



FACULTAD
DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

Universidad de Matanzas

Facultad de Ingeniería Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Programación del mantenimiento en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros

Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial.

Autora: Ana Laura Cabrera García

Tutora: Arialys Hernández Nariño

Matanzas, 2022



Declaración de autoridad

Hago constar que el trabajo titulado: Planificación del mantenimiento en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros, fue realizado como parte de la culminación de los estudios, en opción al título de Ingeniero Industrial, por la autora Ana Laura Cabrera García, autorizando a la Universidad de Matanzas y a los organismos pertinentes a que sea utilizado por las instituciones para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Matanzas.



Pensamiento

No pretendamos que las cosas cambien,
si siempre hacemos lo mismo.

Albert Einstein



Dedicatoria

Este trabajo de diploma está dedicado en primer lugar a la persona más importante de mi vida, que a pesar de que la vida me lo quito muy rápido es y será mi ejemplo a seguir "Mi papá", que donde quiera que me esté viendo está orgulloso de lo lejos que he llegado a pesar de ser muy necesaria su presencia. También se la dedico a mi mamá que es mi guerrera la que no me permite derrumbarme nunca y por la que soy fuerte y seguimos adelante juntas. Por último se la dedico a mi abuela paterna la cual siempre estuvo al pendiente de mis estudios hasta que sus capacidades mentales se lo permitieron, preguntando constantemente como me iba, cuando me graduaba, si había empezado a trabajar ya, pero hoy tristemente vives una realidad que no te permite acompañarme pero sabías que llegaría a este momento tan especial e importante en mi vida.



Agradecimiento

Yo lo llamo un don que la vida me dio ganarme rápido el cariño de las personas y es q soy afortunada de tener muchas personas que me ayudan y me quieren, gracias a todos y muy especialmente a:

- Mi mamá, mi motor para llegar hasta aquí, la persona q más me apoyó y me ayudó a la realización de la misma, gracias por tu amor y comprensión, por todo lo que me has enseñado, por no dejar rendirme nunca y luchar por lo que quiero por más que se enrede el hilo. Te amo
- Mi novio precioso gracias por no solo apoyarme sino también sentarte conmigo ayudarme, por querer aprender mis cosas, por motivarme y tampoco dejarme rendir, por soportar mis días de estrés en los que ni yo me aguantaba, pero sobre todo gracias por tu amor, entrega, cariño y comprensión, eres muy importante para mí, te adoro mi vida.
- Mis abuelos, mi adoración, esos que siempre estuvieron ahí para consentirme, educarme y regañarme, les agradezco por toda su sabiduría, por el amor que siempre me dan, por preocuparse constantemente y estar al pendiente de mi avance en la tesis, son mi vida los quiero muchísimo.
- Gracias a mi tutora por toda la ayuda brindada, por sus consejos y sugerencias, por sus consultas por Whatsapp, por atenderme en cualquier momento, muchísimas gracias.
- Mis compañeros del departamento de Planificación y Programación del Mantenimiento de la Refinería gracias por ayudarme desde el día cero que llegué ahí, gracias por motivarme, facilitarme la información o ayudarme a buscarla, por ir al mismo tiempo enseñándome como es el trabajo ahí y por sobre todo por confiar en mí en que a pesar de tener poco tiempo y una tarea compleja sería capaz de realizarla.
- Gracias a mis amigas tanto las que vienen conmigo desde niñas como mis amigas de la universidad ustedes son las mejores y las quiero muchísimo, gracias por su ayuda, por todos los momentos que vivimos juntas, por sus



consejos, por estar siempre pendiente de mi avance en la tesis, por no negarme ayuda todo estos años.

- Como podía faltar mi mejor amigo Rey gracias por ser tan cómo eres, muy feliz de conocerte, me llevo a un gran amigo, a ese que tenía q estar pendiente como si fuera mi hermanito pequeño, gracias por contagiar siempre tu alegría, hacerme reír con tus ocurrencias, te quiero muchísimo.
- Muchas pero muchísimas gracias a Edian no por ser el último en mis agradecimientos es el menos importante; la verdad es que no sé qué sería de mi sin tu enorme ayuda, no fuiste mi tutor pero la verdad que hiciste el papel de cotutor casi tutor. Me alegro muchísimo de haberte conocido, de lo gran persona que eres, de no tener mucha experiencia con mi tema pero no me negaste ayuda y hasta donde tenías conocimiento me brindaste la mano.



Resumen

La presente investigación realizada en la empresa Refinería Níco López, tiene como objetivo programar el mantenimiento en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros. Se hizo una amplia búsqueda bibliográfica en formato escrito y digital sobre el tema, para lograr una mejor comprensión sobre la problemática a resolver. Se realizó una breve caracterización de la empresa, en particular el proceso de planificación del mantenimiento a la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros. Para ello se emplearon como herramientas: el método Delphi, el análisis de criticidad, el modelo de reaprovisionamiento instantáneo que no admite déficit y el diagrama de Gantt. El programa de mantenimiento realizado comprendió 203 equipos, con un total de 1702 actividades y una duración de 6 meses, el análisis de criticidad determinó que el F-501 se encuentra en la zona de muy alta criticidad, sumado a ello se proyectó el reaprovisionamiento de refractarios y andamios determinándose necesario pedir 326 refractarios y 188 andamios 15 días antes para no detener la reparación, se determinó las fuentes de mejoras de tiempo en función del tiempo a reducir en cada una de las actividades de la T-703.

Palabras claves: mantenimiento, planificación, programar.



Abstract

The present investigation carried out in the Níco López Refinery Company has the objective of scheduling maintenance in the Catalytic Cracking Unit and Light Finals. An extensive bibliographic search was made in written and digital format on the subject to achieve a better understanding of the problem to be solved. A brief characterization of the company was made, in particular the maintenance planning process for the Catalytic Cracking Unit and Light Finals. For this, the following tools were used: the Delphi method, the criticality analysis, the instantaneous replenishment model that does not admit deficits and the Gantt diagram. The maintenance program carried out included 203 pieces of equipment, whit a total of 1702 activities and duration of 6 months. The criticality analysis determined that the F-501 is in the very high criticality zone, added to this, the resupply of refractories was projected and scaffolding determined it necessary to order 326 scaffolding and 188 refractories 15 days before in order not to stop improvements based on time to reduce in each of the activities of the T-703 were determined.

Keywords: maintenance, planning, program.



Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Marco teórico conceptual	5
1.1. Historia y evolución del mantenimiento	5
1.2. El mantenimiento en las organizaciones	10
1.3. La gestión del mantenimiento	17
1.4. La planificación del mantenimiento	19
1.5. La programación del mantenimiento	20
Capítulo 2: Fundamentación Práctica	22
2.1 Caracterización de la empresa	22
Capítulo 3: Resultados obtenidos en la investigación.	35



Introducción

En el entorno empresarial actual, globalizado y muy exigente, las empresas están buscando implementar mejoras o cambios o alternativas de solución en sus sistemas de producción, para incrementar la efectividad empresarial y la productividad en todas las áreas de la industria, reducir la contaminación del medio ambiente, mejorar la seguridad para el personal optimizando costos y cumpliendo con los objetivos estratégicos y/o empresariales (Arrustico Loyola, 2020).

Para el buen trabajo de los equipos debe conocerse a fondo el estado técnico de las máquinas durante su explotación, así como los métodos y medios que aseguran el aprovechamiento máximo de su capacidad de trabajo con los mínimos gastos posibles tanto en su rotura como en el diagnóstico adecuado del mantenimiento de los equipos, para darle una mayor utilización, durabilidad y capacidad de trabajo del equipamiento (Rodríguez Nogueira, 2005).

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio con calidad. Es la acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, salubridad, etc. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de mantenimiento. El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, además reduce el número de roturas (Oquendo Torrecilla, 2012).

El mantenimiento es un término que ha estado sujeto a varias definiciones, con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. El mantenimiento busca que estos equipos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados (Sosa Martínez, 2016).

Los trabajos de mantenimiento se llevan a cabo para mantener el valor de los activos físicos, por eso se hace necesario que exista una planificación del mantenimiento que proporcione la eficiencia de las máquinas, el correcto funcionamiento del sistema de producción, además de verificar la vida útil de las máquinas (Sánchez Gómez, 2017).



El Mantenimiento no involucra sólo la reparación de equipamientos y maquinaria, sino que es un factor primordial para lograr la competitividad y rentabilidad de la empresa. En este marco, las soluciones tecnológicas relacionadas con la gestión de los activos empresariales son una herramienta crítica que permite integrar los procesos de mejora continua, empleando estrategias más eficientes para la gestión de activos, equipo y maquinaria (Gómez Rodríguez & Hincapié Duque, 2018).

Se ha generado la necesidad de enlazar la gestión del mantenimiento con una herramienta informática que permita la planeación, ejecución y control de todas las acciones que se derivan de su misión como mantener funcionales y seguros todos los activos de una compañía; donde dichas acciones arrojan datos que deben ser transformados en información para generar beneficios para la productividad y competitividad de las empresas al facilitar la toma de decisiones respecto a esta área (Ardila-Marín et al., 2018).

La necesidad de la racionalización combinada a la complejidad tecnológica inherente a los productos, procesos y equipos, exige la modernización de los conceptos de mantenimiento, a partir del reconocimiento de su participación en el cumplimiento de los objetivos empresariales. El costo de una falla en los equipos y sus consecuencias, es muy alto. Desde el momento en que una empresa tiene un equipo, pasa a tener sentido la preocupación con la administración racional de ese bien, justificándose por varias razones:

- Los equipos son bienes de producción de alto costo;
- Los equipos son responsables de la materialización de los productos, cuya calidad es afectada por desgastes y fallas;
- Los equipos generan productos y residuos que tienen consecuencias ambientales y financieras;
- La empresa necesita tener un retorno sobre las inversiones realizadas en equipos para preservar su poder de reposición y garantizar su competitividad (Choque Apaza, 2019).



Una empresa que sea capaz de aplicar el plan de mantenimiento podrá competir en busca de la excelencia ya sea de un producto o un servicio. En los últimos años se aprecia un significativo interés por optimizar las actividades de mantenimiento con el objetivo de convertirlas en organizaciones flexibles, capaces de adaptarse a los constantes cambios a partir del incremento de sus capacidades de respuesta en las nuevas condiciones del entorno al que se enfrentan. Para poder lograr las metas planteadas todas las empresas deben tener dentro de sus prioridades la implementación de un adecuado plan de mantenimiento que le permita conservar operable, con alto grado de eficiencia y eficacia, todos sus activos fijos (Cuevas Bravo, 2020).

La ingeniería del mantenimiento se enfoca en la optimización de equipos, procedimientos y presupuestos para lograr una mejor mantenibilidad, fiabilidad de sistemas y disponibilidad de los equipos. Permite definir estrategias de control y mejorar los procesos dentro de la empresa de forma complementaria o independiente (Rodríguez Figueroa, 2020).

La presente investigación se realiza en la Empresa Refinería de Petróleo Níco López de La Habana, en la misma, la última reparación capital en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros fue a mediados del 2012. A pesar de que se han realizado reparaciones parciales por oportunidad a los equipos que han presentado avería, se requiere recuperar el ciclo de mantenimiento a todo el equipamiento, el cual se deteriora por la no operación de la unidad.

Con la aplicación del Método Kendall se seleccionan como problemas de la investigación la aplicación de las órdenes de trabajo digital, la actualización del Módulo Patrimonio y la planificación del mantenimiento de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros, que se muestran en el **anexo1**.

Por lo que se define como problema científico de la investigación: el funcionamiento de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros está afectado por incumplimientos en el ciclo de mantenimiento de los equipos.



En correspondencia con el problema planteado se define como objetivo general de la investigación: Programar el mantenimiento en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros.

Los objetivos específicos son:

- Sistematizar los elementos teóricos necesarios para llevar a cabo programas de planificación y programación de mantenimiento.
- Caracterizar la empresa Refinería de Petróleo Níco López de La Habana.
- Elaborar la programación del mantenimiento de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros.

Para una mejor comprensión de la investigación la misma se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1. Fundamentación teórica y revisión bibliográfica. En este capítulo se exponen los principales aspectos teóricos al respecto del mantenimiento, la gestión del mantenimiento, su planificación y programación.

Capítulo 2. Descripción del objeto de estudio. Metodología de la investigación. Caracterización de la empresa Refinería de Petróleo Níco López de La Habana.

Capítulo 3. Resultados obtenidos en la investigación. En el capítulo final se muestran los resultados de la aplicación del procedimiento para programar el mantenimiento y los análisis realizados que fundamentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Finalmente se exponen las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos que sustentan la investigación.

Fueron referenciadas un total de 59 bibliografías, de estas el 78 % corresponden a los últimos 5 años, el 13,6 % pertenecen al idioma extranjero, el 38 % corresponden a artículos de revistas científicas y 61 % a investigaciones de tesis.



Capítulo 1. Marco teórico conceptual

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación, fruto de una revisión bibliográfica de los clásicos de la literatura en los temas relacionados a la Ingeniería Industrial, así como los autores más abordados en los últimos años.

1.1. Historia y evolución del mantenimiento

El mantenimiento surge desde que el hombre ha tenido la necesidad de crear herramientas para sobrevivir. Estas tenían sus fallos o se rompían, por lo que tenía que repararlas o mejorarlas para que estas tuviesen una durabilidad superior. Fue en la Revolución Industrial y la mecanización de las industrias, un punto de inflexión, donde surgió la preocupación por los fallos de las herramientas o de los equipos, incluso en ocasiones, el paro de la industria. Esto dio pase a una serie de estudios y aplicaciones que se muestran en la tabla 1.1 sobre el mantenimiento llevado a cabo en el siguiente orden cronológico:

Tabla 1.1 Historia y evolución del mantenimiento

1780	Mantenimiento Correctivo (CM). Inicio de la Revolución Industrial. Se realizan los bienes por hombres, por lo que los productos son escasos y caros.
1798	Mejora del CM. Uso de partes intercambiables en las máquinas para que, en caso de piezas rotas, no necesitarse que se haga una a medida. Producción en masa.
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo.
1914	Mantenimiento Preventivo (MP). La Industria de guerra necesitaba trabajar de forma continua con demanda urgente de productos. Otro punto importante fue la necesidad de que las máquinas de guerra más importantes no fallasen.
1916	Inicio del Proceso Administrativo creado por Henry Fayol. Un modelo integrado de cinco elementos: previsión, organización, dirección,



	coordinación y control.
1927	Uso de la estadística en producción a fin de controlar el trabajo.
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado.
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto donde permitía ver y establecer prioridades.
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística. Debido a la Segunda Guerra Mundial, se necesitaban las industrias del acero las 24 horas.
1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC) porque se veía que el MP no daba buenos resultados.
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad.
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM).
1951	Se da a conocer el “Análisis de Weibull”, una técnica para estimar una probabilidad basada en datos medidos o supuestos para solucionar problemas de mantenimiento.
1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Surge en la industria aérea.
1961	Se inicia el Poka-Yoke (a prueba de errores). Este sistema entra en juego cuando esta la seguridad humana.
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC) basados en el MP.
1965	Se desarrolla el análisis Causa- Raíz (RCA).
1968	Se presenta el libro “Mantenimiento centrado en la Confiabilidad” conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS).



1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO). Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's).
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).
2008	Aplicación de Six Sigma en las organizaciones
2010	Diseño de estrategia para mejorar la confiabilidad basado en el mantenimiento centrado en el negocio
2012	Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma
2012	Metodología para el diseño de modelos gerenciales de mantenimiento industrial y servicios (RT5PG)
2016	Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización de la energía eléctrica
2018	Implementación de Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO)
2019	Se desarrolla una metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.
2019	Se desarrolla una metodología para la implementación de un sistema de Mantenimiento Centrado en la Eficiencia Energética (MCEE).
2022	Desarrollo de un modelo de mantenimiento basado en el método Jack Knife para priorización de equipos, toma de decisiones en costos de ciclo de vida y tiempo óptimo de reemplazo.

Fuente: elaboración propia a partir de Suárez Martínez (2020).



Pero históricamente, este largo período de tiempo de desarrollo se ha agrupado, de forma más simple, en generaciones como muestra el cuadro 1.1 a continuación:

Cuadro 1.1 Generaciones del mantenimiento

<p>Primera generación:</p> <p>La más larga desde la revolución industrial hasta después de la Segunda Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El mantenimiento se ocupa solo de arreglar averías. Es el mantenimiento Correctivo.</p>	<p>Segunda generación:</p> <p>Entre la Segunda Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienzan a hacer sustituciones preventivas. Es el mantenimiento Preventivo.</p>
<p>Tercera generación:</p> <p>Surge a principios de los años 80. Se empiezan a realizar estudios CAUSAS–EFECTOS para averiguar el origen de los problemas. Es el mantenimiento Predictivo o detención precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles.</p>	<p>Cuarta generación:</p> <p>Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: “Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el mantenimiento basado en el riesgo (MBR). Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficio, frente al antiguo concepto de mantenimiento como “mal necesario”. La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la</p>



	empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mismo coste.
--	---

Fuente: Alvarez Roja (2020).

El mantenimiento trata de asegurar cuatro objetivos fundamentales: disponibilidad, fiabilidad, costo y medio ambiente.

La disponibilidad de una instalación se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico. El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación.

La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. Se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada. El incumplimiento de este programa de carga puede llegar a acarrear penalizaciones económicas, y de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación.

El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. El presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediablemente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior a lo que la instalación requiere empeora los resultados de la cuenta de explotación.

Tener en cuenta la seguridad y el cuidado del medio ambiente, nos aseguran la reducción del riesgo de impacto ambiental de los equipos y de las acciones de mantenimiento.



Los factores causales más importantes identificados que pueden propiciar la ocurrencia de impacto al medio ambiente desde el mantenimiento son: los errores humanos, la ausencia de mantenimiento, la aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas y procesos de mantenimiento no controlados (Fernández Álvarez, 2018).

1.2. El mantenimiento en las organizaciones

Se define al mantenimiento como el conjunto de actividades mediante las cuales un sistema, máquina o equipo se mantiene o se restablece a sus condiciones óptimas de funcionamiento, con el fin de que cumpla con sus actividades designadas. Es de suma importancia en sistemas, máquinas o equipos que se requieran en el proceso productivo de bienes o servicios. Es uno de los factores más importantes en cuanto a la calidad de los productos, si un equipo o máquina tiene mucha variabilidad en su funcionamiento esta puede afectar seriamente la calidad del producto haciendo que la empresa sea menos competitiva en el mercado (Martínez Begambre, 2021).

Objetivos del mantenimiento

- Reducir los costos, mejorar la calidad y elevar la disponibilidad de las máquinas, reduciendo averías accidentales.
- Reducir el ritmo de deterioro de las máquinas, elevarles su vida útil y evitar producciones defectuosas.
- Proteger el medio ambiente y garantizar seguridad en el trabajo.
- Vincularse con diseñadores y fabricantes para con su experiencia mejorar la concepción y fabricación de las máquinas (Vega Castillo, 2020).

Principios básicos para la organización del mantenimiento

- Establecer una clara y razonable división de autoridad y responsabilidad.
- Mantener una línea vertical de autoridad y responsabilidad lo más corta posible.
- Establecer el número óptimo de personas que se subordinan y reportan a un mando.



- Establecer la organización del personal involucrado en la actividad.
- Reducir costos de mantenimiento por una vida productiva.
- Minimizar el tiempo de afectaciones al proceso productivo por los equipos críticos.
- Minimizar costo de mantenimiento por los equipos no críticos (Romero Zequeira, 2013).

Funciones básica de la actividad de mantenimiento

- Mantenimiento al equipamiento en las instalaciones existentes.
- Mantenimiento a las edificaciones y los terrenos.
- Mantenimiento de lubricación, pintura y protección contra la corrosión.
- Inspección a los equipos, instalaciones y edificaciones.
- Recuperación, reparación o fabricación de equipos, agregados, conjuntos, partes o piezas.
- Modificación de los equipos, las instalaciones y las edificaciones existentes (o instalación de nuevos equipos o construcción de nuevas instalaciones o edificaciones). (Martínez Sosa, Pedro A., 2016)

La finalidad del mantenimiento es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción (Véliz Muñiz, 2011).

Actividades de mantenimiento

Son diferentes en cada compañía, institución o empresa, teniendo en cuenta aspectos como: número, tipo y/o tamaño de las edificaciones que se utiliza en sus procesos productivos, disponibilidad de los servicios de mantenimiento en el medio en que se desarrollan las operaciones, etc. En función de estos parámetros las tareas de mantenimiento se dividen en:

Funciones primaria:



- Mantenimiento de las edificaciones existentes en la institución y de sus instalaciones.
- Mantenimiento de los diferentes equipos existentes en las edificaciones.
- Inspección y lubricación de maquinarias, equipos en general de acuerdo a las condiciones estándares y recomendaciones del fabricante.
- Inspecciones programadas y aleatorias de las edificaciones, maquinarias, equipos y en general los sistemas y equipamiento complementario de la organización.

Funciones secundaria:

- Disposición de desperdicios.
- Recuperación y programación de reciclaje.
- Protección de plantas, edificaciones en general. Seguridad industrial.
- Manejo de inventarios de activos fijos.
- Eliminación y control permanente de contaminantes y ruidos (Martínez Díaz, 2021).

Importancia del mantenimiento

El mantenimiento de equipos es la columna vertebral de soporte de un proyecto de industria puesto que conlleva un peso en las decisiones de la planta para obtener ventajas con su implementación, tales como: aseguramiento de la eficiencia de la maquinaria, incremento de la vida útil de los equipos, continuidad de los procesos, mejora de la productividad, reducción de riesgos laborales y materiales, promoción de la sostenibilidad, reducción de costos, cumplimiento de la normativa vigente, de tal forma que el mantenimiento constituye una prioridad para la empresa, genera confiabilidad en los procesos productivos compuestos por maquinarias y equipos disponibles y con funcionamiento óptimo (A. & Roberto, 2021).

Sistemas de mantenimiento

En la figura 1.1 se presentan las principales clasificaciones que se le han otorgado a los mantenimientos.

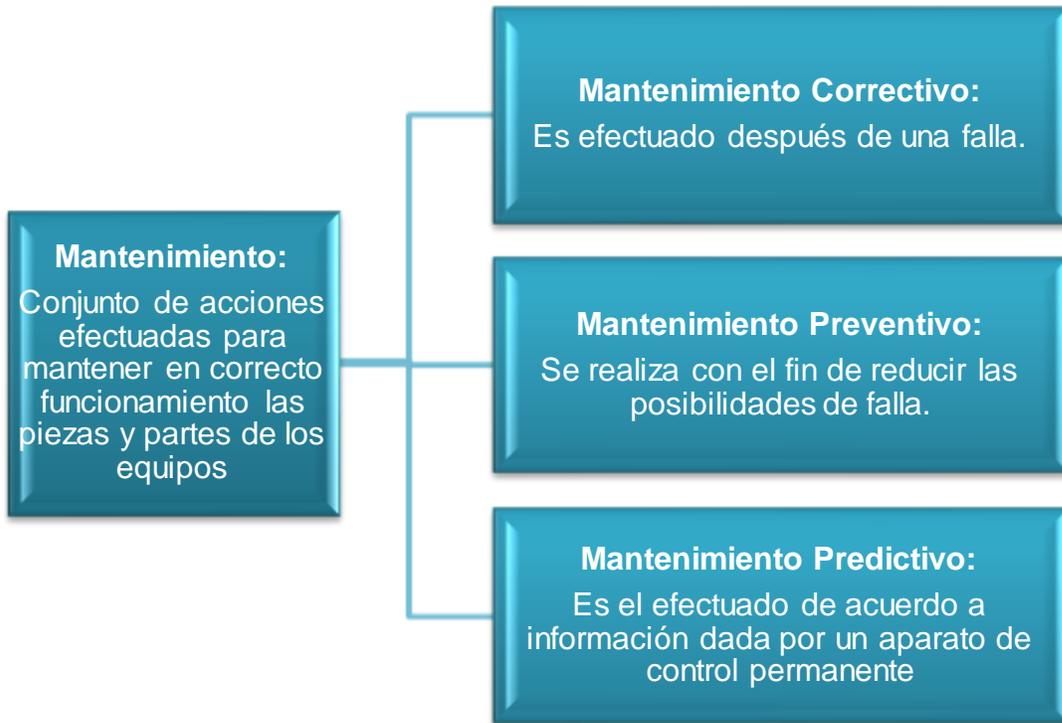


Figura 1.1. Clasificación del mantenimiento

Fuente: elaboración propia

Mantenimiento Correctivo

Es el mantenimiento realizado con el fin de remediar las averías que se muestran en los equipos (Gantert et al., 2018). Su clasificación es:

No planeado: labor de incidencia que no fue descubierto la avería. Debe efectuar con prisa

Planeado: se da a conocer previamente con el fin de ejecutar, de manera que se presente una falla o se detenga la máquina se posea los materiales precisos para su reparación así tener todo lo requerido como H - H, suministros y protocolo de práctica útiles para su realización adecuadamente (Vite Elias & Lizana Palacios, 2022).

- Mantenimiento contra averías: se le realiza a un equipo después que se haya producido la avería, dejándolo en condiciones óptimas de funcionamiento.



- Mantenimiento de emergencia: se le realiza a un equipo de forma inmediata para así evitar males mayores, cuando este ha empezado a dar síntomas de una alta degradación, y solo logra mejorar en algo sus parámetros de trabajo, no lo deja en condiciones óptimas.
- Mantenimiento de urgencia: se realiza de forma inmediata y con el objetivo de ponerlo en funcionamiento a cualquier precio y generalmente el equipo queda bajo pésimas condiciones (Cabrera del Forn, 2020).

Mantenimiento Preventivo

Consiste en un grupo de acciones planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos (Rodríguez Ruiz, 2018).

Son intervenciones típicas de éste sistema la limpieza, ajustes, aprietes, regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos, siempre que sean planificado previamente (Gholizadeh et al., 2018). Las acciones de reparación se pueden clasificar en:

- Pequeñas, se corresponden con trabajos que se realizan sin desmontar la máquina, pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza, cambio de piezas de fácil acceso, etc., siempre que exija una pequeña laboriosidad.
- Medianas, exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando piezas deterioradas y ejecutando otras acciones de las mencionadas para reparaciones pequeñas, pero con una laboriosidad mayor.
- Generales, se desmonta y desarma toda la máquina, reparando y cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales.

Ventajas:

- Mayor vida útil de las máquinas.



- Incrementa su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan.
- Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio ambiente.
- También garantiza la planificación de los recursos para la ejecución de las operaciones.

Desventajas:

- El costo del accionar obligatorio del plan.
- Las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas
- Limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado límite (Valdés Pita, 2020).

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se usa para monitorear ciertos parámetros asociados con la condición física del equipo (temperatura, vibración, etc.) para evitar fallas y mantener estándares elevados de calidad. Es una práctica que recomienda acciones de mantenimiento basadas en el estado del sistema, es decir, cuando se observa una cierta condición de degradación (Pech et al., 2021). En este enfoque de mantenimiento, los datos de los parámetros se analizan buscando una tendencia que permita predecir la degradación del rendimiento del sistema. Luego, las actividades de mantenimiento se programan en función del tiempo esperado de fallas futuras y otros aspectos relevantes de la condición física del sistema (Tasé-Velázquez et al., 2020).

Ventajas:

- Se evitan desarmes innecesarios y se conoce el estado del equipo.
- Ahorro de los costos.
- Reducción de las averías y paros de trabajos.
- Aumenta la seguridad del operario.

Desventajas:



- Necesidad de un personal más calificado.
- Aumenta el costo de los equipos (Marín Rodríguez, 2020).

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM es definido como un sistema integrado con orígenes japoneses, su objetivo es la sustracción de las 6 pérdidas por desperdicios, llegando a una eficiencia total lo cual lleva a que la empresa alcance una competitividad total, tiene como principio la mejora continua (Mutaqiem & Soediantono, 2022). Es una de las herramientas más utilizadas en la actualidad para lograr la eficiencia y competitividad en una empresa, apegándose a los regímenes de calidad, tiempos y costos, es tomada como herramienta de evolución para las nuevas formas de mantenimiento, toma en cuenta todo el ciclo de la producción minimizando el nivel de fallas del mismo, de igual manera los fallos de la producción (Chacon Mendiola, 2019).

Se enfoca en lograr determinado nivel de disponibilidad de producción, en condiciones exigibles sobre la misma, al mínimo costo y con el máximo de seguridad para el personal que la utiliza y mantiene. Su principal enfoque es: la maximización de la productividad y la integración grupal de todas las personas que tienen de alguna manera contacto con la máquina (Reyes Alcántara, 2019).

Desventajas:

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
- La inversión es formación y cambios generales de la organización es costosa.
- El proceso de implementación requiere de varios años (León Martínez, 2012).

Cuando no se realiza adecuadamente el Mantenimiento Productivo Total se corre el riesgo de incurrir en las seis grandes pérdidas, las mismas son:



- Fallos del equipo que producen pérdidas de tiempo.
- Ajustes de máquinas o tiempos muertos, en los que entran los cambios de formato, cambios de producto, etc.
- Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores) que ocurren en el transcurso de la producción. Están relacionadas con las pérdidas de tiempo por instrumentación defectuosa, problemas con la producción, pequeñas obstrucciones, etc.
- Velocidad de operación reducida, cuando el equipo no funciona a su capacidad máxima. Las pérdidas están relacionadas con la producción por no trabajar a la velocidad programada.
- Defectos en el proceso: al haber defectos en el proceso desperdicia la producción creando merma u obligando a reprocesar los productos defectuosos.
- Pérdidas de tiempo como las que ocurren en la puesta en marcha de un nuevo proceso o en los periodos de pruebas.

Visto esto se concluye que para acabar con las “seis grandes pérdidas” todo el personal relacionado con la producción ha de estar involucrado en el TPM, no solo el departamento de mantenimiento. Para llevarlo a cabo es necesario que los operarios de producción, los operarios de limpieza y todo aquel que intervenga en la fabricación del producto participen en él (Castillo, 2018).

1.3. La gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento industrial se define según el tipo y necesidad de la empresa (Albuquerque Oliveira & Lopes, 2019). El propósito de la gestión de operaciones de mantenimiento es, optimizar la producción, evitar la paralización de la manufactura, reducir costos, minimizar el desperdicio de recursos, prolongar la vida útil de los equipos, entre otros (Ronald Moscoso et al., 2019).

La gestión del mantenimiento en una empresa se realiza dependiendo de la importancia que tenga un paro en un equipo, qué consecuencias trae en el sistema productivo y dependiendo de la ruta crítica del proceso. La principal función consiste en rebajar el mantenimiento correctivo hasta el nivel óptimo de



rentabilidad para la empresa. La importancia se basa en la prevención del deterioro de los equipos industriales y las consecuencias que de este se originan. Debido al alto costo que supone este deterioro para las empresas, es necesario aumentar la fiabilidad de los equipos, la seguridad de los equipos y de las personas (Martín Sánchez, 2020).

Principales objetivos de la gestión de mantenimiento

- Minimizar la pérdida de tiempo productivo debido a fallas de los equipos.
- Extender la vida útil de la planta.
- Minimizar las pérdidas de producción.
- Asegurar la disponibilidad operacional de todos los equipos.
- Uso eficiente de los equipos.
- Garantizar la seguridad personal mediante la inspección y su respectivo mantenimiento.
- Mejorar la calidad de los productos y su productividad.
- Minimizar el costo total de mantenimiento.
- Mejorar la fiabilidad, disponibilidad y el mantenimiento (Serrano Lanchimba, 2021).

La informática aplicada a la gestión del mantenimiento

Los sistemas de gestión de mantenimiento computarizados son herramientas de software empaquetadas diseñadas específicamente para ayudar a las empresas en la gestión del mantenimiento. La mayoría de las empresas que mantienen equipos hoy en día tienen algún tipo de CMMS en uso y hay cientos de paquetes disponibles comercialmente para elegir. El crecimiento y la evolución en TI han llevado a un aumento dramático en la capacidad y disponibilidad de herramientas de software para soportar el mantenimiento (Vahos et al., 2019).

La implantación de un sistema de mantenimiento informatizado en la empresa, representa para esta una mejora tecnológica y organizativa. La informatización del mantenimiento aporta al menos dos beneficios: el de la disponibilidad de información para tomar mejores decisiones y el de sistematizar, ordenar y



controlar las acciones que se derivan de estas decisiones. Todo ello en menor tiempo, por tanto, con mayor eficiencia (Falcón Alonso, 2018).

1.4. La planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento es un proceso que se refiere a la existencia de una estructura organizada de planes de mantenimiento que estén alineados con las reales necesidades de los equipos (Al-Refaie et al., 2022); en casos en que la cantidad de equipos sea importante es necesario efectuar un análisis de criticidad (Betancourt, 2019).

En la planificación del mantenimiento se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿cuándo hacerlo?, ¿con qué hacerlo? y ¿con quién hacerlo? (Duan et al., 2018) Aquí se definen: las acciones de mantenimiento (preventivo, correctivo) a realizar en los equipos o instalaciones, los recursos necesarios (materiales y humanos), y se establece el balance de las cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo (Guerra Amaya, 2020).

La planificación del mantenimiento dentro de una empresa u organización es una base fundamental para lograr la gestión del mantenimiento, con la finalidad de cumplir los objetivos y metas que se ha planteado la empresa en un determinado tiempo (Merino Yáñez & Bastidas León, 2021).

La planificación cumple dos propósitos principales en las organizaciones: el protector que consiste en minimizar el riesgo, reduciendo la incertidumbre que rodea al mundo de los negocios y definiendo las consecuencias de una acción administrativa determinada y el afirmativo que procura elevar el nivel de éxito organizacional (Quevedo-Vázquez et al., 2019).

La planificación se define desde tres puntos de vista:

- A largo plazo: cubre un período de 5 años o más
- A mediano plazo: planes a 1 mes y hasta un año
- A corto plazo: planes diarios y semanales (Horta Labrada, 2010)



El proceso de planificación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, la mano de obra y los estándares de tiempo, entre otros. La óptima planeación se logra conociendo tres principios, precisión, flexibilidad y unidad, para confeccionar el plan de mantenimiento (Marrero-Hernández et al., 2022).

1.5. La programación del mantenimiento

La programación del mantenimiento es la frecuencia con la que se realiza la asignación de recursos y de colaboradores para el mantenimiento a realizar. Para ellos se debe garantizar que los materiales, piezas y mano de obra requeridos estén disponibles para la programación de las actividades de mantenimiento (Rayme Flores & Díaz Dumont, 2021).

La sistematización del mantenimiento debe ser una programación detallada de todas las actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades de producción en la escala temporal y el costo de oportunidad para el negocio durante la ejecución de las tareas. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el impacto en la producción. La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto plazo (<1 año), medio (1-5 años) y largo (> 5 años) (Rayme Flores & Díaz Dumont, 2021).

La programación expande la mente, ayuda a pensar en forma sistémica y ordenada, permitiendo que las personas mejoren y automaticen tareas que realizan en sus trabajos de la vida diaria. Es una actividad que implica un proceso mental, generalmente complejo y creativo que exige inteligencia, conocimiento, habilidad y disciplina. Este acto de programar parte de un problema expresado en lenguaje natural, que enuncia límites y modela una solución en un lenguaje computacional (Pérez Montero & Hernández Pérez, 2019).

Las técnicas de programación de actividades permiten generar esquemas de asignación de tareas y secuenciación de operaciones que posibilitan un eficiente uso de los recursos y se logra cumplir con las actividades en los tiempos requeridos (Arango Marín et al., 2020).



Ventajas de la programación del mantenimiento:

- Elaboración de productos de alta calidad y a bajo costo.
- Satisfacción de los clientes con respecto a la entrega del producto en el tiempo acordado.
- Reducción de los riesgos en accidentes de trabajo ocasionados por el mal estado de las máquinas o sus componentes.
- Disminución de costos provocados por paradas del proceso de producción cuando se presentan reparaciones imprevistas.
- Detección de fallas producidas por el desgaste de piezas permitiendo una adecuada programación en el cambio o reparación de las mismas.
- Evita los daños irreparables en las máquinas.
- Facilita la elaboración del presupuesto acorde con a las necesidades de la empresa (Olarte C. et al., 2010).

Factores por tener en cuenta para la planificación y programación

- Pleno conocimiento de los procesos, de los métodos de producción, de la maquinaria, de los equipos, etc.
- Contar con un buen equipo de trabajo, donde se tenga la experticia, los conocimientos y las habilidades, para así poder estimar todos los ítems (cómo personal calificado, tiempos, equipos, herramientas, materiales, etc.) que se debe tener en cuenta en la planeación y programación del mantenimiento en las industrias (Chen et al., 2022).
- Tener excelentes habilidades de comunicación con todos los involucrados.
- Respeto por las personas.
- Que el personal esté comprometido con su seguridad (integridad física), con el medio ambiente, con su desarrollo personal y laboral, y por supuesto, con su empresa (Pérez Rondón, 2021).



Capítulo 2: Fundamentación Práctica

En el presenta capítulo se muestra una caracterización de la empresa Refinería de Petróleo “Ñico López”, la cual representa el objeto de estudio de la investigación.

2.1 Caracterización de la empresa

La empresa cuenta con una estructura organizacional basada en la estructura central de la Empresa y 8 Unidades Empresarial de Base con una plantilla total aprobada de 1130, cubierta en un 70 % para un total de 854 trabajadores activos, debido sobre todo al bajo atractivo salarial, de ellos el 75 % son hombres (642) y el 25% mujeres (212) y un área de servicios internos. En el **anexo 2** se representa la estructura organizativa de la organización.

La empresa Refinería de Petróleo “Ñico López” se construyó entre los años 1957 y 1958 por dos grandes compañías petroleras, la ESSO y la Shell, se nacionalizó el 6 de agosto de 1960, ocupa un territorio de 2,8 Km., situada en el litoral este de la bahía de la ciudad de La Habana, en la costa norte de Cuba, con domicilio en Vía Blanca y Belot s/n. En la misma se encuentran la EMCOR (UEB Movimiento de tierra Occidente), Tecnomática (Laboratorio de Metrología), SEPSA (Seguridad), EMSERPET (UEB Transporte), EMSERPET (UEB Alimentación Y Limpieza), Cubalub (Empresa Nacional Lubricantes), Cubalub (UEB HABANA), ECC Habana (UEB Terminal 221), EMPET (UEB Habana).

En la actualidad tiene una capacidad de procesamiento de 1500 millones de toneladas métricas en el año y cuenta con cinco Unidades Económicas de Base (UEB): Planta 1 ((D/A, D/V, Reformación), Planta 2 (C/C y F/L), Facilidades Auxiliares, Movimiento y Almacenaje de Productos y Operaciones y Ventas.

Misión:

Brindar servicios de Refinación de Petróleo y Productos Derivados, y servicios de naturaleza industrial para satisfacer las necesidades y expectativas del Mercado Nacional de manera competitiva.

Visión:



Ser la principal Empresa del Sistema CUPET en brindar servicios de Refinación, con un surtido de hidrocarburos competitivos de alta calidad para lograr la satisfacción de los clientes.

Su objeto social es:

- Realizar el procedimiento de petróleo crudo y sus derivados, en pesos cubanos.
- Recepcionar y manipular combustibles a las empresas de la Unión Cuba-petróleo, en pesos cubanos y a otras entidades en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Prestar servicios de alquiler de capacidades de almacenamiento de combustibles a las empresas de la Unión Cuba-petróleo, en pesos cubanos.
- Brindar servicios de operaciones de carga y descarga de combustibles en buques tanqueros (que incluye muellaje) en los muelles propios en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Prestar servicios en operaciones de combustibles a buques en muelles propios y por patanas, en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Brindar servicios de deslastre, limpieza, suministro de combustible y agua a buques tanqueros, en muelles propios en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Brindar servicios de laboratorios de análisis especializados de combustibles a las empresas de la Unión Cuba-petróleo, en pesos cubanos y a otras entidades en pesos cubanos y pesos convertibles al costo.
- Brindar servicios de rehabilitación de combustible a empresas de la Unión Cuba-petróleo en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista chatarra a empresas de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas en pesos cubanos y pesos convertibles.
- Comercializar de forma mayorista recursos ociosos y de lento movimiento en pesos cubanos.
- Comercializar de forma mayorista recursos y materiales contenidos en sus existencias que sean necesarios para la continuidad del proceso productivo a



las entidades de la Unión en pesos cubanos, al sistema del Ministerio de la Industria Básica en pesos cubanos y pesos convertibles y a las asociaciones económicas internacionales y empresas mixtas vinculadas al petróleo en pesos convertibles y en todos los casos previa autorización de la Unión, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.

Política de Calidad:

Brindar PRODUCTOS y SERVICIOS que logren la satisfacción de los CLIENTES y cumplan sus expectativas, asegurando las especificaciones de los productos combustibles según el Catalogo de Especificaciones de CUPET, sobre la base del cumplimiento de los requerimientos legales y reglamentarios vigentes y la mejora

Entre los principales proveedores del sistema CUPET se encuentran la Empresa de Servicio Petroleros (EMSERPET), la Empresa de Mantenimiento del Petróleo (EMPET Div. Francisco Acanda), la Empresa de Mantenimiento del Petróleo (EMPET División Occidente), la Empresa de Transporte de Hidrocarburos y Derivados por Ductos (EMCOR) y Tecnomática.

Entre los principales proveedores fuera del sistema CUPET se encuentran la Empresa Constructora de Obras Industriales No. 9 (CONAM), la EMCE Ayala Molina, EMCE Juan Ronda, la EMCE Servicios Técnicos, EMCE Turcios Lima, la EMCE Cienfuegos, CCS 28 de enero, la Unidad Empresarial de Base Vías Férreas, Maquimotor, la Cooperativa de créditos y servicios Camilo Cienfuegos Gorrearán. TCP Arian Pérez González, MIPYME Sociedad Mercantil de Responsabilidad limitada Construcciones SERCAL SRL, Emp. Servicios portuarios de occidente, Flogolfo, Womy, Inversiones Gamma, Registro Cubano de Buques y TCP Elis Cruz Cuba.

La Refinería Níco López es la de mayor conversión en el país y la única que posee planta de craqueo catalítico, es la empresa mayor productora de asfalto y gas licuado.



En los últimos años el % de utilización de la capacidad instalada en las principales unidades de proceso ha sido de menos del 85 %, a partir de las irregularidades con la calidad y cantidad de materia prima.

La organización del mantenimiento de la empresa es zonal y está diseñado sobre la base de lo establecido en el Manual de Dirección y Organización Técnica de la Producción del MINBAS (MINBAS, 2010), asistido por un sistema de gestión de mantenimiento por computadora (SGESTMAN).

En la refinería se combinan varios tipos de mantenimiento:

- Preventivo basado en la condición, no garantiza conocer la causa del problema.
- Mantenimiento correctivo, realizado después de la falla.

Para evaluar la actividad de mantenimiento es imprescindible analizar los indicadores fundamentales de disponibilidad, efectividad y costos, los cuales son determinados por el grupo de programación. Los principales indicadores de mantenimiento que se calculan en la Refinería Níco López se muestran en los indicadores de efectividad del mantenimiento.

El departamento de Planificación y programación está integrado por Raúl E. Zaldívar Noris Especialista A en Mantenimiento con 4años de experiencia, Orlando Salvador González Cuesta Especialista A en Mantenimiento Industrial con 4años de experiencia y Lázaro Abraham Peñalver Trujillo Técnico en proyecto e ingeniería con 3 años de experiencia.

Selección del objeto de estudio

Se selecciona la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros para realizar la planificación del mantenimiento porque resulta de interés para la empresa debido a que esta planta aprovecha los residuos del proceso de refinación del crudo para la fabricación de gas licuado para el consumo doméstico que abastece a la ciudad de La Habana y de gasolina especial o regular tanto para el territorio nacional como para la comercialización con el fin de reducir las importaciones de la



materia, además este proceso en Cuba solo se realiza en la Refinería Níco López el cual se encuentra paralizado debido al deterioro del equipamiento de la unidad.

Descripción del proceso de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros

A partir del proceso de destilación al vacío de Planta 1 se obtiene un subproducto: plato colector que es la materia prima empleada para el proceso de craqueo catalítico y finales ligeros. El craqueo catalítico es un proceso de la refinación del petróleo que consiste en la descomposición termal de los componentes del petróleo en presencia de un catalizador, con el propósito de craquear hidrocarburos pesados y convertirlos en hidrocarburos livianos de cadena corta. Su finalidad no es otra que la de obtener la mayor cantidad de hidrocarburos livianos de gran aprecio para la industria.

Objetivo de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros

El objetivo fundamental de la unidad es convertir por medio de reacciones de craqueo catalítico un producto de alto peso molecular en otro de bajo peso molecular y así mismo separar los productos ligeros de la unidad de Craqueo Catalítico en cuatro chorros fundamentales de forma tal que estos puedan ser utilizados como componentes de las mezclas de productos terminados o productos terminados en sí o como parte de las facilidades auxiliares para obtener gasolina especial y gas licuado aprovechando el 75% de la materia prima para que sea eficiente el proceso.

2.2. Procedimiento para el mantenimiento

Etapa 1. Preliminar

En esta etapa se desarrollan 2 pasos. El objetivo es: crear un grupo de trabajo concientizado capaz de desarrollar cada una de las actividades del estudio.

Paso 1. Formación del grupo de trabajo

En el contexto actual es fundamental conformar equipos de trabajo exitosos con profesionales que cuenten con las habilidades necesarias para sacar adelante los objetivos y metas trazadas.



La formación de un equipo es el proceso en el que cada uno de los miembros se vuelve consciente de los otros pero la confianza aún no está desarrollada, por lo que es difícil abordar y tomar decisiones. El líder es necesario para dirigir al equipo y dar a conocer los objetivos del mismo; así como también para distribuir los roles de los integrantes. Una buena forma de iniciar la primera reunión del equipo de trabajo es con la presentación de todo el equipo, acto que propicia la creación de los primeros vínculos entre ellos y logra a su vez que baje la tensión.

En este paso se propone la conformación de un equipo de trabajo interdisciplinario compuesto por, al menos, seis personas. La mayoría serán miembros de la UB de Mantenimiento de la entidad.

Paso 2. Capacitación del grupo de trabajo

Dentro de toda la organización, sea de cualquier tipo, propósito o tamaño, existe un bien intangible que le da vida al funcionamiento de los procesos internos que en ella se dan. Este bien es su personal, su recurso humano, el cual sin importar la complejidad ni la validez del programa de selección que se aplique en una organización, siempre necesitará ser sometido y productividad en sus puestos, bien si son de nuevo ingreso o si ya tienen cierta antigüedad en la empresa.

Debido al proceso de crisis económica por el cual atraviesa el mundo actualmente, así como por la creciente competitividad de productos y servicios en diversas áreas del quehacer humano, es importante recalcar la importancia de evaluar la necesidad de contar con un personal preparado para enfrentar estas demandas. Dentro del entorno empresarial hay un aspecto que puede ayudar a garantizar la satisfacción de esas demandas.

Ese aspecto es la capacitación, ya que las exigencias del mundo globalizado actual, ha hecho que las personas dentro de las organizaciones deben poseer diversas habilidades, las cuales les permitan desarrollar variadas actividades y adaptarse a distintas necesidades que el mismo entorno laboral y organizacional les exija, entre ellas todos los procesos inherentes al aprendizaje y la enseñanza dentro de ellas, los cuales permitirán contar con personal mejor y constantemente preparado.



En este paso se plantea que el equipo deberá poseer conocimientos sobre el estudio de mercado. Además, se contará con la presencia de algún experto externo y se nombrará a un miembro del consejo de dirección como coordinador.

Etapa 2. Planificación`

En esta etapa se desarrollan 2 pasos. El objetivo: es determinar las actividades de mantenimiento y aquellos equipos de mayor criticidad.

Paso 1. Análisis/clasificación de equipos

Para la clasificación de los equipos se aplicó el Modelo de criticidad por nivel de riesgo a los siguientes equipos: regenerador D-401, soplador B-402, T-501, F-501, E-502, p502.

Las técnicas para realizar análisis de los niveles de criticidad nos ayudan a realizar una jerarquización por importancia según diferentes factores establecidos en función de su valor dentro de una compañía o cadena de producción, esto nos ayuda a dirigir los esfuerzos y recursos de la compañía de manera racional en función de los resultados esperados.

MCR “Modelo de criticidad por nivel de riesgo” es del tipo semicuantitativo que usa las referencias para equipos de producción, propone una evaluación de riesgo que se sustenta con la siguiente fórmula:

Riesgo = Frecuencia de las fallas x consecuencias de las fallas

Donde:

Frecuencia de las fallas (Escala de fallas en un lapso de tiempo)

• Frecuencia de las fallas “F-F”; Estos valores de escala son del 1 – 5

Escala = 1: “menos de 1 ocurrencia en 5 años”

Escala = 2: “1 ocurrencia en 5 años”

Escala = 3: “1 ocurrencia en 3 años”

Escala = 4: “Entre 1 y 3 ocurrencias en 1 año”

Escala = 5: “Más de 3 ocurrencias por año”



Consecuencias: Eventos de fallas que afectan a la seguridad, el Ambiente, la calidad, producción, la mantenibilidad y los costos. Es la sumatoria ponderada de cada uno de los siguientes factores:

- “SHA” – Consecuencias que afecta a la seguridad y el cuidado medio Ambiental
- “IP” - Consecuencias que afectan al normal desarrollo de la producción
- “BM” - Consecuencias que causan baja Mantenibilidad
- “CM” – Consecuencias que afectan a los costos del departamento de mantenimiento

Donde:

$$\text{Consecuencia} = (\text{SHA} \times 0.2) + (\text{IP} \times 0.2) + (\text{BM} \times 0.2) + (\text{CM} \times 0.2)$$

Se procede a detallar las escalas para los diferentes impactos que afectan a la “consecuencia de las ocurrencias de las fallas”

- Consecuencias que afectan a la seguridad y el cuidado medio Ambiental “SHA”

Escala = 5: Riego alto para la vida o integridad física del ser humano, catástrofe para el medio ambiente, como fugas o derrames de agentes contaminantes que superan las tolerancias permitidas.

Escala = 3: Riego moderado para la vida o integridad física del ser humano, perjuicio para el medio ambiente, como fugas o derrames de agentes contaminantes fácil de contener.

Escala = 1: Ninguna posibilidad de afectar a la salud o al medioambiente.

- Consecuencias que afectan al normal desarrollo de la producción “IP”

Escala = 5: Pérdida en productos que asciende al 75%

Escala = 4: Pérdida en productos que oscila entre 50% y el 74%

Escala = 3: Pérdida en productos que oscila entre 25% y el 49%



Escala = 2: Pérdida en productos que oscila entre 10% y el 24%

Escala = 1: Pérdidas en productos menores al 10%

- Consecuencias que causan baja Mantenibilidad “BM”

Escala = 5: No se prevé productos de reserva para compensar los números de producción, los intervalos de tiempo para reparar y la logística para compra de repuestos son muy extensos.

Escala = 3: Cuentan con productos de reserva para compensar parcialmente los números de producción, los intervalos de tiempo para reparar y la logística para compra de repuestos son intermedios

Escala = 1: Se cuenta con productos de reserva para compensar en su totalidad los números de producción, los intervalos de tiempo para reparar y la logística para compra de repuestos son muy pequeños.

- Consecuencias que afectan a los costos del departamento de mantenimiento “CM”

Escala = 5: Daños definitivos al equipo, el costo total para volver a poner operativo el equipo sumando la M.O, está excediendo el 75% del valor actual del activo.

Escala = 4: El costo total para volver a poner operativo el equipo sumando la M.O son mayores al 50% y menor al 75% del valor actual del activo.

Escala = 3: El costo total para volver a poner operativo el equipo sumando la M.O, son mayores al 25% y menor al 50% del valor actual del activo.

Escala = 2: El costo total para volver a poner operativo el equipo sumando la M.O, son mayores al 10% y menor al 25% del valor actual del activo.

Escala = 1: El costo total para volver a poner operativo el equipo sumando la M.O, es menor al 10% del valor actual del activo.

Al final el análisis se representa en una matriz de 6x4 donde el eje vertical representa a las frecuencias y el eje horizontal las consecuencias, esta matriz se divide en 4 niveles de criticidad:



Zona B: zona de bajo nivel de criticidad

Zona M: zona de Medio nivel de criticidad

Zona A: zona de alto nivel de criticidad

Zona MA: zona de muy alto nivel de criticidad

F R E C U E N C I A	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
CONSECUENCIAS						

Fuente: (Padilla Salazar, 2020).

Paso 2. Identificación de las actividades de mantenimiento

Un programa de mantenimiento es el grupo de actividades que se realizan en una máquina o instalación con el objetivo de mantener en óptimas condiciones el activo durante su ciclo de vida útil.

El programa de mantenimiento se puede dividir en tres grupos:

- Actividades rutinarias que son aquellas enfocadas a prevenir fallas y se realizan de forma cíclica y repetitiva con una frecuencia determinada.



- Actividades preventivas programadas (equipo parado u operando) son las que se ejecutan con el fin de evitar futuras anomalías e imprevistos.
- Actividades predictivas son aquellas capaces de detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo.

Etapa 3. Programación del mantenimiento

En esta etapa se desarrollan 3 pasos. El objetivo es: establecer el programa de actividades, el tiempo total de ciclo del mantenimiento y los aseguramientos logísticos de piezas.

Paso 1. Determinación de los tiempos de cada actividad

A través de las entrevistas de boca en boca con los trabajadores de la UB de Mantenimiento y del análisis documental de registros previos se determinan los tiempos de cada actividad.

Paso 2. Representación del proyecto

A partir de un diagrama Gantt se representan las actividades y sus tiempos de duración. Para realizar este diagrama, es preciso analizar el orden y secuencia de estas actividades de mantenimiento.

Paso 3. Determinación de los ciclos de reaprovisionamiento de las piezas para reaprovisionamiento

La administración del inventario implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán colocarse los pedidos, las cantidades de unidades a ordenar, así como el tipo de control que se ejercerá.

Los inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización (Cortés Barón et al., 2017).

Los modelos que permiten dimensionar el volumen del inventario cuando se tiene una demanda independiente se llaman modelos de tipo reactivo que llevan a



definir un cierto punto de reorden y avisar cuando se tiene que realizar un reaprovisionamiento.

Ventajas: La facilidad de controlar los niveles de inventario; se pueden llevar, de manera más sencilla, los registros de entrada o salida de productos.

Desventajas: El volumen de material almacenado es relativamente voluminoso; inmovilización de capital y falta de liquidez; el deterioro y pérdida de productos (Céspedes Trujillo et al., 2017).

Modelo de reaprovisionamiento instantáneo que no admite déficit:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2ak}{h}}; \quad S^* = Q^* - d^*$$
$$T^* = t_1^* = \frac{Q^*}{a} = \frac{1}{f^*}; \quad CT = \frac{hs^*t_1^*}{2} + cQ^* + k$$

Donde:

Q^* = (cantidad óptima de lotes) es la cantidad de unidades que se necesitan para pedir que se minimicen los costos.

a = (razón de consumo) cantidad de piezas por día/horas/turnos que se consumen.

k = (costo de lanzamiento) es un costo fijo, es lo que cuesta comprar el lote que traen en el día determinado.

h = (costo por mantener una unidad en inventario) es lo que cuesta tener en inventario una unidad.

S^* = es la cantidad máxima a guardar en inventario.

d = es el déficit.

T = período en que se adquiere y consume un lote completo que es igual a t_1 como la adquisición es instantánea lo único que demora es el consumo y el consumo es la cantidad óptima de lote sobre el consumo diario o por turno.

Etapa 4. Determinación de las reservas de mejoras



En esta etapa el objetivo es: confeccionar y proponer un plan de acciones para las actividades que se les puede reducir su tiempo de ejecución.

A través del método Delphi se identifican aquellas actividades que pueden reducirse en tiempo, lo que constituye la reserva de mejoras.

El método Delphi es un sistema predictivo capaz de afirmar con seguridad cómo evolucionarán los factores del entorno tecno-socioeconómico y sus correlaciones en un futuro cercano. El uso de la técnica permite recopilar un mayor conocimiento a través de la participación de distintos especialistas en situaciones en la que la participación es una característica imprescindible para la elaboración del estudio (Delgado Alcántara, 2021).



Capítulo 3: Resultados obtenidos en la investigación.

En el presente capítulo se muestran los resultados de la investigación, a partir de la aplicación de los pasos y herramientas seleccionadas y descritas en el capítulo anterior, por lo que se sigue para una mejor comprensión el orden propuesto.

Procedimiento

Etapa 1. Preliminar

Paso 1. Formación del grupo de trabajo

En esta etapa se entrevistó a cada miembro de la UB de Mantenimiento para comprobar si poseían conocimientos sobre las técnicas y herramientas de la gestión del mantenimiento. Entre ellos fueron seleccionados siete miembros por presentar disposición de cooperación, contar con conocimientos sobre las características, documentos y manejo de la toma de decisiones en mantenimiento. A continuación se muestran en una tabla los datos del equipo del proyecto.

Tabla 3.1 Datos del equipo de trabajo

Nombre	Cargo que ocupa	Proceso vinculado	Años de experiencia
Raúl E. Zaldívar Noris	Especialista A en Mantenimiento	Gestión del Mantenimiento	4años
Orlando Salvador González Cuesta	Especialista A en Mantenimiento Industrial	Gestión del Mantenimiento	4años
Lázaro Abraham	Técnico en proyecto e	Gestión del	3 años



Peñalver Trujillo	ingeniería	Mantenimiento	
Maikel Cabrera Estrada	Director de Mantenimiento	Dirección de Mantenimiento	16 años
Jorge Luis Peña Vega	Jefe Área Técnica Mtto	Gestión del Mantenimiento	26 años
Edel Otero Quevedo	Esp. Ppal del Grupo Técnico de Mantenimiento	Gestión del Mantenimiento	3 años
Alfredo Paneque Romaguera	Gestión de Mantenimiento de plantas	Gestión de Mantenimiento	30 años

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Capacitación del grupo de trabajo

Para la capacitación del grupo de trabajo se realizaron conferencias sobre aspectos generales del tema de la investigación en vistas a facilitar el trabajo en equipo y el éxito de la misma. La capacitación no es única de esta etapa, por lo que se realiza su superación constante en cada etapa del proyecto.

Etapa 2. Planificación

Paso 1. Análisis/clasificación de equipos

Para el análisis y clasificación de los equipos se determinó la criticidad de los mismos. Para ello se utilizó la fórmula antes presentada en la descripción en la metodología ajustado a la situación de la empresa según sus parámetros de importancia en los diferentes criterios.

$$\text{Fórmula Riesgo} = FF \times C$$

Donde:

FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado)

C: Consecuencias de los eventos de fallos a la:



- Seguridad y el Medio Ambiente (SHA)
- Oportunidad de producción (IP)
- Mantenibilidad (MB)
- Costos del departamento de mantenimiento (CM)

Determinar la frecuencia de los fallos (FF)

Las características de los tiempos fueron determinados en una reunión de los profesionales del área de mantenimiento, donde se basan en su experiencia en reparaciones anteriores.

Determinar la matriz de consecuencia (C):

Tabla 3.2 Matriz de consecuencia

F		SHA	IP	BM	CM
R	1	3	5	5	5
E	1	1	5	5	5
C	2	2	4	5	3
U	5	4	3	5	4
E	1	5	5	5	4
N	4	1	3	5	3
C		1	2	3	4
I	CONSECUENCIAS				
A					

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Consecuencia} = (\text{SHA} \times 0.2) + (\text{IP} \times 0.2) + (\text{BM} \times 0.2) + (\text{CM} \times 0.2)$$

Riesgo = Frecuencia de las fallas x consecuencias de las fallas

- $\text{Consecuencia}_{\text{Regenerador D-401}} = (3 * 0.2) + (5 * 0.2) + (5 * 0.2) + (5 * 0.2) = 3.6$



$$Riesgo_{Regenerador D-401} = 1 * 3.6 = 3.6$$

- $Consecuencia_{Soplador B-402} = (1 * 0.2) + (5 * 0.2) + (5 * 0.2) + (5 * 0.2) = 3.2$

$$Riesgo_{Soplador B-402} = 1 * 3.2 = 3.2$$

- $Consecuencia_{T-501} = (2 * 0.2) + (4 * 0.2) + (5 * 0.2) + (3 * 0.2) = 2.8$

$$Riesgo_{T-501} = 2 * 2.8 = 5.6$$

- $Consecuencia_{F-501} = (4 * 0.2) + (3 * 0.2) + (5 * 0.2) + (4 * 0.2) = 3.2$

$$Riesgo_{F-501} = 5 * 3.2 = 16$$

- $Consecuencia_{E-502} = (5 * 0.2) + (5 * 0.2) + (5 * 0.2) + (4 * 0.2) = 3.8$

$$Riesgo_{E-502} = 1 * 3.8 = 3.8$$

- $Consecuencia_{p502} = (1 * 0.2) + (3 * 0.2) + (5 * 0.2) + (3 * 0.2) = 2.4$

$$Riesgo_{p502} = 4 * 2.4 = 9.6$$

Con la información obtenida podemos generar el gráfico de la matriz de criticidad para poder identificar de manera gráfica los rangos críticos.

F R E C U E N C I A	5			F-501		
	4		p502			
	3					
	2			T-501		
	1			Soplador B-402	Regenerador D-401 E-501	
		1	2	3	4	5
	CONSECUENCIAS					

Zona B: zona de bajo nivel de criticidad

Zona M: zona de medio nivel de criticidad

Zona A: zona de alto nivel de criticidad



Zona MA: zona de muy alto nivel de criticidad

Se concluye que en la zona de bajo nivel de criticidad se encuentran los equipos T-501 y soplador B-402, en la zona de nivel medio de criticidad el regenerador D-401 y el E-501, en la zona de alto nivel de criticidad la bomba p502 y en la zona de muy alto nivel de criticidad el horno F-501.

Paso 2. Identificación de las actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento son tareas que se ejecutan con el propósito de conservar o reactivar un equipo para que se cumpla con sus funciones. En el anexo 3 se muestran las actividades y su clasificación según el tipo de mantenimiento. En la tabla 3.2 se muestran un grupo de actividades de mantenimiento.

Etapa 3. Programación del mantenimiento

Paso 1. Determinación de los tiempos de cada actividad

A partir del análisis documental de los procedimientos existentes en la entidad, los manuales de procedimientos, las regulaciones de los documentos que norman el mantenimiento se determinaron los tiempos siguientes para las actividades que se muestran en a continuación en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Listado de actividades, su duración y tipo de mantenimiento.

Tipo de mantenimiento	Duración en horas	Actividades de mantenimiento
Preventivo	5	Preparar condiciones para abrir el equipo
Preventivo	9	Abrir registros externos
Preventivo	10	Limpieza del equipo
Preventivo	11	Cumplir recomendaciones
Preventivo	1	Colocar iluminación
Preventivo	4	Inspección en sucio



Preventivo	20	Pintar el equipo
Preventivo	16	Colocar andamio
Preventivo	11	Dar mantenimiento a los amortiguadores en el Taller de mecánica
Preventivo	6	Cerrar registros externos
Preventivo	24	Enfriamiento
Preventivo	8	Emplatillar el equipo
Preventivo	3	Colocar extensiones eléctricas
Preventivo	5	Limpieza del mazo
Preventivo	2	Inspección y calibración de piezas y equipo
Preventivo	12	Realizar prueba hidrostática
Preventivo	4	Hacer prueba de circulación
Preventivo	22	Reparar bases de hormigón
Preventivo	6	Cambiar la rejilla anti-vórtice
Preventivo	4	Desmontar equipo para cambiar los refuerzos de los puntos de apoyo
Preventivo	2	Conectar mangueras, destupir tomas y líneas de entrada y salida
Preventivo	1	Enviar tapa al Taller para ser rectificadas interiormente
Preventivo	4	Bajar los niveles visuales , limpiarlos y montar de nuevo
Preventivo	33	Reponer aislamiento térmico de los puntos en que haya sido retirado por necesidad de inspección o deterioro

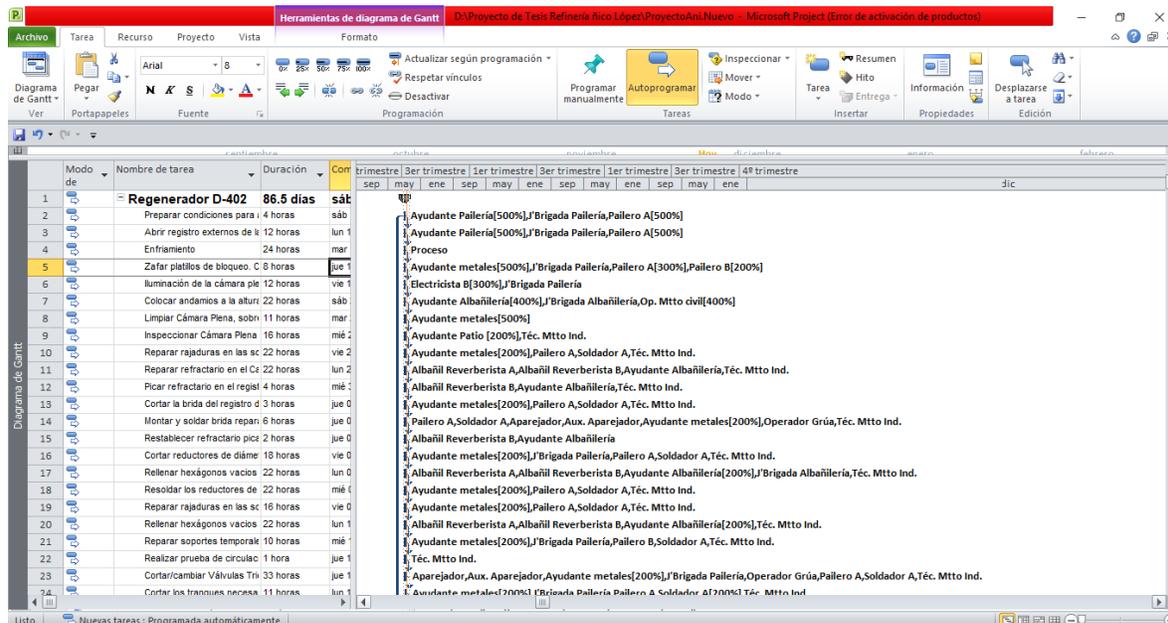
Preventivo	22	Cambiar los tornillos de los platos que así lo requieran
Preventivo	6	Inspección en limpio (para determinar posibles trabajos) y calibración
Preventivo	2	Reparar y/o darle mantenimiento a los niveles visuales
Preventivo	4	Montar tapa de gobernador

Fuente: elaboración propia

Paso 2. Representación en el diagrama Gantt

Con el objetivo de organizar, planificar y establecer prioridad a los equipos para el mantenimiento se diseñó un proyecto a partir del software Microsoft Project, el cual permitirá estimar la duración del mismo y facilitarle a la empresa la ejecución de la programación para la reparación capital de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros. En la figura 3.1 se muestran fragmentos de las primeras 103 actividades, el resto del programa se muestra en el **anexo 3**

Figura 3.1. Fragmentos de la programación del mantenimiento





Microsoft Project (Error de activación de productos) - ProyectoAni.Nuevo

Herramientas de diagrama de Gantt

Inicio | Septiembre | Octubre | Noviembre | Hoy | Enero | Febrero

Comienzo: sáb 13/08/22 | Fin: vie 03/02/23

Modo de	Nombre de tarea	3er trimestre	4º trimestre	1er trimestre	2º trimestre	3er trimestre	4º trimestre
		ene	feb	mar	abr	may	jun
24	Cortar los tranques necesarios para nivelar correctamente to						
25	Nivelar los bajantes de los ciclones deformados.						
26	Restablecer todos los tranques cortados.						
27	Colocar andamio a la altura de la cadera del equipo y moverlo						
28	Retirar monolito interior desde la cadera hacia abajo, incluye						
29	Retirar monolito en el registro de Ø 66" en la zona de la sold						
30	Cortar la brida del registro de Ø 66" por el centro de la sold						
31	Cortar el aro de remate del monolito del registro de Ø 66" ha						
32	Reparar monolito en la zona del Cap del equipo en su unión						
33	Restablecer refractario monolito interior desde la cadera ha						
34	Restablecer monolito que se picó en la tubaladura del regist						
35	Montar las válvulas Triciles primarias y secundarias y soldar						
36	Montar nuevo aro de remate del monolito del registro de Ø 6						
37	Retirar andamios de todo el equipo.						
38	Retirar todas las extensiones eléctricas						
39	Limpieza general del equipo						
40	Cerrar todos los registros del equipo.						
41	Efectuar proceso de secado del refractario según instruccio						
42	Pintar el equipo.						
43	Quemador Auxiliar y Pozo de Reboso.						
44	Situvar bamba no mayor de 420 mm de ancho y un aparejo, as						

Lista | Nuevas tareas: Programada automáticamente

Microsoft Project (Error de activación de productos) - ProyectoAni.Nuevo

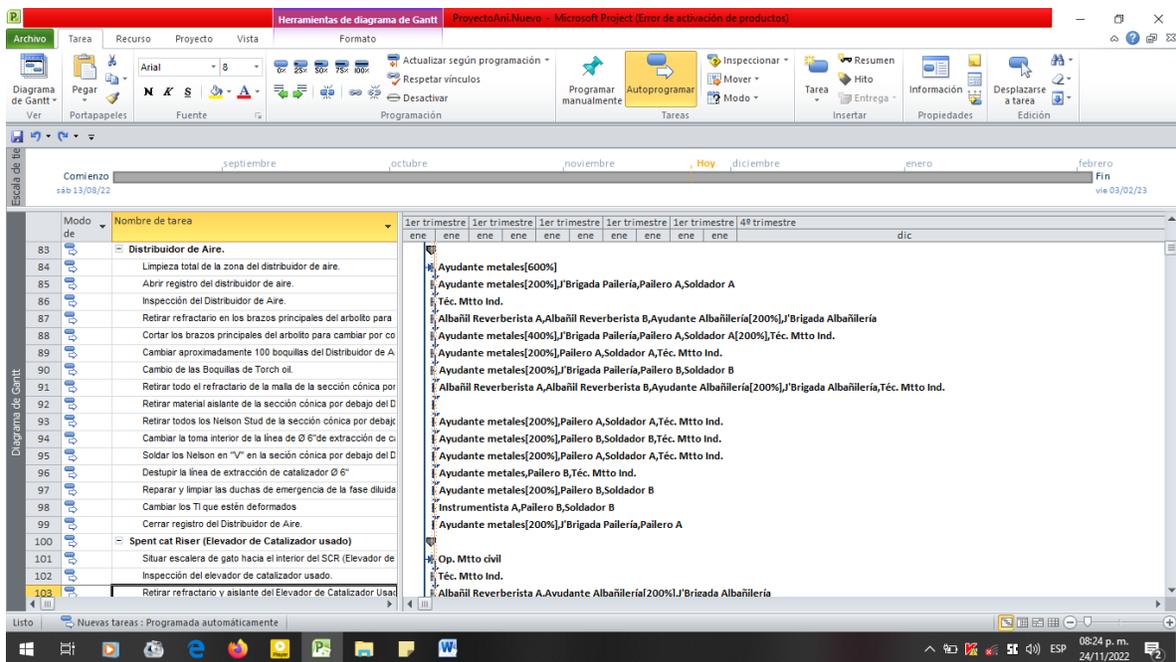
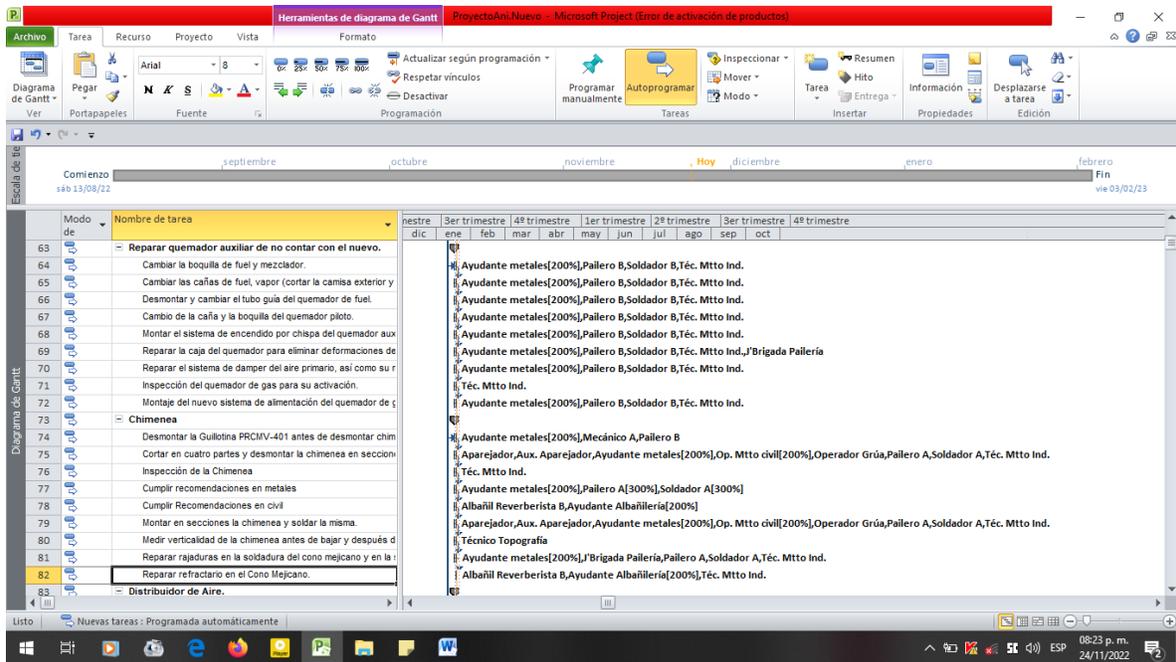
Herramientas de diagrama de Gantt

Inicio | Septiembre | Octubre | Noviembre | Hoy | Diciembre | Enero | Febrero

Comienzo: sáb 13/08/22 | Fin: vie 03/02/23

Modo de	Nombre de tarea	3er trimestre	4º trimestre	1er trimestre	2º trimestre	3er trimestre	4º trimestre
		ene	feb	mar	abr	may	jun
43	Quemador Auxiliar y Pozo de Reboso.						
44	Situvar bamba no mayor de 420 mm de ancho y un aparejo, as						
45	Situvar andamio dentro del pozo del Quemador Auxiliar.						
46	Inspección del Pozo de Reboso.						
47	Alargar el Pozo de reboso según Proyecto (restablecer dime						
48	Picar refractario en el envolvente donde va soldada la guía d						
49	Cambiar los anclajes de las guías del Pozo de reboso en el e						
50	Reponer los brazos de las guías del pozo de reboso.						
51	Cambiar los muñones de fijación de los brazos de las guías d						
52	Quitar todos los ladrillos refractarios del pozo del Quemador.						
53	Cortar toda la Cámara de salida de aire secundario para su c						
54	Desmontar quemador auxiliar, accesorios y líneas.						
55	Reparar quemador auxiliar, cambiar las cañas de fuel y vapor						
56	Montar y soldar la nueva cámara de salida del aire secundari						
57	Soldar nelson para el anclaje del hormigón refractario.						
58	Cambiar el TL-25						
59	Aplicar hormigón refractario de alta alúmina, resistente a tem						
60	Cambiar la boquilla refractaria del Quemador Auxiliar.						
61	Reponer refractario en envolvente donde va soldada la guía						
62	Montar Quemador Auxiliar F-401(nuevo) y líneas.						
63	Reparar quemador auxiliar de no contar con el nuevo.						

Lista | Nuevas tareas: Programada automáticamente



El ciclo del proyecto tiene una duración aproximada de 6 meses, se inició el 13 de agosto de 2022 y termina el 3 de febrero de 2023, se realizó la programación a 193 equipos con sus respectivas actividades, dando un total de 1712 actividades. A partir del **anexo 3** se muestran más fragmentos de la programación de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros, debido a su extensión se adjuntó a la tesis el Project de la misma.



Paso 3. Determinación de los ciclos de reaprovisionamiento

Para la determinación de los ciclos de reaprovisionamiento se seleccionó del análisis de criticidad el horno F-501 el cual se encuentra en la zona de muy alta criticidad.

Se seleccionan cuatro materiales entre ellos los botellones de oxígeno y de acetilenos que son necesarios para su reparación, los cuales se encuentran en el almacén con un costo de 0 pesos.

Se hace el cálculo a los refractarios y andamios que son materiales que no encuentran en el almacén y es necesario pedirlos con 15 días de antelación para no detener la reparación del equipo.

Los refractarios son materiales que se adquieren por importación a un costo de 1.50 MLC por refractario, la entrega de pedidos demora 12 días y su estancia en el inventario tiene un costo de 0,05.

Los andamios son importados a un costo de 3,5 MLC por andamio, la entrega de pedidos demora 8 días y su estancia en el inventario tiene un costo de 0,05.

Refractario

$$a = 4$$

$$k = 1.50 \text{ MLC por refractario}$$

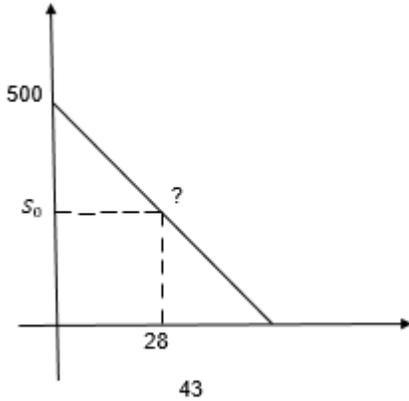
$$1.5 * 120 = 180 \text{ CUP}$$

$$h = 0.05$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2ak}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 4 * 180}{0.05}} = \sqrt{28800} = 169,7 \approx 170$$

$$T^* = \frac{Q^*}{a} = \frac{169,7}{4} = 42,425$$

Punto de reorden



$$\frac{500}{S_0} = \frac{43}{28}$$

$$S_0 = \frac{500 * 28}{43} = 325,6 \approx 326$$

Para el producto analizado refractarios se determinó el tiempo de reaprovisionamiento a los 28 días de empezado el consumo así como el punto de reorden que representa la cantidad de piezas que deben pedirse (326).

Andamios

$$a = 6$$

k = 3.5 MLC por andamio

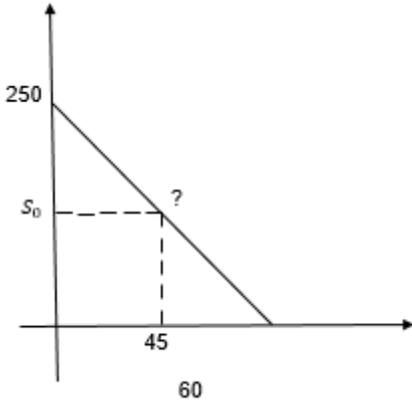
$$4.5 * 120 = 540 \text{ CUP}$$

$$h = 0.05.$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2ak}{h}} = \sqrt{\frac{2 * 6 * 540}{0.05}} = \sqrt{129600} = 360$$

$$T^* = \frac{Q^*}{a} = \frac{360}{6} = 60$$

Punto de reorden



$$\frac{250}{S_0} = \frac{60}{45}$$

$$S_0 = \frac{250 * 45}{60} = 187,5 \approx 188$$

Para el producto analizado refractarios se determinó el tiempo de reaprovisionamiento a los 45 días de empezado el consumo así como el punto de reorden que representa la cantidad de piezas que deben pedirse (188).

Etapa 4. Mejoras

Paso 1. Determinación de las reservas de mejoras

Tabla 3.3 Resultados del Método Delphi

T-703	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	%
Preparar condiciones	0	1	0	0	0	0	0	14.28
Abrir los registros M-1, M-3, M-5, M-6, M-8, M-9, P-3 (plato 12), P-2 (plato 6) y P-1 (fondo).	1	0	0	1	0	0	1	42.86
Colocar extractores e iluminación	0	0	0	0	1	1	0	28.57
Abrir registros centrales para inspeccionar en sucio	1	0	1	1	0	1	1	71.48
Inspección en sucio	1	1	0	0	1	1	0	57.14
Limpieza	1	1	1	1	1	1	1	100



Inspección en limpio (para determinar posibles cambios)	0	0	1	1	0	1	0	42.86
Cumplir recomendaciones	1	1	1	1	1	1	1	100
Cambiar las secciones de los platos P-1 (5), P-3 (5) y P-5 (5), DC-1 (2), DC-2B (2), DC-2A (2), DC-22C (2), G4-20 (sargentos) (50), G5-B20 (almejas) (50)	1	0	1	1	0	1	1	71.48
Cambiar los tornillos de los platos y bajantes que lo requieran, aproximadamente 10%	1	1	1	0	1	1	1	85.71
Hacer prueba de circulación	0	0	0	1	1	0	0	28.57
Cerrar registros centrales	1	1	0	0	1	0	0	42.86
Retirar extractores e iluminación	1	1	0	1	1	0	0	57.14
Cerrar el equipo	1	0	0	1	0	1	0	42.86
Pintar el equipo	1	1	1	0	1	1	1	85.71

Fuente: elaboración propia

La tabla 3.3 muestra los resultados de la aplicación del método Delphi. Como resultado se determinan las reservas de mejoras a fin de determinar cuáles de las actividades del mantenimiento programado para el equipo T-703 puede reducir su duración sin que afecte la integridad del mantenimiento. Se proponen un conjunto de mejoras entre las que se encuentran:

- Cursos de capacitación para los trabajadores
- Evaluación de la compra de una máquina nueva para la actividad de pintar el equipo.
- Agregar recursos o redistribuir el recurso humano, se invierte en esfuerzo, pero disminuye su tiempo de ejecución.



Conclusiones

Los resultados de los análisis de la información obtenida a través de los instrumentos y herramientas aplicadas en la investigación hacen posible el enunciado de las conclusiones siguientes:

1. La revisión bibliográfica permitió conocer los principales referentes teóricos y prácticos, en las temáticas de Gestión del mantenimiento, planificación y programación del mantenimiento al tener en cuenta diferentes enfoques de disímiles autores.
2. La caracterización permitió identificar la empresa como una de gas licuado para el consumo doméstico que abastece a la ciudad de La Habana y de gasolina especial o regular tanto para el territorio nacional como para la comercialización con el fin de reducir las importaciones de la materia.
3. Se realizó la programación del mantenimiento a 203 equipos de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros que abarcó un período de 6 meses donde se especificó las tareas correspondientes a cada equipo, su duración y el recurso empleado.



Recomendaciones

1. Poner en marcha la guía de programación del mantenimiento propuesta para las correcciones y ajustes pertinentes en la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros.
2. Implementar las acciones de capacitación dirigidas a la alta dirección, para potenciar el adecuado desempeño del personal, teniendo en cuenta las características del personal involucrado en el mantenimiento de los equipos.
3. La generalización de los resultados de esta tesis, con el complemento de otras disciplinas como la gestión de la calidad, la logística, la organización del trabajo, la gestión del capital humano y la innovación.



Referencias Bibliográficas

1. A., V.-Z. R., & Roberto, T.-R. (2021). Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica "INGENIAR": Ingeniería, Tecnología e Investigación*, Vol. 4(Núm. 8). [https://doi.org/ https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0025](https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0025)
2. Al-Refaie, A., Al-Hawadi, A., & Lepkova, N. (2022). Blockchain Design with Optimal Maintenance Planning. [https://doi.org/ https://doi.org/10.3390/buildings12111902](https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings12111902)
3. Albuquerque Oliveira, M., & Lopes, I. (2019). Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model.
4. Alvarez Roja, D. (2020). *Preliminares en la implementación de la Gestión de la Ingeniería del Mantenimiento a las máquinas herramienta de la UBS EQUIVAR* [Trabajo de Diploma de Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas].
5. Arango Marín, J. A., Rosero Otero, S. L., & Montoya Arias, M. E. (2020). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos* (No. 23). <https://doi.org/https://doi.org/10.21501/21454086.3112>
6. Ardila-Marín, M. I., Orozco-Murillo, W., Galeano-Echeverri, J., & Medina-Escobar, A. M. (2018). Desarrollo de software para la gestión del mantenimiento en los laboratorios de la I.U. Pascual Bravo. *Revista Cintex* 23.
7. Arrustico Loyola, J. D. (2020). *Propuesta de una gestión de mantenimiento de clase mundial para incrementar la productividad en refinerías de petróleo en el Perú* [Tesis para optar el grado de Maestro en Administración de Empresas, Universidad Privada del Norte].
8. Betancourt, D. (2019). Planificación del mantenimiento en las universidades públicas de la Costa Oriental del Lago. *Revista Boliviana de Ingeniería Vol. 1*(No. 1).
9. Cabrera del Forn, I. (2020). *Propuesta de Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para herramientas de fondo en la empresa EMPERCAP* [Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas].
10. Castillo, G. M. (2018). *Mantenimiento planificado y su aplicación en la mejora de resultados de la empresa ice cream factory comaker* [Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial, Universidad Politécnica de Valencia].
11. Céspedes Trujillo, N., Paz Rodríguez, J., Jimenez Figueredo, F. E., Pérez Molina, L., & Pérez Mayedo, Y. (2017). La administración de los inventarios en el marco de la administración financiera a corto plazo. *Vol. 6*.
12. Chacon Mendiola, C. M. (2019). *"Revisión bibliográfica del mantenimiento productivo total y la productividad del sector industrial"* [Para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial, Universida Católica de San Pablo].



13. Chen, Y., Ma, X., Wei, F., Yang, L., & Qiu, Q. (2022). Dynamic Scheduling of Intelligent Group Maintenance Planning under Usage Availability Constraint. [https://doi.org/https://doi.org/10.3390/math10152730](https://doi.org/10.3390/math10152730)
14. Choque Apaza, E. S. (2019). *Implementación de un sistema de gestión del mantenimiento de bombas centrífugas a través del monitoreo subjetivo* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero mecánico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
15. Cortés Barón, M. L., Durán Poveda, S. Y., & Lemus Gómez, F. J. (2017). *Propuesta de Modelo de Inventarios para Productos de Categoría A en la Empresa X* [Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de: ADMINISTRADOR LOGÍSTICO, Fundación Universitaria Panamericana].
16. Cuevas Bravo, Y. (2020). *Preliminares en la Evaluación de la Ingeniería del Mantenimiento en el Hotel Patriarca de la Cadena Ocean Varadero. Caso de Estudio de los Sistemas de Climatización Centralizados* [Ejercicio de culminación de estudio, Universidad de Matanzas].
17. Delgado Alcántara, S. (2021). *Investigación del sector de la educación mediante método Delphi*
18. Universidad de Jaén].
19. Duan, C., Deng, C., Gharaei, A., Wu, J., & Wang, B. (2018). Selective maintenance scheduling under stochastic maintenance quality with multiple maintenance actions [International Journal of Production Research]. [https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1436789](https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1436789)
20. Falcón Alonso, N. d. I. C. (2018). *Aplicación del procedimiento de evaluación y control para gestión del mantenimiento en lavanderías industriales, mediante indicador general* Univesidad de Matanzas "Sede Camilo Cienfuegos"].
21. Fernández Álvarez, E. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM* [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Oviedo].
22. Gantert, L., Sammarco, M., Detyniecki, M., & M. Campista, M. E. (2018). A Supervised Approach for Corrective Maintenance Using Spectral Features from Industrial Sounds.
23. Gholizadeh, H., Fazlollahtabar, H., Fathollahi-Fard, A. M., & Dulebenets, M. A. (2018). Preventive maintenance for the flexible flowshop scheduling under uncertainty: A waste-to-energy system.
24. Gómez Rodríguez, N. V., & Hincapié Duque, S. (2018). *Benchmarking del proceso de mantenimiento para la flota de buses del sistema integrado de transporte urbano-sitp y la empresa massachusetts bay transportation authorit-mbta* [Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Industrial, Universidad católica de Colombia].
25. Guerra Amaya, M. J. (2020). *Preliminares en la aplicación de la gestión de ingeniería del mantenimiento en la empresa eléctrica de Matanzas. Caso de estudio la ueb de transporte* [Trabajo de diploma presentado en opción de Ingeniero Mecánico, Universidad de Matanzas].



26. Horta Labrada, A. (2010). *“Diagnóstico y propuesta de mejoras al proceso de mantenimiento en la Gerencia Extinción Portátil de SEISA”* [Tesis de Diploma, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"].
27. León Martínez, O. (2012). *Gestión del mantenimiento en el generador de vapor de la planta piloto del CEAT Universidad de Matanzas*].
29. Marín Rodríguez, Y. (2020). *Preliminares de evaluación de la gestión de la ingeniería del mantenimiento en la Empresa Constructora Hicacos. Caso de estudio ubs equivar, base de transporte de personal* [Trabajo de Diploma de Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas "Sede Camilo Cienfuegos"].
30. Marrero-Hernández, R. A., Martínez-Pérez, E., Vilalta-Alonso, J. A., García-Fenton, V., & Basile-Wilson, M. (2022). La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos. *Ingeniería Industrial*, Vol. XLIII(No.4). <https://doi.org/http://www.rii.cujae.edu.cu>
31. Martín Sánchez, D. (2020). *“Evaluación de la gestión del mantenimiento en la empresa pecuaria genética de Matanzas. Caso de estudio UEB Maquinarias.”* [Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas "Sede Camilo Cienfuegos"].
32. Martínez Begambre, E. C. (2021). *Plan de mejoras del departamento de mantenimiento en la empresa industrias fantasía S.A.S.* [Par optar al título de Ingeniero Industrial Universidad de Córdoba].
33. Martínez Díaz, G. C. (2021). *El mantenimiento productivo total y la disponibilidad operativa de máquinas y herramientas de la empresa genesis tuning S.A.C., Arequipa 2021* [Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad autónoma San Francisco].
34. Merino Yáñez, C. D., & Bastidas León, G. G. (2021). *“Planificación del mantenimiento y reglamentación del uso y bioseguridad en los equipos de los laboratorios de biología molecular, genética y microbiología de la facultad de ciencias de la escuela superior politécnica del Chimborazo”* [Trabajo de Titulación de para optar el grado académico de Ingeniero de Mantenimiento Escuela superior politécnica de Chimborazo].
35. Mutaqiem, A., & Soediantono, D. (2022). Literature Review of Total Productive Maintenance (TPM) and Recommendations for Application in the Defense Industries. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, Vol.3 (No.2). <https://doi.org/http://www.jjemar.org>
36. Olarte C., W., Botera A., M., & Cañon A., B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia Et Technica*, vol. XVII(No. 44). <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>
37. Oquendo Torrecilla, E. (2012). *Propuesta de Sistema de Mantenimiento de Protección Anticorrosiva y Conservación para el Área de Calderas, Estacadas y Compresores de la Central de Generación Eléctrica de Agramonte* [Trabajo de Diploma, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”].
38. Padilla Salazar, R. E. (2020). *“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo con el uso del modelo phva en la empresa agp Perú SAC.”*



- [Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte].
39. Pech, M., Vrchota, J., & Bednář, J. r. (2021). Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: Review. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s21041470>
 40. Pérez Montero, E. L., & Hernández Pérez, F. d. M. (2019). La programación orientada a objetos facilidad para crear.
 41. Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*
 42. Quevedo-Vázquez, J. O., Giler-Escandón, L. V., Ormaza-Andrade, J. E., González-Rodríguez, R. O., & Quevedo-Barros, M. R. (2019). El plan de marketing como herramienta de gestión en los procesos de comercialización [Artículo de revisión]. Vol. 4, Article No. 1. <https://doi.org/DOI: 10.23857/pc.v4i1.873>
 43. Rayme Flores, M. S., & Díaz Dumont, J. R. (2021). Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad en los equipos de medición *Revista Científica y Tecnológica QANTU YACHAY "Saber de la Cantuta" (QUECHUA) revista multidisciplinaria, Vol. 1(No. 1).* <https://doi.org/https://revistas.une.edu.pe/>
 44. Reyes Alcántara, L. J. (2019). *"Mantenimiento productivo total (TPM) enfocado para la industria peruana. Una revisión sistemática de literatura científica de los últimos 5 años"* [Trabajo de investigación para optar al grado de: Bachiller en Ingeniería Industrial,
 45. Rodríguez Figueroa, A. (2020). *Preliminares en la Evaluación de la Gestión de la Ingeniería del Mantenimiento en la Constructora Militar 4. Caso de Estudio de la Gestión del Mantenimiento a Equipos de la Construcción y del Transporte* [Trabajo de Diploma de Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas].
 46. Rodríguez Nogueira, T. (2005). *El mantenimiento predictivo con enfoque de producción más limpia en agregados del generador de vapor de centrales termoeléctricas* [Tesis Doctoral
 47. Rodríguez Ruiz, P. I. (2018). *Planificación del mantenimiento preventivo para los neumáticos de la flota de tractocamiones para optimizar su disponibilidad de la Empresa Grupo TRANSPESA SAC* Universidad Nacional de Trujillo].
 48. Romero Zequeira, D. (2013). *Propuesta de sustitución de la Reparación General por Capital en el ciclo de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) de un equipo de intervención de pozos de petróleo y gas (Service rig) de la Empresa de Perforación y Reparación Capital de Pozos de Petróleo y Gas (EMPERCAP) Universidad de Matanzas "Sede Camilo Cienfuegos"*].
 49. Ronal Moscoso, J., Rivas Tufiño, E., & Núñez Solano, S. (2019). Programa de control de mantenimiento proactivo de equipos mecánicos utilizados en el transporte de hidrocarburos en Ecuador. *Revista mktDescubre - ESPOCH FADE, (N° 14 Diciembre 2019).*



50. Sánchez Gómez, A. M. (2017). *Técnicas de mantenimiento predictivo. Metodología de aplicación en las organizaciones* [Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniera Industrial, Universidad católica de Colombia].
51. Serrano Lanchimba, B. S. (2021). *“Implementación de un plan de mantenimiento integral para las diferentes líneas de producción de la empresa PLANTABAL, Santo Domingo”* Universidad Técnica Estal de Quevedo].
52. Sosa Martínez, P. (2016). *Evaluación cuantitativa y cualitativa de la gestión del mantenimiento en el hotel Mercure Playa de Oro* [Tesis de diploma en opción al título de licenciado en turismo, Universidad de Matanzas].
53. Suárez Martínez, D. (2020). *Ropuesta de mantenimiento para plantas elevadoras de 2,5 toneladas de marca omnc y modelo baldor 35n174t400gl de la empresa CIMEX de Matanzas* [Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas].
54. Tasé-Velázquez, D. R., Camello-Lima, C. R., & Hernández-Mastrapa, L. (2020). Modelo para la gestión del mantenimiento de un sistema de fabricación híbrido con base en políticas corporativas y de producción. *Revista de Estudios Empresariales Vol. 1*(Número 2).
55. Vahos, J. D., Pino-Martínez, A. A., & Castro Maldonado, J. J. (2019). Desarrollo de una herramienta de software para la gestión del mantenimiento de infraestructura en el SENA regional Antioquia. *Revista Cintex, Vol. 24*.
56. Valdés Pita, E. (2020). *Preliminares en la Evaluación de la Gestión de la Ingeniería del Mantenimiento en la Empresa CIMEX. Caso de Estudio: La Gestión del Mantenimiento a Equipos de Climatización y Refrigeración en la Sucursal CIMEX Matanzas* [Trabajo de Diploma en Ing. Mecánica, Universidad de Matanzas].
57. Vega Castillo, A. D. (2020). *Evaluación de la gestión del mantenimiento. Caso de estudio: Hotel Gran Memories Varadero* [Ejercicio de culminación de estudios en Ingeniería Mecánica, Universidad de Matanzas "Sede Camilo Cienfuegos"].
58. Véliz Muñiz, D. (2011). *Estrategia para el mejoramiento de la lubricación dentro del mantenimiento de las unidades de bombeo de la EPEP- Centro* [Trabajo de diploma Universidad de Matanzas].
59. Vite Elias, C. A., & Lizana Palacios, N. L. (2022). *Plan de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Productividad de la Empresa el Tiempo Piura – 2022* Universidad César Vallejo].



Anexos

Anexo 1. Resultados de la aplicación del método Kendall

#	Problemas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	$\sum A_i$	Δ	Δ^2
1	Creación de las proyecciones de mantenimiento	8	5	7	4	4	6	5	8	47	14.8 89	221. 68
2	Implantación del Módulo comercial	7	8	6	8	7	8	8	7	59	26.8 89	723. 01
3	Lograr el enlace O/T- vales de materiales por deficiencias en los procesos manuales que soportan esta actividad	3	7	8	6	8	3	7	3	40	7.88 89	62.2 35
4	Actualizar el SGestMan (Sistema de Gestión del Mantenimiento)	6	6	8	5	5	5	4	5	44	11.8 89	141. 35
5	Planificación del mantenimiento de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales Ligeros	5	2	5	3	3	5	3	4	30	- 2.11 1	4.45 68

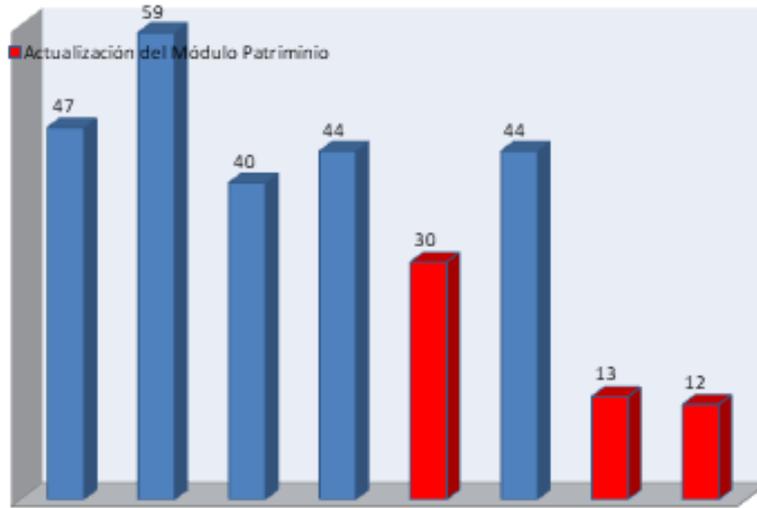


6	Implantación en conjunto con el Grupo de Tercerización la realización de la contratación digital	4	4	4	7	6	7	6	6	44	11.889	141.35
7	Aplicación de las órdenes de trabajo digital	2	1	2	1	1	2	2	2	13	-19.11	365.23
8	Actualización e del Módulo Patrimonio	1	3	1	2	2	1	1	1	12	-20.11	404.46
										289		206.3.8

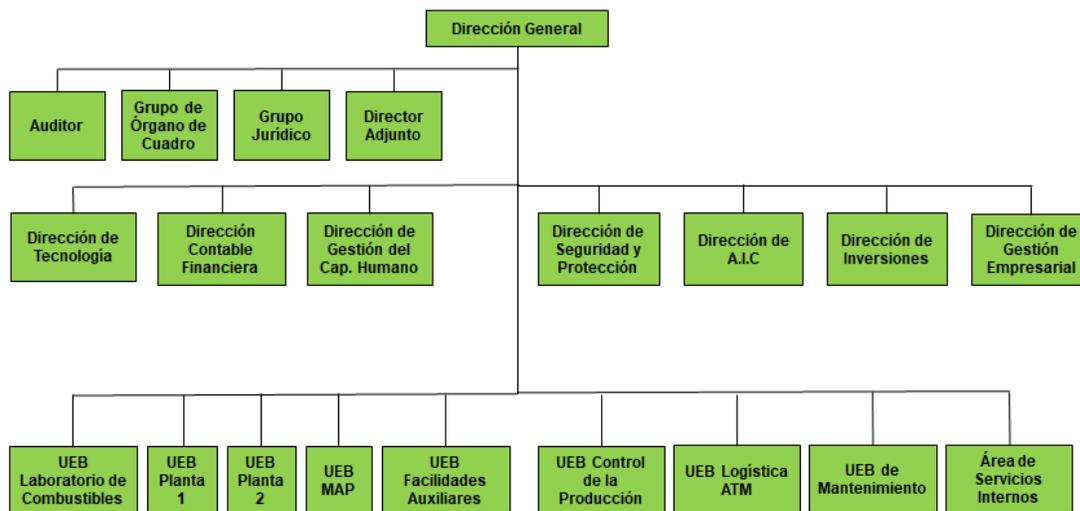


Resultados del método Kendall

- Creación de las proyecciones de mantenimiento
- Implantación del Módulo comercial
- Lograr el enlace O/T- vales de materiales por deficiencias en los procesos manuales que soportan esta actividad
- Actualizar el SGestMan (Sistema de Gestión del Mantenimiento)
- Planificación del mantenimiento de la Unidad de Craqueo Catalítico y Finales ligeros
- Implantación en conjunto con el Grupo de Tercerización la realización de la contratación digital
- Aplicación de las órdenes de trabajo digital

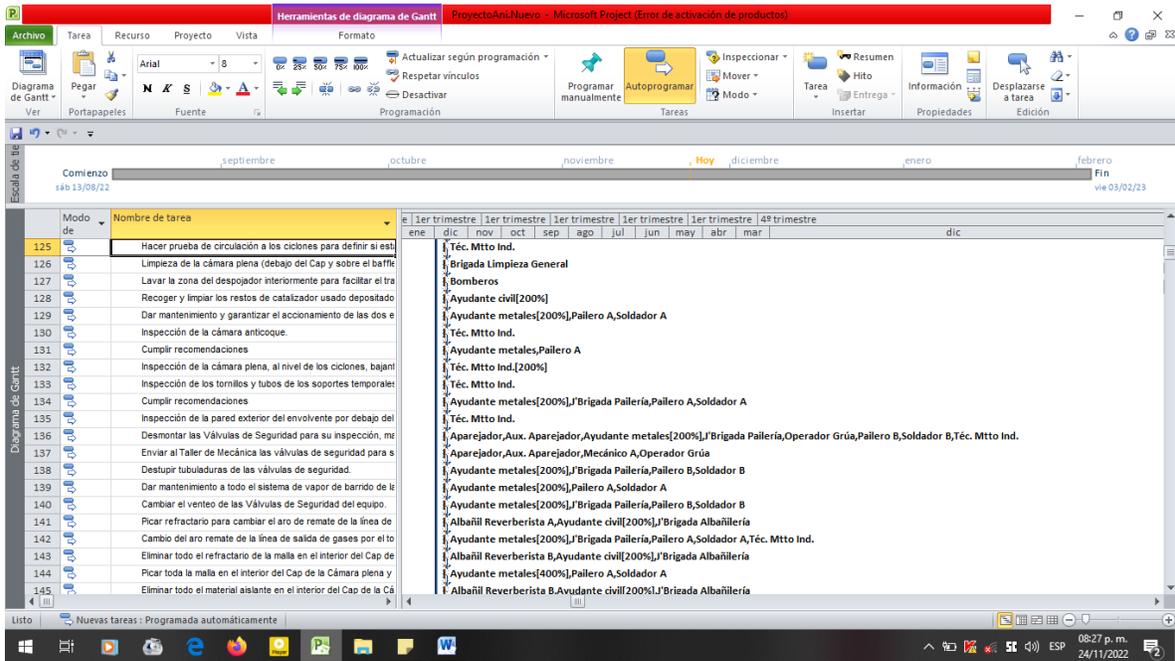
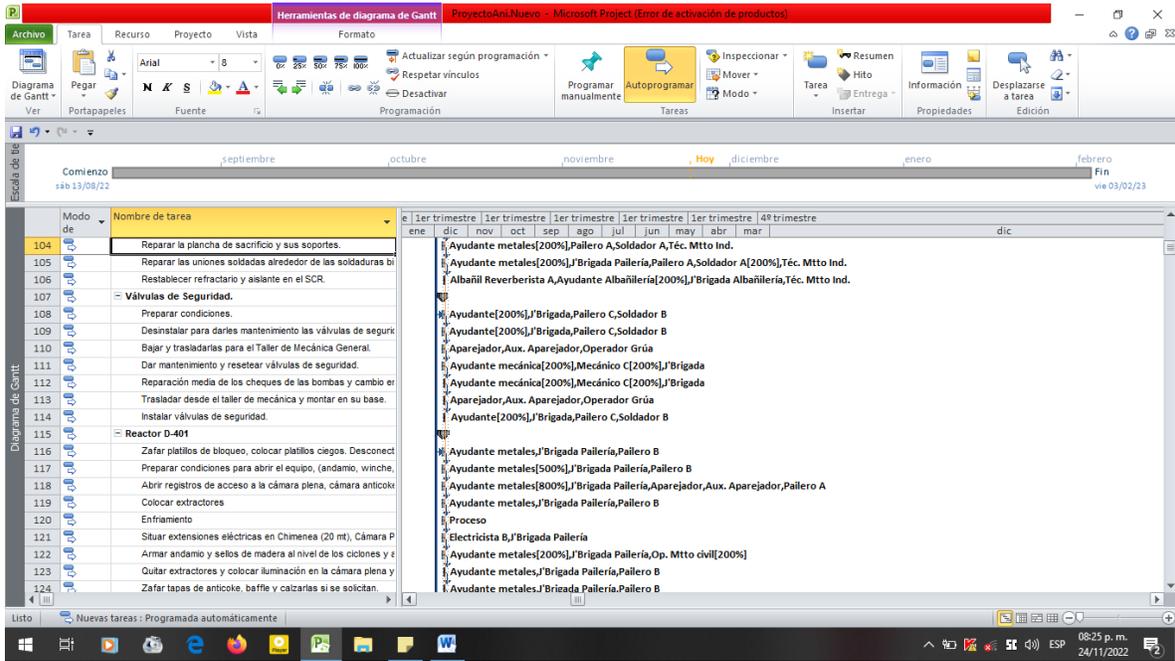


Anexo 2. Estructura organizativa





Anexo 3. Diagrama de Gantt





Microsoft Project (Error de activación de productos)

Archivo Tarea Recurso Proyecto Vista Herramientas de diagrama de Gantt Formato

Diagrama de Gantt Ver Portapapeles Fuente Programación Tareas Inspeccionar Mover Entregar Resumen Hito Información Desplazarse a tarea Edición

Comienzo: sáb 13/08/22 Fin: vie 03/02/23

Modo de	Nombre de tareas	1er trimestre	4º trimestre				
de		ene	dic	nov	oct	sep	ago
146	Eliminar todos los nelson Stud en el interior del Cap de la Cam						
147	Soldar Nelson en "V" en el interior del Cap de la Cámara Plen						
148	Aplicar monolítico en el interior del Cap de la Cámara Plena.						
149	Reparar la mala en el interior de los Ciclones Secundarios (1)						
150	Reparar el refractario en el interior de los Ciclones Secundari						
151	Reparar la mala en el interior de los Ciclones Primarios (10 %						
152	Reparar el refractario en el interior de los Ciclones Primarios						
153	Cambio del aro de vapor de calentamiento de la Cámara Antic						
154	Reparar el refractario en el interior de los Ciclones Secundari						
155	Hacer prueba del sistema de vapor del equipo, (aro de vapor						
156	Cambiar la sección ACB-13 del baffle de la Cámara Anticoke.						
157	Restablecer refractario en línea de salida del tope donde se c						
158	Colocar sello por encima del Grid, para poder trabajar simultá						
159	Reparar malla alrededor del Grid.						
160	Reparar refractario alrededor del Grid.						
161	Cortar para cambiar las 6 válvulas trickles primarias y secun:						
162	Montar válvulas trickles, con sus nuevos tranques y bajantes:						
163	Corte y desmontaje de la Sección dañada del Despojador:						
164	Colocar andamos desmontables exteriormente por debajo de						
165	Retirar aislamiento exterior del Despojador alrededor de la so						
166	Quitar el tapón del grid y la mesa invertida y sacarlos del equ						

Microsoft Project (Error de activación de productos)

Archivo Tarea Recurso Proyecto Vista Herramientas de diagrama de Gantt Formato

Diagrama de Gantt Ver Portapapeles Fuente Programación Tareas Inspeccionar Mover Entregar Resumen Hito Información Desplazarse a tarea Edición

Comienzo: sáb 13/08/22 Fin: vie 03/02/23

Modo de	Nombre de tareas	1er trimestre	4º trimestre				
de		ene	dic	nov	oct	sep	ago
166	Quitar el tapón del grid y la mesa invertida y sacarlos del equ						
167	Desmontar la RCMV-401						
168	Verificar si se mantiene la tensión necesaria en los soportes						
169	Picar todo el refractario del Feed-Riser.						
170	Quitar todas las copas de anclajes para sustituirlas por Nelic						
171	Dar disco para limpiar las zonas a soldar los Nelson Stud						
172	Inspección de la lengüeta interior del feed-riser.						
173	Cumplir recomendaciones.						
174	Cambiar tramo interior de las líneas de vapor de emergencia.						
175	Verificar condiciones del asiento de la junta y horizontalidad						
176	verificar la alineación del platillo y si es necesario nivelarlo re						
177	Soldar los nuevos Nelson Stud.						
178	Ejecutar Proyecto de modificación y relocalización de los Inye						
179	Aplicar el hormigón aislante						
180	Soldar mala hexagonal						
181	Aplicar refractario a la mala.						
182	Retirar 8 flías de alerones para poder cambiar la zona superi						
183	Soportar el Feed-Riser con el cono y el grid para poder camb						
184	Cortar el rolo superior del despojador 1" por debajo de la sold						
185	Retirar el aislante que queda por debajo del cono de desgasti						
186	Colocar la mala que fate en la zona de las soldaduras en el i						

