezas críticas para la operación del activo, lo que permitirá a la compañía mantener en almacén los repuestos o piezas claves y que puedan generar costos altos por tiempos de parada prologados.

Mantenimiento correctivo

Dentro de la clasificación de mantenimiento, se puede encontrar correctivo, el cual se deriva de fallas imprevistas, esta clase de mantenimiento siempre estará presente así la empresa cuente con un programa de mantenimiento preventivo. En este, la máquina es quien define las paradas, generalmente son fallas que no se detectaron en los mantenimientos preventivos o causadas por la ausencia del mismo.

Objetivo del mantenimiento correctivo

El objetivo del mantenimiento correctivo es, entre otros, colocar en funcionamiento lo antes posible la maquinaria, corrigiendo las fallas presentadas y detectando factores que puedan desencadenar en fallas mayores.

Se deben realizar las reparaciones en el menor tiempo posible, ya que de esto depende la producción de la empresa.

Costos del mantenimiento correctivo

Los costos del correctivo, se pueden dividir en varios aspectos a tener en cuenta como se explica a continuación:

Personal: Este factor es de los principales costos de toda la gestión del mantenimiento, ya que dependiendo de la falla se requiere personal capacitado o con conocimientos específicos, lo

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

cual puede afectar los tiempos de reparación depende si en la empresa se cuenta con este recurso o si por el contrario se debe conseguir por medio de un tercero. (Servicio Nacional de aprendizaje, 1993)

Equipos: En este aspecto se deben tener presentes dos variables de costo, una está enfocada en el mismo equipo que se está interviniendo, ya que cualquier detalle que no sea tenido en cuenta o pase desapercibido, puede provocar una falla de mayor gravedad lo que incrementa los costos y el tiempo de parada. El segundo factor está relacionado con equipos especiales para prestar los servicios, es decir si la reparación requiere de maquinaria o equipos especiales para poder realizar el servicio con la mayor calidad y eficiencia, ya que, de no contar con estos, dificulta la tarea, aumenta los tiempos y por consiguiente el costo.

Refacciones: Dependiendo del estudio que se tenga de las máquinas y de la eficacia del programa de mantenimiento se podría determinar la necesidad de diferentes piezas y refacciones necesarias para cada equipo de planta, sin embargo, en la mayoría de los casos, estos no se tienen disponibles en el almacén para ser reemplazados de manera inmediata. Esta indisponibilidad de repuestos afecta directamente el costo, ya que dependiendo del proceso de compra y si es nacional o importado, los tiempos pueden variar considerablemente lo que afecta directamente la producción o la prestación de los servicios, lo que se traduce en pérdidas para la empresa, teniendo en cuenta que el personal sigue devengando sueldo y prestaciones sin ser productivos.

Calidad: Un factor de costo para la compañía sin duda es la calidad del producto, un mantenimiento, realizado sin tener en cuenta lo expresado en los ítems de personal, equipos y repuestos, afectan directamente la calidad del producto terminado o los servicios realizados, lo

que impacta directamente en garantías o productos defectuosos, al final todo traduce costos.(Servicio Nacional de aprendizaje, 1993)

Estrategias de mantenimiento correctivo

Dentro de las estrategias que se pueden establecer para optimizar estas clases de mantenimiento, podemos mencionar las siguientes:

Realizar un estudio de las máquinas y equipos según su criticidad, con esto se puede identificar las partes del equipo críticas, ya sea por su importancia dentro del funcionamiento del mismo o por su disponibilidad en el mercado local. Esto garantizará que cuando se llegue a requerir dicha refacción inesperadamente, se tenga disponibilidad inmediata en el almacén, disminuyendo así los tiempos de parada y reduciendo así, el impacto sobre la producción y los costos de la empresa.

Otras estrategias que se pueden implementar es la capacitación sobre equipos y máquinas de la organización, a todo el personal, no solo al equipo de mantenimiento, sino también al personal operativo: el conocimiento del equipo por parte de los operarios ayuda a disminuir fallas provocadas por la incorrecta manipulación de estos. Es por eso que un programa de capacitación enfocado a la operación de los equipos tiene relevancia dentro del proceso de mantenimiento.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo poder encontrar y corregir los posibles problemas que pueda llegar a tener una máquina antes de que llegue a fallar, este puede ser

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

definido como actividades que se realizan por operarios para lograr asegurar un correcto funcionamiento de los equipos o maquinaria usada.

Su nombre fue diseñado con el fin de prever o anticiparse a posibles daños que puede presentar un activo en la organización, bajo esta definición se busca establecer estrategias denominadas mantenimiento normalmente bajo un calendario o una programación para la intervención de la maquinaria en el menor tiempo en busca de reducir los fallos que puedan existir y evitar sobre costos por mantenimientos correctivos.

Este mantenimiento se refiere a las acciones de reemplazar, adaptar, restaurar e inspeccionar un activo mediante diversos periodos de uso.

Actualmente este tipo de mantenimiento lo podemos ver presente en muchas de las industrias modernas, quienes están enfocadas a la mejora continua y eficacia en sus procesos de producción o servicio. (Hernández, 2023)

Beneficios del mantenimiento predictivo

Como primer beneficio, se reducen las fallas de los equipos y ayuda a la reducción de tiempos muertos por indisponibilidad de los equipos.

Si existen muchas fallas dentro de la organización, este sistema nos ayuda a realizar una organización programada de las actividades a tratar.

Mejora la utilización de recursos ya que al tener un sistema de mantenimiento no existirá sobrecosto en inventarios de repuestos y se podrá administrar de mejor manera los recursos de la compañía e incrementará la vida útil de los equipos y máquinas de proceso.

Costos del mantenimiento predictivo

En la implementación de estos sistemas de mantenimiento se evidencia algunos costos que se deben tener en cuenta para la implementación de un programa, entre estos podemos encontrar costos de mano de obra donde se debe de tener los epp's necesarios para la actividad y el costo del personal que interviene en esta actividad.

Existen costos de almacenamiento, este costo lo podemos encontrar más que todo en las industrias que manejan un alto stock de repuestos para sus activos, se debe tener en cuenta el costo que puede llegar a tener el mantener estos repuestos guardados por ello se debe tener en cuenta programas de confiabilidad de cada uno de los equipos.

En algunos casos es necesario determinar si alguna actividad requiere de algún tipo de entrenamiento especializado para realizar el mantenimiento por ello es necesario formar un grupo de trabajo directamente relacionado con el soporte de los equipos con el fin de dar cumplimiento a su programa de mantenimiento y entrenamiento al personal requerido.

Estrategias de mantenimiento predictivo

Para poder establecer un programa de mantenimiento preventivo existen muchas estrategias, es dependiente de cada organización ya que esto se deriva de las políticas con la que cada empresa cuenta, los objetivos que tenga planeados y la misión que tiene establecida, pero se puede plantear una estrategia general como guía la cual consta de los siguientes pasos:

Determinar metas y objetivos: para este paso es necesario determinar qué es lo que se quiere obtener con el programa, es recomendable iniciar bajo una base y poder expandir estas metas u objetivos a medida que se van analizando los resultados

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Establecer los requerimientos: Es necesario decidir cuál será la extensión del programa teniendo en cuenta que se incluirá para el mismo, donde se determina la maquinaria, las áreas efectivas, disciplinas a llevar a cabo, importancia del programa, el desarrollo de los planes de entrenamiento y finalmente una vez deducido que incluirá, se deberá reunir y organizar los datos para la creación del programa.

Una vez recopilada la información, se comenzará a realizar el programa donde se deben estipular los procedimientos detallados y rutinas a desarrollar para cada equipo, se deberá mantener los resultados en una base de datos para un estudio frecuente de los resultados obtenidos por el resultado a fin de establecer mejoras continuas en cada proceso. (Hernández, 2023)

Herramientas tecnológicas para el mantenimiento

Actualmente con la actualización de los procesos de producción también se ha llegado a la actualización de los sistemas de mantenimiento, las organizaciones pueden aprovechar la gran variedad de herramientas tecnológicas que pueden aportar a la confiabilidad de los procesos, el PDM (Mantenimiento Predictivo) ofrece una gran cantidad de herramientas para la optimización del mantenimiento.

Análisis de vibraciones: nos referimos al uso de un sensor para la detección de vibraciones de un equipo, mediante un análisis se buscará encontrar problemas que el activo pueda estar presentando.

Análisis Ultrasónico: Mediante estas herramientas se realiza un análisis de la frecuencia captadas mediante un micrófono sensible que nos ayuda a determinar los cambios que puede presentar un activo en comparación con un ultrasónico captado anteriormente.

Análisis infrarrojo: Con este análisis se realiza una comparación de temperatura entre los componentes de un equipo, estas variaciones pueden determinar la condición y rendimiento que está presentando el activo.

Análisis de aceite: este análisis determina la condición del aceite del activo, mediante análisis de viscosidad, el agua existente y otros factores se puede determinar el desgaste que puede tener un componente dentro del activo. (UpKeep, 2023)

Mantenimiento en el sector construcción

El sector de la construcción es uno de los sectores económicos del país más importantes, debido a su generación de empleos e ingresos a la economía nacional.

Diversas compañías del sector por no decir que todas, requieren de maquinaria y equipos en el desarrollo de sus proyectos. Algunos requieren disponibilidad y confiabilidad total debido a la importancia que tienen en proyectos estratégicos que requieren de un tiempo de ejecución estricto para no afectar la calidad o incurrir en sobrecostos de los mismos.

La importancia de los equipos en este sector va desde el análisis de los materiales como es el caso de los laboratorios de ensayos, hasta las empresas productoras de las materias primas, concretos, asfaltos y demás. Por esto, es indispensable que estas compañías cuenten con estrategias de mantenimiento y gestión de activos eficaces de sus equipos. Con el fin de garantizar el desarrollo de sus proyectos en los tiempos y con los recursos presupuestados.

A manera de ejemplo la poca disponibilidad de equipos enfocados al estudio de los materiales empleados en la construcción, genera retrasos en los procesos constructivos, llegando a desencadenar desde sobrecostos hasta problemas de tipo legal, debido a fallas en las estructuras construidas. De ahí que el mantenimiento de equipos adquiere una gran relevancia dentro del sector constructivo, no sólo para garantizar que estos se realicen dentro de los plazos, si no que garanticen los resultados que se obtienen con estos, que sean confiables y reales. (Losada, 2022)

Aportes del mantenimiento al sector construcción

Como se mencionó en el párrafo anterior, los aportes o beneficios del mantenimiento en el sector constructivo, toman relevancia en la disminución de costos y riesgos de seguridad y de carácter legal.

El mantenimiento de los equipos aporta seguridad a las estructuras que se construyen con estos, y mediante la calidad de los materiales con resultados confiables, evaluados en los laboratorios de ensayos. También aporta a la disminución de costos reduciendo los tiempos de parada y tiempos muertos por fallas que se pueden prevenir mediante las estrategias del proceso de mantenimiento.

Concrelab, es un laboratorio de ensayos de ingeniería civil, como se mencionó en el párrafo anterior aporta al sector, disminuyendo costos derivados de la utilización de materiales de baja calidad, y disminuyendo los riesgos legales producidos por esta razón. El objetivo de este proyecto es realizar una propuesta que permita optimizar el mantenimiento dentro del laboratorio, mediante la implementación de un programa de mantenimiento, con el fin de disminuir los costos y mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la empresa.

Con la información obtenida de los textos estudiados en este proyecto, se pretende abarcar las estrategias y los procesos que se requieren en Concrelab, para lograr el objetivo de realizar la propuesta de optimización del programa de mantenimiento.

5.3 Marco Legal

Las normativas nacionales e internacionales aseguran la trazabilidad de los procesos, y buscan estandarizar la forma en que los países desarrollan sus industrias. Todos los proyectos que se desarrollan dentro de un sistema organizado, está regido bajo normas y leyes, las cuales se deben cumplir sin excepción para lograr que estos proyectos se desarrollen adecuadamente sin llegar a perecer en el intento.

A continuación, se establecen las normas, reglamentaciones o leyes nacionales y extranjeras que tienen relevancia en el desarrollo del proyecto, asegurando que el alcance de la investigación este enmarcada en las leyes aplicables.

ISO 9001: Adopta los requisitos para un sistema de gestión de calidad, donde involucra la capacidad de prestar servicios y productos que satisfagan las necesidades de los clientes. El cumplimiento de estos requisitos encierra la gestión de activos y requiere de una planeación para el mantenimiento y la trazabilidad metrológica de los equipos usados en la industria. (Organización Internacional de Normalización, 2015a)

Esta normativa asegura la calidad en los procesos que realiza la organización en aras de garantizar un producto o servicio con altos estándares de seguridad y eficiencia.

Numeral 7.6 Requiere que la organización cuente con procedimientos y programas de mantenimiento y calibración que garantice la idoneidad de los equipos para la realización de productos o prestación de servicios.

ISO 14001: La norma establece los requisitos para la implementación d sistema de gestiona ambiental que garantice que los procesos de la organización se realicen de forma que tengan un impacto mínimo para el ambiente. (Organización Internacional de Normalización, 2015b)

Numeral 6.1.2 Establece los aspectos ambientales más importantes a tener en cuenta por la organización, en cuanto a la gestión del mantenimiento y el uso de los equipos, teniendo en cuenta el uso de hidrocarburos, gasas, aceites y demás lubricantes que contaminan las fuentes hídricas y que se debe gestionar su disposición final de manera responsable y con proveedores autorizados para la prestación del servicio.

Aunque hay varios enfoques para identificar estos requisitos, cada organización puede centrarse algunos como, los materiales que se vierten al alcantarillado, el uso de energía, la generación y disposición de residuos, etc.

ISO 45001 La seguridad y salud en el trabajo, es un tema que cada día adquiere mayor importancia dentro de las organizaciones, aún más en las que se desarrollan actividades a nivel industrial, por lo cual es un requisito obligatorio dentro del desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta que está enfocado en el área de mantenimiento y restauración de equipos. (Organización Internacional de Normalización, 2018)

Numeral 6.1.2 La identificación de los riesgos es una obligación de las organizaciones, dentro de las cuales se encuentran contempladas las tareas de mantenimiento y gestión de los equipos con los que se prestan los servicios.

Es por esto que la normativa en seguridad y salud en el trabajo es un tema de gran importancia para la presente investigación.

Dentro de las obligaciones que requiere este numeral se encuentran contemplar los riesgos asociados a las maquinas, a las personas y a las instalaciones locativas.

Decreto 2269 de 1993 es una norma que establece el Sistema Nacional de normalización, certificación y Metrología y en su artículo 19 nos es relevante para los laboratorios de ensayo por lo que nos habla de la acreditación de los laboratorios ya que estos deben ser acreditados para operar en los diferentes campos específicos, con el fin de garantizar que este cumpla con los requisitos necesarios para realizar pruebas, ensayos, calibraciones o mediciones.

También nos habla de la garantía de la calidad, por lo cual los laboratorios desempeñan un papel importante en la verificación de calidad de productos por lo cual su artículo 19 asegura que estos laboratorios operen con alta competencia en calidad.

Para el cumplimiento de normas, estos ensayos permiten demostrar que un producto satisface los requisitos que se establecen en las especificaciones, contratos o normas, ya que la acreditación busca llevar a cabo que los laboratorios realicen estas evaluaciones de manera confiable.

En el sector de la construcción son cada vez más los requisitos exigidos a nivel nacional, es una tendencia global asegurar la calidad en todos los campos y este no es una excepción. Por

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

esta razón los materiales que se usan en dicho sector deben garantizar su calidad e idoneidad, para lo cual existen laboratorios especializados en este campo.

Para la evaluar la competencia de estos laboratorios, existe la normativa nacional donde se incluyen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración, la cual se relaciona a continuación.

NTC/ISO IEC 17025: La normativa para los laboratorios de ensayos de materiales, va encaminada a evaluar la competencia para que estos declaren la conformidad de los materiales usados en los proyectos constructivos dentro del país. Los laboratorios deben demostrar que trabajan de forma competente para obtener resultados confiables. Los laboratorios que cumplen con estos requisitos cumplen los principios de la norma ISO 9001. (ICONTEC, 2017)

Numeral 6.4 Este numeral hace referencia a la exigencia de equipamiento, en el cual se incluyen materiales, reactivos, materiales de referencia, usados en el laboratorio.

También, exige el control de equipos y activos que se tienen en el laboratorio, donde se mencionan los programas de mantenimiento que se deben tener con el fin de garantizar el buen funcionamiento y su trazabilidad o historial de mantenimientos realizados.

Numeral 6.5 Se menciona la trazabilidad metrológica que se requiere para los equipos, es decir el programa de calibración y comprobaciones intermedias, para lo cual los equipos deben contar con un estricto programa de mantenimiento que garantice que estos estén metrológicamente en óptimas condiciones para realizar las mediciones en los ensayos.(ICONTEC, 2017)

IDU en su sección 109-11, en esta se establece los procedimientos para seleccionar, aprobar y controlar los laboratorios de ensayos, ya que estos laboratorios son importantes y esenciales para poder garantizar la calidad de los insumos o materiales que se llegan a utilizar en las obras, su principal objetivo es asegurar que los laboratorios cumplan con los requisitos de calidad, para ello establece un proceso de selección por el cual se realiza; El plan inicial de ensayos, recursos técnicos, actualización del plan y por último la verificación y seguimiento, el IDU busca garantizar la calidad de los materiales y poder contribuir al éxito en cada una de las obras de construcción. (Instituto de desarrollo urbano IDU, 2011)

INVIAS El instituto nacional de vías, es el encargado de reglamentar todas las especificaciones técnicas y de construcción en el país, de allí se establecen las normas para la elaboración de ensayos a materiales, en cada una de sus secciones constituye un apartado de equipos, donde especifica las características técnicas y la trazabilidad metrológica que debe tener cada uno de estos para ser usados en cada uno de los métodos de ensayo.(Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2013).

6. Marco metodológico

A continuación, se presenta el procedimiento que se usara para el desarrollo de la investigación, que conlleve al cumplimiento de los objetivos planteados. Dentro de este apartado se encuentra especificado el tipo de investigación y las herramientas que permitan recopilar la información necesaria con el fin de analizar el estado actual del plan de mantenimiento preventivo para una máquina de compresión, en el laboratorio Concrelab, para lo cual se utilizaran las técnicas de recolección de datos, procedimientos como encuestas y la población seleccionada para el ejercicio.

6.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación refiere al análisis que requieren los autores para lograr hacer un diagnóstico detallado del proceso de mantenimiento, con el cual dar respuesta al objetivo general “Propuesta de optimización para el proceso de mantenimiento en el laboratorio CONCRELAB S.A.S”. Esta investigación es una propuesta de mejoramiento y optimización del proceso de mantenimiento en el laboratorio, que permite que los encargados como líderes, jefes coordinador y operarios puedan desarrollar las estrategias de área de manera que estas se alineen con los objetivos estratégicos planteados en el laboratorio.

6.2 Diseño de la investigación

El objetivo del diseño de la investigación, debe contener todos los elementos necesarios que brinde al lector los datos para lograr formar una opinión del proyecto y de su actor, relacionado al conocimiento del tema, la viabilidad y su ubicación.(Sánchez, 2013). Desde este punto de vista se desarrolla un trabajo descriptivo, cuantitativo toda vez que es un modelo de investigación que rehace aspectos fundamentales y se complementa de información sistemática.(Sánchez, 2013). También describe el proceso de mantenimiento usado en el laboratorio de estudio, con el fin de poder caracterizar el ejercicio y gestión del equipo técnico y administrativo de mantenimiento dentro de la organización. Es una investigación univariable ya que se busca identificar las falencias del proceso de mantenimiento preventivo desde su programación y ejecución, obteniendo estrategias de mejora para realizar la propuesta de optimización del proceso.(Bolívar, 2023)

6.3 Variable

Según la real academia de la lengua española, define como variable una magnitud que dentro de un conjunto puede tener un valor. (*Real academia de la lengua española*, 2001). Otra definición afirma que la variable constituye todo aquello que se puede medir, todos los datos recolectados con el fin de ser analizados para lograr cumplir los objetivos planteados dentro de la investigación, para el caso del presente estudio, la variable es el mantenimiento preventivo.

Variable: Mantenimiento preventivo como propuesta de optimización del programa de mantenimiento del laboratorio Concrelab S.A.S.

Variable conceptual: es proceso de mantenimiento preventivo que se desarrolla actualmente en el laboratorio, cuyo objetivo principal, es prevenir que ocurran fallas en un sistema de producción o servicios, con la programación y ejecución de tareas básicas, como Limpiar, inspeccionar, cambiar, reparar, calibrar, ajustar, en intervalos predeterminados asociados a cada proceso específico. Algunas de estas actividades se realizan de manera rutinaria, las cuales se conocen como RBM y la frecuencia puede ser diaria, semanal o quincenal.(C. A. Montaña, 2016)

Variable operacional: Está conformada por: Características del proceso, Habilidades de los responsables de mantenimiento, Documentos y procesos de mantenimientos.

Tabla 1. Operalización de la variable.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Mantenimiento Preventivo	Programación de mantenimiento	Cumplimiento programa de mantenimiento	1, 2, 3, 4, 6, 8, 10
	Ejecución de tareas	Cumplimiento de metas por técnico.	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10
	Rutinas básicas de mantenimiento (RBM)	Cumplimiento de las RBM	6, 8, 9, 10

Fuente: Propia

6.4 Población y Muestra

La población de estudio, es un conjunto de casos, accesibles, limitados y definidos, pueden ser seres humanos, animales, expedientes, etc. La población es el referente con el cual se estimará la muestra. (Arias-Gómez et al., 2016)

Tabla 2. Población del área de proyectos y equipos de la empresa Concrelab S.A.S

Población	Cantidad
Líder de proyectos y equipos	1
Jefe de mantenimiento	1
Técnico de mantenimiento	1
Auxiliar de mantenimiento	1
Personal de apoyo en sedes	4
Total	8

Fuente: Laboratorio de ensayos Concrelab S.A.S

Para este caso, la población es pequeña y finita, por lo cual se determina que población es igual a muestra, es decir no se requiere utilizar una técnica para obtener la misma.

6.5 Técnica de recolección de datos

La técnica usada en la esta investigación, es la encuesta, la cual, permite la obtención y elaboración de datos de una manera rápida y eficaz (Anguita y R, 2002). La herramienta aplicada para la recolección de información es la escala estimativa, la cual es “es una metodología mixta que introduce aspectos cualitativos y cuantitativos, con los cuales se medirá al evaluado (*Dirección de evaluación, asuntos del profesorado y orientación educativa, 2020*)

6.6 Validez del instrumento

La validez hace referencia a los que es real o verdadero o lo que acerca a ello. Los resultados de una investigación se consideran validos cuando estos se encuentran libres de sesgo o errores. (Miguel Ángel Villasís-Keever, 2016)

Para garantizar la validez de un instrumento, es necesario diseñarlo cuando las variables se hayan especificado y definido claramente, con el fin que estas contengan los temas a abordar. Adicionalmente otra herramienta de apoyo es la ayuda de expertos en el tema que se será evaluado, con el fin de comprobar el sí cumple el objetivo para lo cual se creó. (Álvarez, 2011)

6.7 Confiabilidad

Hace referencia a la estabilidad de los datos, es decir la reproducibilidad de los resultados cuando se aplica el instrumento repetidas veces. Un instrumento se considera confiable cuando los datos que se obtienen equivalen al valor real de la variable que se está evaluando.

De acuerdo al instrumento seleccionado para este proyecto de investigación, se aplicará la ecuación correspondiente al Alfa de Cronbach, el estaditico coeficiente expresada a continuacion:

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

$$a = \frac{K}{K - 1} \left(1 - \frac{\sum st^2}{st}\right)$$

Donde:

K= El número de ítems

$\sum st^2$ = Total de la varianza

St²=Varianza del ítem

El resultado del coeficiente de confiabilidad, se analizará de acuerdo a lo establecido por Pearson de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 3. Cálculo de confiabilidad mediante Alfa de Cronbach

Ponderación			Resultado
0,81	a	1,00	Muy alta
0,61	a	0,80	Alta
0,41	a	0,60	Moderada
0,21	a	0,40	Baja
0,01	a	0,20	Muy baja

Fuente. Ruiz (2002)

Con base en los resultados obtenidos se interpreta que tan confiable es el instrumento, el coeficiente variara entre 0 y 1 siendo 1 el de mayor confiabilidad (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para la presente investigación, el porcentaje obtenido fue de 0,78 que según la tabla de ponderación tiene una confiabilidad alta.

6.8 Análisis de datos

El análisis fue realizado utilizando estadística descriptiva, la cual dispone de formas de presentar y analizar las principales características de los resultados a través de tablas, gráficos y resúmenes (Liliana Orellana, 2001), l informaciones se presenta en forma de gráficos de torta, cuadros comparativos según sea necesario.

6.9 Procedimiento

A continuación, se presentan los pasos realizados para conseguir el objetivo de la investigación.

Paso 1. Recolección de datos

- a. Diseño y construcción del instrumento. Para el diseño del instrumento se tomó en cuenta todas las características del proceso de mantenimiento preventivo, tales como cumplimiento de procedimientos, divulgación y capacitación, rutinas y cumplimiento de metas.
- b. Aplicación del instrumento. Se procede a aplicar el instrumento a la población descrita en la tabla No. 2.

Paso 2. Análisis de datos

- a. Tabulación de información. Se procedió a descargar y organizar las respuestas obtenidas, para realizar el análisis estadístico.
- b. Construcción de tablas y gráficos. Se agruparon los datos de acuerdo a la categorización, con el fin de hacer la calificación cualitativa; seguidamente se aplica el análisis estadístico para poder profundizar en cuanto al proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio.

- c. Interpretación de resultados. Luego de realizar las tablas y gráficas, se procede con la interpretación, revisando teoría con antecedentes que se relacionen. En las gráficas se relacionan los aspectos que más influyen dentro del proceso de mantenimiento sea de forma positiva o negativa.

Paso 3. Presentación de resultados.

Luego del análisis de los resultados, se presentan las conclusiones y las recomendaciones o propuestas de mejora identificadas para el proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

Presentación de la propuesta

1. Diseño: Se procede a realizar un diagnóstico del proceso de mantenimiento del laboratorio Concrelab, identificando el paso a paso, utilizado actualmente para realizar la programación y ejecución del mantenimiento preventivo, así como cronogramas y procedimientos internos que puedan ser de ayuda en la identificación de las fallas del proceso y las posibles opciones de mejora.

2. Recomendaciones: Se presentan las conclusiones del estudio realizado, entregando la propuesta de optimización del proceso, incluyendo observaciones de forma, y posibles herramientas que permitan desarrollar las actividades de manera más organizada y óptima, que garantice el cumplimiento de las metas de mantenimiento preventivo.

7. Resultados y discusión

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos con la escala estimativa, instrumento de recolección de datos diseñado para el proyecto y validado por expertos para dar respuestas a los objetivos planteados.

En el análisis se presenta gráficamente los resultados del proceso de mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S.

Para facilitar la comprensión de los datos se expone el orden de análisis de los resultados.

- Análisis general de la variable de mantenimiento preventivo.
- Análisis de cada una de las dimensiones con respecto a la variable estudiada.
- Análisis detallado de cada dimensión y sus indicadores de acuerdo a la variable de estudio.

Para la aplicación de la estadística, los cálculos y los análisis, se usó Excel con sus complementos. A continuación, se describe como se determinó la distribución de frecuencias, teniendo en cuenta que para este instrumento se cuenta con 10 ítems, con una escala de puntuación de 2 a 10, para un total de 100 en el caso que todas las respuestas obtuvieran el máximo puntaje, esto con el fin de realizar comparaciones entre todas las frecuencias y poder determinar la que tiene mayor influencia.

7.1 Análisis general de la variable de mantenimiento preventivo.

Tabla 4. Distribución de la frecuencia relacionada con el proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S

Puntaje	F	%	Categoría
0-20	3	38%	Ausencia de mtto preventivo
21-40	2	25%	Ineficiencia de mtto preventivo
41-60	0	0%	Regular mtto preventivo
61-80	2	25%	Buen mtto preventivo
81-100	1	13%	Excelente mtto preventivo
Total	8	100%	

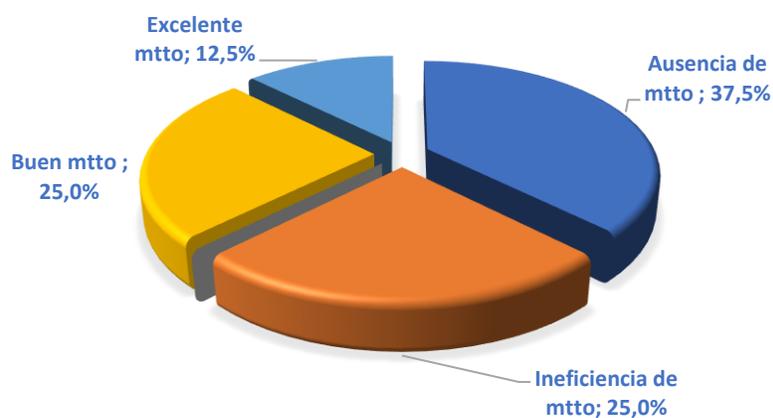


Gráfico 1. Percepción de proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

El gráfico No. 1, muestra una dispersión de la percepción del proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio, donde con un 37,5% la ausencia de mantenimiento encabeza la encuesta, seguido de un 25% que perciben ineficiencia en el proceso, sin embargo, un 25 % de

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

los encuestados, percibe un buen mantenimiento y solo un 12,5% percibe un excelente mantenimiento. Basado en estos resultados, podemos inferir que falta claridad en la metodología utilizada para la ejecución del programa de mantenimiento. Esto puede incurrir costos asociados a la no disponibilidad y confiabilidad de los equipos utilizados en la operación y aumentando los costos de reparación (Dairo H Mesa Grajales et al., 2006).

7.2 Análisis de cada una de las dimensiones con respecto a la variable estudiada.

Tabla 5. Distribución de la frecuencia relacionada con la programación de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S

Puntaje	F	%	Categoría
0-20	2	25,0%	Ausencia de programación de mtto
21-40	3	37,5%	Ineficiencia de programación de mtto
41-60	0	0,0%	Regular programación de mtto
61-80	2	25,0%	Buena programación de mtto
81-100	1	12,5%	Excelente programación de mtto
Total	8	100%	

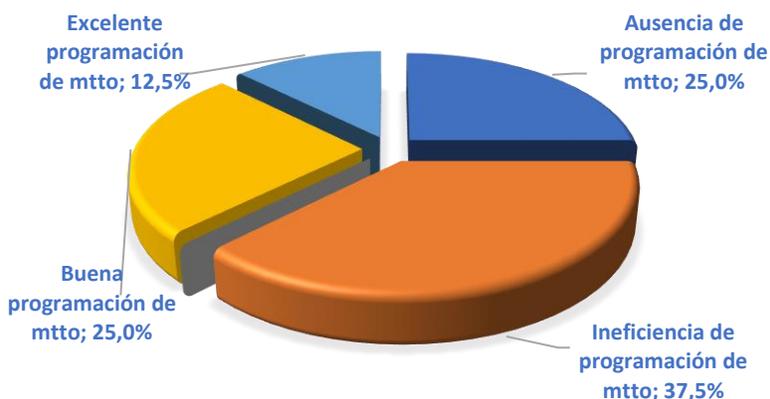


Gráfico 2. Percepción de la programación de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

El gráfico No. 2, presenta los resultados de la programación y planificación del mantenimiento en el laboratorio, donde sobresale la ineficiencia de la programación de servicios con un 37,5%, seguido de una percepción de ausencia de programación de 25%, una buena programación con el 25% y cierra con una excelente programación del 12,5. Con base en estas cifras se puede hacer un diagnóstico de los principales problemas del proceso de mantenimiento, uno de los cuales se centra en la programación y planificación de los servicios, lo cual según los resultados de la encuesta afecta significativamente el cumplimiento de los cronogramas. Realizar una buena planificación de las tareas contribuye a garantizar el cumplimiento del programa de mantenimiento toda vez que dentro de una planeación eficiente se analiza cada tarea, se revisan fichas técnicas de ejecución (Oliverio García Palencia, 2006). Se conforman los equipos, materiales, herramientas y mano de obra necesarias, se definen los trabajos y las responsabilidades.

Tabla 6. Distribución de la frecuencia relacionada con la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

Puntaje	F	%	Categoría
0-20	3	37,5%	No se ejecutan las tareas que programan.
21-40	2	25,0%	Deficiente ejecución
41-60	0	0,0%	Regular ejecución de tareas
61-80	2	25,0%	Buen nivel de ejecución de tareas
81-100	1	12,5%	Excelente ejecución de metas
Total	8	100%	



Gráfico 3. Percepción de la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

El gráfico No 3, nos presenta otro obstáculo para el cumplimiento del plan de mantenimiento del laboratorio Concrelab S.A.S, en él se observa que la ejecución de las tareas presenta también falencias, con un 37,5% que consideran que no se cumple con las tareas programadas, un 25%, que consideran deficiente, un 25% que hay un buen nivel y un 12,5% que es excelente el cumplimiento. La tendencia negativa permanece al igual que en el ítem de programación, por lo cual se puede suponer que con base a la deficiente programación de los servicios se dificulta la ejecución de todas las tareas de mantenimiento en el laboratorio. Lograr una buena ejecución de las tareas de mantenimiento permite tener un control de tiempos, cantidad y calidad de servicios, así como también facilita la toma de decisiones, optimiza recursos y mejora las condiciones de seguridad (Oliverio García Palencia, 2006).

Tabla 7. Distribución de la frecuencia relacionada con el cumplimiento de las rutinas básicas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

Puntaje	F	%	Categoría
0-20	7	87,5%	Ausencia de rutinas básicas de mtto
21-40	1	12,5%	Ineficiencia de rutinas básicas de mtto
41-60	0	0,0%	Regulares rutinas básicas de mtto
61-80	0	0,0%	Buenas rutinas básicas de mtto
81-100	0	0,0%	Excelentes rutinas básicas de mtto
Total	8	100%	

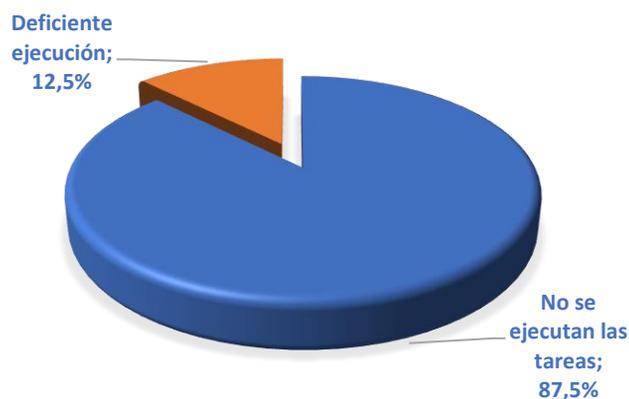


Gráfico 4. Percepción de las rutinas básicas de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab S.A.S.

La gráfica No. 4, muestra el comportamiento de las rutinas básicas de mantenimiento del laboratorio, donde la percepción del personal del área, es que no ejecutan RBM, con un 87,5%, seguido del 12,5% que creen que son deficientes, lo cual sugiere que en el laboratorio no se tienen contempladas estas estrategias como parte del programa de mantenimiento que maneja. Sin embargo, las RBM disminuyen el desperdicio de tiempo y recursos durante los desplazamientos del equipo de mantenimiento (Alberto y Montaña, 2009).

7.3 Análisis por ítem de los indicadores cumplimiento del programa de mantenimiento, metas y RBM.

Tabla 8. Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento programa de mantenimiento.

Indicador	Ítems	S	CS	AV	CN	N
Cumplimiento programa de mantenimiento	1. Se cumple con el número de servicio de mantenimientos programados.	12,5	87,5	0,0	0,0	0,0
	2. Se divulgan los procesos de mantenimiento.	0,0	0,0	37,5	50,0	12,5
	3. Se utilizan guías de mantenimiento para los servicios.	0,0	12,5	12,5	62,5	12,5
	4. Se establecen capacitaciones periódicas para el personal de mantenimiento.	0,0	0,0	25,0	62,5	12,5
	6. Se realizan inspecciones preoperacionales a los equipos.	0,0	12,5	12,5	37,5	37,5
	8. Se realizan rutinas básicas de mantenimiento en el laboratorio	0,0	0,0	12,5	0,0	87,5
	10. Se realizan informes de los mantenimientos realizados?	37,5	50,0	12,5	0,0	0,0

S=Siempre, CS= Casi siempre, AV= A veces, CN= Casi nunca, N= Nunca

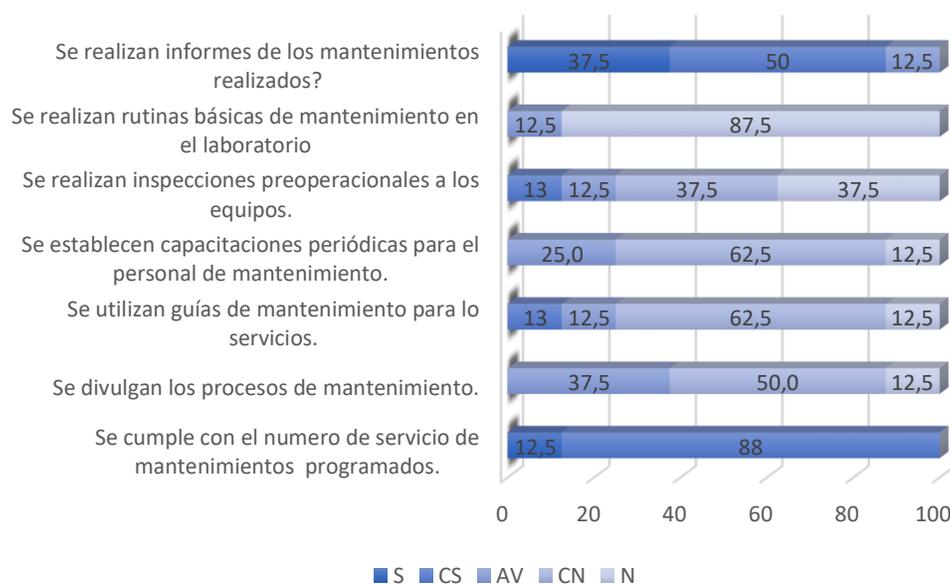


Gráfico 5. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio

Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento del mismo.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

El gráfico 5 muestra resultados obtenidos de los informes que son realizados de los mantenimientos en el laboratorio Concrelab SAS, se completan con una votación de "casi siempre" en un porcentaje del 50%, entendiéndose que hay un buen seguimiento y documentación de las actividades de mantenimiento realizadas, que lo deseado es estar con más porcentaje para la gestión y el seguimiento de los equipos y procesos, las rutinas básicas de mantenimiento de laboratorio se obtienen con votación mayoritaria de "nunca" para estas rutinas básicas de mantenimiento es preocupante ya que indica una falta de atención a las tareas esenciales para mantener el equipo en funcionamiento óptimo y del cual es importante abordar esta área para evitar problemas futuros y repercutan las demás áreas que puedan intervenir en los procesos.

Luego, las inspecciones preoperacionales están clasificadas entre "nunca" y "casi nunca" sugiere que estas inspecciones no se realizan con la frecuencia necesaria, teniendo presente que son cruciales para identificar y abordar posibles problemas antes de que afecten la operación del laboratorio en general, las capacitaciones periódicas para el personal y utilización de guías de mantenimiento son ubicadas mayoritariamente en "casi nunca", dando a entender una falta de inversión en la capacitación del personal y en el uso de guías de mantenimiento, llevando a una ejecución deficiente del mantenimiento preventivo y a un aumento del riesgo de averías, ya que para (Oliverio García Palencia, 2006) es de considerarse que para la organización debe entenderse el cumplimiento del mantenimiento preventivo como el objetivo primordial dentro de cada una de las áreas al interior del laboratorio y concientizarlos acerca de los beneficios de la realización oportuna del mismo.

Finalmente, en la divulgación de procesos de mantenimiento los encuestados han respondido "casi nunca" indicando así una falta de comunicación efectiva sobre los procesos de

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

mantenimiento en el laboratorio. Esto puede contribuir a la falta de comprensión sobre la importancia del mantenimiento preventivo y cómo realizarlo correctamente, el cumplimiento con el número de servicios de mantenimiento programado se ubica en la opción de "casi siempre", lo cual sugiere que el laboratorio generalmente cumple con el número de servicios de mantenimiento programado.

Por tanto, se evidencia la importancia de que todos los sistemas se encuentren relacionados y entrelazados, y con ello que se cumpla cada uno de los indicadores dentro de las organizaciones, permitiendo así se puedan restablecer cada uno de los equipos de operación, las condiciones de estos y reducir mayormente las pausas por mantenimiento y pérdidas de producción aplicado al laboratorio, no obstante, el que se encuentre con votaciones altas y bajas es recomendable que el compromiso con las fechas programadas para la realización de cada uno de los procesos se cumplan.

Tabla 9. Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento de metas por técnico.

Indicador	Ítems	S	CS	AV	CN	N
Cumplimiento de metas por técnico.	Se utilizan guías de mantenimiento para los servicios.	0,0	12,5	12,5	62,5	12,5
	Se establecen capacitaciones periódicas para el personal de mantenimiento.	0,0	0,0	25,0	62,5	12,5
	Se alimentan bases de datos con los hallazgos encontrados en el proceso de mantenimiento.	0,0	0,0	25,0	12,5	62,5
	Se realizan inspecciones preoperacionales a los equipos.	0,0	12,5	12,5	37,5	37,5
	La asignación de los servicios se realiza de acuerdo a las capacidades técnicas del personal.	0,0	62,5	12,5	25,0	0,0
	Se realizan rutinas básicas de mantenimiento en el laboratorio	0,0	0,0	12,5	0,0	87,5

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

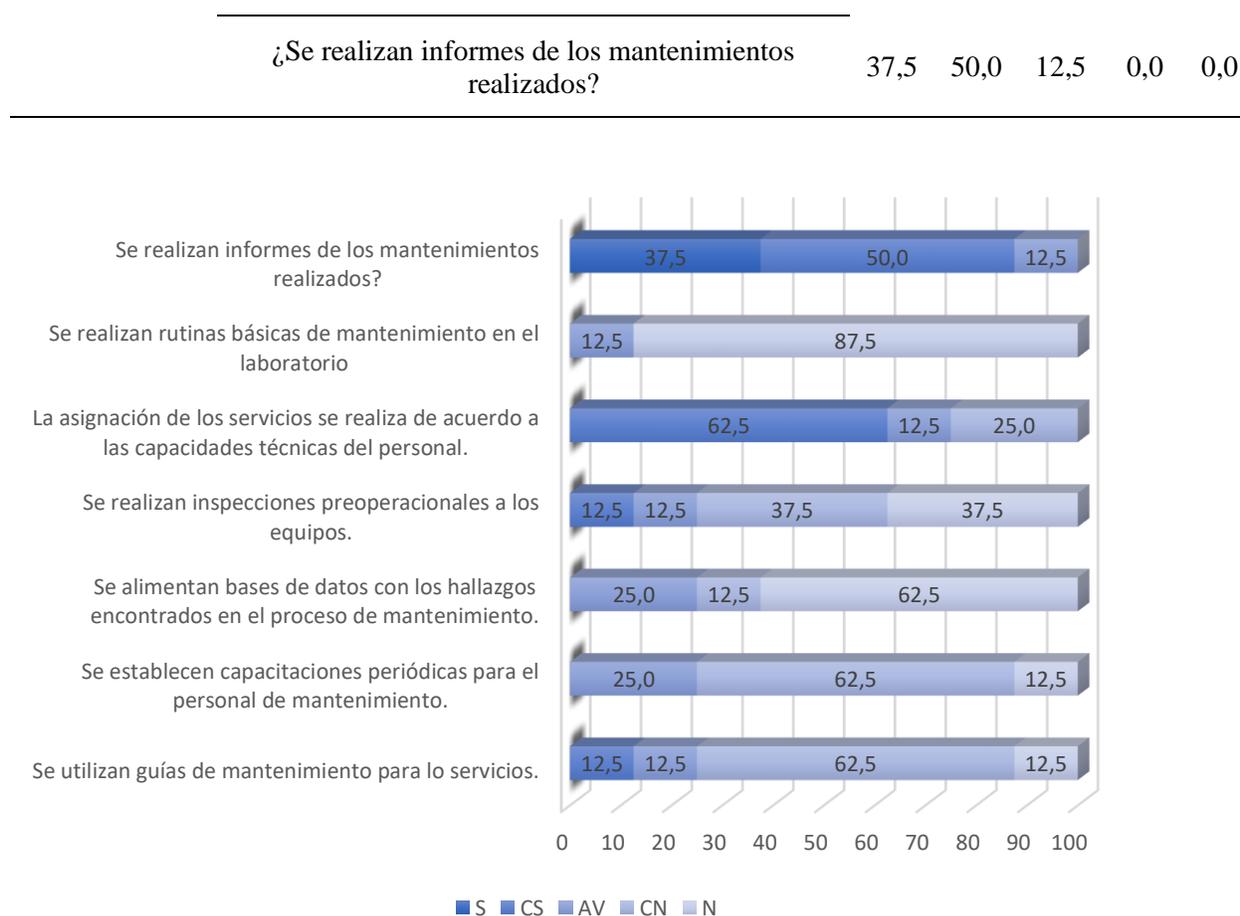


Gráfico 6. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento de metas por técnico.

Los resultados de la tabla No. 9 se presentan gráficamente para poder interpretar de manera más sencilla los datos. En la gráfica 6 se observa el comportamiento de cada ítem que contribuye a que el personal técnico del laboratorio, logre el cumplimiento de las metas de servicios. Para este análisis se tomarán los ítems más representativos, como el ítem de capacitaciones periódicas que según el 62,5% de los encuestados casi nunca se realiza, seguido por el 12,5% que asegura que nunca y otro 12,5% que a veces se realiza capacitación. La capacitación para (Dr. C. Francisco Martínez Pérez. y MSc, 2023) es el pilar más importante en

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

todos los procesos bien sean servicios o productos. Otro ítem representativo, es el uso de guías de mantenimiento, lo cual permite desarrollar las actividades de una forma más eficaz y disminuir los tiempos de intervención de los equipos.

Por tanto, es conveniente el análisis que se realiza con el fin e identificar los aspectos a mejorar dentro del proceso, enfocados en el personal.

Tabla 10. Respuestas del personal del proceso de mantenimiento, enfocado en el indicador de Cumplimiento de las rutinas básicas de mantenimiento.

Indicador	Ítems	S	CS	AV	CN	N
Cumplimiento de las RBM	Se realizan inspecciones preoperacionales a los equipos.	0,0	12,5	12,5	37,5	37,5
	Se realizan rutinas básicas de mantenimiento en el laboratorio	0,0	0,0	12,5	0,0	87,5
	Para el desarrollo de los mantenimientos se generan ordenes de trabajo	0,0	0,0	12,5	12,5	75,0
	¿Se realizan informes de los mantenimientos realizados?	37,5	50,0	12,5	0,0	0,0

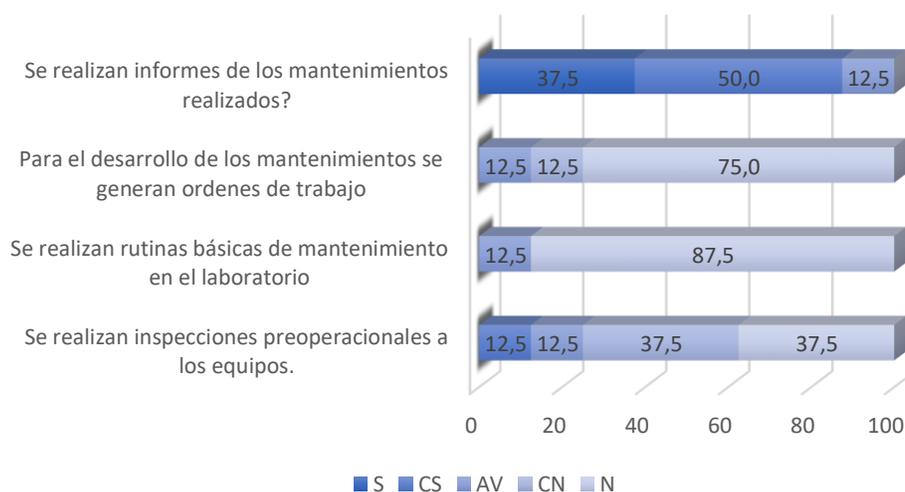


Gráfico 7. Distribución por ítem del programa mantenimiento preventivo del laboratorio Concrelab S.A.S, con respecto al indicador de cumplimiento de rutinas básicas de mantenimiento.

Según los resultados plasmados en la tabla No. 10 evidenciamos que la mayoría de los informes de mantenimiento se completan "casi siempre", sin embargo es recomendable un buen nivel de seguimiento y documentación de las actividades de mantenimiento, lo que es esencial para el registro y la gestión adecuada de las operaciones de mantenimiento, de igual forma que la generación de órdenes de trabajo durante el desarrollo de estos procesos, ya que para estos se obtiene una alta votación de "nunca" (75%) siendo una cifra preocupante entendiendo que las órdenes de trabajo son fundamentales para asegurar que las tareas de mantenimiento se realicen de manera adecuada y oportuna.

Las inspecciones preoperacionales son un factor de gran importancia, ya que como lo menciona (Peña, 2020) para cualquier actividad es de vital importancia contar con una planificación de mantenimiento teniendo presente las actividades diarias, programarlas y cumplirlas bajo el fabricante o designadas por el encargado de cada área, en esto se debe incluir los aceites o lubricantes, piezas que presenten as desgaste, su paso a paso para el reemplazo de estas. El contar con un preoperacional se asignan tiempos de cumplimiento basado en las condiciones de trabajo de cada equipo dentro del laboratorio.

8. Análisis financiero

Se presenta una estimación presupuestal relacionada al proyecto de investigación, con el fin de evaluar el monto de inversión y los beneficios a obtener con la implementación, también se calcula el tiempo de retorno de la inversión ROI.

Tabla 11. Presupuesto para el software de mantenimiento.

CONCEPTO	VALOR	CANTIDAD	TOTAL
BASE DE DATOS			
Software SAMM	\$ 15.200.000	1	\$ 15.200.000
Usuarios	\$ -	8	\$ -
Consultoría personalizada	\$ -	12	\$ -
Servicio de soporte anual	\$ -	2	\$ -
ADICIONALES			
Capacitación de personal	\$ 1.500.000	1	\$ 1.500.000
Alojamiento en servidores (Opcional)	\$ 850.000	1	\$ 850.000
Equipos móviles para el software	\$ 1.000.000	8	\$ 8.000.000
Total, en pesos colombianos			\$ 25.550.000

La inversión inicial es la de \$ 25.550.000 de pesos colombianos, la licencia del software es vitalicia por lo que no se incurre en gastos adicionales de actualización o mantenimiento.

Se toma como referencia para el cálculo financiero, la línea de compresión de cilindros, la cual consta de 10 máquinas hidráulicas de compresión, las cuales realizan 500.000 ensayos anualmente con un valor unitario de \$5.000, actualmente se estima que cada máquina falla entre 3 y 4 veces al año, lo cual afecta la producción del laboratorio.

El tiempo medio de reparación oscila entre 1 a 2 días, por disponibilidad de repuestos, dejando de realizar 13.889 ensayos anuales en la línea. Los cálculos discriminados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 12. Análisis de producción y perdidas de la línea de máquinas de compresión.

Equipo	Ensayos diarios	Horas de parada anual	Ensayos no ejecutados	Valor del ensayo	Total, perdidas
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Maquina compresión	22	64	\$ 1.389	\$ 5.000	\$ 6.944.444
Total					\$ 69.444.444

La tabla No. 12 muestra la producción de la línea de máquinas y las perdidas por no disponibilidad de las mismas.

Con base en los datos obtenidos de producción y perdidas, se estima una reducción en 300 horas de parada equivalente a un 39%, de la línea total, lo cual permite un aumento de producción en número de ensayos de 7.480, y un ahorro en dinero a \$37.400.000 anualmente. Se procede a calcular el retorno de la inversión, según el análisis realizado anteriormente mediante la siguiente ecuación.

$$ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100 \quad [1]$$

$$ROI = \frac{37.400.000 - 25.550.000}{25.550.000} \times 100 \quad [2]$$

$$ROI = 46\%$$

Partiendo del cálculo de ROI en la ecuación No. 2, se contempla un 46% de retorno de inversión anualmente, lo que significa que la inversión se recuperaría en 8,17 meses o 0,68 años, lo cual indica que el proyecto es viable y traerá un beneficio económico para la compañía.

9. Conclusiones

Se presentan a continuación, las conclusiones del análisis de los datos obtenidos de la encuesta realizada al grupo de mantenimiento del laboratorio Concrelab. S.A.S, con el objetivo de dar respuesta a los objetivos planteados en el presente proyecto de investigación, como lo son:

Diagnosticar el proceso actual de mantenimiento del laboratorio.

En cuanto al proceso actual de mantenimiento del laboratorio, se puede inferir según los resultados obtenidos de la encuesta, que presenta grandes deficiencias en el desarrollo de actividades, programación de servicios, identificación de activos, procedimientos y programa de capacitación del personal, lo cual impide que el mantenimiento preventivo se desarrolle de una manera optimizada, esto a su vez afecta el desempeño de los equipos y aumenta la no disponibilidad de los mismos, incurriendo en gastos adicionales en la operación, debido a backlog de servicios sin programar. Adicional a la deficiencia en las actividades mencionadas, el laboratorio no mantiene registros de los servicios realizados a los activos, historiales actualizados que permitan realizar análisis de mejora o implementar filosofías de mantenimiento como el RCM.

El segundo objetivo es proponer las mejoras en las labores de control y programación en el área de mantenimiento para el cumplimiento del programa en su totalidad.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Para lograr optimizar el proceso de mantenimiento preventivo en el laboratorio Concrelab, y basado en los resultados obtenidos de la investigación, se recomienda optar por implementar filosofías de mantenimiento, específicamente RCM, mantenimiento basado en confiabilidad, lo cual permitiría organizar todo el proceso de mantenimiento desde la clasificación de los activos según su nivel de criticidad, definir intervalos de mantenimiento basado en historiales de servicios, esto facilitaría la asignación de los servicios y el control de ejecución de los mismos. El RCM mejora la seguridad y protege al medio ambiente, optimiza el proceso operativo, mejora la relación costo-eficacia, aumenta la vida útil de los activos, mejora la motivación individual del personal y promueve el trabajo en equipo (Moubray, 2004).

Otro objetivo es proponer un software que permita un control eficaz de los equipos y su respectiva hoja de vida.

Para realizar una adecuada gestión de mantenimiento se debe contar con disposición de recursos tanto económicos como de mano de obra, sin embargo, es imprescindible contar con las herramientas adecuadas para desarrollar todas las actividades. Si bien el proceso de mantenimiento es en gran parte una tarea práctica, se debe poder tener un adecuado manejo de este. La gestión de activos cumple un papel fundamental dentro del mantenimiento, sin embargo, el aspecto documental o administrativo de esta gestión es el mayor reto dentro del proceso. Es por esto que se requiere un programa o un software que permita gestionar toda la información, desde la creación de hojas de vida, pasando por órdenes de trabajo, asignaciones de servicios e historiales de intervenciones y repuestos.

En el mercado existen variedad de software que incluyen distintas herramientas para esto, como SAP, SAMM, FIIX, FRACTAL, ROSMIMAN, etc., sin embargo, debido al tipo de

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

proceso que requiere el laboratorio y la viabilidad económica, se recomienda la obtención del software SAMM, el cual permite la elaboración de hojas de vida, y la gestión del mantenimiento para cada activo, creación de órdenes de trabajo, asignación de recursos, historial de actividades, disponibilidad de técnicos, gestión de KPI'S etc.

Con esto finaliza el cuarto objetivo; presentar informe de resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.

Se concluye con la presentación el informe de investigación realizado, logrando así el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

9. Referencias

- Alberto, C., y Montaña, M. (2009). *Colección Textos Académicos Fundamentos de mantenimiento industrial*.
- Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana.
- Anguita, J. C., y R, J. (2002). *La encuesta como técnica de investigación*. Escuela Nacional de Sanidad.
- Arbeláez Ospina Hugo Fernando, M. M. (2022). *Análisis de factibilidad técnico-económica para la creación del área de soporte y mantenimiento a laboratorios de diagnóstico veterinario de la red Colombia*. Universidad ECCI.
- Arias-Gómez, J., Villasis-Keever, M. Á., y Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista alergia México*, 201– 202.
- Bolívar, C. R. (2023). *Instrumentos y técnicas de investigación educativa - Un enfoque cuantitativo y cualitativo para la recolección y análisis de datos*. DANAGA Training and Consulting.
- Botero, C. (1993). Manual de mantenimiento. *Revista Sena*, 35.
- Buitrago Fonseca, M. S. (2022). *Evaluación técnico-económica para la implementación de un software de gestión de activos en el proceso de mantenimiento basado en RCM en la empresa Grasco Ltda*. Universidad ECCI.
- Concrelab S.A.S. (2024). *Concrelab*. Obtenido de. <https://www.concrelab.com/>

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Dairo H Mesa Grajales, Yesid Ortiz Sánchez, y Manuel Pinzón. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.

Scientia et Technica.

Delgadillo Calderón, H. C. (2019). *Análisis de la mejora en procesos de mantenimiento de la empresa Coca -Cola FEMSA.* Universidad ECCI.

Díaz Contenido, A. B. (2023). *Análisis estratégico de mantenimiento para equipos livianos de construcción para la empresa Acomeq Ingeniería S.A.S.* Universidad ECCI.

Dirección de evaluación, asuntos del profesorado y orientación educativa. (2020). Secretaria de educación pública.

Dr. C. Francisco Martínez Pérez., y MSc, Ing. M. L. R. G. (2023). *Capacitación, elemento esencial en mantenimiento, tema sin adecuada atención en el sistema empresarial.*

<https://orcid.org/0000-0002-5840-5128-7162>

ECCI, U. (2020). *Guía metodológica para el desarrollo de trabajos de grado.* ECCI.

Gerardo Alonso Cardona Alzate, C. A. (2022). *Plan de mantenimiento predictivo para los reductores de las bandas transportadoras en una planta productora de concreto.*

Universidad ECCI.

Gómez Correa, H. L. (2021). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la línea de extrusión-soplado en la empresa Polimérica SAS.* Universidad Eccí.

González Ardila, H. P. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para Gascol centro caso de estudio “‘máquina llenadora de bolsas Solpac 2006.’”* Universidad ECCI.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Gordillo Chacón, J. H. (2021). *Propuesta de un modelo para evaluar la implementación de mantenimiento preventivo (caso estudio metodología 8 pasos*. Universidad Ecci.

Hernández, E. (2023). *ACADEMIA*.

https://www.academia.edu/9034910/Mantenimiento_preventivo

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., y Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Con la colaboración de*.

ICONTEC. (2017). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. ICONTEC.

Instituto de desarrollo urbano IDU. (2011). SECCION 109-11. In *SELECCIÓN, APROBACIÓN Y CONTROL DE LABORATORIOS DE ENSAYOS*. IDU.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (2013). *INVIAS*. Obtenido de. <https://www.invias.gov.co/>

Liliana Orellana. (2001). *ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Capítulo 1. INTRODUCCIÓN 1.1 ¿Qué es la estadística?*

Losada, E. L. (2022). *Gestión de mantenimiento para maquinaria de construcción*. Universidad militar nueva granada.

Miguel Ángel Villasís-Keever, H. M.-G.-C.-N.-N. (2016). El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. *Revista Alergia México*, 414–421.

Mint Rethinking the future. (2022). Obtenido de. <https://mintforpeople.com/noticias/areas-accion-mantenimiento-industrial/>

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Montaña, C. A. (2016). Mantenimiento preventivo. In E. C. A. Montaña (Ed.), *Fundamentos de mantenimiento industrial* (pp. 59 – 77). UTP.

Moubray, J. (2004). *MANTENIMIENTO CENTRADO EN*.

Negrette González, J. I. (2019). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la empresa Vitelsa Mosquera S.A., mediante el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo*. Universidad ECCI.

Oliverio García Palencia. (2006). *El Mantenimiento General Administración de Empresas*.

Organización Internacional de Normalización. (2015a). *ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*.

Organización Internacional de Normalización. (2015b). *ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental – Requisitos*. ISO.

Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 45001. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*. ISO.

Ortega, J. L. (2023). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para una compañía metalmecánica en la Sabana de Bogotá*. Universidad ECCI.

Quintero Joya, J. E. (2015). *Mantenimiento con planeación estratégica*. Universidad ECCI.

Real academia de la lengua española. (2001). <https://www.rae.es/drae2001/variable>

Rico Toca Sergio Alfonso, M. S. (2023). *Diseño de un plan estratégico de gestión de mantenimiento para el taller 147 de Soldadura del Centro de Materiales y Ensayos - SENA complejo sur*. Universidad ECCI.

Propuesta de optimización del programa de MTTO de Concrelab S.A.S

Sánchez, A. M. (2013). Diseño de investigación. In *En principios teórico metodológicos y prácticos para su concreción. Anuario Escuela de Archivología IV 2012-2013 Universidad Nacional de Córdoba* (pp. 41–45).

Santander Pico, M. A. (2018). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de medición en la compañía Rayco LTDA*. Universidad Ecci.

Servicio Nacional de aprendizaje. (1993). *Manual de mantenimiento*. Sena.

Socha, F. H. (2021). *Propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio Quibi*. Universidad ECCI.

UpKeep. (2023). *UpKeep. Obtenido de Herramientas y tecnología de mantenimiento predictivo*.
<https://upkeep.com/es/learning/predictive-maintenance-tools-technology/#an%C3%A1lisis-de-v%C3%ADdeo>

Wrede, E. (2019). *Propuesta de desarrollo del método análisis causa raíz (RCA) para el plan de mantenimiento preventivo de la herramienta de mano de la empresa Allians S.A.S*.
Universidad ECCI.

Zambrano, E., Prieto, A. T., y Castillo, R. (2015). *Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas*. UNIVERSIDAD Rafael Beloso Chacin.