

**Propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio**

**Quibi**

Fredy Hernando Bernal Socha

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento,

Miguel Ángel Urián Tinoco

Bogotá D.C Agosto, 2021

**Tabla de contenido.**

1	Título de la investigación. ....	10
2	Problema de investigación.....	10
2.1	Planteamiento del problema. ....	11
2.2	Sistematización del problema.....	11
3	Objetivos de la investigación.....	11
3.1	Objetivo general .....	11
3.2	Objetivos específicos.....	11
4	Justificación y delimitación. ....	12
4.1	Justificación.....	12
4.2	Delimitación. ....	13
4.3	Limitaciones. ....	13
5	Marco referencial.....	13
5.1	Estado del arte. ....	13
5.1.1	Estado del arte nacional.....	13
5.1.2	Estado del arte internacional. ....	18
5.2	Marco teórico. ....	21
5.2.1	Definición de mantenimiento. ....	21
5.2.2	Clasificación de mantenimiento. ....	22
5.2.3	Niveles de mantenimiento .....	22
5.2.4	Ventajas inconvenientes y aplicaciones de los tipos mantenimiento. ....	23
5.2.5	Los objetivos del mantenimiento planificado son: .....	25

5.2.6	Mantenimiento preventivo. ....	26
5.2.7	Parámetros de diagnóstico. ....	27
5.2.8	Estudio de tribología. ....	27
5.2.9	Responsabilidades del mantenimiento. ....	28
5.2.10	Control de mantenimiento. ....	29
5.2.11	Gestión de mantenimiento por software. ....	30
5.3	Marco normativo y legal. ....	31
6	Marco metodológico. ....	32
6.1	Recolección de la información. ....	32
6.1.1	Tipo de investigación. ....	32
6.1.2	Fuentes de la obtención de la información. ....	33
6.1.3	Herramienta. ....	35
6.1.4	Metodología. ....	38
6.1.5	Información recopilada. ....	39
6.2	Análisis de la información. ....	41
6.3	Propuesta de solución. ....	44
6.3.1	Actualización de inventario de activos. ....	44
6.3.2	Matriz de criticidad. ....	44
6.3.3	Indicador de tiempo medio entre fallas. ....	53
6.3.4	Indicador tiempo medio de reparación. ....	53
6.3.5	Determinación de modos de fallo y consecuencia. ....	54

6.3.6	Análisis de fallas de activos. ....	55
6.3.7	Modificación rutas de mantenimiento. ....	56
6.3.8	Diagrama de flujo propuesta de solución. ....	57
7	Impactos esperados / generados. ....	59
7.1	Impactos esperados. ....	59
7.2	Impactos alcanzados. ....	59
7.3	Discusión. ....	60
8	Análisis financiero. ....	61
8.1	Inversión. ....	61
8.2	Costos directos. ....	61
8.2.1	Costos directos. ....	61
8.2.2	Costos indirectos. ....	64
8.3	Evaluación del proyecto. ....	68
8.4	Valor presente neto. ....	68
9	Conclusiones y recomendaciones. ....	70
9.1	Conclusiones. ....	70
9.2	Recomendaciones. ....	71
10	Bibliografía. ....	72

### Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de investigación .....	32
<b>Tabla 2 -</b> Tiempos de producción y tiempos de parada.....	40
<b>Tabla 3-</b> criticidad de activos .....	44
<b>Tabla 4-</b> Matriz de criticidad.....	52
<b>Tabla 5-</b> AMEF envasadora biofluidos. ....	54
<b>Tabla 6 -</b> Inversión .....	61
<b>Tabla 7 -</b> Costos de mano de obra sin la implementación del proyecto.....	62
<b>Tabla 8-</b> Costos de mano de obra con la implementación del proyecto.....	62
<b>Tabla 9-</b> Costo estimado de repuestos anual. ....	64
<b>Tabla 10-</b> Costo horario de falla.....	65
<b>Tabla 11-</b> Costo de falla con la implementación del proyecto.....	65
<b>Tabla 12-</b> Proyección de costos de fallo con la implementación del proyecto. ....	66
<b>Tabla 13-</b> Costo de falla sin la implementación del proyecto. ....	67
<b>Tabla 14-</b> Proyección de costos sin la implementación del proyecto .....	67
<b>Tabla 15-</b> Costos del proyecto con la implementación del proyecto. ....	68
<b>Tabla 16-</b> Flujo de caja del proyecto.....	68

**Listado de figuras**

<b>Ilustración 1</b> .....	22
<b>Ilustración 2</b> .....	26
<b>Ilustración 3</b> .....	34
<b>Ilustración 4</b> .....	36
<b>Ilustración 5</b> .....	37
<b>Ilustración 6</b> .....	39
<b>Ilustración 7</b> .....	41
<b>Ilustración 8</b> .....	42
<b>Ilustración 9</b> .....	43
<b>Ilustración 10</b> .....	53
<b>Ilustración 11</b> .....	54
<b>Ilustración 12</b> .....	56
<b>Ilustración 13</b> .....	58

**Listado de anexos.**

Anexo A. Formato de solicitudes de mantenimiento.

Anexo B. Formato Ruta

Anexo C. Cronograma de mantenimiento preventivo.

Anexo D. Listado de equipos.

Anexo E. Formato ruta

## **Introducción.**

El proyecto de investigación menciona la problemática actual en la empresa laboratorios Quibi donde son habituales las paradas de producción, debido a fallas en las máquinas originadas en la planeación del programa de mantenimiento actual, los esfuerzos normalmente utilizados de todo el equipo de trabajo del área de mantenimiento se centran en la realización de actividades de tipo correctivo, mientras las actividades de tipo preventivo son insuficientes para garantizar la confiabilidad de los equipos.

El desarrollo del proyecto de investigación se centra en aplicaciones de conocimientos adquiridos durante el estudio de la especialización en Gerencia de Mantenimiento e investigaciones realizadas por el autor, esta información es plasmada en capítulos dedicados, en el marco teórico el lector encontrará información técnico-científica donde se reúnen planteamientos relacionados con el caso de estudio sobre mantenimiento planificado. Lo que contribuye a obtener un soporte coherente desde el conocimiento a la búsqueda de la propuesta.

La propuesta del proyecto de mantenimiento planificado busca aumentar los tiempos de trabajo eficiente de los equipos iniciando por los más críticos, basado en investigaciones y metodologías presentadas en el trabajo, entre las cuales se tiene el análisis de criticidad de cada uno de los activos, de esta forma identificar cuáles son de alto impacto para los procesos productivos, con ello poder generar planes especiales de mantenimiento , entre los cuales se pueden realizar actividades específicas de acuerdo al análisis de modo y efectos de falla , con la ayuda de históricos del funcionamiento de las máquinas. Esta información será plasmada en las hojas de ruta de mantenimiento preventivo con esto se aumentará la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos.

### **Resumen.**

El desarrollo de este proyecto se centra en la elaboración de una propuesta de mantenimiento planificado para un laboratorio farmacéutico partiendo de la problemática principal y es la carencia de técnicas de mantenimiento preventivo eficaces para el funcionamiento normal de los equipos de producción; con la propuesta se busca aumentar los tiempos de disponibilidad y confiabilidad de los equipos basado en investigaciones partiendo desde aquellos equipos de alto impacto para el proceso productivo, análisis de causa raíz de las fallas y la integración de nuevas actividades preventivas para las diferentes máquinas consignadas en las hojas de ruta.

Palabras clave: mantenimiento, mantenimiento planeado, confiabilidad, criticidad

### **Abstract**

The development of this project focuses on the development of a planned maintenance proposal for a pharmaceutical laboratory based on the main problem and is the lack of effective preventive maintenance techniques for the normal operation of production equipment; The proposal seeks to increase the availability and reliability times of the research-based equipment starting from high-impact equipment for the production process, analysis of the cause of failures and the integration of new activities for the different machines consigned in the roadmaps.

Keywords: maintenance, planned maintenance, reliability, criticality

## **1 Título de la investigación.**

Propuesta de un programa de mantenimiento planificado para equipos de laboratorio en Laboratorios Quibi S.A.

## **2 Problema de investigación.**

Actualmente la compañía, laboratorios Quibi cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, sin embargo, las tareas establecidas no se cumplen puesto que el personal se dedica a mantenimiento de tipo correctivo y ajustes de la maquinaria industrial que se encuentra en la empresa, es decir, la planeación de actividades no se está ejecutando y las pocas intervenciones realizadas de tipo preventivo, no son duraderas puesto que la periodicidad y tiempo para las intervenciones es inadecuada.

En la actualidad no se tiene claro si los equipos cumplen adecuadamente con su función y su operación es costo efectiva, esto en relación a que no se evalúa si ciclo de vida y adicional se hacen inversiones en su actualización sin desarrollar análisis económicos adecuados.

El estudio de los activos de la compañía muestra que muchos de ellos tienen una antigüedad de más de 30 años, por ende tienen un desgaste bastante elevado e incluso se podría asumir que ya excedieron su tiempo de vida útil. Se debe destacar que los activos en algunos casos fueron repotenciados para mejorar sus niveles de producción y calidad en los procesos productivos, sin embargo no se tiene evidencia de la efectividad de estas acciones.

En cuanto a la gestión de inventarios la compañía no cuenta con control de repuestos y esto retrasa las labores de producción, puesto que cuando se genera una parada no programada, los tiempos muertos tienden a ser muy elevados por la falta de existencia de repuestos.

En cuanto al talento humano, el personal de mantenimiento tiene habilidades técnicas, pero conocimientos limitados del funcionamiento y operación de los equipos de la compañía, el desarrollo de sus competencias se relaciona con la experiencia adquirida durante el tiempo de permanencia en la misma.

### **2.1 Planteamiento del problema.**

¿Cómo garantizar la efectividad del plan de mantenimiento y reducir las paradas no programadas o tiempos muertos?

### **2.2 Sistematización del problema.**

¿Las estrategias actuales son las más adecuadas para el mantenimiento de la maquinaria y equipos?

¿Cuáles son las estrategias de mantenimiento más adecuadas para mejorar la gestión de activos de la compañía?

¿Qué actividades preventivas adicionales son necesarias para mejorar la confiabilidad de la maquinaria y equipos?

## **3 Objetivos de la investigación.**

### **3.1 Objetivo general**

Establecer metodologías para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos, proponiendo un plan de mantenimiento planificado acorde a las necesidades de la compañía.

### **3.2 Objetivos específicos.**

- Analizar el plan de mantenimiento actual e identificar las oportunidades de mejora existentes basándose en el programa de mantenimiento existente y buscar las mejoras necesarias.

- Identificar los equipos que generan un mayor número de paradas y efectuar planes especiales para minimizar el impacto negativo de averías.
- Incorporar actividades de mantenimiento preventivo buscando reducir paradas no programadas y pérdidas para el empresa.

## **4 Justificación y delimitación.**

### **4.1 Justificación.**

La industria global busca día a día la incorporación de metodologías y herramientas que fortalezcan su gestión y generen resultados positivos en sus balances económicos, uno de los elementos con alta influencia es la confiabilidad de sus activos. Lograr confiabilidad de clase mundial (superior al 95%) no es una tarea fácil y requiere una inversión económica importante, por lo anterior se debe establecer dentro de cada industria y particularmente dentro de cada empresa, políticas de mantenimiento que sean adecuadas a las necesidades organizacionales y que estén en capacidad de generar el retorno de la inversión esperado.

Quibi, compañía farmacéutica, con más de 70 años de experiencia en el mercado nacional, actualmente cuenta en su planta con una serie de activos los cuales tienen un largo periodo de uso y por ende el desgaste natural es notorio, impactando directamente en paradas no programadas de los procesos productivos. Adicional a ello los activos no cuentan con un programa de mantenimiento adecuado, gran parte de las intervenciones son de tipo correctivo y no preventivo.

El proyecto propone un programa de mantenimiento planificado buscando generar la conservación de activos de la compañía tanto maquinaria e instalaciones, reducir el mínimo de paradas de trabajo, al mismo tiempo hacer más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, a efecto de conseguir los mejores resultados con el menor costo posible.

La necesidad de tener una empresa más organizada, apropiada de las labores de mantenimiento, de poseer controles adecuados para poder planear y programar con acierto actividades específicas buscando reducir costos de mano de obra directa e imponer una necesidad de conservar debidamente los activos de la compañía.

Justificar el aumento o disminución de repuestos o consumibles de acuerdo a datos concretos sobre rotación de refacciones, criticidad de los mismos, tiempos de adquisición, cantidades a tener en stock, además de gestionar negociaciones con proveedores para evitar paradas no programadas por falta de algún elemento.

#### **4.2 Delimitación.**

La investigación del proyecto será realizada en laboratorios Quibi ubicado en la zona centro de la ciudad de Bogotá, propiamente en la calle 1 # 16 – 71, barrió san Antonio. Toda la información obtenida será tomada de datos históricos, reportes e información suministrada por la compañía.

#### **4.3 Limitaciones.**

Entre las limitaciones con las que cuenta la empresa, es no acceder a información financiera de la organización, a su vez los procedimientos operacionales o información sobre sus productos no podrán ser mencionadas en este proyecto.

### **5 Marco referencial.**

#### **5.1 Estado del arte.**

##### **5.1.1 Estado del arte nacional.**

##### **5.1.1.1 “Propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la gestión de mantenimiento empresa Coca-Cola femsa”**

Los autores Aldemar Ochoa y Jhon Garavito en el año 2016 realizaron como opción de grado una propuesta de aplicación de consultoría para la medición de la gestión de mantenimiento para la empresa Coca-Cola femsa”, presentada a la facultad de ingeniería de

la universidad ECCI, en el cual se realiza un plan de auditoría para identificar puntos mejorables en la gestión del mantenimiento comparado con un estándar de excelencia. Evaluando una serie de aspectos en áreas de gestión y así brindar estrategias para un mejoramiento continuo en el área de mantenimiento. El estudio generó propuestas para el desarrollo de nuevas metodologías y herramientas encaminadas al logro de un desarrollo integral y sostenible de la gestión (Ochoa & Garavito, 2016) del mantenimiento de la empresa. (Ochoa & Garavito, 2016) El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.1.2 “Desarrollo de consultoría para medir la gestión de mantenimiento en innovapor”.**

En el año 2016 los ingenieros Jorge Guzman, Andres Rojas y Sandra Pinto desarrollaron el trabajo de grado titulado “Desarrollo de consultoría para medir la gestión de mantenimiento en innovapor” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El trabajo menciona actividades de consultaría realizada en la compañía, el cual inspecciona y genera un panorama claro del estado actual de los activos que reposan en la organización. La propuesta tuvo como fin tomar la información del diagnóstico y posterior a ello realizar actividades para la resolución de las problemáticas presentadas, seguido de ello son generados planes de acción de forma preventiva. Con esta iniciática se pretende que la empresa tenga un posicionamiento en el mercado y rentabilidad a corto plazo. (Guzman Jorge, Rojas, & Pinto, 2016). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

### **5.1.1.3 “Propuesta de operación y control del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la gestión de activos para las máquinas inyectoras de una empresa de producción de envases de plástico.”**

En el año 2015 los ingenieros Luis Bonilla y Cristhian Ortiz desarrollaron el trabajo de grado titulado “Propuesta de operación y control del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la gestión de activos para las máquinas inyectoras de una empresa de producción de envases de plástico” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El trabajo menciona aspectos esenciales para la realización óptima de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de inyección de plástico, como lo son; diseño, estructuración y configuración del programa para esta organización. Fueron tenidas en cuenta estrategias como la realización de rutinas de mantenimiento enfocadas en la inspección de los activos y establecer modelos de cómo realizar una correcta ejecución del programa de mantenimiento. (Bonilla & Ortiz, 2015) El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

### **5.1.1.4 “Propuesta de optimización, para el plan de mantenimiento preventivo de los equipos del cuerpo de ingenieros del ejército nacional, bajo los parámetros, del pilar de mantenimiento y mejora de la gestión de activos”.**

En el año 2015 los ingenieros Francisco Nova y Andrés López desarrollaron el trabajo de grado titulado “propuesta de optimización, para el plan de mantenimiento preventivo de los equipos del cuerpo de ingenieros del ejército nacional, bajo los parámetros, del pilar de mantenimiento y mejora de la gestión de activos” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. La finalidad del este trabajo fue determinar en principio la problemática de la compañía en cuanto al tema mantenimiento, basado en ello desarrollar estrategias para optimizar el plan de mantenimiento preventivo de

los activos que poseen las instalaciones militares. Los autores mencionan es estrategias para aumentar la disponibilidad de la maquinaria, además de la mantenibilidad, confiabilidad y la reducción de costos. (Nova & Lopez, 2015). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.1.5 “Propuesta de mejora en plan de mantenimiento de la máquina granalladora bajo esfuerzo en la empresa IMAL S.A.”**

En el año 2020 los ingenieros Daniel Espitia, Luis Daza y Carolina Valle desarrollaron el trabajo de grado titulado “Propuesta de mejora en plan de mantenimiento de la máquina granalladora bajo esfuerzo en la empresa IMAL S.A” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El proyecto se centra en el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en RCM, buscando mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de este activo en particular el cual es de gran importancia para la organización de acuerdo al estudio realizado. Uno de los objetivos fundamentales es reducir la espiral negativa de paradas no programadas y aumentar la productividad, impactando directamente en los costos de mantenimiento. (Valle, Espitia, & Daza, 2020). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.1.6 Propuesta de Mejoramiento del Plan De Mantenimiento en Equipo Transmisor BE FM10S**

En el año 2020 el ingeniero Sergio Enrique Pedraza y Carlos Páez desarrollaron el trabajo de grado titulado “Propuesta de Mejoramiento del Plan De Mantenimiento en Equipo Transmisor BE FM10S” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El trabajo realizo un análisis a profundidad de uno de los activos más importantes de la empresa el cual es un transmisor de radio difusión. Se tuvieron en

cuenta aspectos como tiempos de mantenimiento, periodicidad del mantenimiento y tipos de mantenimientos, todo con el fin de plantear una mejora del plan de mantenimiento. (Pedraza & Páez, 2020). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.1.7 “Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico”.**

En el año 2016 los ingenieros Camilo Castillo y José Vaca desarrollaron el trabajo de grado titulado “Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico” en la universidad ECCI para optar por el título de especialistas en gerencia de mantenimiento. El proyecto de desarrolla en base al análisis del plan de mantenimiento actual y sobre este se generan matrices para la excelencia del mantenimiento para determinar y analizar los resultados. Posterior a ello se determina estrategias y se realizan seguimiento para garantizar que el plan de mantenimiento este enfocado a la visión de la organización. (Castillo & Vaca, 2016). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.1.8 “Análisis del ciclo de vida de la planta térmica didáctica de la universidad ecci en las etapas de operación y mantenimiento”.**

Los ingenieros Andrés Guevara y Miguel Orozco realizaron como opción de grado el “análisis del ciclo de vida de la planta térmica didáctica de la Universidad ECCI en las etapas de operación y mantenimiento”. Presentada a la facultad de ingeniería de la Universidad ECCI para optar por el título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento desarrollando un punto de vista para mantener una proceso de producción continua, mejorando los estándares de calidad, estableciendo metodologías para la conservación de activos e implementado estrategias para el correcto uso de los activos que reposan en la compañía.

(Guevara & Orozco, 2015) El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

### **5.1.2 Estado del arte internacional.**

#### **5.1.2.1 “Propuesta de mantenimiento planificado para la línea de producción de la empresa Latercer”**

El autor Jorge Gonzales en el año 2016 realizó como opción de grado una propuesta de mantenimiento planificado para la línea de producción de la empresa Latercer, presentada a la facultad de ingeniería de la universidad católica. La finalidad de este trabajo de grado fue la elaboración de nuevos lineamientos para adoptar una estrategia de mantenimiento preventivo, pues frecuentemente esa organización incurría en acciones de tipo correctivo, generando paradas en sus procesos. Con el desarrollo de un plan de mantenimiento planificado, garantizaron la confiabilidad de los activos, el aumento de la capacidad de las máquinas y la disminución de unidades rechazadas. A su vez a partir de diagnósticos por maquina se mencionan las posibles soluciones y se asignan los recursos necesarios del inventario. (Gonzales, 2016). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.2.2 “Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor”.**

Los autores Wilson Shupingahua y Armando Moya en el año de 2019 realizaron como opción de grado una “propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor”. Presentado a la universidad peruana de ciencias aplicadas. La finalidad del trabajo describe los resultados obtenidos con la implementación de nuevas herramientas de mantenimiento

productivo total en la empresa; con ello mejorar la calidad en los productos, minimizar el producto no conforme durante los procesos de producción de la empresa. Amcor.

(Shupingahua & Moya, 2019). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

### **5.1.2.3 “Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas”.**

La autora Angelina Ponce en el año de 2018 realizó como opción de grado una “optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas”. Presentado a la universidad de Piura. La finalidad del trabajo es realizar un estudio del historial de paradas que se generan durante los diferentes procesos, identificando la criticidad de los mismos y generando acciones correctivas y preventivas para evitar las paradas no programadas, de esta forma se generan nuevas políticas en el proceso de mantenimiento. Se concluyó que es posible definir planes óptimos de mantenimiento enfocados en eliminar las causas de fallas, generando un incremento en la disponibilidad de equipos, reducción de fallas inesperadas y reducción de costos. (Ponce, 2018). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

### **5.1.2.4 “Diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa frasal”**

En el año 2016 la ingeniera Valentina Soto, realizó como opción de grado el “diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa frasal”. Presentado a la universidad austral de Chile. El trabajo se enfoca en la elaboración de un programa de mantenimiento, utilizando herramientas ofimáticas, principalmente macros de Excel, para la aplicación, registro y control de las actividades de mantenimiento realizadas en los distintos equipos de la flota naval. Con esto se espera un mayor rendimiento de la flota, pues el autor

menciona que con la implementación correcta del plan se disminuirá las paradas no programadas, aumentará la disponibilidad y operatividad de las motonaves. (Soto, 2016). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.2.5 “Implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales Procter & Gamble”.**

En el año 2017 los ingenieros Robert Anticona y Einer Quiroz, realizo como opción de grado la “implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales Procter & Gamble”. Presentando a la universidad privada del norte en lima Perú. El trabajo tiene como objetivo la implementación de una metodología de mantenimiento progresivo, buscando mejorar los procesos de producción de la empresa. Uno de los objetivos del autor es maximizar la vida útil de los activos y de los componentes que lo integran. La finalidad es implementar herramientas para el desarrollo óptimo del sistema de mantenimiento, haciéndolo más eficiente, y obteniendo una relación costo efectiva. (Anticona & Quiroz, 2017). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.2.6 “Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM”**

En el año 2019 el ingeniero Manuel Muñoz realizo como opción de grado la “propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del proceso productivo y enfocado en la técnica TPM”. Presentado a la universidad de Guayaquil. El trabajo tiene como objetivo reducir el número de paradas no programadas, las cuales impactan directamente en los

procesos productivos generando sobrecostos, retrasos y pérdidas para la compañía. El autor propone un plan de mejoramiento basándose en la técnica japonesa del TPM. Con la estrategia esperan identificar los equipos que impactan directamente en los procesos de la empresa y hacerles planes especiales de mantenimiento mejorando la disponibilidad y confiabilidad operativa de la planta. (Johnny & Bernardo, 2019). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

#### **5.1.2.7 “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo s. a. de c. v”**

En el año 2011 el ingeniero Gustavo Cervantes realizó como opción de grado la realización del “plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo s. a. de c. v”. Presentado a la universidad tecnológica Tula-Tepeji de México. El trabajo centra sus estudios en la realización de un programa de mantenimiento preventivo, cuya finalidad es reducir el número de paradas no programadas, mejorar la planeación y programación de actividades de tipo preventivo, mejorando la productividad de las diferentes líneas de producción. (Cervantes, 2011)El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta que aplica herramientas a tener en cuenta para la propuesta por desarrollar.

## **5.2 Marco teórico.**

### **5.2.1 Definición de mantenimiento.**

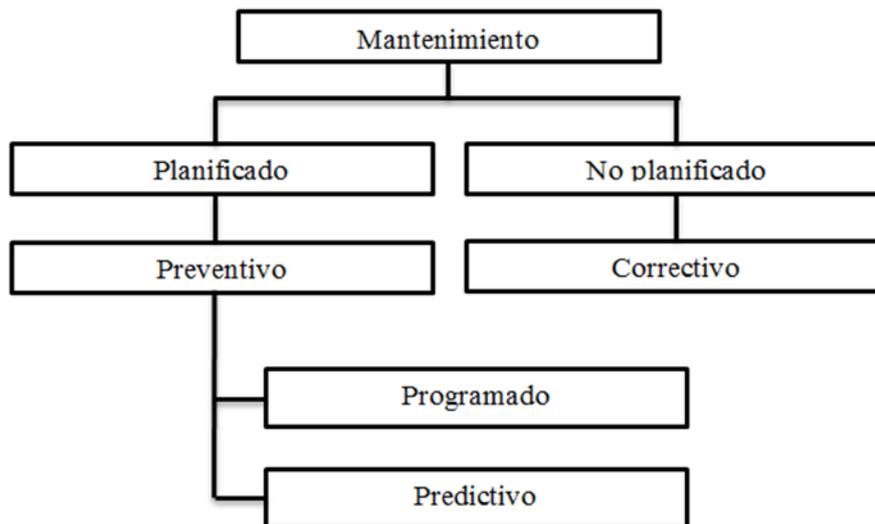
Se define el mantenimiento como la realización de múltiples actividades técnicas y administrativas cuyo objetivo es la conservación, o restitución, de algún activo o un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función para la que fueron creados.

### 5.2.2 Clasificación de mantenimiento.

El mantenimiento se divide en dos grupos principales a saber: el mantenimiento planificado y el mantenimiento no planificado.

#### Ilustración 1

*Clasificación mantenimiento*



Nota: La ilustración presenta desde el punto de vista del autor los diferentes tipos de mantenimiento aplicables a la organización; Fuente: Autor.

Progresivamente una planta productiva al objetivo que pretende TPM: cero averías, cero imperfectos, cero despilfarros y cero accidentes.

### 5.2.3 Niveles de mantenimiento

La ejecución de actividades de mantenimiento está directamente relacionada con la política de la organización, desde aquí se emiten las directrices que caracterizan el tipo de actividades a desarrollar y quien las va a desarrollar, de esta manera se puede establecer la necesidad de recursos y competencias propias para la ejecución de las tareas de mantenimiento, la teoría general de mantenimiento hace esta caracterización en niveles como se muestra en la tabla 1

**Tabla 1.***Los niveles de mantenimiento según intensidad*

NIVEL	CONTENIDO	PERSONAL	MEDIOS
1	“Ajustes simples previstos en sitios accesibles y fáciles de efectuar”.	“Operador in situ”	“Herramienta ligera”
2	“Arreglos por cambio estándar, operaciones menores de preventivo”.	“Técnico habilitado, in situ”	“Herramienta ligera, repuestos necesarios en stock”
3	“Identificación y diagnóstico de averías, reparación por cambio de componentes y reparaciones mecánicas menores”	“Técnico especialista in situ o taller”	“Herramienta, aparatos de medida, bancos de ensayo, control etc...”
4	“Trabajos importantes de mantenimiento correctivo y preventivo”.	“Equipo dirigido por Técnico especializado (Taller)”	“Herramienta Especifica, Material de ensayos control, etc...”
5	“Trabajos de Grandes reparaciones, Renovaciones”	“Equipo completo, taller especializado”	“Maquinas, Herramientas específicas de fabricación”.

Nota: a partir de la definición de los niveles de mantenimiento se pueden caracterizar las tareas a desarrollar al interior de la organización teniendo en cuenta la política de mantenimiento de la organización; Fuente: (Navarro, 2004)

#### 5.2.4 Ventajas inconvenientes y aplicaciones de los tipos mantenimiento.

Los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos tienen como objetivo que los activos funcionen adecuadamente cada vez que son utilizados. Pero cada uno tiene particularidades a favor y en contra, es importante saber por cual inclinarse de acuerdo a las necesidades de la compañía y los recursos económicos con los que disponga.

**Tabla 2.***Mantenimiento correctivo: ventajas, inconvenientes y aplicaciones*

MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
VENTAJAS	INCOVENIENTES	APLICACIONES
“No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.”	“Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina dificultades en la producción”.	“Cuando el costo total de las paradas ocasionadas sea menos que el costo total de las acciones preventivas”.

<b>“Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos”.</b>	“Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que se hace necesario un stock de repuestos que generan gastos de bodegaje y otros”.	“Esto se da en sistemas secundarios cuyos problemas o averías en ningún momento afectan de manera importante la producción”.
	“Baja calidad del mantenimiento como consecuencia la poca disponibilidad de tiempo para reparar”	“Estadísticamente es el más aplicado en la mayoría de las industrias”.

Fuente: (Navarro, 2004)

**Tabla 3.**

*Mantenimiento preventivo: ventajas, inconvenientes y aplicaciones.*

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		
<b>VENTAJAS</b>	<b>INCOVENIENTES</b>	<b>APLICACIONES</b>
“Importante reducción de paradas imprevistas en maquinaria y equipos”.	“No se aprovecha totalmente la vida útil de los equipos”.	“Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro”.
“Solo es adecuado cuando, por la naturaleza de la maquinaria o equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de la vida útil”	“Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente las frecuencias de intervenciones preventivas”.	“Equipos cuya relación fallo – duración de vida útil es bien conocida”

Fuente: (Navarro, 2004)

**Tabla 4.**

*Mantenimiento predictivo: ventajas, inconvenientes y aplicaciones.*

<b>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>		
<b>VENTAJAS</b>	<b>INCOVENIENTES</b>	<b>APLICACIONES</b>
“Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo”.	“Requiere personal capacitado e instrumentación de análisis lo que lo hace más costoso”.	“Maquina Rotativa, Motores Eléctricos”.

<p><b>“Ejecución sin interrumpir las actividades diarias del equipo máquina”.</b></p>	<p>“No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de detección de fallas”.</p>	<p>“Equipos Estáticos”.</p>
<p><b>“Mejora el conocimiento y el control del estado del equipo”.</b></p>	<p>“Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas”.</p>	<p>“Instrumentación”.</p>

Fuente: (Navarro, 2004)

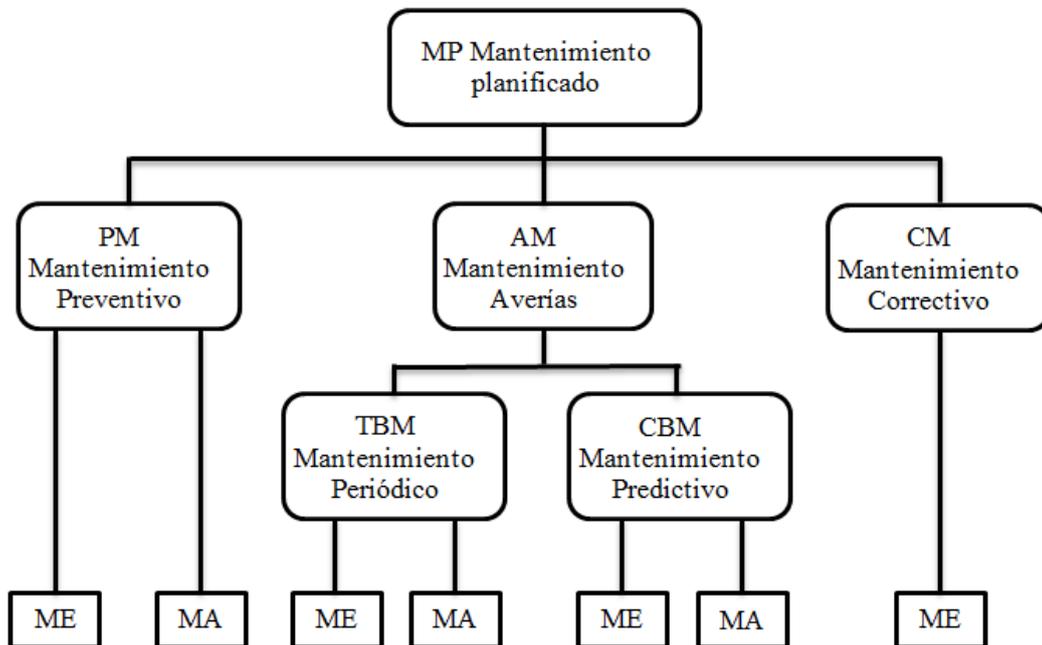
### 5.2.5 Los objetivos del mantenimiento planificado son:

- Priorizar las actividades de mantenimiento tipo preventivo frente al mantenimiento basado en reparar los equipos con averías u otras pérdidas
- Establecer un programa de mantenimiento efectivo para equipos y procesos.
- Lograr la máxima eficiencia económica para la gestión del mantenimiento, es decir que su costo se ajuste a cada equipo.

En la ilustración 2 se expone una clasificación de los tipos de mantenimiento que se dan dentro del mantenimiento planificado. En distintas empresas colombianas se han logrado implementar los programas de mantenimiento planificado y han obtenido como resultado mejoras en sus productos y optimización en su organización productiva. La mediana industria que busca surgir en el medio debe optar por implementar un programa de mantenimiento de acuerdo a sus necesidades

## Ilustración 2

### *Tipos de mantenimiento*



ME: Mantenimiento Especializado

MA: Mantenimiento Autonomo

Fuente: Autor de la investigacion.

### **5.2.6 Mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo, puede ser programado o predictivo y consiste en la realización de ciertas reparaciones, o cambios de elementos, refacciones o piezas, de acuerdo a intervalos de tiempo, o según determinados criterios, fijados para minimizar la probabilidad de avería, daño de algún elementos o paradas no programadas y garantizar la calidad de servicio de los recursos de la empresa.

El mantenimiento preventivo programado es rutinario, además, es realizado a intervalos predeterminados de tiempo, u otras condiciones como horas de trabajo o mediciones específicas, los cuales recomienda el fabricante y/o por inspecciones

audiovisuales programadas dentro de un plan determinado y realizado por personal calificado. En algunos casos se realizan reparaciones generales al final del año o en paradas largas de producción, que comprenden lubricación y ajuste total del equipo y/o sustitución de elementos mecánicos como rodamientos, poleas, tornillería, etc.

El mantenimiento predictivo, se basa en actividades de acuerdo a mediciones periódicas basado en parámetros específicos o el seguimiento de alguna variable específica. La intervención de una máquina o elemento se basa en resultado del análisis previo de la condición del activo para evitar averías.

### **5.2.7 Parámetros de diagnóstico.**

Para detectar previamente los síntomas de una posible avería es necesario contar con diferentes tecnologías que se han desarrollado a través de los años en la ingeniería, como: ultrasonido, rayos x, técnicas de análisis de lubricantes, partículas magnéticas, corrientes de Eddy y análisis de vibraciones.

### **5.2.8 Estudio de tribología.**

La fricción y el desgaste son fenómenos que implican dos superficies. En los sistemas de ingeniería las superficies corresponden frecuentemente a dos materiales diferentes, para disminuir estos efectos es necesario el uso de la lubricación. Los tres temas: fricción, desgaste y lubricación de superficies interactivas en movimiento relativo se agrupan en el término tribología.

#### **5.2.8.1 Desgaste.**

El desgaste implica la remoción gradual de material de una superficie. Existen varios mecanismos de desgaste que operan en diferentes proporciones, dependiendo de las condiciones mecánicas. Los principales mecanismos pueden clasificarse como:

- Desgaste adhesivo

- Abrasión.
- Oxidación y otras reacciones químicas.
- Difusión.

#### **5.2.8.2 Lubricación.**

La lubricación es forma más efectiva para reducir la fricción y el desgaste. Se conocen actualmente cuatro tipos de lubricación: la lubricación por película fluida, la lubricación de límites, la lubricación sólida y la lubricación seca.

#### **5.2.9 Responsabilidades del mantenimiento.**

Las responsabilidades del mantenimiento se pueden clasificar en primarias y secundarias, dentro de las responsabilidades primarias se encuentran:

- Mantener el servicio, maquinaria y equipos de producción.
- Cuidar los recursos de la empresa, el mantenimiento de edificios, terrenos, vías de la planta.
- Generar y distribuir los servicios necesarios para el óptimo funcionamiento de los equipos de la empresa como lo son: energía, vapor, agua, aire, gas, etc.
- Procesar continuamente modificaciones que optimicen el programa de mantenimiento planificado
- Diseñar escenarios para nuevas instalaciones que satisfagan las necesidades de la empresa.

Algunas de las responsabilidades secundarias del mantenimiento son: la seguridad del personal de la empresa, manejar los desperdicios producidos en la planta y recuperarlos si es posible, responder por el almacenamiento de repuestos y productos dentro de las instalaciones de la empresa y otros servicios.

### 5.2.10 Control de mantenimiento.

Para el control de mantenimiento es necesario contar con índices de gestión, estos son la base para comparar en iguales periodos de tiempo si la gestión del mantenimiento es eficaz y efectiva.

#### 5.2.10.1 Indicadores de gestión.

Los índices de gestiona más adecuados para el control del mantenimiento son Tiempo medio de reparación, tiempo medio entre fallas y disponibilidad.

- Tiempo medio de reparación. Busca disminuir los tiempos de parada de producción y se puede definir como la probabilidad de que una maquina o elemento averiado puede ponerse nuevamente en operación en un tiempo determinado. Cuando se realizan actividades de mantenimiento preventivo estos tiempos y periodicidad adecuada puede generarse procedimientos efectivos. Este indicador debe ser utilizado en elementos por los cuales el tiempo de reparación o sustitución de partes es significativo en relación a los tiempos de operación. Se calcula de la manera siguiente:

$$\text{MTTR} = (\text{Tiempo total de inactividad}) / (\text{número de fallas})$$

- Tiempo medio entre fallas. Es el índice que busca reducir el número de averías de producción y se define como la probabilidad de que un ítem pueda funcionar correctamente dentro de sus condiciones normales de diseño durante un periodo determinado en tiempo. Este indicador debe ser utilizado para elementos que son sustituidos después de la ocurrencia de una avería. Se calcula de la siguiente forma.

$$\text{MTBF} = (\text{Tiempo total de funcionamiento}) / (\text{número de fallas})$$

- **Disponibilidad.** Es la capacidad de un activo para desarrollar su función en un determinado momento, tiempo o periodo, en unas condiciones y con un rendimiento definido. La disponibilidad de un activo no significa necesariamente que esté operando, sino que se encuentre en condiciones de funcionar adecuadamente. la disponibilidad es usada como parámetro de referencia; es definida por la relación entre el tiempo teórico de operación y el tiempo total que necesita que funcione (tiempo en que se hubiese querido producir). La disponibilidad de un activo representa el porcentual del tiempo que queda a disposición del área de producción. Se calcula de la siguiente forma.

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) \times 100$$

#### **5.2.11 Gestión de mantenimiento por software.**

Cuando se tiene en la organización volúmenes muy grandes de información de mantenimiento, se debe considerar la adquisición de un software especializado con el fin utilizar mecanismos para la recogida, almacenamiento y tratamiento de datos.

Un software de mantenimiento permite gestionar de una manera más efectiva las actividades ligadas al mantenimiento, así como también programarlas, manejar temas relacionados con inventarios y costos directos.

Con la implementación de un software se podrá llevar una trazabilidad de las solicitudes de mantenimiento en tiempo real, mejorando la eficiencia del proceso y los tiempos de repuesta.

Gestionando la información se pueden llevar indicadores y trazar metas para desarrollar una mejora continua del proceso de mantenimiento, a la vez facilita la elaboración de informes que permiten tener un panorama más claro del estado de los activos de la compañía.

### 5.3 Marco normativo y legal.

Durante el desarrollo de la propuesta del plan de mantenimiento planificado para Laboratorios Quibi, se tendrán en cuenta las certificaciones actuales con las que cuenta la compañía, y que involucran al proceso de mantenimiento.

Se puede apreciar las normativas en la siguiente tabla las cuales involucran directamente el proceso de mantenimiento.

<b>Ley / Normas</b>	<b>Artículo / Numeral</b>	<b>Observación</b>
<b>Resolución 1160 de 6 de abril 2016 del ministerio de salud y protección.</b>	12.6	Establece los manuales para las buenas prácticas de manufactura y las guías establecimientos de Producción de medicamentos. Trata sobre aspectos de auto inspección para mantenimiento de instalaciones y equipos. Las instalaciones deben tener un mantenimiento cuidadoso, y se debe garantizar que las operaciones de reparación y mantenimiento no presentaran ningún peligro a la calidad del producto.
<b>Resolución 3619 de 17 de septiembre del 2016 del ministerio de salud y protección.</b>	2.3; 7	Establece los manuales de buenas prácticas de laboratorio de control de calidad, de productos farmacéuticos. Trata sobre aspectos de mantenimiento preventivo y verificación de instrumentos y equipos. La norma menciona que las instalaciones del laboratorio deben tener equipos de seguridad idóneos, posicionados apropiadamente, además de contar con medidas para asegurar un correcto proceso de mantenimiento.

	Cada laboratorio deberá estar equipado con instrumentos y equipos adecuados.
<b>ISO 14224</b>	Norma internacional utilizada como herramienta para registrar eventos y experiencias, brindando una base para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar.
<b>ISO 55001</b>	Norma internacional orientada para una correcta gestión de activos se centra en desarrollar un sistema de gestión proactivo de ciclo de vida de activos. Admite la optimización de los activos y reduce el coste total de propiedad mientras que le ayuda a cumplir con los requisitos de seguridad y rendimiento necesarios.

## 6 Marco metodológico.

### 6.1 Recolección de la información.

#### 6.1.1 Tipo de investigación.

Existen diferentes tipos de investigación las cuales se presentarán en la siguiente tabla para determinar cuál aplica de acuerdo a este proyecto de investigación.

**Tabla 1.**

*Tipos de investigación*

TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<b>Histórica</b>	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
<b>Documental</b>	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.

<b>Descriptiva</b>	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
<b>Correlacional</b>	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
<b>Explicativa</b>	Da razones del porqué de los fenómenos.
<b>Estudios de caso</b>	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
<b>Seccional</b>	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
<b>Longitudinal</b>	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
<b>Experimental</b>	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Fuente: (Metodología de la investigación., 2010)

El presente documentos tendrá como base la metodología de investigación “estudio de caso”. La investigación se realizará obteniendo datos de fuentes bibliográficas como tesis, artículos, textos y demás. La investigación se realizará en base a la información obtenida de la empresa como lo son registro de parada en los equipos, información sobre tipo de falla presentadas en las máquinas. Con ello se evaluará un plan de acción para reducir las paradas no programadas.

### **6.1.2 Fuentes de la obtención de la información.**

El objetivo fundamental de este documento es la propuesta de mantenimiento planificado para Laboratorios Quibi, buscando aumentar la confiabilidad de los activos, disminuyendo el número y tiempo de averías. A su vez se busca aumentar la disponibilidad es decir que el activo tenga un rendimiento óptimo de acuerdo a sus condiciones de fabricación en un tiempo y periodo determinado.

### Ilustración 3

#### Cronograma de mantenimiento Quibi

		FORMATO						CÓDIGO	
		CRONOGRAMA						VERSION No: 01	
		FECHA DE APROBACIÓN: 20-01-20						PÁGINA: 1 DE 4	
		VIGENTE HASTA: 23-01-19							
ÁREA: MANTENIMIENTO									
PERIODO: 2021									
OBJETIVO: ESTABLECER UNA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								RESPONSABLE: FREDY BERNAL	
ALCANCE: ESTE FORMATO APLICA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO								FECHA DE ELABORACIÓN: 21-01-21	
DOCUMENTOS DE REFERENCIA:									
NOMBRE EQUIPO	CODIGO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO		
<b>SOLUCIONES NO ESTERILES</b>									
TANQUE PREPARACION 500 LTS OLSA 1	LNE-09-1				6	x			
TANQUE PREPARACION 500 LTS OLSA 2	LNE-09-3				6	x			
TANQUE PULMON 80 LITROS	LNE-03-2					6	x		
ENVASADORA MONOBLOCK NO ESTERILES	VIA-09-1				6	x			
BANDA TRANSPORTADORA MONOBLOCK 1	VIA-09-8			6	x				
SELLADORA MANUAL INDUCCION 2	VIA-10-7			6	x				
REVISADOR OPTICO # 1	VIA-09-11				6	x			
BOMBA DE SUMINISTRO DE PRODUCTO	LNE-09-4		6	x					
<b>PEQUEÑO VOLUMEN</b>									
CABINA DE FLUJO LAMINAR ENVASE	OFT-02-1	6	x						
CABINA DE FLUJO LAMINAR HORIZONTAL (PREPARACION)	OFT-02-2				6	x			
ENVASADORA QUIMICA	OFT-02-4				6	x			
ENVASADORA COZZOLI	OFT-02-5			6	x				
ENVASADORA MONOBLOCK	OFT-02-3						6	x	
BOMBA DE VACIO ROCKET	OFT-02						6	x	
AGITADOR SIEMES DE HELICE	OFT-29-1				6	x			
TANQUE PREPARACION 30 LITROS # 8	OFT-14-2			6	x				
TANQUE PREPARACION 30 LITROS # 9	OFT-14-3			6	x				
TANQUE DE PREPARACION 30 LITROS #10	OFT-14-4			6	x				
TANQUE PULMON 30 LITROS # 5	OFT-14-6			6	x		6	x	
TANQUE PREPARACION 60 LITROS # 7	OFT-14-7			6	x				
TANQUE DE PREPARACION DE 60 LITROS # 8	OFT-14-8			6	x				
TANQUE PULMON DE 200 LITROS # 4	OFT-14-9						6	x	
REVISADOR OPTICO #1	OFT-01-3			6	x				

Nota: Cronograma primer semestre 2021

Fuente: autor de la investigación.

En la ilustración 3 se visualiza una muestra del plan de mantenimiento preventivo que posee la organización resaltando que existe una periodicidad, puesto que los activos se les hace un mantenimiento mensual, trimestral, semestral, anual de acuerdo al caso, se muestra la asignación mes a mes de los equipos a intervenir.

#### 6.1.2.1 Fuente de información primaria.

Las fuentes de información primaria son obtenidas del plan de mantenimiento que posee la compañía actualmente, como lo es cronograma de mantenimiento preventivo, formato de orden de trabajo y solicitud de mantenimiento.

### **6.1.2.2 Fuente de información secundaria.**

Las fuentes de información secundaria son obtenidas por aportes de diferentes estudiantes que presentan tesis o proyectos de investigación, algunos libros especializados en mantenimiento y algunas normas internacionales.

### **6.1.3 Herramienta.**

#### **6.1.3.1 Formato de solicitudes de mantenimiento.**

El formato sirve para que las diferentes dependencias que posee la organización, realicen el requerimiento de algún servicio el área de mantenimiento, en el formato el cliente consigna el tipo de mantenimiento requerido ya sea para alguna tarea o máquina. Los técnicos de mantenimiento describen los elementos o refacciones utilizados para realizar la actividad y los tiempos de ejecución. (Ver anexo A).

#### **6.1.3.2 Formato Rutas de Mantenimiento.**

El formato establecido en el sistema de gestión que posee la organización busca en esencia sea consignada toda la información cuando se realiza un mantenimiento preventivo a alguna de las maquinas, cuenta con información de las actividades a realizar y los elementos o refacciones a utilizar, así como los tiempos de cada una de estas actividades. (Ver anexo B)

#### **6.1.3.3 Acta de comité de operaciones.**

Diariamente se realiza reuniones respecto a los avances de la producción o los percances generados durante las labores productivas, para esta investigación se centrarán en la información de paradas de equipos por mantenimiento generadas en las distintas líneas de producción.

#### **6.1.3.4 Auditorías internas y externas.**

Como política de la compañía y por normatividad dado por entes reguladores, se realizan distintas auditorías que sirven como evaluación para lograr inspeccionar y controlar la operación normal de la organización de acuerdo seguimiento de los protocolos al sistema

de gestión de calidad que se encuentra implementado, como resultado se generar no conformidades menores o mayores las cuales deben ser solucionadas en periodos establecidos de tiempo. En resumen, las auditorías son una actividad de revisión y aseguramiento de las operaciones que tenga la compañía buscando generar oportunidades de mejora.

#### 6.1.3.5 Listado Maestro de equipos.

El listado maestro de equipos es un registro que codifica y describe el área donde se encuentran los activos de la organización, lo cual, permite apoyar el control de equipos. Su actualización constante permite saber si el equipo se encuentra en operación, mantenimiento, equipo nuevo o fuera de servicio.

#### Ilustración 4

*Listado Maestro de equipos*

	FORMATO		CÓDIGO LS-01-MA-103 PÁGINA: 1 DE 10
	LISTADO MAESTRO DE EQUIPOS		
	FECHA DE APROBACION:	VERSION No: 00	
	VIGENTE HASTA:		
+			
<b>• AREA SOLIDOS</b>			
<b>1. MEZCLADORES</b>			
MEZCLADOR STOKES DE 100 KG	S-035	OPERACION	
MEZCLADOR EN V 10KG	S-035-2	OPERACION	
MEZCLADOR INOX 200kg	S-014	OPERACION	
<b>2. BOMBO</b>			
BOMBO RECUBRIMIENTO PELLEGRINI	S-029		
BOMBO CUBIERTA 2	S029-2		
<b>3. TABLEADORAS</b>			
TABLETEADORA MANESTY B3B 1	S-030-1	OPERACION	
TABLETEADORA MANESTY 3D 3B2	S-030-2	OPERACION	
TABLETEADORA MANESTY BB 3B 3	S-012-1	OPERACION	
TABLETEADORA STOKES FJS 4	S-010-1	OPERACION	
<b>4. BLISTEADORAS</b>			
BLISTEADORA 1 MULTIPACK	S-007-1	MANTENIMIENTO	
BLISTEADORA 3 UHLMAN	S-005-2	OPERACION	
BLISTEADORA 4 MEPREC	S-21-1	OPERACION	

NOTA: Listado maestro de equipos Quibi 2020

Fuente: Autor de la investigacion.

En la ilustración 4 se visualiza una muestra del listado maestro de equipos de la empresa donde se está generando el proyecto de investigación.

### 6.1.3.6 Historial de fallas.

Laboratorios Quibi cuenta con ingenieros de procesos encargados de tomar mediciones de cada uno de los procesos productivos de la organización y para el caso de mantenimiento toma lecturas de tiempo improductivos de las líneas, sea por temas de ajuste de máquina, daño en máquina o cambios de formato. Estas lecturas son tomadas durante toda la jornada laboral y es divulgada en el comité diario de operación, a final de mes se genera un consolidado para determinar el comportamiento de líneas de producción, con ello se pretende establecer planes de acción para evitar paradas no programadas.

## Ilustración 5

### Historial de paradas

MES	(Todas)			
<b>Suma de HORAS</b>				
LINEA	AREA RESPONSABLE	MAQUINA	PARO	Total
☒ BOLSA 1	☒ MANTENIMIENTO	☒ PLUMAT	DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	30
		☒ SACHET LIQUIDOS	AJUSTE DE MAQUINA	117
			DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	7
		☒ SELLADORA	AJUSTE DE MAQUINA	4
		☒ STRUNK		6
		☒ (en blanco)	AJUSTE DE MAQUINA	1
		☒ AUTOCLAVE	DAÑO DE CALDERA	4
☒ BOLSA 2	☒ MANTENIMIENTO	☒ BANDA	AJUSTE DE MAQUINA	2
			DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	2
			FALTA DE CARROS	0,5
		☒ BOMBA	DAÑO DE BOMBA	2,33
			DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	0,5
		☒ CODIFICADORA	AJUSTE DE MAQUINA	3,29
		☒ PLUMAT	AJUSTE DE MAQUINA	8
			DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	1,16
		☒ SELLADORA	DAÑO DE MÁQUINA EQUIPO	1,88
		☒ (en blanco)	DAÑO DE AUTOCLAVE	11
		☒ AUTOCLAVE	AJUSTE DE MAQUINA	16
			DAÑO DE AUTOCLAVE	2

NOTA: Historial de paradas Quibi

Fuente: Autor de investigación.

#### **6.1.4 Metodología.**

Para el desarrollo de la “propuesta de programa de mantenimiento planificado para equipos de Laboratorio Qubi” mediante la investigación de estudio de caso se tendrá en cuenta lo siguiente:

Para el desarrollo del objetivo N° 1 “Analizar el plan de mantenimiento actual e identificar las oportunidades de mejora existentes basándose en el programa de mantenimiento existente y buscar las mejoras necesarias” para ello se realizará una verificación de listado maestro de equipos, puesto algunos activos que se encuentran en la compañía no están en ningún documento oficial por ende tampoco entran en el cronograma de mantenimiento preventivo. Se realizará la recolección de información y la actualización de documentos oficiales.

Para el desarrollo del objetivo N° 2 “Identificar los equipos que generan un mayor número de paradas y efectuar planes especiales para minimizar el impacto negativo de averías” se realizará la indagación de cuáles son los equipos que generan mayor parada por medio de los informes de las actas de comité de operaciones. Basado en el tiempo medio entre fallas se realizarán ajustes del programa de mantenimiento estableciendo rutinas más cortas para los equipos con mayor número de paradas .se realizará la taxonomía del activo y análisis de modos de falla y efectos en los componentes

Para el desarrollo del objetivo N° 3 “Priorizar las actividades de mantenimiento tipo preventivo frente a actividades de tipo correctivo, los cuales generan paradas no programadas y por ende pérdidas para la empresa” se realizará la divulgación y capacitación a las distintas jefaturas, directivas y gerencias sobre la importancia de la implementación de un programa de mantenimiento planificado para poder establecer de forma adecuada el plan y que se logren disponer los espacios para realizar actividades de mantenimiento proactivas, reduciendo las de tipo reactivo.

### 6.1.5 Información recopilada.

La información obtenida data de hojas de cálculo que reposan en la jefatura de mantenimiento, algunas otras lecturas y datos suministrados por la dependencia de ingeniería de procesos, hojas de vida de los equipos.

#### 6.1.5.1 Cronograma de mantenimiento actual.

Para realizar una correcta planeación del plan de mantenimiento preventivo y de acuerdo a lo exigido por los entes reguladores se debe contar con un cronograma de mantenimiento anual. En la ilustración 3 se visualiza una muestra del plan de mantenimiento preventivo que posee la organización resaltando que existe una periodicidad, puesto que los activos se les hace un mantenimiento mensual, trimestral, semestral, anual de acuerdo al caso, se muestra la asignación mes a mes de los equipos a intervenir. (Ver anexo C).

## Ilustración 6

### Cronograma de mantenimiento Quibi

	FORMATO		CÓDIGO						
	CRONOGRAMA		VERSION No. 01						
	FECHA DE APROBACIÓN: 20-01-20		PÁGINA: 1 DE 4						
VIGENTE HASTA: 23-01-19									
<b>ÁREA: MANTENIMIENTO</b>									
<b>PERIODO: 2021</b>									
<b>OBJETIVO: ESTABLECER UNA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>							<b>RESPONSABLE: FREDY BERNAL</b>		
<b>ALCANCE: ESTE FORMATO APLICA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>							<b>FECHA DE ELABORACIÓN: 21-01-21</b>		
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA:</b>									
NOMBRE EQUIPO	CODIGO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO		
<b>SOLUCIONES NO ESTERILES</b>									
TANQUE PREPARACION 500 LTS OLSA 1	LNE-09-1				6	x			
TANQUE PREPARACION 500 LTS OLSA 2	LNE-09-3				6	x			
TANQUE PULMON 80 LITROS	LNE-03-2					6	x		
ENVASADORA MONOBLOCK NO ESTERILES	VIA-09-1				6	x			
BANDA TRANSPORTADORA MONOBLOCK 1	VIA-09-8			6	x				
SELLADORA MANUAL INDUCCION 2	VIA-10-7			6	x				
REVISADOR OPTICO #1	VIA-09-11				6	x			
BOMBA DE SUMINISTRO DE PRODUCTO	LNE-09-4		6	x					
<b>PEQUEÑO VOLUMEN</b>									
CABINA DE FLUJO LAMINAR ENVASE	OFT-02-1	6	x						
CABINA DE FLUJO LAMINAR HORIZONTAL(PREPARACION)	OFT-02-2				6	x			
ENVASADORA QUIMICA	OFT-02-4				6	x			
ENVASADORA COZZOLI	OFT-02-5			6	x				
ENVASADORA MONOBLOCK	OFT-02-3								
BOMBA DE VACIO ROCKET	OFT-02					6	x		
AGITADOR SIENMES DE HELICE	OFT-29-1				6	x			
TANQUE PREPARACION 30 LITROS #8	OFT-14-2			6	x				
TANQUE PREPARACION 30 LITROS #9	OFT-14-3			6	x				
TANQUE DE PREPARACION 30 LITROS #10	OFT-14-4			6	x				
TANQUE PULMON 30 LITROS #5	OFT-14-6			6	x		6	x	
TANQUE PREPARACION 60 LITROS #7	OFT-14-7			6	x				
TANQUE DE PREPARACION DE 60 LITROS #8	OFT-14-8			6	x				
TANQUE PULMON DE 200 LITROS #4	OFT-14-9					6	x		
REVISADOR OPTICO #1	OFT-01-3			6	x				

Nota: Cronograma primer semestre 2021; Fuente: autor de investigación.

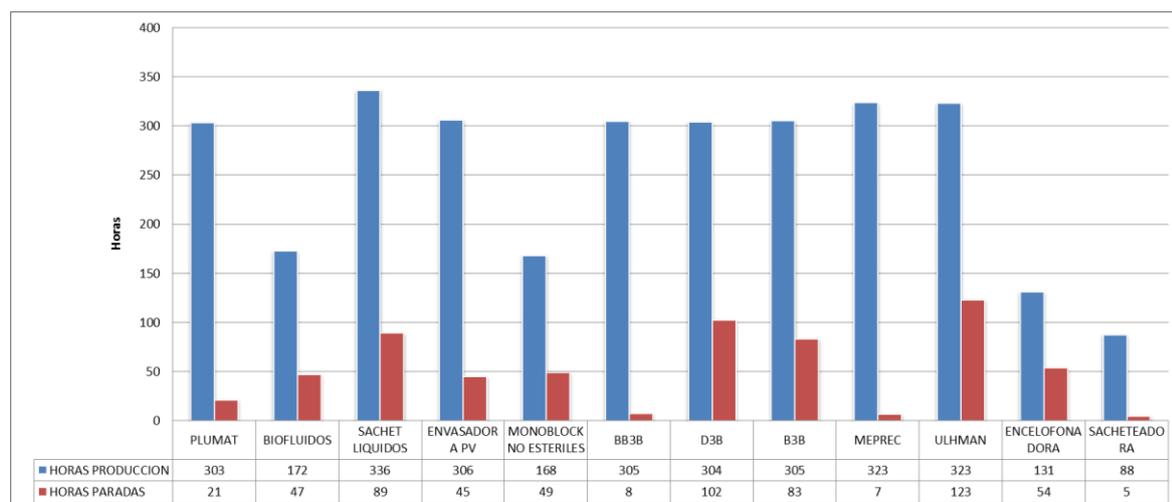
Fuente: Autor de investigación.

### 6.1.5.2 Tiempos de producción vs tiempos de parada.

El punto de partida para determinar los equipos con mayor índice de criticidad es definir que es este: son aquellos que suman un mayor número de horas de operación, respecto a los tiempos de fallo.

**Tabla 2**

*Tiempos de producción y tiempos de parada.*



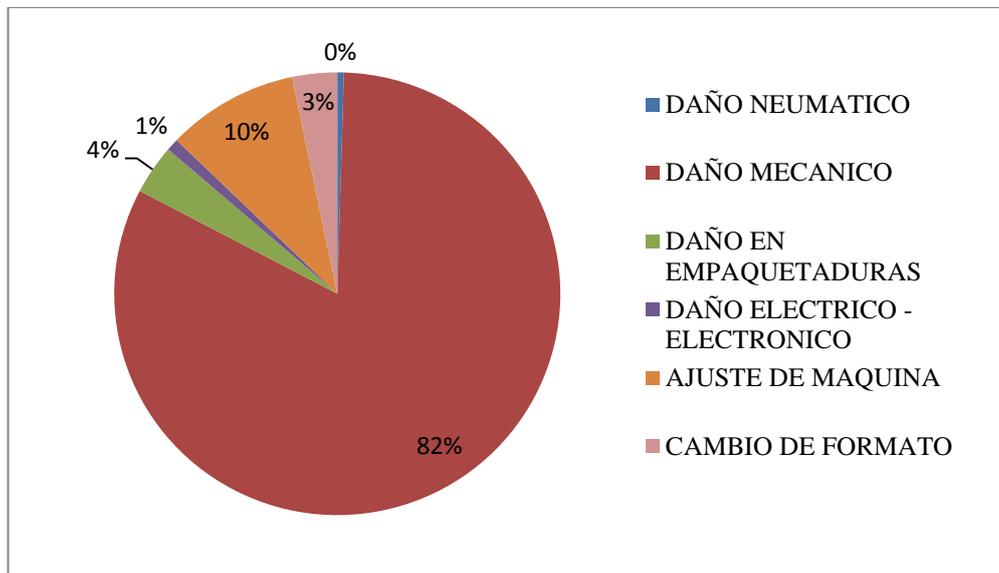
Nota: los datos fueron obtenidos de la base de datos de Laboratorios Quibi en el periodo del primer trimestre de 2021; Fuente: autor de investigación.

### 6.1.5.3 Causas de paradas.

Se obtendrá la información relacionada con los equipos principales de las diferentes líneas de trabajo las cuales son mencionadas en la tabla 2, para saber cuáles son los problemas usualmente reportados por el área de producción, de esta forma determinar las razones por las cuales se presentan mayor porcentaje de paradas.

### Ilustración 7

*Causa de fallas más comunes.*



Nota: fallas más comunes de parada en los equipos más relevantes de laboratorios quibi en el segundo periodo del trimestre de 2021.

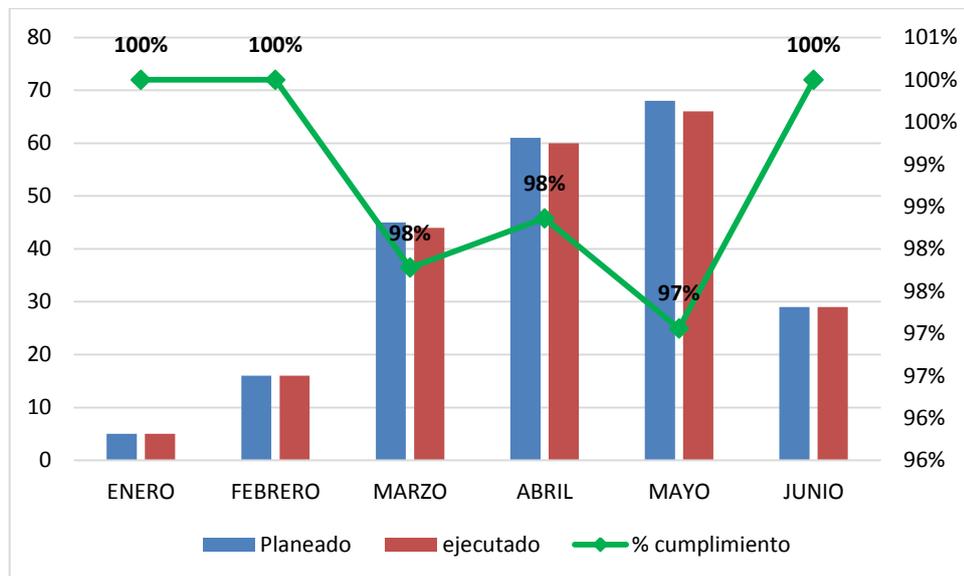
Fuente: autor de investigación.

### 6.2 Análisis de la información.

- Basado en la información obtenida en los numerales anteriores se lograron obtener distintos hallazgos entre los más significativos podemos iniciar con el estado del cumplimiento del cronograma de mantenimiento del primer semestre del presente año.

## Ilustración 8

*Grafica de porcentaje de cumplimiento del cronograma de mantenimiento.*



Nota: porcentaje de cumplimiento del programa de laboratorios Quibi en el primer semestre de 2021.

Fuente: autor de investigación.

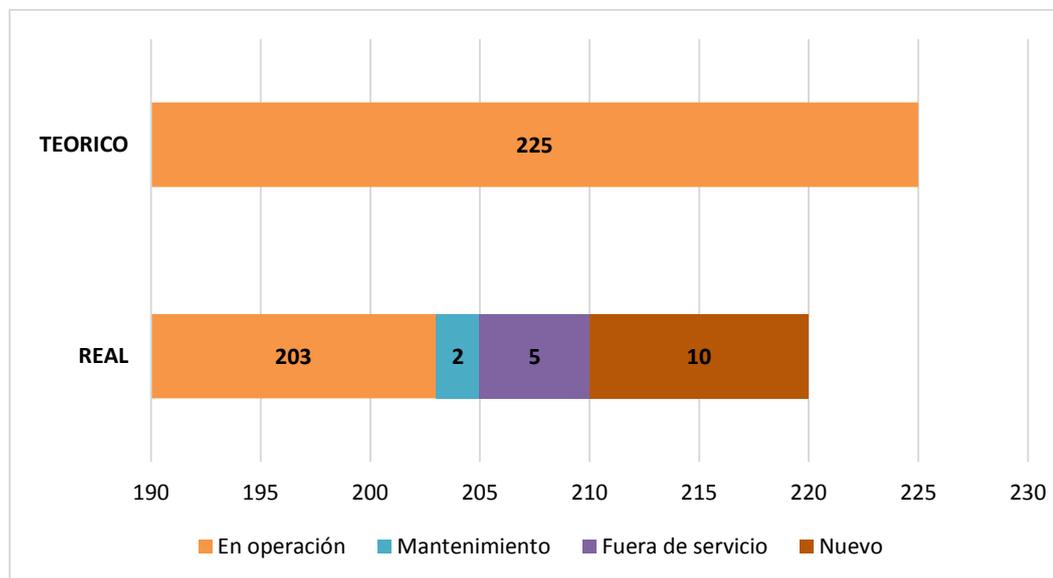
Los resultados indican que el cumplimiento del plan es superior estando por encima del 97%, generando dos hallazgos indudablemente importantes y es que en primera medida el problema no radica en el cumplimiento del programa sino en las actividades consignadas en rutas de mantenimiento que se están realizando son pocas o insuficientes. Como segundo hallazgo se puede determinar que la periodicidad es demasiado extensa y podría verse como oportunidad de mejorar reducir estos intervalos de tiempo para aumentar la confiabilidad de los activos.

- El análisis del listado maestro de equipos identifico que algunos equipos, ya no reposan en la compañía o por otra parte algunos equipos nuevos que no han sido documentado debido a que los activos no se encuentra en las instalaciones

porque les están realizando algún tipo de intervención o porque son nuevos y no se encuentran dentro de la planta física estando en alguna de las bodegas o con el fabricante. esto genera que el listado maestro se encuentre incompleto la siguiente grafica muestra el estado actual de la maquinaria realizando una comparación de la documentación que se tiene con respecto a la realidad.

### Ilustración 9

*Grafica de estado del listado maestro de equipos teórico vs real.*



Fuente: Autor de la investigación.

- El historial de fallas presentando indica de una manera general las consecuencia de las paradas de los activos, pero estos datos son tomados del comportamiento general de los equipos de la planta, mas no específicamente por activo o con un nivel de detalle más a profundidad

### 6.3 Propuesta de solución.

La propuesta de solución se realiza actualizando el listado maestro de activos que posee la compañía, posterior a ello se realizará una categorización de acuerdo a la criticidad de los equipos, se utilizará el tiempo medio entre fallas de los activos más críticos para realizar ajustes al cronograma de mantenimiento y basado en las fallas más recurrentes se realizarán planes especiales de mantenimiento.

#### 6.3.1 Actualización de inventario de activos

Se realiza actualización de listado de activos de la compañía evidenciando que algunos de ellos no estaban en el listado a pesar de que ya se encontraban en operación desde hace mucho tiempo, otros se encontraban fuera de servicio y por último se incluyeron aquellos equipos nuevos que recientemente se incorporaron a la organización (ver anexo D)

#### 6.3.2 Matriz de criticidad.

Luego de realizar una actualización del inventario de activos con los que cuenta la organización, es importante determinar que equipos son de alto impacto para el proceso normal de operación, basado en cálculos matemáticos y asignarles una ponderación. Dicho resultado será cruzado con la matriz de criticidad.

**Tabla 3-** criticidad de activos

Máquina	Código	Frecuencia	Impacto calidad	Producción	Costos de mantenimiento	Impacto seguridad industrial	Valor criticidad
<b>Envasadora biofluidos</b>	Leg18-1	á	5	5	5	2	85
<b>Sacheteadora líquidos tekmaq</b>	Leg-05-6	5	5	5	3	3	80
<b>Tableteadora manesty bb 3b 3</b>	S-012-1	5	5	5	1	5	80
<b>Tableteadora manesty b3b 1</b>	S-030-1	5	5	5	1	5	80
<b>Tableteadora manesty 3d 3b2</b>	S-030-2	5	5	5	1	5	80

<b>Envasadora monoblock no estériles</b>	Via-o9-1	5	5	5	4	1	75
<b>envasadora sueros en bolsa (plumat)</b>	Leg-24-1	5	5	5	4	1	75
<b>Envasadora química</b>	Oft-02-4	5	5	5	3	1	70
<b>Encelofanadora rodille</b>	S-003-1	5	3	5	4	1	65
<b>Blisteadora 3 uhlman</b>	S-005-2	5	5	5	1	1	60
<b>Sacheteadora de polvos</b>	S-001-1	4	5	5	3	2	60
<b>Blisteadora 4 meprec</b>	S-21-1	5	5	5	1	1	60
<b>Selladora de bolsas no 1</b>	S-001-2	4	5	5	3	1	56
<b>Selladora de bolsas no 2</b>	S-001-3	4	5	5	3	1	56
<b>envasadora de sueros en bolsa</b>	Leg-05-1	4	4	5	3	2	56
<b>Tableteadora stokes fjs 4</b>	S-010-1	3	5	5	3	5	54
<b>motobomba inoxpar</b>	Leg-12-2	4	5	5	2	1	52
<b>Autoclave lagarde</b>	Emp-02-1	3	5	5	4	2	48
<b>Selladora de bolsa emplex</b>	Leg-31-10	3	5	5	4	2	48
<b>Lavadora frasco</b>	Leg-16-1	3	5	5	3	3	48
<b>Mezclador inox. 200kg</b>	S-014	3	5	3	4	3	45
<b>tanque de preparación 3000 litros # 2 (preparación gv)</b>	Leg-12-9	3	5	5	2	3	45
<b>Tanque de 3150 l #1 motor agitador</b>	Leg1-2-14	3	5	5	3	2	45
<b>roscadora manual air pro</b>	Leg-19-3	3	5	5	2	3	45
<b>Túnel termoencogido cemapack ltda</b>	Emp-03-2	3	4	5	2	4	45
<b>Etiquetadora pmr m3005</b>	Emp-09-2	3	5	5	2	3	45
<b>horno de secado glatt</b>	S-036	3	5	5	3	1	42
<b>Selladora por inducción</b>	Via-09-3	3	5	5	3	1	42
<b>Tanque preparación 3150 litros # 4 (preparación gv)</b>	Leg-12-2	3	5	5	2	2	42
<b>churruscador 1</b>	Leg-16-5	2	5	5	5	5	40
<b>Caldera power master</b>	Gra-00-09	2	5	5	5	5	40
<b>Selladora manual inducción 1</b>	Via-10-6	3	5	5	2	1	39
<b>Envasadora cozzoli</b>	Oft-02-5	3	5	5	2	1	39
<b>Desmineralizador</b>	Pte-00-23	2	5	5	4	5	38
<b>Bomba autoclave lagarde 18 hp</b>	Emp-02-2	3	5	5	1	1	36
<b>Compresor de aire sullair 5500</b>	Gra-00-16	2	5	5	5	3	36
<b>Destilador barnstead</b>	Pte-00-14	2	5	5	3	5	36
<b>seleccionadora de tapon</b>	Leg-24-3	3	2	5	3	1	33
<b>Montacargas toyota terceros</b>	Dep-02-2	2	1	5	5	5	32
<b>Torre enfriamiento proton</b>	Gra-00-03	2	5	5	1	5	32

<b>Unidad manejadora de aire de grandes volúmenes #1</b>	Pte-00-1	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad manejadora de aire de pequeños volúmenes</b>	Pte-00-2	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad manejadora de aire de grandes volúmenes 2 (plumat)</b>	Pte-00-3	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad manejadora semisólidos</b>	Pte-00-6	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad suministro aire dispensación</b>	Pte-00-24	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad de extracción de grandes volúmenes #1</b>	Pte-00-7	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad de extracción de pequeños volúmenes</b>	Pte-00-8	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad de extracción de grandes volúmenes 2 (plumat)</b>	Pte-00-9	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad de extracción de semisólidos</b>	Pte-00-12	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad extracción aire dispensación</b>	Pte-00-25	2	5	5	3	3	32
<b>Unidad extracción lagarde</b>	Pte-00-28	2	5	5	3	3	32
<b>Tanque 2000l agua destilada 1</b>	Pte-00-15	2	5	5	2	3	30
<b>Tanque 2000l agua destilada 4</b>	Pte-00-16	2	5	5	2	3	30
<b>Tanque 1800l agua destilada 2</b>	Pte-00-17	2	5	5	2	3	30
<b>Tanque 1800l agua destilada 3</b>	Pte-00-18	2	5	5	2	3	30
<b>Bomba agua destilada</b>	Pte-00-21	2	5	5	2	3	30
<b>Lampara ultravioleta</b>	Pte-00-22	2	5	5	3	2	30
<b>tanque preparacion con moto agitador 500 lts olsa 1</b>	Lne-09-1	2	5	5	1	3	28
<b>Tanque preparacion con moto agitador 500 lts olsa 2</b>	Lne-09-3	2	5	5	1	3	28
<b>Tanque pulmon 80 litros</b>	Lne-03-2	2	5	5	1	3	28
<b>tanque inox. 2000 litros # 2</b>	Leg-12-8	2	5	5	2	2	28
<b>Tanque de 1000lt # 5</b>	Leg-09-3	2	5	5	2	2	28
<b>.motobomba lawara</b>	Leg-12-10	2	5	5	3	1	28
<b>Elevador hidráulico frasco</b>	Leg-19-4	2	1	5	3	5	28
<b>Troqueladora foil frasco</b>	Via-10-2	2	5	5	1	3	28
<b>Codificadora 1 video jet 1520</b>	Emp-07-1	2	5	5	2	2	28
<b>Codificadora 2 video jet 1220</b>	Emp-11-1	2	5	5	2	2	28
<b>Codificadora 2 smart</b>	Emp-11-2	2	5	5	2	2	28
<b>Codificadora 4 ijet bobinas</b>	Emp-12-2	2	5	5	2	2	28
<b>Montacargas linde terceros</b>	Dep-01-4	2	1	5	3	5	28
<b>Etiquetadora tedmack</b>	Emp-12-3	2	5	5	2	2	28
<b>Cabina de flujo laminar 14</b>	Eco-001	2	5	5	3	1	28
<b>cabina de flujo laminar 1</b>	Leg-05-2	2	5	5	2	1	26

<b>cabina de flujo laminar 2</b>	Leg-05-3	2	5	5	2	1	26
<b>Filtro de arena</b>	Gra-00-08	2	5	5	1	2	26
<b>Bomba peristáltica</b>	S-029-4	3	1	5	1	1	24
<b>Desintegrador bj-2</b>	S-029-7	2	5	5	1	1	24
<b>Autoclave doble puerta olsa</b>	Emp-05-1	2	5	5	1	1	24
<b>Autoclave scalan madinson</b>	Leg-25-08	2	5	5	1	1	24
<b>motobomba producto 1</b>	Leg-12-11	2	5	5	1	1	24
<b>Selladora de inducción enercon</b>	Leg-19-2	2	5	5	1	1	24
<b>Banda transp 3 nord</b>	Emp-05-1	2	3	5	2	2	24
<b>Banda 2 codificado</b>	Emp-11-3	2	3	5	2	2	24
<b>Estibador hidráulico (est-04) inco limec</b>	Emp-13-2	2	1	2	3	5	22
<b>Estibador hidráulico (est-05) clark</b>	Emp-13-3	2	1	2	3	5	22
<b>Estibador hidráulico (est-02) inco limec</b>	Dep-01-3	2	1	2	3	5	22
<b>Estibador hidráulico (est-03) inco limec</b>	Dep-02-1	2	1	2	3	5	22
<b>Tableros de distribución quibi 1</b>	Pte-00-31	1	5	5	3	5	18
<b>Transformador andina tranfor</b>	Pte-00-33	1	5	5	3	5	18
<b>Marmita 500 kg</b>	Ss-01-5	1	5	5	2	5	17
<b>Bomba de vacío siemens</b>	S-016-1	2	1	5	1	1	16
<b>grafadora fcc</b>	Leg-19-6	1	5	5	1	5	16
<b>Puntos de suministro del nitrógeno</b>	Pte-00-30	1	5	5	1	5	16
<b>puntos de suministro de nitrógeno</b>	Gra-00-31	1	5	5	1	5	16
<b>Tanque eternit 2000 lt 1</b>	Pte-00-47	1	5	5	1	5	16
<b>Tanque eternit 2000 lt 2</b>	Pte-00-48	1	5	5	1	5	16
<b>Tanque eternit 2000 lt 3</b>	Pte-00-49	1	5	5	1	5	16
<b>Bomba sumin.desmineralizada a destilada</b>	Pte-00-44	1	5	5	1	5	16
<b>Tanque de aire comprimido</b>	Pte-00-29	1	5	5	1	5	16
<b>Dosificadora de líquidos tedmaq</b>	Ss-01-1	1	5	5	3	3	16
<b>Cabina de flujo laminar móvil</b>	Oft-14-10	1	5	5	2	3	15
<b>Tanque de 2000 l #1 motor agitador</b>	Leg1-2-15	1	5	5	3	2	15
<b>Mezclador en v 10kg</b>	S-035-2	1	5	3	4	2	14
<b>Selladora de bolsas no 3</b>	S-001-4	1	5	5	3	1	14
<b>Selladora de bolsas no 4</b>	S-001-5	1	5	5	3	1	14
<b>Codificadora 4 (envase 1)</b>	Leg-30-9	1	5	5	3	1	14
<b>Tanque pulmón 150 lts</b>	Leg1-2-13	1	4	5	2	3	14
<b>Tornamesa giratoria</b>	Emp-12-1	2	1	3	1	2	14

<b>Incubadora cepas 60°C fisher</b>	Mic-01-08	1	5	5	1	3	14
<b>Incubadora de cepas 1 in 30-25</b>	Mic-01-16	1	5	5	1	3	14
<b>Incubador 2 42-44</b>	Mic-01-17	1	5	5	1	3	14
<b>Cuarto de incubación 30-35(+ -) 3</b>	Mic-01-05	1	5	5	1	3	14
<b>Cuarto de incubación 20-25</b>	Mic-01-06	1	5	5	1	3	14
<b>Bomba de servicios hydral</b>	Pte-00-45	1	1	5	3	5	14
<b>Bomba suministro agua a piso técnico</b>	Pte-00-46	1	1	5	3	5	14
<b>Selladora de tubos colapsibles</b>	Ss-01-6	1	5	5	1	3	14
<b>Cabina de flujo laminar envase</b>	Oft-02-1	1	5	5	2	1	13
<b>Cabina de flujo laminar preparación</b>	Oft-02-2	1	5	5	2	1	13
<b>Autoclave sterilof</b>	Leg-16-3	1	5	5	1	2	13
<b>Revisor óptico 1</b>	Emp-09-1	1	5	5	1	2	13
<b>Revisor óptico 2</b>	Emp-05-2	1	5	5	1	2	13
<b>Colector de polvos (torit)</b>	Gra-00-01	1	5	5	2	1	13
<b>Unidad manejadora de aire de sólidos</b>	Pte-00-05	1	5	5	2	1	13
<b>Unidad manejadora de aire de sólidos</b>	Gra-00-02	1	5	5	2	1	13
<b>Unidad de extracción de sólidos</b>	Pte-00-11	1	5	5	2	1	13
<b>Unidad de extracción de sólidos</b>	Gra-00-19	1	5	5	2	1	13
<b>Mezclador stokes de 100 kg</b>	S-035	1	5	2	2	3	12
<b>Bombo recubrimiento pellegrini</b>	S-029	1	5	5	1	1	12
<b>Bombo cubierta 2</b>	S029-2	1	5	5	1	1	12
<b>Desempolvador manesty bbots 1</b>	S-030-3	1	5	5	1	1	12
<b>Desempolvador manesty bbots 2</b>	S-012-2	1	5	5	1	1	12
<b>Detector de metal</b>	S-30-8	1	5	5	1	1	12
<b>Detector de metal</b>	S-030-4	1	5	5	1	1	12
<b>Molino coloidal fitz patrick</b>	S-035	1	5	5	1	1	12
<b>Gramera pioneer</b>	S-031-1	1	5	5	1	1	12
<b>Gramera xm 60</b>	S-031-2	1	5	5	1	1	12
<b>Revisor optico # 1</b>	Via-09-11	1	5	5	1	1	12
<b>Cabina de flujo laminar envase de bolsa plumat</b>	Leg-24-4	1	5	5	1	1	12
<b>Tanque solución jabonosa 50 lt (churruscado)</b>	Leg-16-4	1	2	5	3	2	12
<b>Cabina flujo laminar envase frasco 1</b>	Leg-18-5	1	5	5	1	1	12
<b>Cabina de flujo laminar lavado de frasco</b>	Leg-16-1	1	5	5	1	1	12
<b>Cabina de flujo laminar 3 grafado (móvil)</b>	Leg-05-8	1	5	5	1	1	12

<b>Pass through</b>	Leg-19-8	1	5	5	1	1	12
<b>Banda transp 1 siemens</b>	Emp-03-1	1	3	5	2	2	12
<b>Banda transp 2 siemens</b>	Emp-04-1	1	3	5	2	2	12
<b>Banda 1 codificado</b>	Emp-07-2	1	3	5	2	2	12
<b>Cabina de flujo laminar bioseguridad1 / recuentos 1</b>	Mic-01-04	1	5	1	1	5	12
<b>Horno 250 °c despirogenizado</b>	Mic-01-18	1	5	5	1	1	12
<b>Alberca agua caliente</b>	Gra-00-06	1	5	5	1	1	12
<b>Alberca agua fria</b>	Gra-00-07	1	5	5	1	1	12
<b>Secador de aire sullair</b>	Gra-00-17	1	5	5	1	1	12
<b>Compresor schiller(solidos)</b>	Gra-00-18	1	5	5	1	1	12
<b>Bomba de regeneración desmineralizador</b>	Pte-00-13	1	4	5	1	2	12
<b>Bomba agua desmineralizada 1</b>	Pte-00-19	1	4	5	1	2	12
<b>Bomba de agua desminalizada 2</b>	Pte-00-20	1	4	5	1	2	12
<b>Serpentín agua caliente</b>	Pte-00-27	1	5	5	1	1	12
<b>Bomba para trasegar</b>	Ss-01-7	1	5	5	1	1	12
<b>Tanque de 300 l</b>	Ss-01-2	1	5	5	1	1	12
<b>Marmita de 120 l</b>	Ss-01-3	1	5	4	1	2	12
<b>Tanque preparación 30 litros # 9</b>	Oft-14-3	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque de preparación 30 litros #10</b>	Oft-14-4	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque pulmon 90 litros # 5</b>	Oft-14-6	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque preparación 60 litros # 7</b>	Oft-14-7	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque de preparación de 60 litros # 8</b>	Oft-14-8	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque pulmón de 200 litros # 4</b>	Oft-14-9	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque 120 litros # 1</b>	Oft-14-11	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque 120 litros # 2</b>	Oft-14-12	1	4	5	1	1	11
<b>Tanque 230 lts</b>	Oft-14-13	1	4	5	1	1	11
<b>Agitador siemmes de helice</b>	Oft-29-1	1	4	5	1	1	11
<b>Motobomba producto 2</b>	Leg-12-14	1	5	4	1	1	11
<b>Unidad de aire soplado de frascos</b>	Leg-16-7	1	5	4	1	1	11
<b>Tanque pulmón aire comprimido essebi 1</b>	Gra-00-11	1	1	5	1	4	11
<b>Tanque pulmón aire comprimido essebi 2</b>	Gra-00-12	1	1	5	1	4	11
<b>Tanque pulmón aire comprimido 3</b>	Gra-00-13	1	1	5	1	4	11
<b>Tanque pulmón aire comprimido 4</b>	Gra-00-14	1	1	5	1	4	11

<b>Encapsuladora zanassi</b>	S-016	1	5	1	3	1	10
<b>Bomba de suministro de producto</b>	Lne-09-4	1	1	5	3	1	10
<b>Banda transportadora strunk en u</b>	Leg-31-15	2	1	2	1	1	10
<b>Selladora de cintas (strunk)</b>	Leg-31-16	2	1	1	1	2	10
<b>Lavadora tapón stanteel</b>	Leg-16-2	1	4	4	1	1	10
<b>Cabina de seguridad biológica 2 (cepas)</b>	Mic-01-11	1	5	1	1	3	10
<b>Tanque preparación 30 litros # 8</b>	Oft-14-2	1	4	4	1		9
<b>Tornamesa giratoria (frasco)</b>	Leg-19-5	1	1	3	1	4	9
<b>Autoclave de inactivación</b>	Mic-01-01	1	4	2	1	2	9
<b>Autoclave doble puerta</b>	Mic-01-03	1	4	2	1	2	9
<b>Unidad de extracción de microbiología</b>	Mic-01-13	1	5	1	2	1	9
<b>Agitador ekato</b>	S-029-1	1	3	2	1	2	8
<b>Envasadora monoblock</b>	Oft-02-3	2	1	1	1	1	8
<b>Autoclave sterilof</b>	Oft-01-2	2	1	1	1	1	8
<b>Ensambladora capilar</b>	Oft-28	2	1	1	1	1	8
<b>Pass through</b>	Oft-15-1	1	5	1	1	1	8
<b>Banda transportadora plumat 1</b>	Leg-05-4	1	1	5	1	1	8
<b>Banda transportadora plumat 2</b>	Leg-05-5	1	1	5	1	1	8
<b>Banda transportadora 3</b>	Leg-31-11	1	1	5	1	1	8
<b>Banda transportadora (envase)</b>	Leg-18-2	1	1	4	2	1	8
<b>Banda transportadora grafado (frasco)</b>	Leg-18-3	1	1	4	2	1	8
<b>Banda transportadora curva (sellado enercon)</b>	Leg-19-1	1	1	4	2	1	8
<b>Banda transportadora frascos (lavado)</b>	Leg-16-8	1	1	4	2	1	8
<b>Cabina de flujo laminar horizontal</b>	Mic-01-14	1	5	1	1	1	8
<b>Cabina de flujo laminar envase s.b.1</b>	Mic-01-15	1	5	1	1	1	8
<b>Unidad de filtración de aire (area estéril)</b>	Mic-01-10	1	5	1	1	1	8
<b>Unidad manejadora de aire de microbiología - baños</b>	Mic-01-12	1	5	1	1	1	8
<b>Subestación</b>	Gra-00-10	1	1	5	1	1	8
<b>Bomba de servicios hidromac siemens 8hp</b>	Gra-00-04	1	1	4	1	1	7

<b>Bomba de servicios hydral siemens 8hp</b>	Gra-00-05	1	1	4	1	1	7
<b>Bomba de servicios motori bonera</b>	Gra-00-19	1	1	4	1	1	7
<b>Bomba caldera barmesa pumps 5.5 hp</b>	Gra-00-20	1	1	4	1	1	7
<b>Bomba de vacío weg w22</b>	Gra-00-21	1	1	4	1	1	7
<b>Bomba multietapas 7.5 hp</b>	Gra-00-22	1	1	4	1	1	7
<b>Banda transportadora monoblock 1</b>	Via-09-8	1	1	3	1	1	6
<b>Bomba de vacío rocket</b>	Oft-02	1	3	1	1	1	6
<b>Bomba master flex</b>	Oft-14-14	1	3	1	1	1	6
<b>Refrigerador de cepas 1 refrimarca</b>	Mic-01-07	1	3	1	1	1	6
<b>Refrigerador blood bank</b>	Mic-01-20	1	3	1	1	1	6
<b>Plancha de calentamiento corning pc-620 d</b>	Mic-01-09	1	2	1	1	2	6
<b>Vortex</b>	Mic-01-21	1	3	1	1	1	6
<b>Secamanos 1</b>	Ve-001-1	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 2</b>	Ve-001-2	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 3</b>	Ve-001-3	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 4</b>	Ve-003-1	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 5</b>	Ve-003-2	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 6</b>	Ve-003-3	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 1a</b>	Ve-008-1	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 2a</b>	Ve-008-2	1	1	3	1	1	6
<b>Secamanos 3a</b>	Ve-008-3	1	1	3	1	1	6
<b>Granulador no1</b>	S-014-1	1	1	2	1	1	5
<b>Congelador biomedical ranger</b>	Mic-01-19	1	2	1	1	1	5
<b>Bomba de vacío vp260</b>	Mic-02-1	1	2	1	1	1	5
<b>Bomba de vacío merck</b>	Mic-02-2	1	2	1	1	1	5
<b>Contador de partículas</b>	Mic-02-4	1	2	1	1	1	5
<b>Motor reductor portería</b>	Pte-00-29	1	1	1	1	2	5
<b>Compresor pequeño</b>	Pte-00-26	1	1	1	1	2	5
<b>Banda transportadora de 4 líneas</b>	Ss-01-4	1	1	2	1	1	5
<b>Blisteadora 1 multipack</b>	S-007-1	0	0	0	0	0	0
<b>Desempolvador horizontal 1</b>	S-029-5	0	0	0	0	0	0
<b>Desempolvador horizontal 2</b>	S-029-6	0	0	0	0	0	0
<b>Nevera</b>	Mic-02-3	0	0	0	0	0	0
<b>Tanque inox 1000 lt</b>	Gra-00-15	0	0	0	0	0	0

Nota: los datos de la fuente son del autor de esta investigación.

En la tabla se obtiene el listado de activos con su respectiva ponderación. Los valores arrojados son comparados con los valores de criticidad y con ello se identifican los equipos que tienen un alto valor de criticidad, los cuales pueden ser alto, medio o bajo. Se identifican doce activos de criticidad alta a los cuales se les debe generar planes especiales de mantenimiento modificando el plan de mantenimiento actual y las actividades a realizar, esto permitirá aumentar la confiabilidad de los activos.

**Tabla 4**

*Matriz de criticidad*

CRITICIDAD ALTA	60	≤	VALOR DE CRITICIDAD	≤	125
CRITICIDAD MEDIA	30	≤	VALOR DE CRITICIDAD	<	60
CRITICIDAD BAJA	5	≤	VALOR DE CRITICIDAD	<	30

FRECUENCIA	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	CONSECUENCIAS																					

Nota: la información fue obtenida del listado maestro de la compañía y el autor le asignó los valores respecto a su criticidad; Fuente: autor.

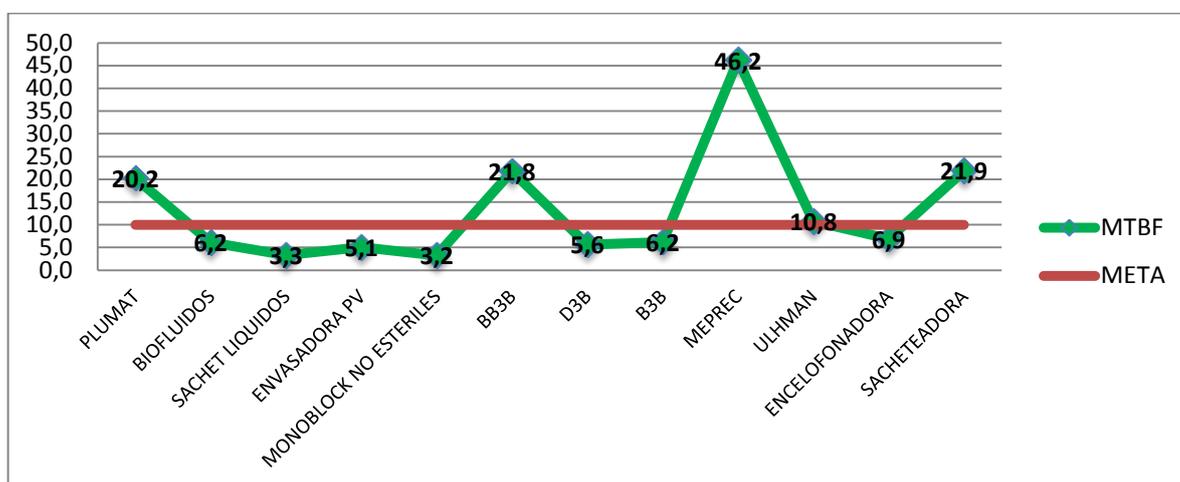
La matriz de criticidad permite determinar el impacto del activo en la organización y la severidad de una ocurrencia de falla, facilita la toma de decisiones para la administración de los activos de la compañía.

### 6.3.3 Indicador de tiempo medio entre fallas

La finalidad es analizar la información de la tabla 2 (Tiempos de producción y tiempos de parada) y calcular el tiempo medio entre fallas de los activos que presentan una mayor criticidad, los cuales fueron señalados en la tabla 3 (criticidad de activos). Fue establecido que el MTBF tenga una meta mayor o igual a 10 horas, se debe buscar los métodos para llegar al objetivo dado.

#### Ilustración 10

*MTBF para equipos alta criticidad.*



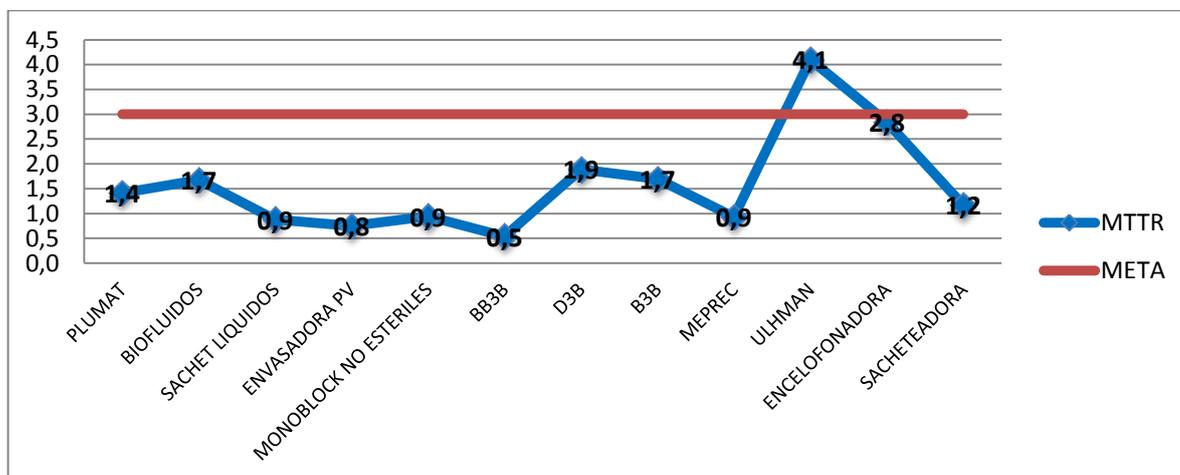
Nota. El cálculo del MTBF fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

### 6.3.4 Indicador tiempo medio de reparación.

La finalidad es analizar la información de la tabla 2 (Tiempos de producción y tiempos de parada) y calcular el tiempo medio de reparación de los activos que presentan una mayor criticidad, los cuales fueron señalados en la tabla 3 (criticidad de activos). Fue establecido que el MTTR tenga una meta menor o igual a 3 horas, para el caso práctico solo uno de los equipos presenta una desviación

## Ilustración 11

*MTTR para activos de alta criticidad.*



Nota. El cálculo del MTTR fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

### 6.3.5 Determinación de modos de fallo y consecuencia.

Al analizar las fallas de los activos comenzando con los más críticos de acuerdo al análisis de criticidad, es necesario registrar los fallos una vez se lleguen a presentar en cada uno de los activos.

**Tabla 5**

*AMEF envasadora biofluidos.*

Máquina	Modo de falla	Efecto de la falla (descripción de la falla)	Consecuencias de la falla (que pasa si sigue la falla)	Solución de la falla (que se hizo para reparar)
<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla en dosificado	Se presenta falla en el dosificado del producto ya que las boquillas no se encuentran alineados con respecto a la posición del frasco	* desperdicio de producto * daño en materiales de envase * variación de volúmenes de envase * retrasos en la producción.	Alineación de boquillas con frascos patrón de acuerdo a especificaciones.

<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla en dosificado	Se presenta goteo en una o varias boquillas de dosificado	* desperdicio de producto * variación de volúmenes de envase	Cambio de empaquetadura en la válvula antigoteo
<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla en dosificado	Se presenta variación de volumen al momento de dosificar el producto	* variación de volúmenes de envase. * retrasos de producción	Asegurar tornillos de sensores magnéticos de cilindro neumático principal.
<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla en intercambiador de posición	Una o varias boquillas no dosifican	* retrasos en la producción	Mantenimiento al intercambiador de posición
<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla cilindro principal	Las boquillas no dosifican producto	* equipo no disponible	Cambio de empaquetadura del cilindro neumático
<b>Envasadora biofluidos</b>	Falla válvulas distribución aire	Una o varias boquillas no dosifican	* retrasos en la producción	Mantenimiento o cambio de válvulas 5/2 neumática del equipo

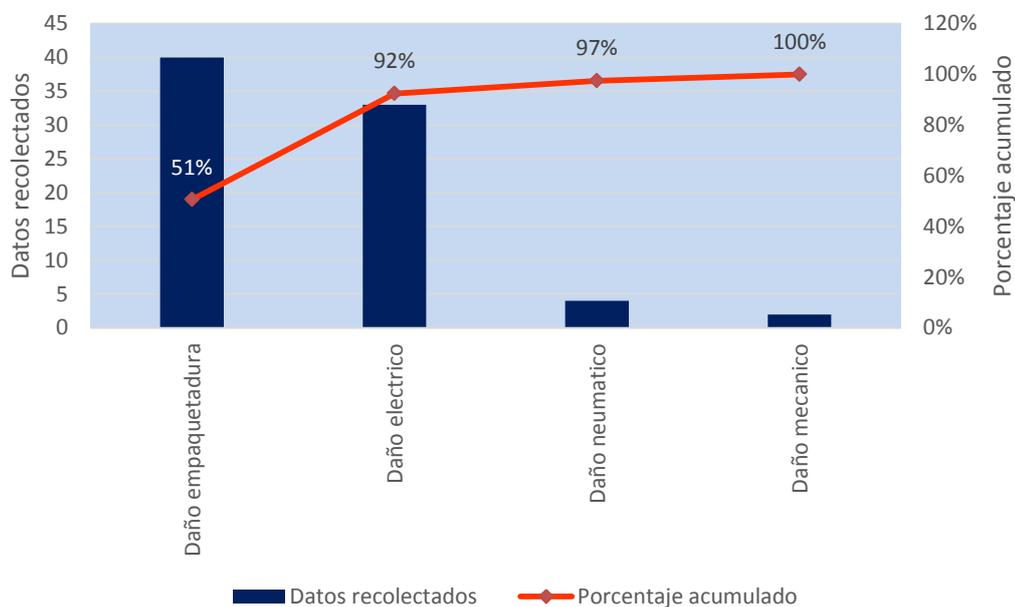
Nota: la tabla de AMEF fue realizada por el autor del proyecto de investigación

### 6.3.6 Análisis de fallas de activos.

El análisis de fallas permitirá determinar cuáles son problemas más relevantes de aquellos que no impactan significativamente en la normal operación de la máquina. Aquellas que tengan un mayor porcentaje son las que representan fallas más representativas y por ende debe generarse planes especiales de mantenimiento.

## Ilustración 12

Diagrama de Pareto envasadora biofluidos.



Nota: la ilustración fue realizada por el autor del proyecto de investigación.

### 6.3.7 Modificación rutas de mantenimiento.

Es necesario implementar o modificar actividades a las rutas de mantenimiento las cuales deben ser plasmadas en las hojas de ruta de cada equipo con fin de robustecer el programa que se tiene de mantenimiento preventivo. Para el desarrollo de esta oportunidad de mejora se debe tener en cuenta el análisis de fallas de los activos y el AMEF

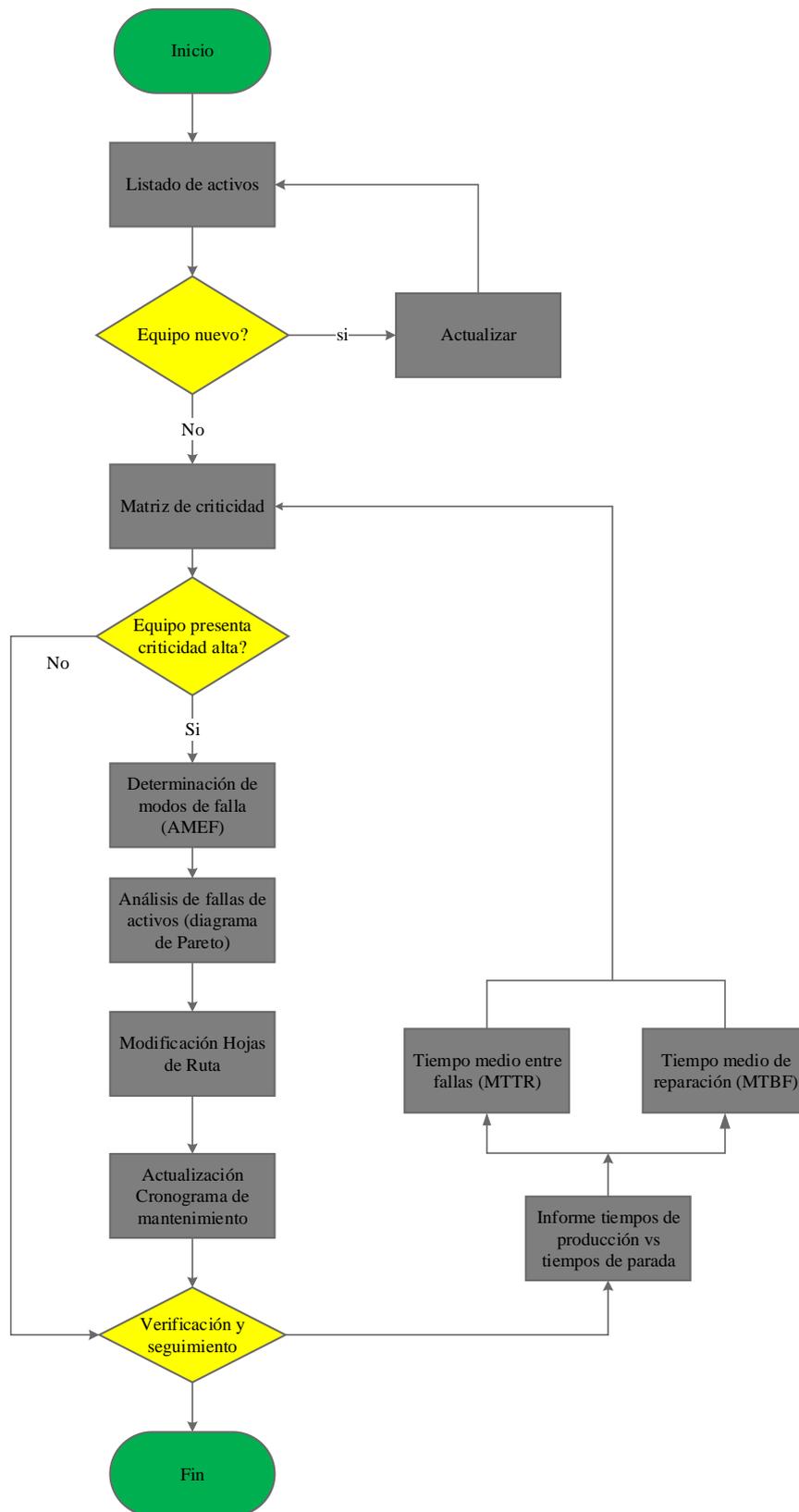
En la ruta de mantenimiento de la maquina biofluidos anterior (ver anexo B) se muestran algunas actividades a realizar durante el mantenimiento preventivo, sin embargo basado en el estudio realizado, se cumplió con el ajuste a la ruta de mantenimiento (ver anexo E) donde se indicaron tareas más específicas respecto a cambios de refacciones e incluso se detalla códigos de parte explicitas con su respectivas cantidades, lo cual garantizara un mayor tiempo de confiabilidad del equipo.

### **6.3.8 Diagrama de flujo propuesta de solución.**

Durante la recolección de información se identificó que es necesario priorizar actividades en equipos que tienen una alta criticidad para la organización fue necesario inicialmente identificar la totalidad de activos que existen en la compañía actualizando así el listado maestro, seguido generar la criticidad de los activos por medio de análisis de criticidad con ayuda de matrices, a estos equipos se propone realizarles planes especiales de mantenimiento, ya que las actividades propuesta en los mantenimiento preventivo consignadas en las rutas de mantenimiento (Ver anexo B), no son suficiente y esto se ve reflejado en el tiempo medio de reparación el cual se busca tenga una tendencia hacer mayor. En la ilustración 7 causas comunes de fallas, es notorio que la causa más notable por las cuales se generan fallas en las máquinas es dada por anomalías presentadas en sus elementos mecánicos. La propuesta es realizar la taxonomía del activo más crítico el cual será usado como ejemplo para luego replicar la estrategia en los demás activos, centrándose en los elementos mecánicos, posterior a ello analizar los modos de falla y las consecuencias que podrían llegar a darse. Por último se genera las lista de tareas las cuales serán incluidas en las rutas de trabajo de la máquina (Ver anexo B), adicionalmente será actualizado el cronograma de mantenimiento con base en análisis generado para establecer periodicidades idóneas. Se debe realizar la verificación y seguimiento del proceso basados en los informes de tiempos de producción vs tiempo de parada, los cuales servirán para realizar el cálculo de tiempo medio entre fallas y tiempo medio reparación y de esta manera poder establecer nuevos parámetros a la matriz de criticidad. A continuación se presenta el diagrama de flujo de la propuesta de solución que establece la nueva metodología que garantizara el funcionamiento óptimo de los activos cabe resaltar que cada paso presentado en el diagrama ha sido mencionado en numerales anteriores de esta investigación.

### Ilustración 13

Diagrama de flujo propuesta de solución.



Nota. El diagrama de flujo fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

## **7 Impactos esperados / generados.**

### **7.1 Impactos esperados.**

El tema económico es de gran importancia para la implementación del proyecto puesto que se pretende realizar una inversión y obtener un resultado favorable analizándolo desde un punto de vista financiero. Se busca reducir la espiral negativa en paradas que se presentan en cada uno de los activos por ende es necesario implementar una metodología de modos de falla de acuerdo a la criticidad del activo previamente descrita en el proyecto. Posterior a ello y de acuerdo al uso de la metodología de diagrama de Pareto que muestra las fallas más representativas de cada uno de los activos. La información obtenida debe ser registrada en rutas de trabajo y las hojas de vida de los equipos especialmente, describiendo las refacciones necesarias cuando se realice una actividad.

La información de los resultados del proyecto y sus metodologías deben ser divulgadas a todos los colaboradores del área de mantenimiento, a su vez establecer programas de capacitación, junto con herramientas como parte de una nueva política institucional, esto asegurará el éxito de la implementación del programa.

### **7.2 Impactos alcanzados.**

Se trazaron algunas actividades para el desarrollo del proyecto de investigación partiendo de una recolección de la información actual en donde se realizó la actualización del inventario de activos de la organización, paso siguiente se determinó que hay algunos activos que representan mayor impacto para los procesos normales de la organización por ende se decidió realizar una matriz de criticidad para determinar cuáles son los activos a los cuales se les debe realizar planes de mantenimiento especial, con ello se determina que la metodología para analizar los modos de falla es primordial, para registrar la información de las anomalías

que puedan llegar a presentarse. Por otra parte basado en la información se establece que debe realizarse un diagrama de Pareto que identifique las fallas más representativas y que puedan afectar el proceso productivo.

Esta información permite actualizar o modificar las actividades a realizar en el mantenimiento preventivo para cada uno de los activos, los cuales deben ser registrados en las rutas de mantenimiento y por otro lado modificar las frecuencias al cronograma de mantenimiento original.

### **7.3 Discusión**

La generación de políticas organizacionales para incluir las metodologías del proyecto presentadas como parte de una nueva cultura institucional. documentar todo ello en los procedimientos operativos de la empresa, para que haya una mejora continua del control de los activos.

La implementación de un software para la planificación de recursos no solo desde la perspectiva de mantenimiento sino una que integre las diferentes áreas de la empresa, que permita organizar de una manera más eficaz la información, debido a que los volúmenes de datos son elevados y por tal razón sería de gran importancia para la gestión.

## 8 Análisis financiero

Las decisiones de inversión, gastos en ingeniería y tareas de mantenimiento de equipos se basan en el análisis y evaluación económica del proyecto. Para cualquier organización la parada no programada repercute en sobrecostos, pero cuando es necesario realizar paradas a modo de mantenimiento preventivo, se deben abarcar aquellos puntos claves para reducir las eventualidades que puedan llegar a darse en producción, por tal razón es importante tener claridad sobre las actividades de mantenimiento.

### 8.1 Inversión.

La inversión total para la implementación del programa de mantenimiento planificado en la empresa Laboratorios Quibi se encuentra estipulada de la siguiente manera.

**Tabla 6** - Inversión

INVERSIONES	COSTO
<b>Ingeniería del proyecto (1 ing x 4 meses X \$5.000.000)</b>	\$ 20.000.000,00
<b>Ordenador PC</b>	\$ 2.500.000,00
<b>Archivador, accesorios, papelería</b>	\$ 400.000,00
<b>Capacitación personal</b>	\$ 600.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 23.500.000,00</b>

Nota. El cálculo de inversión fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

### 8.2 Costos directos.

Los costos se pueden clasificar en dos tipos costos directos y costos indirectos.

#### 8.2.1 Costos directos.

Los costos directos del departamento del mantenimiento se dividen en dos, mano de obra, repuestos, material y servicios tercerizados necesarios para efectuar el mantenimiento.

La mano de obra actual de mantenimiento consta de diez mecánicos encargados del mantenimiento en la empresa. Para el desarrollo del programa de mantenimiento planificado es necesario contar como con el aporte de un ingeniero especialista en gestión de mantenimiento.

**Tabla 7** - Costos de mano de obra sin la implementación del proyecto.

Especificaciones	Técnico	Ingeniero
<b>Salario mínimo</b>	\$ 1.600.000,00	\$ 4.500.000,00
<b>Auxilio de transporte</b>	\$ 106.454,00	\$ 0,00
<b>Pensión (12%)</b>	\$ 192.000,00	\$ 540.000,00
<b>Salud (8.5%)</b>	\$ 136.000,00	\$ 382.500,00
<b>ARL riesgo (6.96%)</b>	\$ 11.136,00	\$ 31.320,00
<b>Caja compensación (4%)</b>	\$ 64.000,00	\$ 180.000,00
<b>ICBF (3%)</b>	\$ 48.000,00	\$ 135.000,00
<b>SENA (2%)</b>	\$ 32.000,00	\$ 90.000,00
<b>Cesantías (8.33%)</b>	\$ 142.147,62	\$ 374.850,00
<b>Prima (8.33%)</b>	\$ 142.147,62	\$ 374.850,00
<b>Vacaciones (4.17%)</b>	\$ 66.720,00	\$ 187.650,00
<b>Intereses / cesantías (1%)</b>	\$ 16.000,00	\$ 45.000,00
<b>COSTO TOTAL MES</b>	\$ 2.556.605,24	\$ 6.841.170,00
<b>COSTO TOTAL MES (x 10 técnicos)</b>	\$ 25.566.052,4	N.A
<b>COSTO TOTAL AÑO</b>	<b>\$ 306.792.628,4</b>	<b>\$ 82.094.040,00</b>
<b>SUMATORIA PERSONAL</b>	<b>\$ 388.886.668,40</b>	

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

- Repuestos y materiales de mantenimiento. La sumatoria de los y materiales del mantenimiento utilizados en el periodo de enero de 2020 a diciembre de 2021 asciende a **\$124.800.400,00**

**Tabla 8**- Costos de mano de obra con la implementación del proyecto.

Especificaciones	Técnico	Ingeniero
<b>Salario mínimo</b>	\$ 1.600.000,00	\$ 4.500.000,00
<b>Auxilio de transporte</b>	\$ 106.454,00	\$ 0,00

<b>Pensión (12%)</b>	\$ 192.000,00	\$ 540.000,00
<b>Salud (8.5%)</b>	\$ 136.000,00	\$ 382.500,00
<b>ARL riesgo (6.96%)</b>	\$ 11.136,00	\$ 31.320,00
<b>Caja compensación (4%)</b>	\$ 64.000,00	\$ 180.000,00
<b>ICBF (3%)</b>	\$ 48.000,00	\$ 135.000,00
<b>SENA (2%)</b>	\$ 32.000,00	\$ 90.000,00
<b>Cesantías (8.33%)</b>	\$ 142.147,62	\$ 374.850,00
<b>Prima (8.33%)</b>	\$ 142.147,62	\$ 374.850,00
<b>Vacaciones (4.17%)</b>	\$ 66.720,00	\$ 187.650,00
<b>Intereses / cesantías (1%)</b>	\$ 16.000,00	\$ 45.000,00
<b>COSTO TOTAL MES</b>	\$ 2.556.605,24	\$ 6.841.170,00
<b>COSTO TOTAL MES (x 11 técnicos)</b>	\$ 28.122.657,60	N.A
<b>COSTO TOTAL AÑO</b>	<b>\$ 337.471.892</b>	<b>\$ 82.094.040,00</b>
<b>SUMATORIA PERSONAL</b>	<b>\$ 419.565.932</b>	

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación.

Como la tasa de inflación anual es de 1,61% y los periodos trabajados en el periodo de implementación del programa de mantenimiento son trimestrales se debe realizar la conversión de la tasa de interés anual a trimestral por medio de la siguiente formula.

$$i_m = \left( 1 + i_n \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$i_m$ = Tasa de interés deseada

$i_n$ = Tasa de interés actual

$n$ = número de periodos

$$0,4\% = \left( 1 + 1,6\% \right)^{1/4} - 1$$

$i$ = 1,61% anual compuesta trimestralmente, que es equivalente a tener  $i$ = 0,4% trimestral.

Para unificar todos los costos en la unidad de tiempo anual es necesario llevar el costo de este dinero en el tiempo por medio de la siguiente formula.

$$VF = VA (1+i)^n$$

Dónde:

VF: Valor futuro

VA: Valor presente

i: tasa de interés

n: número de periodos.

Costo de los repuestos proyectados, estimados a un año con la implementación del proyecto sería:

**Tabla 9-** Costo estimado de repuestos anual.

Periodos trimestrales	Costo trimestral
<b>1</b>	\$ 36.226.500,00
<b>2</b>	\$ 36.371.406,00
<b>3</b>	\$ 36.516.891,62
<b>4</b>	\$ 36.662.959,19
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 145.777.756,81</b>

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación con base en información dada por la organización.

### **8.2.2 Costos indirectos.**

Estos costos son los netamente relacionados con el costo de falla del equipo, para poder establecer estos valores es necesario utilizar el costo horario de falla. De acuerdo a información del área financiera el costo horario de falla es el siguiente.

**Tabla 10-** Costo horario de falla.

Activo	Costo horario de falla (CHF)
<b>Envasadora Biofluidos</b>	\$ 468.382,50
<b>Sacheteadora de líquidos Tekmaq</b>	\$ 426.343,75

Nota: información suministrada por el área financiera de la organización.

- **Costo horario de falla.** Es el costo generado por tener un equipo detenido por falla o avería en la unidad de tiempo equivalente a una hora.

Para el cálculo de costo horario de falla se tuvo en cuenta por separado los dos activos de la empresa existentes la envasadora biofluidos y la sacheteadora de líquidos Tekmaq.

Con la implementación del programa de mantenimiento se pretende realizar reducir el histórico de paradas en un 30 % menos de horas respecto a los tiempos de parada del primer trimestre (ver tabla 2 – tiempo de producción y tiempos de parada) quedando de la siguiente forma.

- **Costo de falla.** El costo de falla es el resultado de multiplicar el costo horario de falla por el número de horas que los equipos de producción se han parado. Para este caso particular con la implementación del proyecto estos serían los resultados.

**Tabla 11-** Costo de falla con la implementación del proyecto.

Activo	Costo horario de falla (CHF)	Horas de parada trimestral	COSTO DE FALLA
<b>Envasadora Biofluidos</b>	\$ 468.382,50	33	\$ 15.456.622,50
<b>Sacheteadora líquidos Tekmaq.</b>	\$ 426.343,75	62	\$ 26.433.312,50
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 41.889.935,00</b>

El costo de falla con la implementación del proyecto para los equipos de la empresa Laboratorio Quibi sería de **\$ 41.889.935,00** trimestralmente. El costo de falla proyectado a un año será el siguiente.

$P = \$ 41.889.935,00$

$i = 0,4\%$  trimestral.

El costo de falla proyectado a un año daría la siguiente estimación.

**Tabla 12-** Proyección de costos de fallo con la implementación del proyecto.

<b>Periodos trimestrales</b>	<b>Costo trimestral</b>
<b>1</b>	\$ 41.889.935,00
<b>2</b>	\$ 42.225.724,72
<b>3</b>	\$ 42.394.627,62
<b>4</b>	\$ 42.564.206,13
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 169.074.493,47</b>

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación con base en información dada por la organización.

De acuerdo a históricos presentados por la empresa determino un tiempo de parada de los equipos en producción, los cuales fueron los siguientes sin la implementación del proyecto durante el periodo de enero de 2021 a marzo de 2021 (ver tabla 2 – tiempo de producción y tiempos de parada)

**Tabla 13-** Costo de falla sin la implementación del proyecto.

Activo	Costo horario de falla (CHF)	Horas de parada trimestral	COSTO DE FALLA
<b>Envasadora Biofluidos</b>	\$ 468.382,50	47	\$ 22.013.977,50
<b>Sacheteadora líquidos Tekmaq.</b>	\$ 426.343,75	89	\$ 37.944.593,75
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 59.958.571,25</b>

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación con base en información dada por la organización.

El costo de falla sin la implementación del proyecto para los equipos de la empresa Quibi. Es de **\$ 59.958.571,25** trimestralmente. Para los tres trimestres inmediatamente anteriores, se realiza el cálculo del costo de falla, teniendo en cuenta el costo de valor actual con su tasa interés y asumiendo que el número de paradas en los trimestres anteriores es el mismo.

Dónde:

VA= valor presente.

VF= valor futuro.

i= tasa de interés.

n= número de periodos.

$$VA = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

**Tabla 14** Proyección de costos sin la implementación del proyecto

Periodos trimestrales	Costo trimestral
<b>1</b>	\$ 59.244.786,27
<b>2</b>	\$ 59.481.765,42
<b>3</b>	\$ 59.719.692,48
<b>4 (valor actual)</b>	\$ 59.958.571,25
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 238.404.815,42</b>

### 8.3 Evaluación del proyecto.

Para analizar la viabilidad del proyecto se tendrán presentes dos criterios de evaluación el valor presente neto y tasa interna de retorno. Los resultados obtenidos se compararán con la tasa costo de oportunidad de la empresa que es de 5% efectivo anual.

### 8.4 Valor presente neto.

Es un indicador de rentabilidad de un proyecto, se define como el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos de caja a la inversión inicial si el  $VPN \geq 0$  la tasa de retorno solicitada es lograda o excedida y la alternativa es financieramente viable, si el  $VPN < 0$  el proyecto no es rentable.

Dónde:

in= inversión

En= Egresos

i= tasa de interés

$$VPN = \sum_{n=0}^n \frac{In - En}{(1 + i)^n}$$

**Tabla 15-** Costos del proyecto con la implementación del proyecto.

COSTO DE MANTENIMIENTO	CLASIFICACION COSTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
SIN PROYECTO	DIRECTO	\$ 513.687.068	\$ 521.957.430	\$ 530.360.945	\$ 538.899.756	\$ 547.576.042
	INDIRECTO	\$ 238.404.815	\$ 242.243.133	\$ 246.143.247	\$ 250.106.154	\$ 254.132.863
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 752.091.884</b>	<b>\$ 764.200.563</b>	<b>\$ 776.504.192</b>	<b>\$ 789.005.910</b>	<b>\$ 801.708.905</b>
CON PROYECTO	DIRECTO	\$ 565.343.689	\$ 574.445.722	\$ 583.694.298	\$ 593.091.777	\$ 602.640.554
	INDIRECTO	\$ 169.074.493	\$ 171.796.593	\$ 174.562.518	\$ 177.372.974	\$ 180.228.679
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 734.418.182</b>	<b>\$ 746.242.315</b>	<b>\$ 758.256.816</b>	<b>\$ 770.464.751</b>	<b>\$ 782.869.234</b>
<b>DIFERENCIA</b>		<b>\$ 17.673.702</b>	<b>\$ 17.958.248</b>	<b>\$ 18.247.376</b>	<b>\$ 18.541.159</b>	<b>\$ 18.839.671</b>

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación con base en información dada por la organización.

**Tabla 16-** Flujo de caja del proyecto

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>FLUJO NETO</b>
<b>0</b>		\$ -23.500.000,00	\$ -23.500.000,00
<b>1</b>	\$ 17.673.701,54	\$ -	\$ 17.673.701,54
<b>2</b>	\$ 17.958.248,13	\$ -	\$ 17.958.248,13
<b>3</b>	\$ 18.247.375,93	\$ -	\$ 18.247.375,93
<b>4</b>	\$ 18.541.158,68	\$ -	\$ 18.541.158,68
<b>5</b>	\$ 18.839.671,34	\$ -	\$ 18.839.671,34
<b>TASA</b>	5%		
<b>VPN</b>	\$ 55.398.759,14		

Nota. El cálculo fue realizado por el autor del proyecto de investigación con base en información dada por la organización.

Con los datos anteriores se concluye que el proyecto es viable y atractivo para la compañía desde punto de vista financiero ya que se obtuvo un VPN positivo con utilidad económica \$ 55.398.759,14

## **9 Conclusiones y recomendaciones.**

### **9.1 Conclusiones.**

La realización de la evaluación de criticidad en equipos permite determinar la importancia y lo relevante que son algunas máquinas para el proceso productivo de la organización, de acuerdo a la prioridad, es importante realizar planes ajustados de mantenimiento para aumentar la confiabilidad de los mismos.

La importancia de generar un plan de mantenimiento planificado contribuirá a la operación normal de los equipos, a garantizar la calidad e inocuidad de los productos que se realizan en la organización, mejorando así la imagen que se tiene de la empresa ante los clientes interno y externos.

La generación de una nueva propuesta de mantenimiento para la organización optimiza los tiempos de producción, reduciendo notablemente el tiempo de paradas impactando notablemente desde una perspectiva financiera, reduciendo costos de no operación en los equipos.

El proyecto contribuyó a la realización de una propuesta de mantenimiento planificado integrando aspectos de mantenimiento preventivo por medio de metodologías que incluyeron la actualización de listado completo de inventarios, análisis de criticidad de cada uno de los activos y el AMEF de uno de los activos.

## **9.2 Recomendaciones.**

Realizar las actividades propuestas en este proyecto como el AMEF comenzado por equipos de alta criticidad y generar planes especiales de mantenimiento los cuales deben ser plasmados en las hojas de ruta, acompañados de capacitación a todo el equipo de trabajo que esté involucrado en la ejecución del proyecto.

La implementación de un software de mantenimiento, debido a que con esta propuesta los volúmenes de información serán aún mayores, puesto que abran datos y tareas adicionales, las cuales serían más fáciles de gestionar.

Es relevante generar un plan de capacitación para el personal técnico y operativo acorde a la política de mantenimiento definida y a la aplicación de actividades en los diferentes niveles de mantenimiento.

## 10 Bibliografía.

- Metodología de la investigación.* (2010). Celaya, Mexico: McGraw hill interamericana.
- Anticona, R., & Quiroz, E. Implementación de la metodología de mantenimiento progresivo para mejorar la productividad en la planta de producción de pañales procter & gamble. (*Tesis de licenciatura*). Universidad privada del norte de lima Perú, Lima, Peru.
- Bonilla, L., & Ortiz, C. Propuesta de operacion y control del mantenimiento preventivo teniendo en cuenta. *Tesis especializacion*. Universidad ECCI, Bogotá.
- Castillo, C., & Vaca, J. Análisis de la gestión de mantenimiento en una empresa del sector metalmecánico. (*Tesis de especiaización*). Universidad ECCI, Bogotá.
- Cervantes, G. Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo s. a. de c. v. (*Tesis pregrado*). Universidad tecnologica Tula - Tepeji, Tula, Mexico.
- Gonzales, J. Propuesta de mantenimiento planificado para la línea de producción de la empresa Latercer. (*tesis de pregrado*). Universidad católica santo toribio, Chiclayo, Peru.
- Guevara, R., & Orozco, M. Análisis del ciclo de vida de la planta térmica didáctica de la universidad ecci en las etapas de operación y mantenimiento. (*Tesis de especialización*). Universidad ECCI, Bogotá.
- Guzman Jorge, Rojas, A., & Pinto, S. desarrollo consultoria para medir la gestion de mantenimiento en innovapor s.a.s. (*tesis de especializacion*). Universidad ECCI, Bogotá.
- Johnny , M., & Bernardo, O. Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la planta de producción de agua potable de Guayaquil identificando la criticidad de los equipos del

proceso productivo y enfocado en la técnica TPM. (*Tesis pregrado*). Universidad de guayaquil, Guayaquil, Quito.

Navarro, J. (2004). *Tecnicas de mantenimiento industrial*. Cadíz, España: VV.AA.

Nova, F., & Lopez, A. Propuesta de optimización, para el plan de mantenimiento preventivo de los equipos del cuerpo de ingenieros del ejército nacional, bajo los parámetros, del pilar de mantenimiento y mejora de la gestión de activos. (*Tesis especialización*). Universidad ECCI, Bogotá.

Ochoa, A., & Garavito, J. Propuesta de aplicacion de cosnultoria para la medicion de la gestion de mantenimiento empresa Coca-Cola femsa. (*tesis de especialización*). Universidad ECCI, Bogotá.

Pedraza, S., & Páez, C. Propuesta de Mejoramiento del Plan De Mantenimiento en Equipo Transmisor BE FM10S. (*Tesis de especialización*). Universidad ECCI, Bogotá.

Ponce, A. Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Piura, Piura, Peru.

Shupingahua, W., & Moya, A. Propuesta de mejora de un sistema de gestión de mantenimiento basado en la aplicación del TPM, para la línea de producción flexográfica de la empresa Amcor. (*tesis de pregrado*). Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, Peru.

Soto, V. Diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa frasal. (*Tesis pregrado*). Universidad austral de chile, Puerto montt, Chile.

Valle, C., Espitia, D., & Daza, L. Propuesta de mejora en plan de mantenimiento de la máquina granalladora bajo esfuerzo en la empresa IMAL S.A. (*Tesis de especialización*). Universidad ECCI, Bogotá.