

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS EN LA EMPRESA MANUFACTURAS TITANIO SAC EN EL AÑO 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Anthony Manuel Baquerizo Contreras

Erick Angel Caro Gonzales

Asesor:

Mg. Ing. Julio Douglas Vergara Trujillo

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de suficiencia profesional a nuestros padres por el gran esfuerzo que han realizado, a nuestros profesores que a lo largo de nuestra carrera nos enseñaron y apoyaron en nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional, a nuestros amigos, a nuestros profesores, a nuestro asesor, ya que nos apoyó e inspiró a superarnos, haciendo esto posible, y a Dios, ya que nos permitió que todo marchara bien en nuestras vidas.

Tabla de Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Descripción de la empresa.....	10
1.2. Realidad problemática	10
1.3. Misión.....	12
1.4. Visión	12
1.5. Valores	12
1.6. Formulación del problema	14
1.7. Preguntas.....	15
1.7.1. <i>Pregunta general</i>	15
1.7.2. <i>Preguntas específicas</i>	15
1.8. Objetivos	15
1.8.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.8.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	20
2.2.1. <i>Técnicas de Recolección de datos</i>	20
2.2.2. <i>Mantenimiento Preventivo</i>	22
2.2.3. <i>Mantenimiento Correctivo</i>	24
2.2.4. <i>Disponibilidad</i>	25
2.2.5. <i>Diagrama de Pareto</i>	25
2.2.6. <i>Diagrama de Ishikawa</i>	26
2.2.7. <i>Diagrama de Operaciones del proceso</i>	27
2.2.8. <i>Diagrama Analítico del proceso</i>	27
2.2.9. <i>Diagrama de Gantt</i>	28
2.2.10. <i>Seguimiento y Control</i>	28
2.2.11. <i>Torno</i>	29
2.2.12. <i>Lijadora</i>	29
2.2.13. <i>Remachadora</i>	29

2.2.14.	<i>Cortador de Asas</i>	30
2.2.15.	<i>Esmeril</i>	30
2.2.16.	<i>Taladro de Pedestal</i>	30
2.2.17.	<i>Software Power BI</i>	31
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA		32
3.1	Diagnóstico de la situación previo a la implementación.....	33
3.2	Diagrama de Causa – Efecto.....	34
3.3	Funciones realizadas	37
3.4	Desarrollo del proyecto	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		62
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		68
9.2	Conclusiones.....	68
9.3	Lecciones Aprendidas.....	69
9.4	Recomendaciones	70
9.5	Competencias	71
REFERENCIAS		73
ANEXOS		75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disponibilidad de máquinas	33
Tabla 2. Ponderación de Causas del Diagrama de Ishikawa	36
Tabla 3. Listado de Equipos	39
Tabla 4. Análisis de Criticidad.....	40
Tabla 5. Frecuencias de mantenimiento.....	42
Tabla 6. Listado de Actividades	43
Tabla 7. Recursos para Máquina Torno	44
Tabla 8. Recursos para Máquina Lijadora	45
Tabla 9. Recursos para Máquina Remachadora	46
Tabla 10. Recursos para Máquina Cortadora.....	47
Tabla 11. Recursos para Máquina Esmeril.....	48
Tabla 12. Recursos para Máquina Taladro.....	49
Tabla 13. Listado de Materiales / Repuestos.....	50
Tabla 14. Costos Torno, Lijadora, Remachadora	54
Tabla 15. Costos Cortadora, Esmeril, Taladro.....	55
Tabla 16. Ponderación de Criticidad	62
Tabla 17. Disponibilidad posterior de máquina	63
Tabla 18. Escala de Aprendizaje	64
Tabla 19. Curva de Aprendizaje	64
Tabla 20. Comparación de situaciones.....	65
Tabla 21. Presupuesto Anual por Actividad.....	66
Tabla 22. Presupuesto Anual por Equipo	66
Tabla 23. Cantidad de Actividades Preventivas	67
Tabla 24. Cantidad de Actividades por Equipo.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama	13
Figura 2. Tipos de Mantenimiento	22
Figura 3. Disponibilidad Total	25
Figura 4. Diagrama de Ishikawa	27
Figura 5. Diagrama de Gantt	28
Figura 6. Elementos de Power BI	31
Figura 7. Diagrama de Ishikawa del proceso productivo	35
Figura 8. Flujo de trabajo	38
Figura 9. Diagrama de Criticidad de equipos	41
Figura 10. Cartilla de Mantenimiento	56
Figura 11. Panel de seguimiento de mantenimientos	59
Figura 12. Panel de Seguimiento de Costos	60
Figura 13. Panel de seguimiento de HH	61
Figura 14. Diagrama de Ponderación de Criticidad	62
Figura 15. Histograma de Disponibilidad	65

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe busca establecer un impacto en la implementación del plan de mantenimiento para el aumento de la disponibilidad de las máquinas en la empresa MANUFACTURAS TITANIO SAC, de la ciudad de Lima 2021.

Para determinar los resultados alcanzados a lo largo de la investigación del informe se ejecutó un diagnóstico global de la situación actual de la empresa MANUFACTURAS TITANIO SAC, a través de las observaciones participativas de los hallazgos encontrados. Posteriormente se ejecutó un Diagrama de causa – efecto y de esa manera se detectó la causa raíz de los problemas, luego se ejecutó un Pareto para detectar los problemas más resaltantes y llevar a cabo su análisis a través de indicadores que nos permitirán encontrar el resultado que se tiene para la empresa.

Más adelante se aplicarán herramientas de ingeniería direccionado a un plan de mantenimiento que aportara a tener un óptimo funcionamiento del área de productiva, asimismo como herramientas primordiales se utilizó el Diagrama de Ishikawa, flujograma y Diagrama de Pareto.

Finalmente se determinó en las conclusiones que la implementación del plan de mantenimiento para el aumento de la disponibilidad de las máquinas en la empresa MANUFACTURAS TITANIO SAC, aumento la disponibilidad y mejoro el seguimiento y control, disminuyendo así las paradas por fallos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El obtener un mantenimiento planificado nos permitió tener un aumento de la disponibilidad de las máquinas que mejoró la fluidez de producción, ya que era muy importante para la empresa mantener un ritmo de producción constante que les permitiera seguir posicionándose en el mercado peruano. De esta manera el trabajo de suficiencia profesional está basado a la necesidad de la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C para asegurar la disponibilidad de sus máquinas y un proceso de mantenimiento controlado, que les permitiera reforzar la fidelidad, compromiso y calidad para sus clientes.

En el presente trabajo se aplicó un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C con el propósito de reducir las paradas de máquina por averías. Esto les permitió tener un mejor ritmo de producción que redujera las paradas no programadas en el proceso productivo. Utilizamos herramientas de ingeniería enfocadas al mantenimiento con el objetivo de obtener un plan de seguimiento y control que aumentara la disponibilidad de las máquinas.

El propósito de esta investigación nos permitió mejorar la disponibilidad de las máquinas mediante la implementación de un plan de mantenimiento.

1.1. Descripción de la empresa

La empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C está conformado por socios, los cuales fundaron la empresa el primero de mayo del 2010, esta decisión fue llevado por uno de los socios que ya estaba en el rubro de manufacturas y decidió emprender junto a sus socios la fabricación y distribución de productos de aluminio, ya que la demanda del mercado era buena. La empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C es liderada por un gerente con más de 15 años de experiencia en la fabricación y distribución de diferentes productos de aluminio. Está ubicado en Mza. C Lote. 1ª A.H. Rosales de Carabayllo, Lima; su producción es elaborada de aluminio y la distribución es al por mayor.

Los productos de la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C. son fabricados con alta calidad, responsabilidad y comprometido con nuestros clientes.

1.2. Realidad problemática

Los productos de aluminio en el mercado y su consumo se están incrementado, por los resultados que están obteniendo, por lo tanto, el consumo ha aumentado 2 veces en los últimos 3 años, ya que esta es la razón de la investigación que permitirá dar solución en la deficiencia de competitividad y desarrollo de la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C, mediante la implementación de las herramientas específicas en un plan de mantenimiento que nos permitirá mejorar la disponibilidad de máquinas. El objetivo se enfoca en preparar a la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C para poder satisfacer el aumento de la demanda de sus productos.

Tendremos en consideración la implementación de un plan de mantenimiento que aumentará la disponibilidad de las máquinas en la empresa MANUFACTURAS

TITANIO S.A.C. nuestro objetivo es aumentar y asegurar la disponibilidad de cada una de las máquinas que ofrece y que ayudaría a MANUFACTURAS TITANIO S.A.C. a distinguirse de sus importantes competidores.

Los resultados obtenidos por el presente trabajo servirán de ayuda a las empresas del mismo rubro para su deficiencia de competitividad y desarrollo. Con dicha implementación de un plan de mantenimiento de la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C. conseguirá estándares de calidad de competitividad y un buen desarrollo del proceso productivo, luego podrá mejorar otras partes de la organización, también puede incrementar su desarrollo y obtener su certificación ISO 9001 de gestión de calidad.

Los resultados obtenidos en el presente informe nos permitirán como ayuda de consulta para siguientes estudios enfocados a implementar un plan de mantenimiento para una empresa productora, enfocándose en la planificación de mantenimientos preventivos para aumentar la disponibilidad de máquinas.

Se puede confirmar que, con la implementación del presente trabajo, hemos logrado obtener nuevos conocimientos, de esa manera el poder aplicar lo aprendido en el transcurso de la profesión de ingeniería industrial sobre herramientas de mejora continua, procedimientos, procesos y las bases teóricas vinculados a los temas de mantenimientos, nos permitió a identificar de forma eficiente la realidad de la empresa para implementar las herramientas necesarias.

1.3. Misión

Somos una empresa de fabricación y distribución de diferentes productos de aluminio, en la cual le ofrecemos a nuestros clientes productos de alta calidad, ya que contamos con un equipo responsable y comprometido.

1.4. Visión

Nuestra visión es poder ser una empresa muy reconocida a nivel nacional, sobre todo por nuestra calidad de producto que brindamos.

1.5. Valores

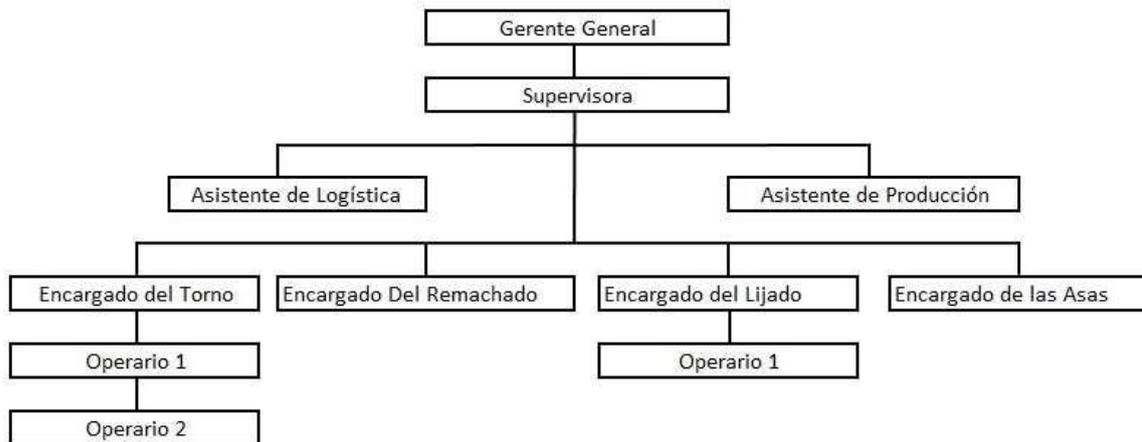
Trabajo en equipo

Responsabilidad

Compromiso

Honestidad e integridad

Figura 1. Organigrama.



Fuente: Manufacturas TITANIO S.A.C

Productos

Ollas de aluminio: Estos productos tienen modelos de varios tamaños para cumplir con el menaje deseado en ollas comerciales e industriales, tenemos juegos de ollas con medidas de: 28; 30; 34; 36; 40; 46; 50; 55; 60 y 70. Estas ollas tienen variedad de tamaño acorde con la necesidad de los consumidores.

Sartenes de aluminio: Estos productos tienen dos juegos de modelos de varios tamaños para cumplir con el menaje de los hogares, tenemos variedad de medidas de: (20; 22; 24; 26) y (28; 30; 32; 36 y 40). Estas sartenes tienen distintos tamaños acordes con la necesidad de los consumidores.

Molde para kekes: Estos productos tienen modelos de varios tamaños para cumplir con el menaje deseado, tenemos variedad de medidas de: 22; 24; 26;

28 y 30. Estos moldes de kekes tienen variedad de tamaño acorde con la necesidad de los consumidores.

Olla arrocera Filo Recto: Estos productos tienen dos juegos de modelos de varios tamaños para cumplir con el menaje de los hogares, tenemos variedad de medidas de: (20; 22; 24; 26) y (28; 30; 32). Estas ollas arroceras de filo recto tienen distintos tamaños acordes con la necesidad de los consumidores.

Clientes:

Los principales clientes son:

Edmundo Buendía Morales. Huancayo.

Julio César Mendoza Gonzáles. Puno

Melchor Gaspar Faustino. Huancayo.

Miguel Saavedra Fernández. Cajamarca.

Competidores

Los principales competidores son:

Distribuciones Cuba

América

Universal

1.6. Formulación del problema

¿En cuánto la implementación de un plan de mantenimiento aumentará la disponibilidad de las máquinas en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C?

1.7. Preguntas

1.7.1. Pregunta general

¿En cuánto la implementación de un plan de mantenimiento aumentara la disponibilidad de las máquinas en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C?

1.7.2. Preguntas específicas

¿En cuánto el análisis de fallos determinara la criticidad de las máquinas?

¿En cuánto la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo incrementara la disponibilidad de las máquinas en la empresa?

¿En cuánto la propuesta de un modelo de recolección y análisis de datos mejorara el seguimiento y control del mantenimiento?

¿En cuánto la comparación de los grupos de estudio podrá evidenciar la variación de la disponibilidad de las máquinas?

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo general

Implementar un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C

1.8.2. Objetivos específicos

Analizar los fallos para la determinación de la criticidad de las máquinas.

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las máquinas en la empresa.

Proponer un modelo de recolección y análisis de datos para mejorar el seguimiento y control del mantenimiento.

Comparar los grupos de estudio a fin de evidenciar la variación de la disponibilidad de las máquinas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La investigación elaborada por Posligua Eduardo (2020) que tiene como título: Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para una planta purificadora de agua en la comuna el caimito y tuvo como objetivo el diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para una planta de purificación de agua de pozo, ubicada en la comuna El Caimito de la parroquia El progreso, con la finalidad de prevenir futuras averías y eliminando costos de reparación, para lograrlo se tuvo que recopilar información mediante formatos realizado por el autor, de tal manera fueron medidos y comparados para el uso ideal de las herramientas para su mejora.

Los resultados que llegaron a obtener fueron que se deberá realizar cada seis meses los cambios de los elementos granulares como la chispa y piedra bola. de la misma manera con los tanques y tuberías. Lo que es en estructura metálica se realizara su revisión anual.

La investigación concluyo en elaborar un manual sobre mantenimiento de la bomba periférica de agua. Así mismo se realizó un análisis planteando las posibles fallas que podrían suceder en todo el sistema de purificación.

Finalmente se recomendó modificar conexiones en los tanques y tuberías. Instalar conexiones desde el tercer tanque hasta llegar al primer tanque para que pueda caer con fluidez.

La investigación elaborada por Estrada Ávila (2018) que tiene como título: Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en el proceso de embotellado línea N°1 de la cervecería nacional, para lograrlo se tuvo que extraer información mediante formatos realizado por el autor, de tal manera fueron medidos y comparados para el uso idóneo de las herramientas para su mejora.

Los resultados que llegaron a obtener fueron de \$ 29.971,38 es el cálculo de recuperación que se está dando por la inversión que se obtuvo, el tiempo establecido es de 3 años para recuperar la inversión.

La investigación concluyo en determinar que los inconvenientes que se estuvo dando fueron por falta de mantenimiento, realizando horas muertas del personal y costos elevados operativos. Se presentó a la gerencia las inversiones adecuadas para reducir los paros en producción.

Finalmente se recomendó dar capacitaciones al personal cada 3 meses en temas de mantenimiento preventivo e implementar las tareas del plan de mantenimiento. La hoja de vida se tendrá que tener actualizado para llevar un orden de los equipos para su mantenimiento.

La investigación elaborada por Pardo W. (2017) que tiene como título: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de la constructora Chamonte SAC, tuvo como objetivo reducir los costos de mantenimiento mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo el cual se basaría en la confiabilidad para el tren de asfalto que pertenecía a la empresa Constructora Chamonte SAC. Para lograr el objetivo, la investigación recopiló la información técnica, realizó un estudio de las condiciones actuales y el análisis de las fallas funcionales.

Los resultados obtenidos demostraron que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, generaría un impacto positivo al ahorrar un promedio de S/. 10,762.98 anuales en sus actividades de mantenimiento, considerando que sus máquinas trabajarían a un ritmo de 8 horas por día, con lo cual se reduciría en un 30% sus costos de mantenimiento.

La investigación concluyó que la implementación del plan de mantenimiento se recuperaría de manera cuantitativa en un periodo de 3 años, pese a ello, las mejoras se verían desde el inicio, logrando reducir un aproximado de 30% del sistema actual de la empresa.

Finalmente, se recomendó no limitar el análisis a los equipos críticos, el cual podría ser aplicado a los demás equipos de la constructora, asimismo, el implementar auditorías continuas permitiría la verificación del cumplimiento de la planificación implementada.

La investigación elaborada por Milla José (2020) que tiene como título: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de máquinas de la municipalidad de Huaraz, 2019. Para lograr se tuvo que extraer información mediante formatos realizado por el autor, de tal manera fueron medidos y comparados para el uso ideal de las herramientas para su mejora.

Los resultados que llegaron a obtener por medio del diagnóstico de criticidad fueron que 3 máquinas tienen sobre carga de trabajo. Su plan de mantenimiento que baso según las especificaciones técnicas que tiene el fabricante.

La investigación concluyo que la implementación del plan de mantenimiento ayudo en incrementar la confiabilidad de las máquinas, logrando un 95% de confiabilidad. Haciendo referencia que se ejecutó 100 actividades de mantenimiento.

Finalmente se recomendó a la municipalidad provincial de Huaraz a seguir con el plan de mantenimiento preventivo de las máquinas. Se programó las capacitaciones que sea 2 veces al año para que estén a la vanguardia en temas técnicos sobre mantenimiento.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Técnicas de Recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos nos permiten obtener información sistemática acerca de los temas de estudios y de su contexto. Ya mencionado, la recolección de datos tiene que ser sistemática, de esa manera, si los datos se recogen al azar será complicado responder las interrogativas de la investigación de una manera decisiva.

Las técnicas más frecuentes de recolección de datos son:

1. Observación
2. Entrevista (cara a cara)
3. Encuestas
4. Experimentación
5. Focus Groups
6. Lluvia de ideas
7. Otras

OBSERVACIÓN:

La observación es una técnica que involucra seleccionar verificar y registrar sistemáticamente, el comportamiento y características de seres vivos, objetos o fenómenos, la observación del comportamiento humano es una técnica de recolección de datos muy utilizados que puede llevarse a realizar de diferentes formas:

- a. Observación participativa: El espectador participa en la situación observada.
- b. Observación no participativa: El espectador no participa en la situación observada.

Las observaciones pueden ser útil para distintos propósitos. Pueden dar información adicional y confiable del comportamiento de las unidades de estudio.

ENTREVISTA:

La entrevista es una técnica de recolección de datos que implican el cuestionamiento oral de los entrevistados ya sea independientemente o grupal. Las respuestas a las interrogativas durante la entrevista logran registrarse por escrito o grabadas en un video o audio. La entrevista logra conducirse con distintos grados de accesibilidad.

Las entrevistas emplean un documento para asegurar que se discrepan todos los puntos, dando suficiente tiempo y dando a seguir distinta orden. El entrevistador logra hacer interrogantes adicionales para adquirir información como sea factible. Las preguntas son abiertas y no hay limitaciones para las respuestas.

ENCUESTA:

La palabra encuesta se usa con más frecuencia para explicar un método de adquirir información de una muestra de tipos, una encuesta reunir información de una muestra. Las encuestas suelen ser utilizadas para estudiar poblaciones, por ejemplo, los inanimados, terrenos, personas, viviendas y animales. Las encuestas suelen ser seleccionadas por su estrategia y recolección de datos: las encuestas por teléfonos, entrevistas y correos en persona son lo más común. En los nuevos métodos de recolectar datos, la información se entra directo a la computadora ya sea por un entrevistador preparado o la misma persona entrevistada.

Otras técnicas de recolección de datos:

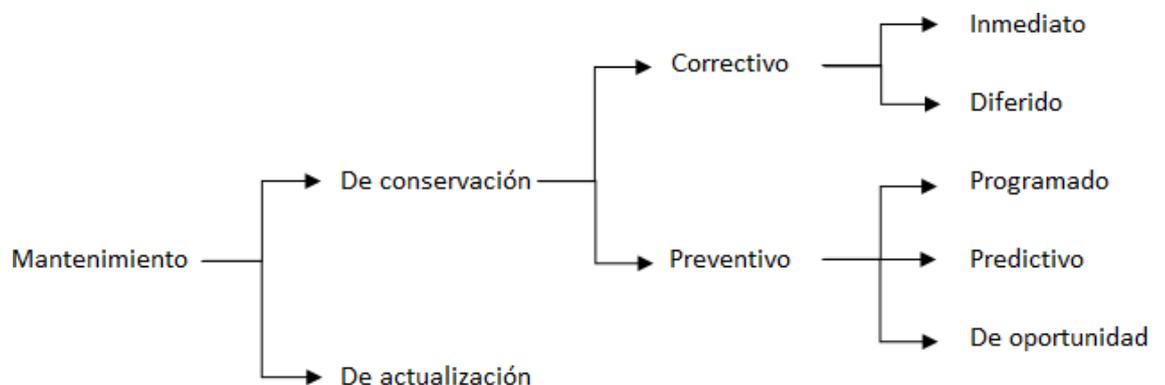
- a. Técnica Delphi
- b. Historias de vida
- c. Ensayos

- d. Estudios de casos
- e. Mapeo
- f. Técnicas rápidas de evaluación de sondeo
- g. Encuestas participativas

2.2.2. Mantenimiento Preventivo

Se puede definir como una secuencia de actividades realizadas por el equipo de mantenimiento con el objetivo de mantener una buena operación de las maquinas e instalaciones. De esa manera, se puede explicar que su importante objetivo es el descubrir y solucionar anomalías en las instalaciones por anticipado de que estas causen daños importantes.

Figura 2. Tipos de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

Las principales ventajas de este tipo de mantenimiento serian:

- a. Conocimiento sobre las instalaciones y sus funciones.
- b. Condiciones seguras sobre las labores que se realizan
- c. Incremento de vida útil de las respectivas instalaciones

- d. Aumenta el rendimiento de las máquinas y trabajadores por la reducción de tiempos muertos.
- e. Reducen Costos de reparación por averías

Los principales inconvenientes serian:

- a. Los componentes son sustituidos antes de su vida útil completa.
- b. Al no realizar un buen plan de operaciones y con una continuidad ideal, puede haber un rendimiento no óptimo en las máquinas.

El campo de aplicación para este tipo de mantenimiento seria:

- a. Equipos electromecánicos y mecánicos que son deteriorado por el uso diario.
- b. Componentes que está en constante fallo con la vida útil del componente y por ende se conocerá cuando entre en fallo.

Para que el mantenimiento preventivo sea efectivo deberá seguir los siguientes pasos:

- a. Conocer los objetivos del funcionamiento del trabajo.
- b. Saber el programa de dicho mantenimiento preventivo.
- c. Seleccionar y verificar los equipos para su respectivo mantenimiento.
- d. Extraer información de los equipos susceptibles de su historial de mantenimiento.
- e. Verificación de la información obtenida.
- f. Verificación de los métodos de trabajo.
- g. Análisis y conclusiones del plan de mantenimiento realizado.
- h. Presentación de la implementación de mejora.
- i. Verificación y análisis de los resultados.
- j. Actualización del plan de mantenimiento.

2.2.3. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es todo aquello que tiene como acción la reparación de los daños generados por el uso y decaimiento de la vida útil de los componentes y equipos, o quizás por situaciones inesperadas por factores como externos, componentes, piezas y materiales. Acceder a su recuperación o renovación.

El mantenimiento correctivo logra ser planificado o no planificado.

El mantenimiento correctivo es planificado cuando se detecta antemano que actividad se va a realizar en el equipo dañado, ya que se dispone de los repuestos, personal e informes técnicos necesarios para realizar la operación.

El mantenimiento correctivo no planificado cuando se detecta que el mantenimiento de emergencia debido a un daño inesperado o a tener que complacer un inconveniente de seguridad, de contaminación o normativa.

Una ideal planificación de mantenimiento nos permite realizar tareas y obteniendo beneficios como:

- a. Reducir el consumo de horas.
- b. Reducir el tiempo muerto de los equipos
- c. Aumento de productividad
- d. Reducción de costos.

2.2.4. Disponibilidad

La disponibilidad se refleja como el porcentaje de tiempo en que el procedimiento está listo para realizar o elaborar, esto en procedimientos que realizan continuamente.

MTBF: Tiempo medio entre caídas

MTTR: Tiempo medio para la reparación

Figura 3. Disponibilidad Total

$$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Diagrama de Pareto

Es una demostración grafica de los datos obtenidos por encima de un problema, que nos permite identificar cuáles son los puntos resaltantes por verificar.

Su principio a considerar es que un mínimo porcentaje de las causas, el 20%, generan la mayor parte de los efectos, el 80%. Se intentará en identificar ese mínimo porcentaje de las causas vitales para darle prioridad sobre él.

2.2.6. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o diagrama causa-efecto, es una representación gráfica en la que puede visualizarse de manera relacionada, un conjunto de espigas o líneas los cuales representan los problemas a analizar. Asimismo, mediante el método Ishikawa se tienen diversas variables y/o categorías que pueden considerarse como el origen y causa de los problemas en cuestión.

El diagrama de Ishikawa identifica un determinado problema y segmenta las causas posibles que estén provocando dicho problema. Debido a ello, Kaoru Ishikawa logro disponer de un diagrama visualmente atractivo, donde se ordenan de manera específica y amigable las posibles causas a las que se les puede brindar diversas soluciones. (Nuño, P. ,2017)

Kaoru Ishikawa, experto en control de calidad, pudo comprobar que la mayor parte de los problemas con los que se topaban las empresas consistían de 4 categorías:

Personas

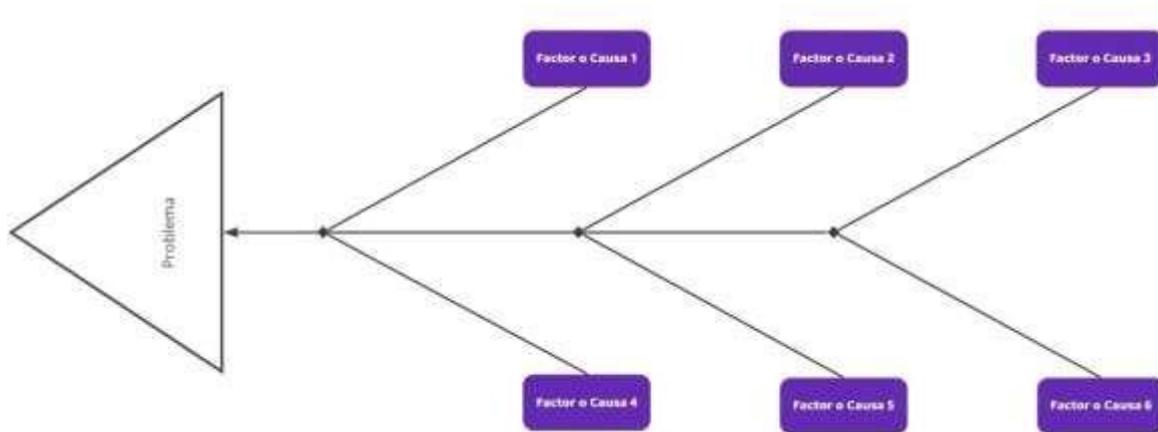
Materiales

Maquinaria

Procesos o métodos.

Dichos elementos cubren gran parte de las potenciales causas que dan origen a los problemas en las empresas.

Figura 4. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

2.2.7. Diagrama de Operaciones del proceso

El diagrama de operaciones tiene por cada operación un círculo para poder diseñar cada componente, para construir el ensamblado final y empaquetar el producto terminado. Están incluidos los componentes, actividades y los pasos de producción. (Meyers, 2000).

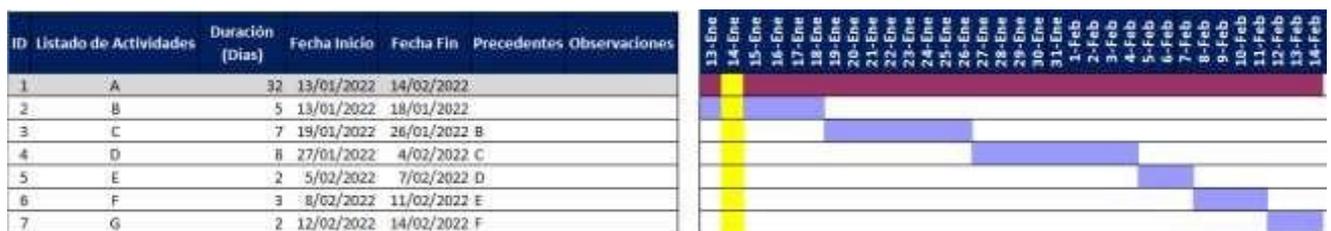
2.2.8. Diagrama Analítico del proceso

El diagrama analítico de proceso describe una tarea única, por ende, un operador con equipos y herramientas bajo control. De esa manera el diagrama analítico de proceso es el más simple con los demás diagramas. (Meyers, 2000).

2.2.9. Diagrama de Gantt

Es una herramienta que nos permite planear de forma gráfica a través de barras horizontales, las actividades que deseamos aplicarlo en un mínimo tiempo. Hoy en día existen programas informáticos que son accesible para la elaboración de un diagrama de Gantt, de esa forma se podrá relacionar distintas actividades que se puedan programar con este diagrama. Para realizar un diagrama de Gantt tendremos que tener detallados las actividades y los tiempos que se realizara con cada una de ellas. (Bravo, 2008).

Figura 5. Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia

2.2.10. Seguimiento y Control

Luego de la aprobación final del presupuesto, inicia el proceso de seguimiento y control del presupuesto obtenido, se utilizará como herramienta primordial para que la dirección de la organización pueda continuar con su desarrollo respecto a la realidad obtenida. Ya que este proceso pueda dar como finalizado con la aprobación, en casos especiales se puede verificar de nuevo el presupuesto y volver a repetir todos los procesos. (Muñiz, 2009).

2.2.11. Torno

Es una máquina herramienta que permite girar las piezas y, por medio de una herramienta, les da a las piezas una forma cilíndrica, asimismo, los tornos operan a partir de un principio básico el cual se realiza sosteniendo la pieza en un plato para que gire sobre su eje, mientras que una herramienta de corte avanza sobre la superficie de esta para obtener el corte designado.

Un torno puede realizar muchas operaciones de torneado, entre las cuales tenemos el poder hacer conos, cortes, refrendadas, esmerilado, pulido, entre otros. (Schvab, 2011)

2.2.12. Lijadora

Es un tipo de herramienta eléctrica en la cual se puede fijar una hoja de lija que permite aplicar trabajos de lijado en diferentes tipos de superficies. Existen diversos tipos de lijadoras, entre las cuales se tienen las vibradoras, excéntricas, multilijadoras, etc. La cual se emplea según la superficie o trabajo a realizar.

El acabado que se puede obtener mediante una lijadora eléctrica va de la mano con el tipo grano de la hoja de lija, los cuales van desde muy finos hasta muy bastos según el trabajo deseado. (Merlín, 2022)

2.2.13. Remachadora

La remachadora es una máquina grande y pesada, está ubicada estratégicamente en un lugar fijo para obtener un buen desarrollo al momento de llevar a cabo la operación. Está pesando más de 70 kg. Su manejo para ejercer la operación es un pedal para generar la presión del remachado. Los remaches que serán aplicados con este tipo de máquina serán de aluminio. (Roldán, 2021).

2.2.14. Cortador de Asas

La cortadora es una herramienta grande, pesada y su funcionamiento para ejercer dicha actividad es de forma manual. Está pesando más de 30kg. Ya que es muy importante esta operación para el proceso productivo, de tal manera puede cortar materiales como el aluminio y cobre para tener una buena calidad de producto. (Roldán, 2021).

2.2.15. Esmeril

El esmeril es una herramienta que está diseñado por variedades de granos abrasivos unidos o relacionados en si por medio de un compuesto aglutinante. Todo granillo abrasivo ejerce como una herramienta cortante, quiere decir, introduce en el material y quitar las virutas muy finas. De esta forma se podrán trabajar los materiales y primordialmente los materiales resistentes.

A veces se labora la costra de fundición de todas las piezas fundidas con el propósito de eliminar las costuras de fundición u otras variedades de rugosidades para facilitar, por ejemplo, apoyo uniforme en toda clase de máquinas para tener un buen aspecto. (Bartsch, 1971).

2.2.16. Taladro de Pedestal

El taladro nos permite hacer agujeros y perforados, ya que es una operación que realiza las eliminaciones de materiales de masas sólidas, aplicando una herramienta para realizar corte con broca o mecha (esta suele ser helicoidal o espiral). Hay distintas variedades de perforados disponibles: Taladros de uso manual, automáticos y de control de numérico.

El tamaño del taladro depende de los requerimientos de la empresa para dicho perforado de piezas. (Schwab, 2011).

2.2.17. Software Power BI

(Microsoft Corporation, 2021) Es un software que permite entrelazar diversos orígenes de datos sin relación entre sí, en información interactiva, coherente y de fácil visualización. Los datos pueden ser obtenidos desde una hoja de cálculo de Microsoft Excel hasta una colección de almacenes de datos locales almacenados en la nube.

Asimismo, Power BI se puede conectar con facilidad a las bases de datos que tenga como origen, para poder actualizarse, ser visualizado y compartido con diversos usuarios.

Elementos de Power BI

Power BI Desktop

Servicio Power BI

Aplicaciones móviles Power BI



Fuente: Microsoft Corporation

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Población

La población para el presente informe es la cantidad total de máquinas de la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.AC en el año 2021, las cuales son un total de 9.

Muestra

La muestra tomada será el total de máquinas de la empresa (9) dado que se requiere implementar un plan que contemple todas las máquinas.

Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Al empezar a formar parte de la empresa MANUFACTURAS TITANIO SAC en las áreas de producción y almacén, nuestras funciones fueron desde levantar información del proceso y realizar seguimiento a las actividades productivas, hasta el control de inventarios, ingresos y salidas de los diversos artículos de almacén lo cual nos permitió ir conociendo el proceso productivo de la empresa, debido a ello, pudimos identificar oportunidades de mejora que pudieran tener un impacto positivo en su ritmo de producción y disponibilidad de las máquinas.

Para ello fuimos recopilando información relevante respecto al mantenimiento, la cual fuimos documentando y ordenando mediante tablas para su posterior procesamiento y análisis, lo cual nos permitió obtener la situación previa a la implementación para identificar las oportunidades de mejora, posteriormente, procedimos a la elaborar un flujo de trabajo el cual nos permitió organizarnos en la elaboración de implementación de nuestros objetivos específicos, los cuales se detallaran paso a paso en el punto 3.1.

Limitaciones

El presente trabajo presento las siguientes limitaciones:

La situación de pandemia por el Covid 19, altero el ritmo de producción normal y costos de la empresa, por lo que, los costos mencionados, están sujetos a variaciones futuras.

La información y aplicación esta direccionada solo al área de producción para el mantenimiento de sus máquinas.

La recopilación de información se tuvo que ir registrando desde el inicio del proyecto ya que no contaban con registros históricos.

3.1 Diagnóstico de la situación previo a la implementación

Para el presente trabajo se levantó información mediante observaciones participativas con los operadores de las diversas máquinas, respecto a las fallas que presentaban las máquinas y afectaban a la disponibilidad de las mismas en un periodo de 5 meses, desde enero hasta mayo del 2021, dado que no se pudo evaluar información anterior debido a la situación de emergencia por la que atravesaba el país.

Tabla 1. Disponibilidad de máquinas.

Disponibilidad de máquinas (Mensual)	
Enero	78%
Febrero	75%
Marzo	81%
Abril	79%
Mayo	76%

Fuente: Manufacturas TITANIO S.A.C

Se observa en la Tabla 1 que la disponibilidad de las máquinas en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C varía entre 70% y 80% en promedio, debido a que se presentaron averías, reparaciones, calibraciones, entre otras paradas de máquina en el periodo evaluado.

Debido a ello, procedimos a realizar un diagrama de Ishikawa para poder analizar a profundidad las causas que estarían generando una baja disponibilidad de máquinas.

3.2 Diagrama de Causa – Efecto

Para el siguiente análisis se tomaron en consideración los siguientes aspectos que tenían un alto impacto en el proceso productivo de la empresa Manufacturas TITANIO S.AC:

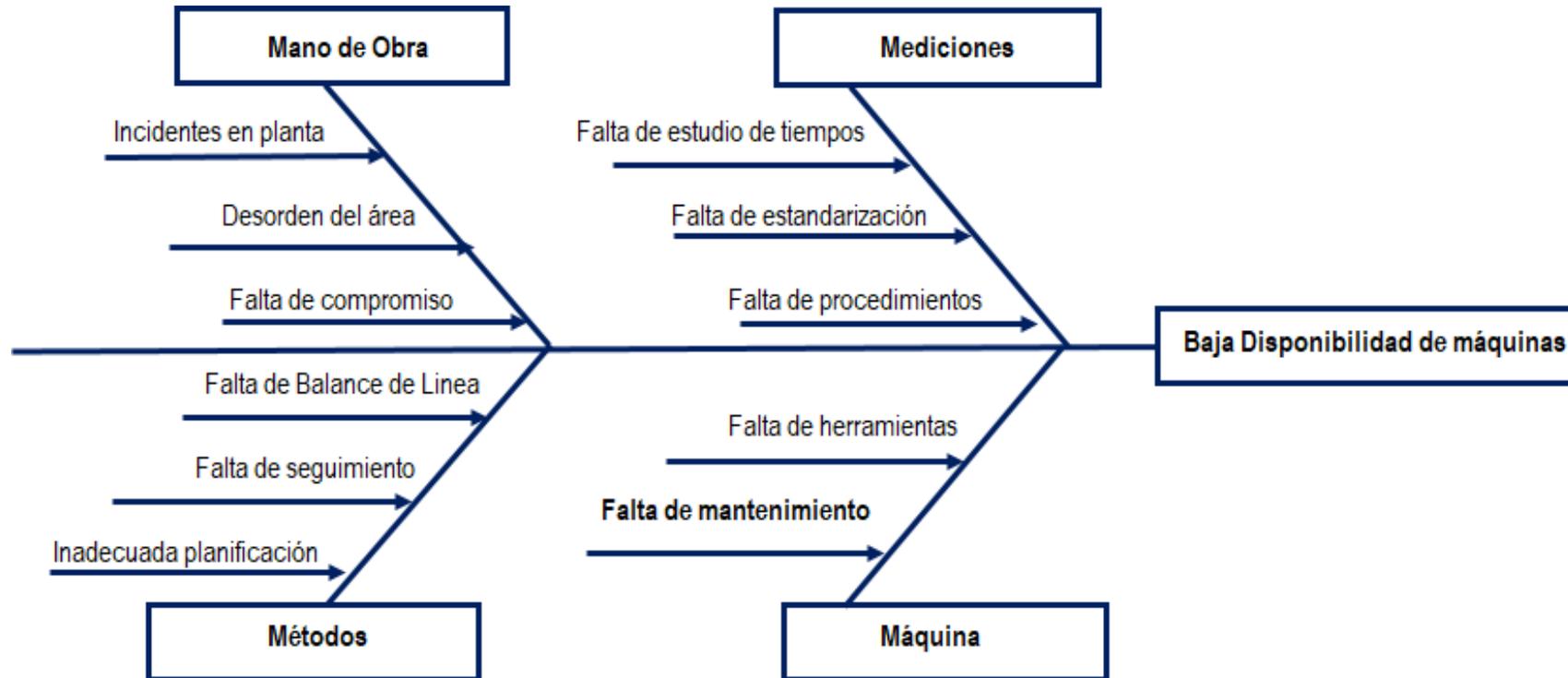
Mediciones

Mano de Obra

Métodos

Máquina

Figura 7. Diagrama de Ishikawa del proceso productivo



Fuente: Manufacturas TITANIO S.A.C

El diagrama de Ishikawa nos permitió identificar las causas con mayor impacto en el proceso productivo, a las cuales se les aplicó una ponderación con una escala del 1 al 3 según su factibilidad, para poder determinar las causas más relevantes, el cual se muestra a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Ponderación de Causas del Diagrama de Ishikawa

Causas		¿Se puede mejorar?	¿Requiere una alta inversión?	¿Hay herramientas adecuadas?	¿Se puede implementar la mejora?	Total
MEDICIONES	Falta de estudio de tiempos	3	2	1	2	8
	Falta de estandarización	3	2	2	1	8
	Falta de procedimientos	3	2	2	2	9
MANO DE OBRA	Incidentes en planta	3	2	2	2	9
	Desorden del área	3	2	2	1	8
	Falta de compromiso	3	2	1	2	8
MÉTODOS	Falta de Balance de Linea	3	2	2	2	9
	Falta de seguimiento	3	2	3	3	11
	Inadecuada planificación	3	2	2	2	9
MÁQUINA	Falta de herramientas	3	1	2	1	7
	Falta de mantenimiento	3	2	3	3	11
Escala del 1 al 3 según su factibilidad (Poco Factible, Moderado, Considerable)						

Fuente: Manufacturas TITANIO S.A.C

De la Tabla 2, se puede observar que las causas a tratar serán la Falta de seguimiento del proceso productivo y la Falta de mantenimiento, debido a que se pueden realizar mejoras enfocadas en dichos aspectos, no requieren una inversión elevada, se cuentan con los datos para aplicar herramientas de ingeniería y se puede implementar la propuesta de mejora.

3.3 Funciones realizadas

Las funciones que realizamos en la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C fueron las siguientes:

Estudio de tiempos: Realizamos un seguimiento a los tiempos de producción por cada actividad productiva realizada en la fabricación de los productos.

Elaboración de indicadores: Realizamos indicadores que permitieran medir y evaluar los procesos productivos.

Inventarios: Realizamos seguimiento a la rotación de los diversos stocks de insumos y materiales según la metodología ABC.

Seguimiento y Control: Realizamos seguimiento al cumplimiento de los lotes de producción según lo planificado.

Compras: Evaluamos las cotizaciones para la adquisición de los insumos necesarios.

Seguridad y Salud: Realizamos procedimientos seguros de trabajo y charlas de concientización hacia el personal operativo para reducir los incidentes y accidentes.

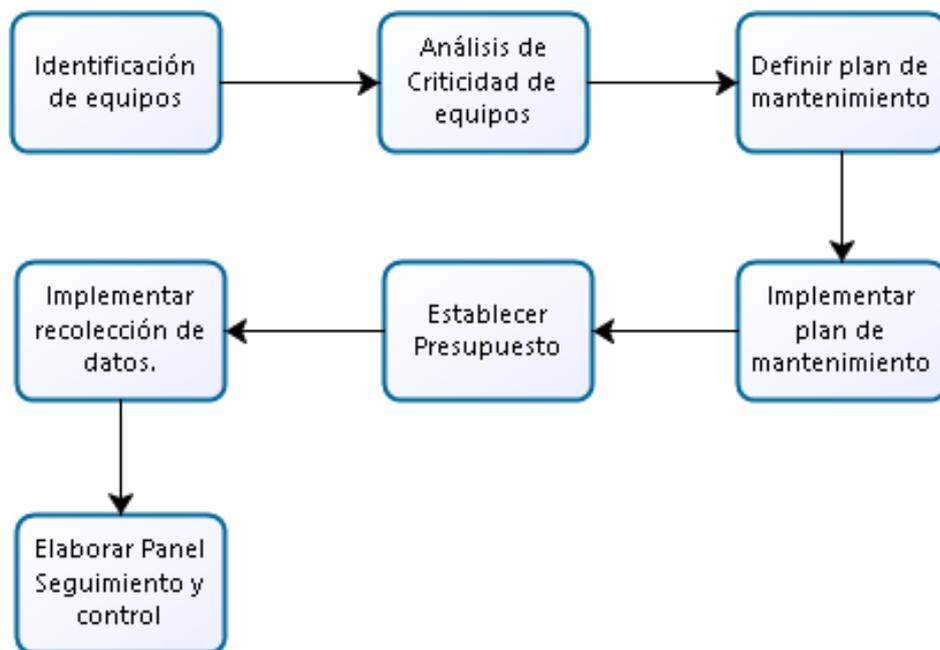
Elaboración de formatos: Implementamos formatos para una correcta recopilación y registro de datos.

Análisis de datos: Propusimos medidas de control y mejora mediante el análisis de la información recopilada.

3.4 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto, identificamos las causas a solucionar, procedimos a planificar las etapas que contendría nuestro proyecto mediante el siguiente flujo de trabajo.

Figura 8. Flujo de trabajo



Fuente: Elaboración propia

El flujo que nos propusimos empezó con la identificación de equipos, para poder codificarlos de tal manera que los podamos evaluar y distribuir posteriormente en el plan de mantenimiento, hasta la elaboración de un panel de seguimiento y control que permitiera analizar de manera eficiente y rápida la información recopilada para la toma de decisiones.

Etapas 1: Identificación de equipos

Para poder identificar los equipos procedimos a aplicar la observación participativa en el área de producción con los colaboradores, ya que, al ser una técnica de recolección de datos, nos permitió interactuar y registrar las máquinas utilizadas en el proceso productivo, las cuales procedimos a codificar con un código alfanumérico para su posterior análisis, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Listado de Equipos

Listado de Equipos		
Empresa:		MANUFACTURAS TITANIO S.A.C
Área de producción	Código Equipo	Descripción Equipo
	TORN001	TORNO 1
	TORN002	TORNO 2
	TORN003	TORNO 3
	LIJA001	LIJADORA 1
	LIJA002	LIJADORA 2
	REMA001	REMACHADORA
	CORT001	CORTADORA
	ESME001	ESMERIL
	TALP001	TALADRO DE PEDESTAL

Fuente: Elaboración propia.

Los equipos identificados llevan un ritmo de producción diario debido a la demanda de los diversos productos que pueden fabricar, asimismo, se requirió identificar el equipo más crítico que podría tener un impacto mayor en el proceso productivo.

Etapa 2: Análisis de Criticidad de equipos

El análisis para determinar la criticidad de los equipos identificados previamente, consta de los siguientes factores a evaluar:

Seguridad

Medio Ambiente

Producción

Costos de Mantenimiento (Correctivos)

Tabla 4. Análisis de Criticidad

Listado de Equipos								
Empresa:		MANUFACTURAS TITANIO S.A.C	FACTORES EVALUADOS				Frecuencia	Criticidad
Área de producción	Código Equipo	Descripción Equipo	Seguridad	Medio Ambiente	Producción	Costos de Mantto.		
	TORN001	TORNO 1	2	2	2	3	D	9
	TORN002	TORNO 2	2	2	2	3	D	9
	TORN003	TORNO 3	3	2	3	3	D	11
	LIJA001	LIJADORA 1	1	2	1	1	D	5
	LIJA002	LIJADORA 2	1	2	1	1	D	5
	REMA001	REMACHADORA	2	2	2	1	D	7
	CORT001	CORTADORA	3	1	2	1	D	7
	ESME001	ESMERIL	2	1	2	2	D	7
	TALP001	TALADRO DE PEDESTAL	2	1	2	1	D	6

Escala del 1 al 3 según su impacto en los factores (Bajo, Moderado, Alto).

Fuente: Elaboración propia.

El análisis evaluó el impacto que tendría cada máquina en los factores mencionados, con una escala del 1 al 3 según su impacto, obteniendo una determinada criticidad por cada una, la cual se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 9. Diagrama de Criticidad de equipos



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 1, podemos observar que el equipo más crítico dentro del proceso productivo sería el torno 3, en el cual se fabrican los productos de mayor tamaño, el cual al presentar una parada por fallo, ocasionaría un impacto negativo en la línea de producción, por lo que se le deberá aplicar un mantenimiento más riguroso.

Etapa 3: Definición del plan de mantenimiento

Para elaborar el plan de mantenimiento se definió los campos a emplear, los cuales iniciarían con el campo Nivel, el cual segmentaría desde lo general hasta lo particular en el plan de mantenimiento, los cuales irían desde el Nivel 1 hasta el 4.

Por otro lado, se propuso una codificación numérica para las inspecciones y mantenimientos por equipos de atributos similares, con su respectiva descripción.

Asimismo, se tomó la codificación alfanumérica que se realizó previamente a los equipos para identificarlos en el nivel más detallado, tomando como unidad a cada equipo.

Se delimitó la frecuencia de las inspecciones y mantenimientos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Frecuencias de mantenimiento.

Frecuencias	
M3	Trimestral
M4	Cuatrimstral
M6	Semestral
M12	Anual

Fuente: Elaboración propia.

Se añadió el campo para el Turno de trabajo en el que se realizaría el mantenimiento, debido a que actualmente solo se trabaja en turno, se consideró el turno día.

Finalmente, se tienen los campos para indicar la cantidad de técnicos necesarios para el mantenimiento y la cantidad de horas que requerirán por cada actividad de mantenimiento indicado en el plan.

A continuación, se detalla la codificación de las actividades según su frecuencia de mantenimiento y por tipo de equipo.

Tabla 6. Listado de Actividades

Código Actividad	Descripción Actividad
900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO
900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA
900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA
900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA
900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL
900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL

Fuente: Elaboración Propia.

Con la estructura de los campos ya definida, y la información relevante, se procedió a elaborar el requerimiento de recursos que se emplearía en cada inspección y/o mantenimiento preventivo.

El requerimiento de recursos consto de materiales, repuestos y Horas Hombre, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 7. Recursos para Máquina Torno

ACTIVIDAD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	2
900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	2
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.08
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	10
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	4
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	2
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Repuesto	REP001	FAJA PARA TORNO	UN D	1
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Repuesto	REP002	MOTOR PARA TORNO	UN D	1
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Repuesto	REP003	RODAJE	UN D	1
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	Repuesto	REP004	CHUMACERA	UN D	1
900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	10.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Recursos para Máquina Lijadora

ACTIVIDAD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	2
900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	0.5
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	7.5
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	4
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	2
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Repuesto	REP004	CHUMACERA	UN D	1
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	Repuesto	REP005	FAJA PARA LIJADORA	UN D	1
900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Recursos para Máquina Remachadora

ACTIVIDAD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	4
900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	0.5
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.08
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	10
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	8
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	4
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Repuesto	REP006	RESORTE GRANDE	UN D	1
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	Repuesto	REP007	RESORTE INTERNO PIN	UN D	1
900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Recursos para Máquina Cortadora

ACTIVIDAD AD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	1
900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	0.5
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	7.5
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	2
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	1
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	Repuest o	REP008	CIZALLA	UN D	1
900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Recursos para Máquina Esmeril

ACTIVIDAD AD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	2
900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	0.5
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	7.5
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	4
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	2
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Repuest o	REP009	MOTOR PARA ESMERIL	UN D	1
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Repuest o	REP010	LIJA CIRCULAR	UN D	1
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	Repuest o	REP011	LIJA PIEDRA	UN D	1
900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	10.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Recursos para Máquina Taladro

ACTIVIDAD	DES_ACTIVIDAD	CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	UM	CANT (Q)
900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	5
900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	2
900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	0.5
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CAJ	0.04
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	7.5
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	4
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	2
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	Repuest o	REP012	FAJA PARA TALADRO	UN D	1
900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	HH	HH	HORAS HOMBRE	HR	2

Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo, se detalla el precio unitario de los materiales y repuestos indicados en los requerimientos previos, lo cuales fueron tomados con un precio acorde al año 2021, los cuales debido a la situación de la pandemia por el Covid 19, puede surtir variaciones en sus precios en meses futuros.

Tabla 13. Listado de Materiales / Repuestos

CATEGORÍA	ARTÍCULO/RECURSO	DES_ARTÍCULO/RECURSO	U M	CANT (Q)	P. U.
Material	M10001	GUANTE DE NITRILO, TALLA: M , LONGITUD: 240MM, GROSOR: 0.12MM	CA J	1	S/ 78.00
Material	M10002	TRAPO INDUSTRIAL COCIDO DE COLORES, SIN MARCA	KG	1	S/ 2.96
Material	M10003	LUBRICANTE AFLOJATODO MULTIUSO, ONU: 1950	UN D	1	S/ 21.89
Material	M10004	GRASA MOBILUX EP 2, MARCA: MOBIL, (PRESENTACION: 5 GALONES)	GL N	1	S/ 4.55
Repuesto	REP001	FAJA PARA TORNO	UN D	1	S/ 30.00
Repuesto	REP002	MOTOR PARA TORNO	UN D	1	S/ 2,000.00
Repuesto	REP003	RODAJE	UN D	1	S/ 150.00
Repuesto	REP004	CHUMACERA	UN D	1	S/ 35.00
Repuesto	REP005	FAJA PARA LIJADORA	UN D	1	S/ 15.00
Repuesto	REP006	RESORTE GRANDE	UN D	1	S/ 80.00
Repuesto	REP007	RESORTE INTERNO PIN	UN D	1	S/ 5.00
Repuesto	REP008	CIZALLA	UN D	1	S/ 50.00
Repuesto	REP009	MOTOR PARA ESMERIL	UN D	1	S/ 1,500.00
Repuesto	REP010	LIJA CIRCULAR	UN D	1	S/ 4.00
Repuesto	REP011	LIJA PIEDRA	UN D	1	S/ 20.00
Repuesto	REP012	FAJA PARA TALADRO	UN D	1	S/ 15.00

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 4: Implementación del plan de mantenimiento

Nivel	Código Actividad	Descripción Actividad	Código Equipo	Descripción Equipo	Unid	Frec	Turno	Cant_Tec	HH_Act.
1		Área de Producción							
2		Mantenimiento de Máquinas							
3		Máquinas Torno							
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	TORN001	TORNO 1	UND	M3	D	1	2
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	TORN001	TORNO 1	UND	M12	D	1	10.5
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	TORN002	TORNO 2	UND	M3	D	1	2
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	TORN002	TORNO 2	UND	M12	D	1	10.5
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	TORN003	TORNO 3	UND	M3	D	1	2
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	TORN003	TORNO 3	UND	M12	D	1	10.5
3		Máquinas Lijadora							
4	900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	LIJA001	LIJADORA 1	UND	M3	D	1	0.5
4	900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	LIJA001	LIJADORA 1	UND	M12	D	1	2
4	900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	LIJA002	LIJADORA 2	UND	M3	D	1	0.5
4	900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	LIJA002	LIJADORA 2	UND	M12	D	1	2
3		Máquina Remachadora							
4	900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	REMA001	REMACHADORA	UND	M4	D	1	0.5
4	900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	REMA001	REMACHADORA	UND	M12	D	1	1
3		Máquina de Corte							
4	900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	CORT001	CORTADORA	UND	M6	D	1	0.5
4	900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	CORT001	CORTADORA	UND	M12	D	1	1
3		Máquinas Esmeril							
4	900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	ESME001	ESMERIL	UND	M4	D	1	0.5
4	900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	ESME001	ESMERIL	UND	M12	D	1	10.5
3		Máquina Taladro							
4	900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	TALP001	TALADRO DE PEDESTAL	UND	M4	D	1	0.5
4	900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	TALP001	TALADRO DE PEDESTAL	UND	M12	D	1	2

Según los campos previamente vistos, se procedió a implementar el plan de mantenimiento y su cronograma a continuación:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	4	2	38
3	3	3	3	4	2	3	4	4	3	4	2	38
1	2		1	2	1	1	2	1	1	2		14
	1			1			1			1		4
								1				1
	1			1			1			1		4
					1							1
1			1			1						3
									1			1
1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		10
	1			1			1			1		4
		1										1
1			1			1			1			4
								1				1
1				1				1			1	4
1				1				1				3
											1	1
		1			1			1				3
		1						1				2
					1							1
		1				1				1		3
		1								1		2
						1						1
			1				1		1		1	4
			1				1				1	3
									1			1

La implementación del plan de mantenimiento nos permitió consolidar todos los campos, frecuencias, actividades y equipos identificados para la realización de sus mantenimientos preventivos en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C.

Logrando así, una planificación ordenada de las inspecciones y mantenimientos de sus equipos, los cuales aportarían a mejorar la disponibilidad y reducir las paradas por mantenimientos correctivos.

Por otro lado, al contar con mantenimiento planificados, se pudo lograr un mejor aprovechamiento de las horas hombres en los meses y fechas indicadas en el cronograma, debido a que los colaboradores podían ser derivados a otras actividades con anticipación y/o distribuir las vacaciones del personal.

El total de mantenimientos e inspecciones planificadas para el total de los 9 equipos, asciende a 38 intervenciones durante el año.

Debido a que los meses de mayor demanda son desde abril hasta Julio, se le realizó un aplanamiento de trabajos para enfocar la menor cantidad en dicho periodo.

Etapa 5: Presupuesto del plan de mantenimiento

El presupuesto se calculó en base al costo de los recursos necesarios para el mantenimiento por cada tipo de actividad y equipo, teniendo en consideración que los costos podrían variar debido a la situación del Covid 19 en los años posteriores.

Tabla 14. Costos Torno, Lijadora, Remachadora

Nivel	Código Actividad	Descripción Actividad	Material		Repuesto		Servicio	
1		Área de Producción						
2		Mantenimiento de Máquinas						
3		Máquinas Torno						
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	S/	132.53	S/	2,215.00	S/	-
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	S/	132.53	S/	2,215.00	S/	-
4	900001	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	S/	132.53	S/	2,215.00	S/	-
3		Máquinas Lijadora						
4	900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	S/	122.01	S/	50.00	S/	-
4	900003	INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900004	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	S/	122.01	S/	50.00	S/	-
3		Máquina Remachadora						
4	900005	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	S/	105.50	S/	-	S/	-
4	900006	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	S/	229.22	S/	85.00	S/	-

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15. Costos Cortadora, Esmeril, Taladro

Nivel	Código Actividad	Descripción Actividad	Material		Repuesto		Servicio	
3		Máquina de Corte						
4	900007	INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	S/	39.82	S/	-	S/	-
4	900008	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	S/	73.67	S/	50.00	S/	-
3		Máquinas Esmeril						
4	900009	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900010	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	S/	122.01	S/	1,524.00	S/	-
3		Máquina Taladro						
4	900011	INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	S/	61.71	S/	-	S/	-
4	900012	MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	S/	122.01	S/	15.00	S/	-

Fuente: Elaboración Propia.

Etapa 6: Implementación de recolección de datos

Dado que, al momento previo a la implementación, la empresa no contaba con un formato para el registro de las intervenciones y mantenimientos correctivos que realizaba, se les diseñó un formato de cartilla de mantenimiento, en el cual se puedan registrar los datos pertinentes a los mantenimientos preventivos, generando así, un registro confiable y de consulta para futuras intervenciones.

Figura 10. Cartilla de Mantenimiento

 TITANIO S.A.C. <small>INDUSTRIAL</small>		CARTILLA DE MANTENIMIENTO						Rev: 00
MANT-001		PRODUCCIÓN						Cant. Pag: 1/1
		Colaborador						
Elaborado por:		Asistente de Producción						
Aprobado por:		Supervisora de Producción						
TAREA CRÍTICA DE REFERENCIA:		Mantenimiento de máquina						
COLABORADOR:						TIEMPO ESTIMADO:		
FRECUENCIA:						TIEMPO REAL:		
HORA INICIO:						FECHA		
HORA FINAL:								
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL		EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS			PREPARACIÓN DEL TRABAJO			
1.- Guantes 2.- Gafas de protección					1.- Verificar que el área este despejada de herramientas y/u objetos. 2.- Verificar las herramientas a utilizar.			
Descripción de la Actividad		Máquina:	Torno	Lijadora	Remachadora	Cortadora	Esmeril	Taladro
Inspección visual del equipo.								
Inspección de los rodamientos del motor cabezal.								
Inspección del cableado eléctrico.								
Reparación y mantenimiento de todo el sistema.								
Alineamiento del cabezal								
Nivelación								
Cambio de aceite y engrasar engranes								
Limpieza total del equipo.								
Actividades adicionales								
COMENTARIOS Y/O RECOMENDACIONES								
OTRAS FUENTES DE PELIGRO								
Posturas forzadas		Flexionar las rodillas para levantar objetos.						
COMPETENCIA NECESARIA								
1.- Haber sido capacitado y entrenado en el trabajo a realizar. 2.- Ser precavido y respetuoso de las reglas de seguridad.								

Fuente: Elaboración propia.

En la cartilla de mantenimiento se registrará la siguiente información:

Colaborador: Se registrará al operador y/o técnico de mantenimiento.

Frecuencia: Se registrará la frecuencia del mantenimiento que se está realizando.

Hora Inicio: Se registrará la hora en la que iniciará el mantenimiento.

Hora Final: Se registrará la hora en la que finalizo el mantenimiento.

Tiempo Estimado: Se registrará la cantidad de hora hombre planificadas para el mantenimiento a realizarse.

Tiempo Real: Se registrará la duración real de tiempo utilizado.

Equipos, Herramientas e insumo: Se registrará los recursos materiales utilizados.

Máquina: Se indicará el equipo que se intervendrá en el mantenimiento.

Actividades: Se detallará lo que se realizó en cada actividad, en caso de no aplicar por el tipo de equipo, se registraran las actividades adicionales al final.

Comentarios y/o Recomendaciones: Se podrán colocar comentarios adicionales sobre el mantenimiento realizado y recomendaciones para futuros mantenimientos.

Etapas 7: Elaboración del Panel de seguimiento y control

Para una eficiente modulación de la información que se registrara al realizarse los mantenimientos y como medida de automatización e implementación de nuevos softwares, diseñamos un Panel de seguimiento y control de los mantenimientos, Horas hombre y Costos, el cual ayudaría a una rápida toma de decisiones sobre el avance y proyecciones de mantenimientos.

El panel de seguimiento y control contendrá la siguiente información:

a) Cantidad de mantenimientos planificados en el año y/o proyectados

b) La cantidad de órdenes de trabado por estado:

No ejecutado: Mantenimiento Planificado/Proyectado.

Programado: Mantenimiento coordinado para ejecución.

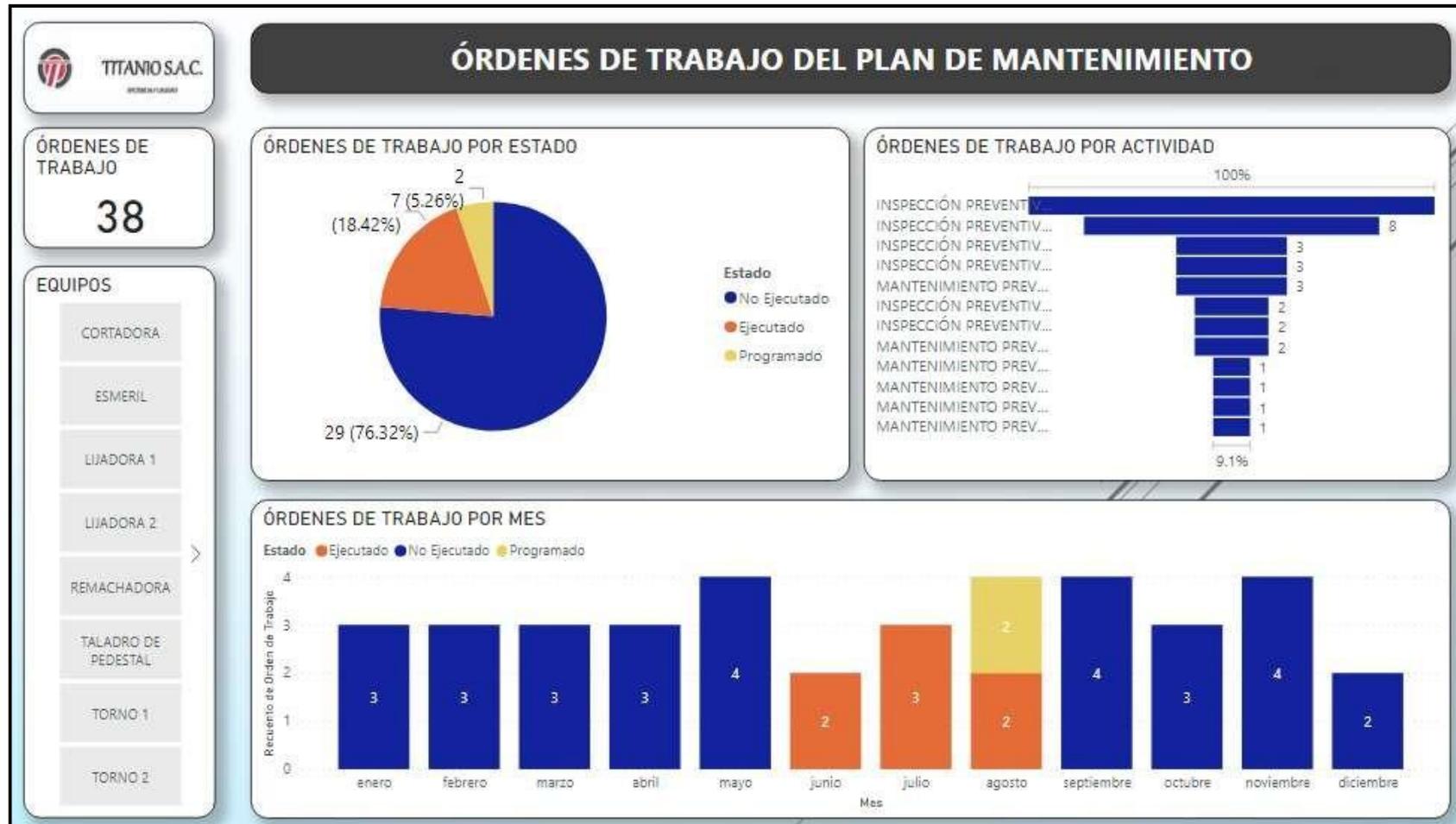
Ejecutado: Mantenimientos realizados a las máquinas.

c) La cantidad de ordenes por tipo de actividad.

d) La cantidad de órdenes de trabajo por cada mes.

Los gráficos y tendencias mostradas en el panel, podrán ser filtradas por equipos, actividades, horas hombre y costos, en los cuales se podrá evaluar su adherencia de los real respecto a lo planificado.

Figura 11. Panel de seguimiento de mantenimientos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Panel de Seguimiento de Costos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Panel de seguimiento de HH



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

- 1) El análisis de fallos indicado en la tabla 4, se pudo determinar que la máquina crítica del proceso productivo es el torno 3, con este input se procedió a colocar las frecuencias según los tipos de máquina, ya que, al producirse un fallo en dicho equipo, conllevaría a un paro del proceso productivo, el cual se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Ponderación de Criticidad

Codigo Equipo	Descripción Equipo	Criticidad
TORN001	TORNO 1	9
TORN002	TORNO 2	9
TORN003	TORNO 3	11
LIJA001	LIJADORA 1	5
LIJA002	LIJADORA 2	5
REMA001	REMACHADORA	7
CORT001	CORTADORA	7
ESME001	ESMERIL	7
TALP001	TALADRO DE PEDESTAL	6

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Diagrama de Ponderación de Criticidad



Fuente: Elaboración propia

- 2) El plan de mantenimiento preventivo detallado en la Etapa 4, ayudo a incrementar la disponibilidad de las máquinas, dado que, al realizarse inspecciones y mantenimientos a los equipos, conlleva a mejorar el aprovechamiento de los recursos y la planificación de las actividades productivas, las cuales se incrementaron a un promedio de 89% en el periodo de junio a Setiembre del 2021.

Tabla 17. Disponibilidad posterior de máquina

Disponibilidad de máquinas (Mensual)	
Junio	88%
Julio	90%
Agosto	86%
Setiembre	92%

Fuente: Elaboración propia

- 3) La implementación de una cartilla de mantenimiento, la cual se detalla en la figura 10, ayudo a registrar de manera eficiente la información de los mantenimientos, contando así, con un registro histórico que les permita evaluar el estado de las máquinas.
- 4) La implementación del panel de seguimiento y control, las cuales se muestran en las figuras 11, 12 y 13, ayudo a la automatización y modulación de la información sobre los mantenimientos, siendo este un software dinámico y amigable para el análisis de adherencia, control del avance y proyección de mantenimientos.

Análisis de resultados

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Manufacturas TITANIO S.A.C, conlleva a mejorar la situación y actividades que aún no se realizaban de manera estandarizada y ordenada.

Al realizar nuestro diagrama de Ishikawa, pudimos denotar que las causas más relevantes fueron:

Falta de seguimiento

Falta de mantenimiento

Para las cuales se elaboró un flujo de trabajo que pudiera organizarnos en la realización e implementación de herramientas que pudieran mitigar dichas causas.

Según nuestra estimación sobre el aprendizaje por parte del personal para el correcto llenado y la adecuada actualización del panel de seguimiento y control en Power BI, estos llegarían a un punto de aprendizaje óptimo en la quinta semana de implementación, considerando la siguiente escala.

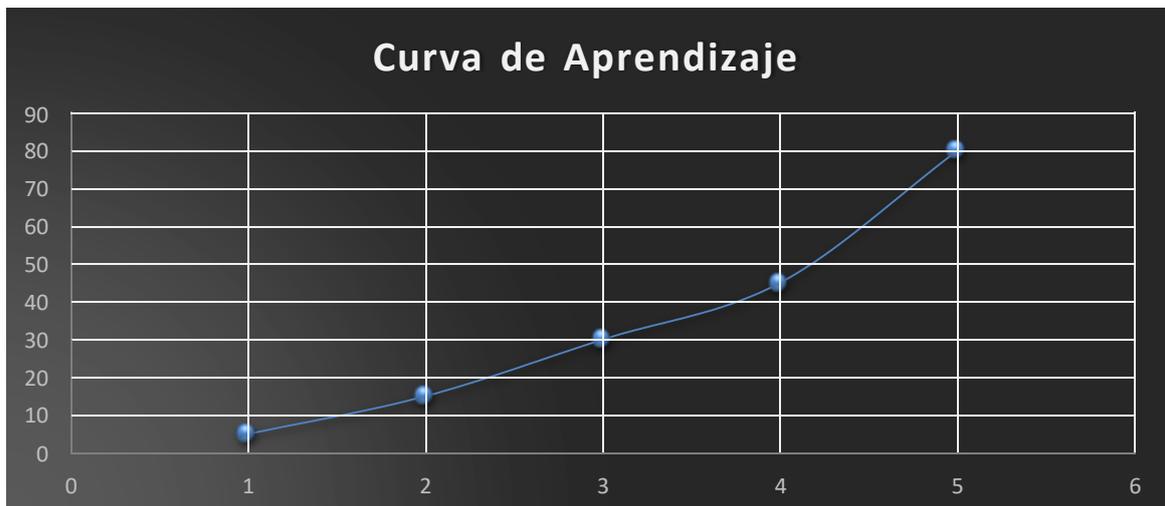
Tabla 18. Escala de Aprendizaje

<u>Escala</u>	<u>Valor</u>
Regular	5 - 15
Bueno	15 - 45
Optimo	45 - 100

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se obtendría la siguiente proyección del aprendizaje:

Tabla 19. Curva de Aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

Logrando así, una óptima recopilación y modulación de la información mediante el panel de seguimiento y control por parte de los responsables asignados.

Asimismo, se comparó las situaciones previa y post implementación, a fin de evidenciar la variación favorable que tuvo el área productiva al realizar mantenimientos preventivos y un seguimiento dinámico y amigable visualmente.

Tabla 20. Comparación de situaciones

SITUACIÓN PREVIA	SITUACIÓN ACTUAL
Falta de Control.	Se implementó panel de seguimiento.
Paradas por mantenimientos correctivos.	Se tiene un plan de mantenimiento.
Sin registro de información.	Se cuenta con cartillas de mantenimiento.
Sin control de costos de mantenimiento.	Se tiene un presupuesto vs lo real.

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas de disponibilidad, se pudo notar que la disponibilidad de las máquinas se elevó, pese a que se presentaron algunos mantenimientos correctivos, los cuales requirieron de menor tiempo para su intervención.

Figura 15. Histograma de Disponibilidad



Fuente: Elaboración propia.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo, conllevará a un presupuesto anual de S/. 11,484.74, el cual estaría contemplando los materiales y/o repuestos

necesarios para los mantenimientos y un total de 38 actividades preventivas por año, los cuales ya tuvieron un impacto positivo desde su implementación.

A continuación, se detallan los costos anuales por actividades.

Tabla 21. Presupuesto Anual por Actividad

ACTIVIDAD	COSTOS	
INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	S/	493.69
INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	S/	678.83
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	S/	123.42
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	S/	316.50
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	S/	185.13
INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	S/	79.63
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	S/	123.67
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	S/	1,646.01
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	S/	344.02
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	S/	314.22
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	S/	137.01
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	S/	7,042.60
TOTAL	S/	11,484.74

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se detallan los costos anuales por equipos.

Tabla 22. Presupuesto Anual por Equipo

EQUIPOS	COSTOS	
CORTADORA	S/	203.30
ESMERIL	S/	1,769.43
LIJADORA 1	S/	418.86
LIJADORA 2	S/	418.86
REMACHADORA	S/	630.72
TALADRO DE PEDESTAL	S/	322.15
TORNO 1	S/	2,594.38
TORNO 2	S/	2,594.38
TORNO 3	S/	2,532.67
TOTAL	S/	11,484.74

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla la cantidad de actividades preventivas en la siguiente tabla:

Tabla 23. Cantidad de Actividades Preventivas

ACTIVIDAD	CANTIDAD
INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 LIJADORA	8
INSPECCIÓN PREVENTIVA M3 TORNO	11
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 ESMERIL	2
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 REMACHADORA	3
INSPECCIÓN PREVENTIVA M4 TALADRO DE PEDESTAL	3
INSPECCIÓN PREVENTIVA M6 CORTADORA	2
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 CORTADORA	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 ESMERIL	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 LIJADORA	2
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 REMACHADORA	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TALADRO DE PEDESTAL	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO M12 TORNO	3
TOTAL	38

Fuente: Elaboración propia.

Se detalla la cantidad de actividades por equipo en la siguiente tabla:

Tabla 24. Cantidad de Actividades por Equipo

Etiquetas de fila	Suma de Total
CORTADORA	3
ESMERIL	3
LIJADORA 1	5
LIJADORA 2	5
REMACHADORA	4
TALADRO DE PEDESTAL	4
TORNO 1	5
TORNO 2	5
TORNO 3	4
Total general	38

Fuente Elaboración propia.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- 1) Se concluye que se pudo determinar la máquina de mayor criticidad dentro del proceso productivo, mediante la identificación en la ruta crítica, la cual requerirá de una mayor cantidad de inspecciones preventivas respecto al resto de máquinas, debido a que un fallo en dicha máquina puede interrumpir la línea de producción y reducir el aprovechamiento de los demás recursos.
- 2) Se concluye que la elaboración e implementación del plan de mantenimiento preventivo, pudo aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa MANUFACTURAS TITANIO S.A.C debido a que se redujo las paradas por mantenimientos correctivos.
- 3) Se concluye que la implementación de un seguimiento y control de los mantenimientos mediante el Software Power BI, pudo facilitar la recolección de información relevante de dichos mantenimientos y el análisis mediante tendencias, indicadores y gráficos, los cuales muestran de manera clara y precisa la información modulada para la toma de decisiones.
- 4) Se concluye que la disponibilidad de las máquinas tuvo una variación favorable, debido a que dicho indicador, aumento de un 78% en promedio a 86% luego del inicio de los mantenimientos preventivos, logrando así, un mejor aprovechamiento de las horas hombre en el proceso productivo y reduciendo la aglomeración de productos en proceso.

5.2 Lecciones Aprendidas

- 1) La primera lección que aprendimos, fue que se necesita registrar y ordenar la data en formatos que permitan su fácil tratamiento y análisis para la toma de decisiones, ya que, si no se cuenta con un orden y/o flujo de la información estandarizado, esta puede perderse y al presentarse nuevamente los fallos, no se contaría con un registro de consultas para una solución más rápida y eficiente.
- 2) La segunda lección aprendida, es referente al abastecimiento de los materiales y/o repuestos, dado que por la coyuntura por la que atraviesa el país, los proveedores tendían a no cumplir con las fechas y/o plazos de entrega, por lo que se debía considerar evaluar materiales o insumos similares para los trabajos, siendo esta una limitante para futuras mejoras como la aplicación del Just in Time.
- 3) La tercera lección aprendida, es que, al irse realizando los mantenimientos, el encargado responsable, va ganando una mayor expertise en la realización de las actividades, lo cual puede conllevar a un mejor aprovechamiento de los recursos.
- 4) La cuarta lección aprendida, nos ayudó a evaluar que, si se desfasa algún mantenimiento planificado en los meses de mayor demanda, estos pueden afectar la realización de las actividades productivas de presentarse algún inconveniente.

5.3 Recomendaciones

- 1) Se recomienda elaborar un registro de fallos por cada máquina y el procedimiento con el cual se pudo levantar la misma, pudiendo así contar un registro histórico que sirva de referencia para poder ser considerado dentro de los mantenimientos.
- 2) Se recomienda contar con más de un proveedor para la adquisición de materiales y/o repuestos según el tipo de máquinas, dado que, por la coyuntura (Covid 19), se podrían presentar retrasos en el abastecimiento.
- 3) Se recomienda ir evaluando la adherencia de los mantenimientos, Horas Hombre y materiales de lo planificado respecto al ejecutado, lo cual puede contribuir a un mejor aprovechamiento de dichos recursos.
- 4) Se recomienda no desfasar de manera significativa los mantenimientos preventivos en caso no se puedan ejecutar en el mes propuesto por el plan de mantenimiento, debido a que puede afectar la disponibilidad de las máquinas en meses previos o posteriores.

5.4 Competencias

Para la realización del presente trabajo, empleamos las herramientas de ingeniería que fuimos aprendiendo en el transcurso de toda nuestra carrera, las cuales nos ayudaron a identificar las causas más relevantes y a realizar un plan de acción que pueda mitigarlas, entre las cuales tenemos:

Diagrama de Gantt

Esta herramienta nos permitió ordenar y organizar de manera eficiente nuestro plan de mantenimiento, distribuyendo las intervenciones de los equipos en un panorama anual.

Diagrama de Ishikawa

Esta herramienta nos permitió identificar las causas más relevantes que debían ser consideradas para generar un mayor impacto positivo en la disponibilidad de las máquinas.

Diagrama de flujo

Esta herramienta nos permitió determinar el flujo que emplearíamos para el desarrollo e implementación de nuestro plan de mantenimiento y seguimiento.

Diagrama de Pareto

Esta herramienta nos permitió evaluar visualmente el equipo que podía causar un mayor impacto en las paradas por fallo, el cual fue determinado como equipo crítico.

Asimismo, empleamos los conocimientos adquiridos en nuestros cursos, los cuales se detallan a continuación.

Gestión de mantenimiento: Nos permitió tener un panorama amplio y los beneficios que se podían obtener al implementar un plan de mantenimiento preventivo, entre los cuales eran, ahorro de costos, tiempos, entre otros.

Seguridad y Salud Ocupacional: Nos permitió considerar aspectos ergonómicos al realizar los mantenimientos y los equipos de protección personal con los que debían contar al momento de las intervenciones.

Logística: Nos permitió considerar los tiempos de abastecimiento como el Lead Time de abastecimiento de los materiales y/o repuestos necesarios para el mantenimiento.

Automatización Industrial: Nos permitió evaluar software que facilitaran el modelado de la información para una rápida toma de decisiones.

Gestión de Calidad: Nos permitió analizar la información mediante las herramientas de ingeniería para tener un panorama claro y enfocarnos en las soluciones.

Finalmente, todas las actividades que realizamos para la implementación del plan de mantenimiento, nos ayudó a consolidar los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera, de esta manera obtuvimos resultados que nos permitieron evidenciar la variación favorable de las oportunidades de mejora que logramos identificar.

REFERENCIAS

- Posligua G. A. (2020). Diseño e implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para una planta purificadora de agua en la comuna el caimito. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18650>
- Milla Z. J. (2020). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad de máquinas de la municipalidad provincial de Huaraz, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51775>
- Pardo C. W. (2017). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de constructora chamonte sac. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9996>
- Estrada Á. V. (2018). Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo en el proceso de embotellado línea N°1 de la cervecería nacional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36788>
- Nuño, P. (2017). Diagrama de Ishikawa. Recuperado de <https://www.emprendepyme.net/diagrama-de-ishikawa.html>
- Microsoft Corporation. (2021). ¿Qué es Power BI?. <https://docs.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
- Schvab, L. E. (2011). Máquinas y herramientas. República Argentina: Instituto Nacional de Educación Tecnológica

Rubio, J. L. (2014). Sistema de gestión de la investigación UPN MANUAL DE ESTADÍSTICA

Jiménez, R. F. (2015) Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial

Linares G. V. (2015) Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial. IC Editorial.

Barusso L. J. R Manual de confiabilidad, Mantenibilidad e disponibilidad, Qualitymark Editorial, 2001.

Domenech, J. M. Diagrama de Pareto. Extraído desde:
http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf.
Consultado el 10 de octubre de 2017.

Bravo, J. (2008). Gestión de procesos. Santiago de Chile: Evolución.

Meyers, F. (2000). Estudios de tiempos y movimientos.

Muñiz, L. (2009). Control presupuestario: planificación, elaboración y seguimiento del presupuesto.

Leroy, M. (2022). Bricopedia. Lijadora eléctrica. España.

Bartsch W. (1971). Herramientas, Máquinas, trabajo.

Roldán, J. (2021). Operaciones básicas y procesos automáticos de fabricación mecánica.

ANEXOS

ANEXO N°1. TETERA N°26



ANEXO N°2. RESPIRADOR TITANIO



ANEXO N°3. HORNO ELÉCTRICO



ANEXO N°4. QUEQUERA



ANEXO N°5. OLLAS BOMBE 18, 20, 22, 24, 26 Y 28



ANEXO N°6. OLLA ARROCERA O GUISERA PESADA



ANEXO N°7. MÁQUINA TORNO 1



ANEXO N°8. MÁQUINA TORNO 2



ANEXO N°9. MÁQUINA TORNO 3



ANEXO N°10. MÁQUINA LIJADORA 1



ANEXO N°11. MÁQUINA LIJADORA 2



ANEXO N°12. MÁQUINA REMACHADORA



ANEXO N°13. MÁQUINA CORTADOR DE ASAS



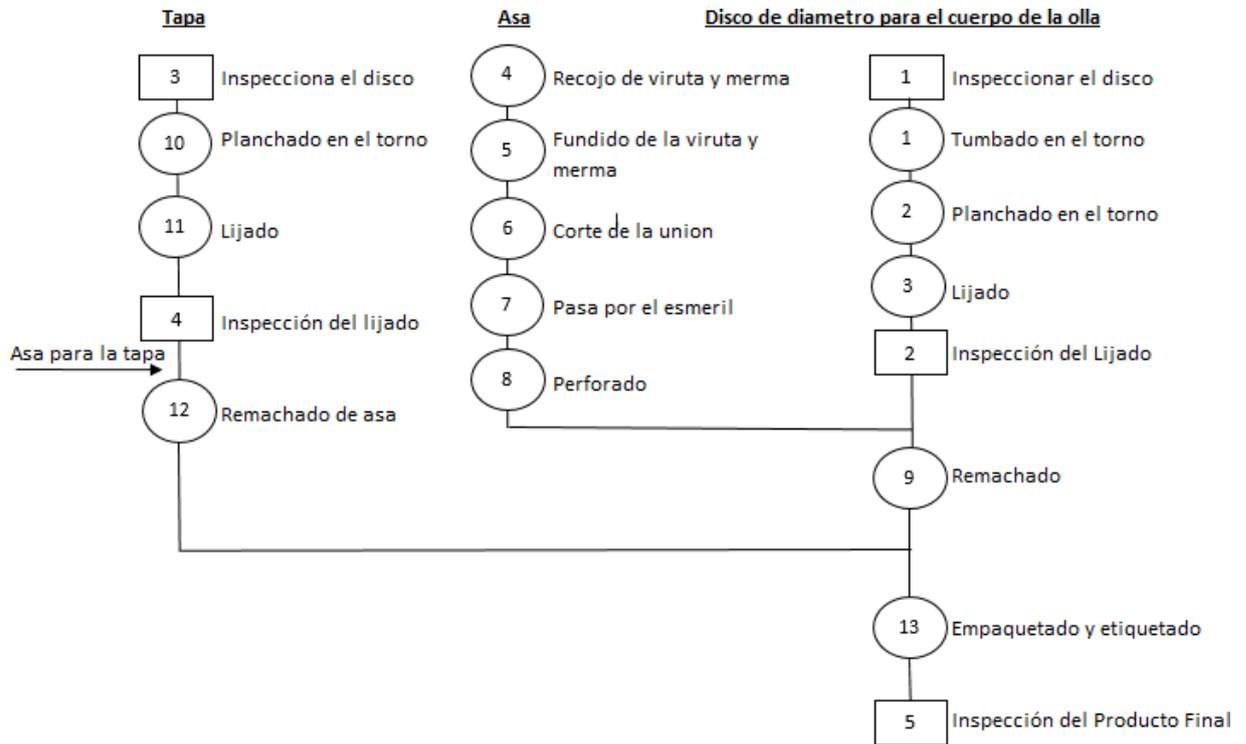
ANEXO N°14. MÁQUINA ESMERIL



ANEXO N°15. TALADRO DE PEDESTAL



ANEXO N°16. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO



ANEXO N°17. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Plan de mantenimiento	Busca reducir los mantenimientos correctivos e incrementar la confiabilidad de los equipos durante su tiempo de vida útil, mediante técnicas de mejora como el rediseño de actividades, monitoreo de condiciones de operación y determinación de los componentes críticos que se vean sometidos a un mayor desgaste. Poveda, A. (2011)	Mantenimiento: Conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante un prolongado tiempo, (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. García, S. (2010).	$MTBF = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DISPONIBLE} - \text{TIEMPO DE INACTIVIDAD}}{\text{NÚMERO DE PARADAS}}$	Guía de Observación
		Confiabilidad: Es la probabilidad que una unidad de producto se desempeñe satisfactoriamente cumpliendo con su función durante un período de tiempo diseñado y bajo condiciones previamente especificadas. Acuña A.(2003).	$MTTR = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE MANTENIMIENTO}}{\text{NÚMERO DE REPARACIONES}}$	
Disponibilidad	La disponibilidad se refleja como el porcentaje de tiempo disponible mediante el cual su procedimiento está listo para su funcionamiento, esto en actividades que se realizan continuamente. (LAFRAIA, 2021). MTBF: Tiempo medio entre fallas MTTR: Tiempo medio para la reparación	Tiempo útil: Nos indica que a la realización de trabajos que se aplica se le están determinando para un periodo establecido. El tiempo disponible no se puede determinar globalmente desde un periodo anual, de tal manera se tendría que referir	$TD = \frac{\text{HORAS TOTALES} - \text{HORAS PARADAS POR MANTENIMIENTO}}{\text{HORAS TOTALES}}$	Guía de Observación
		Procedimiento: Es la acción que consiste en aplicar dichas actividades y técnicas, ya que está vinculando a ciertos métodos para aplicar los procedimientos adecuados. De esa forma se tiene que seguir los pasos correspondientes para aplicar una	% Eficiencia	