



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Mejora del mantenimiento correctivo de equipos e
instalaciones mecánicas de una planta petrolera para
incrementar su operatividad**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Lopez Principe, Nestor Alberto (orcid.org/0000-0002-0609-9254)

ASESORES:

Mg. Ing. Julca Verastegui, Luis Alberto (orcid.org/0000-0001-5158-2686)

Dra. Ing. Armas Alvarado, Maria Elisia (orcid.org/0000-0003-4081-7755)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia, en especial a mi madre Carmen Rosa, quien con mucha responsabilidad demostró siempre sacrificio, dedicación y afecto por formar un hombre de bien, a pesar de las adversidades que encontramos en el camino.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este escalón, alcanzando mis metas trazadas y siempre derramando bendiciones a mí y a mi familia.

A mis asesores de tesis, especialista y metodológico por sus lineamientos para poder direccionar la presente investigación y culminarla con éxito.

A mi familia por ser una fuente de apoyo y de confianza siempre, sin ellos no hubiese llegado a estas instancias.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ARMAS ALVARADO MARIA ELISIA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "MEJORA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE EQUIPOS E INSTALACIONES MECÁNICAS DE UNA PLANTA PETROLERA PARA INCREMENTAR SU OPERATIVIDAD", cuyo autor es LOPEZ PRINCIPE NESTOR ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 16 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARMAS ALVARADO MARIA ELISIA DNI: 44073099 ORCID: 0000-0003-4081-7755	Firmado electrónicamente por: MEARMASA el 24- 07-2021 17:28:25

Código documento Trilce: TRI - 0133329



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, LOPEZ PRINCIPE NESTOR ALBERTO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejora del Mantenimiento Correctivo de Equipos e Instalaciones Mecánicas de una Planta Petrolera para Incrementar su Operatividad", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
LOPEZ PRINCIPE NESTOR ALBERTO DNI: 46937135 ORCID: 0000-0002-0609-9254	Firmado electrónicamente por: NLOPEZP el 17-07- 2021 12:52:15

Código documento Trilce: INV - 1686230

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	iv
Declaratoria de originalidad del autor.....	v
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficas y figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	25
3.1. Tipo y diseño de investigación	25
3.2. Variable y operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimiento	27
3.6. Métodos y análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	30
4.1. Auditoría del mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas	30
4.1.1. Planta petrolera en estudio	30
4.1.2. Mantenimiento de equipos e instalaciones mecánicas	33
4.1.3. Indicadores de mantenimiento encontrados	35
4.2. Propuesta de mejora y verificación de resultados	47
4.2.1. Planificación de órdenes de trabajo	47
4.2.2. Estructura organizacional operativa	49
4.2.3. Mejora de los indicadores de mantenimiento	51
4.3. Verificación de casos de mantenimiento correctivo mecánicos	58
4.3.1. Fuga de producto en spitch de descarga de bomba	58
4.3.2. Fuga de vapor por válvula de 6" DNx600#	60

4.3.3. Parada de mantenimiento UF-PT intervención Columna Estabilizadora de Nafta Reformada 22C6	62
4.3.4. Parada de Planta Unidad de Destilación al Vacío – Unidad Reductora de Viscosidad (Visbreaking)	73
CAPÍTULO V: DISCUSIONES	86
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	90
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS	92
ANEXO 01: Matriz de operacionalización de variables	
ANEXO 02: Instrumento de recolección de datos	
ANEXO 03: Validez del Instrumentos de recolección de datos	
ANEXO 05: Registros Fotográficos	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01.- Beneficios de prácticas de mantenimiento clase mundial	18
Tabla N°02.- Verbos según nivel de investigación	24
Tabla N°03.- Variables, indicadores y medidas.....	25
Tabla N°04.- Características éticas del criterio	30
Tabla N°05.- Listado de equipos a intervenir	34
Tabla N°06.- Listado de procedimientos	42
Tabla N°07.- Partidas de mano de obra del contrato	44
Tabla N°08.- Presupuesto del proyecto	45
Tabla N°09.- Costo por especialidad	47
Tabla N°10.- Costo por equipo	47
Tabla N°11.- Cuadro comparativo de resultados	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura N°01.- Cadena de valor del petróleo	10
Figura N°02.- Diagrama de proceso de refinación del petróleo	11
Figura N°03.- Diagrama de trabajo para la producción de combustibles	12
Figura N°04.- Unidad de Destilación Primaria 1 Refinería Talara	13
Figura N°05.- Unidad de Destilación al Vacío 3 Refinería Talara	13
Figura N°06.- Proceso de destilado en la Refinería Conchán	15
Figura N°07.- Metodología de Confiabilidad de Proyecto	17
Figura N°08.- Metodología de Confiabilidad de Proyecto	19
Figura N°09.- Ciclo de vida del proyecto y del producto	19
Figura N°10.- Grupo de procesos	20
Figura N°11.- Grupo de procesos de planificación	22
Figura N°12.- Análisis de población y muestra	26
Figura N°13.- Diagrama de flujo para la dirección de un proyecto	28
Figura N°14.- Curva “S” de horas hombre	39
Figura N°15.- Histograma del proyecto	39
Figura N°16.- Cronograma del proyecto	40
Figura N°17.- Curva de costos del proyecto	46

RESUMEN

El presente trabajo propuso la mejora del mantenimiento correctivo de los equipos e instalaciones mecánicas de una planta petrolera para así optimizar su operatividad. La ejecución del mantenimiento correctivo en estos ambientes se realiza en base a la planificación priorizada en base al riesgo y análisis de situaciones. Es así que encontramos los mantenimientos correctivos en base a las prioridades asignadas por el área operativa, también encontramos la ejecución de paradas de planta programadas y no programadas. La planificación de un evento de estas características generalmente se realiza en años, sin embargo, su ejecución sólo en unos días, por ello el reto de realizar la mejor planeación usando la metodología más óptima se hizo una gran responsabilidad. En este trabajo se realizó una descripción de la metodología y procedimientos usados en la planificación del mantenimiento mecánico correctivo y las áreas involucradas para su ejecución. Se realizó un análisis de los índices de mantenimiento considerados en el mantenimiento correctivo mecánico, se evidenció el comportamiento respecto al tiempo y permitiendo la toma de acciones para las mejoras de los indicadores. Asimismo, se mostró casos de mantenimiento mecánico, inspección, recomendaciones, se evaluó la ejecución de una parada de planta como parte del mantenimiento de grandes equipos estáticos y dinámicos mostrando resultados de mejora en base a la gestión de alcance, cronograma, recursos y costos desde el punto de vista de un proyecto.

Palabras clave: Mantenimiento correctivo, Indicadores, Operatividad.

ABSTRACT

The present work proposed the improvement of the corrective maintenance of the equipment and mechanical installations of an oil plant in order to optimize its operation. The execution of corrective maintenance in these environments is carried out based on prioritized planning based on risk and situation analysis. Thus, we find the corrective maintenance based on the priorities assigned by the operational area, we also find the execution of scheduled and unscheduled plant shutdowns. The planning of an event of these characteristics is generally carried out in years, however, its execution only in a few days, therefore the challenge of making the best planning using the most optimal methodology became a great responsibility. In this work, a description of the methodology and procedures used in the planning of corrective mechanical maintenance and the areas involved for its execution was made. An analysis of the maintenance indices considered in the mechanical corrective maintenance was carried out, the behavior was evidenced with respect to time and allowing the taking of actions for the improvement of the indicators. Likewise, cases of mechanical maintenance, inspection, recommendations were shown, the execution of a plant shutdown was evaluated as part of the maintenance of large static and dynamic equipment, showing improvement results based on scope management, schedule, resources and costs from the point of view of a project.

Keywords: Corrective maintenance, Indicators, Operation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las industrias del sector hidrocarburos están adoptando nuevas tecnologías para sus procesos y servicios como políticas actuales de mejora continua. Esto implica optimizar la gestión y recursos de sus actividades, así como mejorar productos, servicios y procesos (López, 2012, p.10). Encontramos así a las refinerías de petróleo, que generalmente pertenecen a grandes compañías, muchas de ellas transnacionales, que con sus multiplantas buscan siempre el optimizar los tiempos de paro de sus equipos y procesos, pues una deficiente gestión podría cuantificarse en pérdidas económicas millonarias.

Las refinerías de petróleo en el Perú están rediseñando y ampliando sus instalaciones con modernas unidades de proceso con el objetivo de cumplir con las normativas medioambientales nacionales e internacionales, esto significa una enorme inversión económica para la construcción de plantas nuevas, su interconexión con las unidades existentes y el mantenimiento respectivo post arranque.

En las organizaciones industriales se vuelve necesario que los departamentos de mantenimiento planifiquen actividades que deben ser ejecutadas bajo el cuadro de un proyecto con el uso de metodologías modernas, donde sus características encajen para una mejor gestión. Tal es el caso de las paradas de planta y grandes sustituciones. Escenarios en la que es de necesidad detener la producción y el no cumplir con el tiempo previsto para la ejecución del proyecto envuelve un eminente riesgo económico (Rico, 2018, p.21).

En estos casos es indispensable emplear correctamente la metodología adecuada para la planificación y control de proyectos para garantizar la ejecución de las actividades de mantenimiento en el menor plazo posible, con costos menores, garantía de calidad y con las mejores condiciones de seguridad para el personal ejecutor.

Una parada de planta programada en el sector petroquímico se planifica con mucho tiempo de anticipación, la cual puede ser cuantificarla en años.

Los operadores de planta de la refinería en estudio detectaron comportamientos anómalos durante la producción en la Unidad Reductora de Viscosidad (Visbreaking), Unidad de Destilación al Vacío y la Unidad de Desulfurización, encontrando caídas en los indicadores de producción y calidad del refino del crudo. Asimismo, se conoce de la operatividad ininterrumpida de la planta por un ciclo de 05 años donde involucran equipos estáticos como columnas, recipientes, reactores, entre otros.

Por experiencia de operación y fiándose de registros propios de la planta los departamentos de producción y mantenimiento decidieron realizar la parada de planta programada con un plazo de 20 días calendario para su ejecución. Significó un trabajo conjunto entre el cliente propietario de las instalaciones de la planta y las empresas contratistas adjudicadas para la ejecución, inspección y/o supervisión del mantenimiento durante este evento.

Implica siempre mucha responsabilidad la ejecución de una parada de planta, el no tener una buena planificación podría traer consecuencias económicas considerables. El no cubrir el alcance necesario a un nivel manejable y medible, una mala gestión de premura de materiales y repuestos a instalar y/o reemplazar disponibles oportunamente para la fecha de inicio de la parada, una deficiencia contratación de mano de obra calificada, cambios de alcance indicados tardíamente, son algunas de las causas de riesgo de un fracaso avisado por una mala planificación (Santos, 2014, p.5).

Un evento de una parada de planta involucra siempre una gran suma de recursos, materiales, mano de obra especialista a ejecutarse en un plazo de tiempo muy reducido en días, por ello se necesita una planificación estructurada y donde se pueda tener el control durante su ejecución para así lograr los objetivos y alcances trazados. Durante los últimos sucesos de paradas de la refinería en estudio no se logró los objetivos planteados, teniendo retrasos en tiempo, no cumpliendo con el listado de equipos a intervenir, falencias en el control del evento, costos adicionales, indicadores inesperados.

Se debieron considerar ciertas situaciones que limitan el éxito de esta parada de planta, la preocupación en cumplir los tiempos y entregas de equipos obligan a afinar a detalle la planificación. Se conoce que la última intervención de estas

unidades por mantenimiento durante parada de planta fue con 04 días de retraso, alcance de trabajo incompleto y con eventos de accidente e incidentes del personal ejecutor.

Esto sumado a los pocos registros que se tiene por paradas anteriores debido a los deficientes métodos usados para su ejecución, hizo crecer la preocupación en planificar los más óptimo posible utilizando metodologías modernas como es la gestión de proyectos.

Este trabajo en conjunto de los departamentos de producción y mantenimiento se realiza con el objetivo de acrecentar el tiempo vida útil de sus equipos y unidades de proceso, fortaleciendo con ello su eficiencia en la producción de combustibles.

Bajo este escenario descrito, la **formulación del problema** corresponde a ¿De qué manera mejorar el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas de una planta petrolera para incrementar su operatividad?

Esta investigación se **justifica** técnica y económicamente porque mejorando la ejecución del mantenimiento correctivo se garantiza la operatividad de los equipos e instalaciones, optimizando tiempos y reduciendo costos por paro de sistemas o unidades.

Esto conlleva a tener el siguiente **objetivo general**: Mejorar el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas de una planta petrolera para optimizar su operatividad. Asimismo, como **objetivos específicos** tenemos: 1.- Evaluar la situación del mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas y analizar sus indicadores. 2.- Proponer mejoras del mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas y evaluar indicadores de resultados. 3.- Verificar un caso de mantenimiento preventivo de instalaciones mecánicas y demostrar la correcta respuesta de atención para optimizar su operatividad.

Y de esta manera se planteó la **hipótesis** siguiente: Mejorando el mantenimiento correctivo de los equipos e instalaciones mecánicas de una planta petrolera se garantiza la optimización de su operatividad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Con el fin de fundamentar la presente investigación, a continuación, se citan algunas referencias que guardan relación con el tema, al que se consideraron como antecedentes.

Rico (2018), aduce que la planificación y la ejecución de una parada de planta se deben considerar como un proyecto, debido a que existe una fecha de inicio-fin, posee una característica única y progresiva porque se ejecutará por secuencia. Bajo esa perspectiva se usa en esta investigación la metodología con enfoque PMI (Project Management Institute), que es una organización internacional sin fines de lucro al que estudia e incentiva la Dirección de Proyectos. Una vez ejecutada la parada de planta se pudo ajustar los tiempos de entrega, siendo esta manejable debido a la buena planificación y control. El autor identificó e hizo seguimiento a los equipos involucrados con la ruta crítica y de esta manera mantener el riesgo controlado.

Seminario (1966) mostró un panorama amplio del proceso de mantenimiento de la Refinería de Talara, su experiencia corporativa le sirvió para hacer un análisis descriptivo de las actividades y procesos en función a mantener las instalaciones de la refinería en excelentes estados. El autor señaló que para llegar a óptimos resultados es importante una programación preparada de trabajos respetando los flujogramas establecidos por las áreas involucradas. Hizo mención de cumplir las reuniones de planeo semanales y diarias para la ejecución de trabajos, todo esto para conseguir los mejores tiempos de paros de los equipos.

Angosto (2011) menciona que las grandes revisiones o paradas son un caso especial de un mantenimiento tipo sistemático. Estos se ejecutan en instalaciones que por razones de seguridad y producción (caso de minería o hidrocarburos) deben operar de forma íntegra durante largos plazos de tiempo. El autor considera que establecer una metodología de trabajo conllevará a que no existan grandes grietas entre la planificación y programación con la ejecución de las actividades de paros de planta. Recalca que la organización intentará planificar y gestionar la parada de planta ajustando metas y objetivos realizables.

Correa y Moreno (2015) describen los cimientos bajo los cuales se forjan las diferentes formalidades del mantenimiento durante paradas de planta en el país colombiano, así como la normatividad y documentación relacionada. También mencionan sobre su comportamiento en el rubro petróleo y gas nacional, cuáles son sus características y cómo se desarrollan. Algo muy interesante que se encuentra en esta investigación es la metodología utilizada para desarrollar las paradas de planta en refinerías de petróleo en base a protocolos de gerencia de proyectos. Es importante hacer el levantamiento de la información sobre la situación actual de las instrucciones de gerencia de proyectos durante trabajos de paradas de plantas, así como las experiencias de personas operativas. Coincide que el uso de estas herramientas fundamentales soportaría la ejecución de este tipo de trabajos, buscando sostenibilidad en las mejores prácticas internacionales aplicadas, tal es el caso del PMI y la guía de compendios para la dirección de proyectos.

Guijarro (2010), diseña un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) bajo los requisitos de la norma ISO 9001:2008 para los procesos de mantenimiento de la Refinería Estatal Esmeraldas con la finalidad de mantener el nivel de calidad en la prestación, cumpliendo las necesidades del cliente, buscando que el personal se involucre responsablemente en el mejoramiento de los procesos de mantenimiento. Se trabajó mediante dos períodos, la primera consiste en el análisis de la situación presente de la refinería en donde se observan las técnicas de trabajo, procesos actuales, de esta manera permitiendo conocer los principales problemas reales y permisibles, consiguiendo luego un plan de mejoramiento. En la segunda etapa el autor procedió con el desarrollo de documentación según los requisitos de la norma, así como la constitución del manual de calidad, procedimientos normados, logrando que los procesos sean más ágiles y eficaces y de esta manera esperando que estos suministren una futura certificación del SGC y que aporte a la certificación de Normas ISO.

Fuentes (2014), propuso un modelo de programación para el mantenimiento preventivo de una refinería, buscando la mejora de las actividades preventivas que garanticen una mayor confiabilidad, disponibilidad y seguridad de las unidades productivas. Por ello se estudió el diagnóstico del estado actual de la

planificación del mantenimiento preventivo, buscando una propuesta base a los resultados mejorados por el análisis del requerimiento operacional y técnicas para su implementación. Se diseñó un modelo de habilidad de operaciones afirmado en las funciones de la administración, con el objetivo de implantar una estrategia que funciones y que integre una planificación estratégica, se estructuró misión y objetivos bajo la metodología RMC (mantenimiento centrado en la confiabilidad).

Gastelo (2011), con su trabajo pretendió hacer una valoración técnica de una columna destiladora al vacío dentro un proceso de refino de petróleo. Una investigación más técnica que metodológica pero que detalle una seria de conceptos y funcionamiento de procesos del refino del crudo, con mucho aporte para entender las etapas y obtención de derivados. Se detecta limitaciones de operación en la unidad de destilación de vacío en su flujo de carga, también en la presión del vapor por el paso de los eyectores, así como en el flujo de vapor ubicado en los fondos de la columna fraccionadora. El autor busca dar una revisión de las condiciones bajo registro históricas de la operación de la unidad como las variables de presión, flujo y temperatura, para determinar de esta manera la causa de las restricciones del ejercicio en la fraccionadora. Mediante el desarrollo de la estimación técnica se señala que a variación de las condiciones en el que operaban fueron causados por un aumento en la caída de presión de uno de los lechos de la fracción de destilación al vacío o zona de lavado, originado por la formación y acumulación de coque en dicho lecho.

López (2012), hace una descripción del mantenimiento, tipos, costos asociados, disponibilidad de ejercicio de una máquina, los sistemas de control del mantenimiento y su clasificación según su importancia. Añade a estas definiciones la gestión de calidad, muy importante en los procesos productivos actuales. Coincide en el análisis de las condiciones actuales del mantenimiento en una refinería de petróleo, con la finalidad de realizar planes de mejora del mantenimiento de los equipos electromecánicos. Se hizo un registro anual de la intervención de máquinas y equipos por mantenimiento preventivo, el cual se consideran vitales dentro de todo proceso, resultando los más frecuentes a la actividad de cambio o limpieza de filtros.

Requena (2009), describió la importancia de las paradas de planta para las empresas de operaciones continuas y representa a su vez un dolor de cabeza para los ejecutivos de alta dirección por los largos tiempo y altos costos que alcanza respecto a lo planificado. El autor usa la metodología PMI (Project Management Institute), organismo que ha planteado una manera de poder administrar proyectos y que ha tenido relevancias para llegar al éxito, por tal motivo una actividad de parada de planta por mantenimiento encaja con el perfil de un proyecto y puede ser ejecutado mediante ese enfoque. Esto dio resultado al cumplimiento del tiempo estimado, a cumplir con el presupuesto planificado, trabajos con calidad de entregables, los riesgos con cero accidentes, el no daño al medio ambiente.

Vilela (1996), hizo una descripción de la administración del mantenimiento de la empresa Química del Pacífico S.A. que los últimos años ha tomado un gran interés debido a los grandes problemas de operación del equipamiento y la necesidad de sujetar al mínimo los costos por mantenimiento correctivo y de emergencia. La búsqueda de mejores soluciones para los problemas en planta conlleva a la necesidad de contar con una programación de mantenimiento preventivo que permita una mejora del control de costos de hora-hombre, materiales, reducir el número de paradas de equipos de planta y contar con un buen historial de equipamiento para determinar la frecuencia óptima para programar las fechas de intervenciones. El autor coincide en que los programas de costos que se tengan que aplicar, inicialmente serán evaluados y su presupuesto será porcentaje del mantenimiento actual, hasta que se pueda hacer uso del historial de costos. De esta manera es necesario realizar la reprogramación de las fechas de intervenciones cada tres o seis meses, según sea necesario, permitiendo la corrección de la programación de inicio de año.

Rubertis & Rivas (2012), mostró el progreso de una aplicación para gestionar una serie de inspecciones de las multiplantas de una refinería, así como sus terminales de despacho de ventas, con herramientas para concentrar su sistema documentario y mejorar el sector administrativo. Los autores que son personal de ingeniería de mantenimiento de la refinería comenzaron el desarrollo de una ideología que viene desde gerencia sobre la integridad para emplear en los activos de unidades de proceso. Con el fin estar sincronizados y actualizados en

la planificación, hoja de datos de mecanismos, entre otros, surgió la necesidad de crear y desarrollar un software que cumpla con los requerimientos específicos de la refinería en estudio.

Carugo (2013), muestra los cambios acaecidos por los avances de la tecnología para procesos de comunicación, así como aplicaciones para la automatización de las plantas industriales. El autor menciona los asombrosos desarrollos que presentan las tecnologías de computación y de información buscando siempre disminuir costos y tamaño de tecnologías informáticas y el indeleble crecimiento en la disponibilidad del ancho de banda de las comunicaciones. De acuerdo al descrito agrega que tiene y tendrán un golpe muy grande en la producción de refino de petróleo. Detalla en un extracto del análisis predictivo como nueva metodología y técnicas para el desarrollo de sistemas industriales.

Con la finalidad de sentar mejores **bases teóricas** se muestra a continuación definiciones y conceptos de temas relacionados a la presente investigación:

Sector Petróleo en el Perú: Los hidrocarburos líquidos a nivel nacional tiene una participación dinámica, sujeto siempre a lo que suscite en el contexto mundial, a continuación, se describen las actividades:

- Exploración y explotación: Corresponde a la búsqueda de nuevas reservas con grandes inversiones y a largo plazo, usualmente compañías extranjeras. Estos hallazgos de reservas de petróleo crudo y gas natural se encuentran a muchos metros y se desconocen su ubicación por lo que se utilizan altas y costosas tecnologías (Osinermin, 2017, p.28).
- Transporte: luego de extraer el crudo de los pozos, pasa por un proceso de separación de gas natural, lodo para poder recién inyectar en el oleoducto de transporte, gaseoducto o buques tanque para su traslado hacia las refinerías o puertos para su exportación (Osinermin, 2017, p.33).
- Refinación o procesamiento: Se considera la principal actividad en la industria, donde se procesan o refinan el petróleo para producir derivados de alto valor comercial, tal es el caso de gasolinas, diésel, gas licuado de petróleo. Encontramos en Perú a Refinería Talara, Conchán, Iquitos, El Milagro y La Pampilla (Osinermin, 2017, p.34).

- Almacenamiento, despacho y distribución: En esta etapa se encuentran los terminales y plantas de almacenamiento (tanques, ductos y sistemas de bombeo, plantas de ventas. Estos se encuentran generalmente cerca de las refinerías y focos de demanda (Osinergmin, 2017, p.38).
- Comercialización mayorista y minorista: Involucra el transporte de combustibles desde la refinería por camiones cisternas hasta los centros minoristas para la venta al consumidor (estaciones de servicios) (Osinergmin, 2017, p.34).

La Figura 01 nos muestra didácticamente la cadena de valor del petróleo y su comportamiento en el sector. Vemos las actividades que involucra desde la exploración hasta la comercialización mediante las estaciones de servicios.

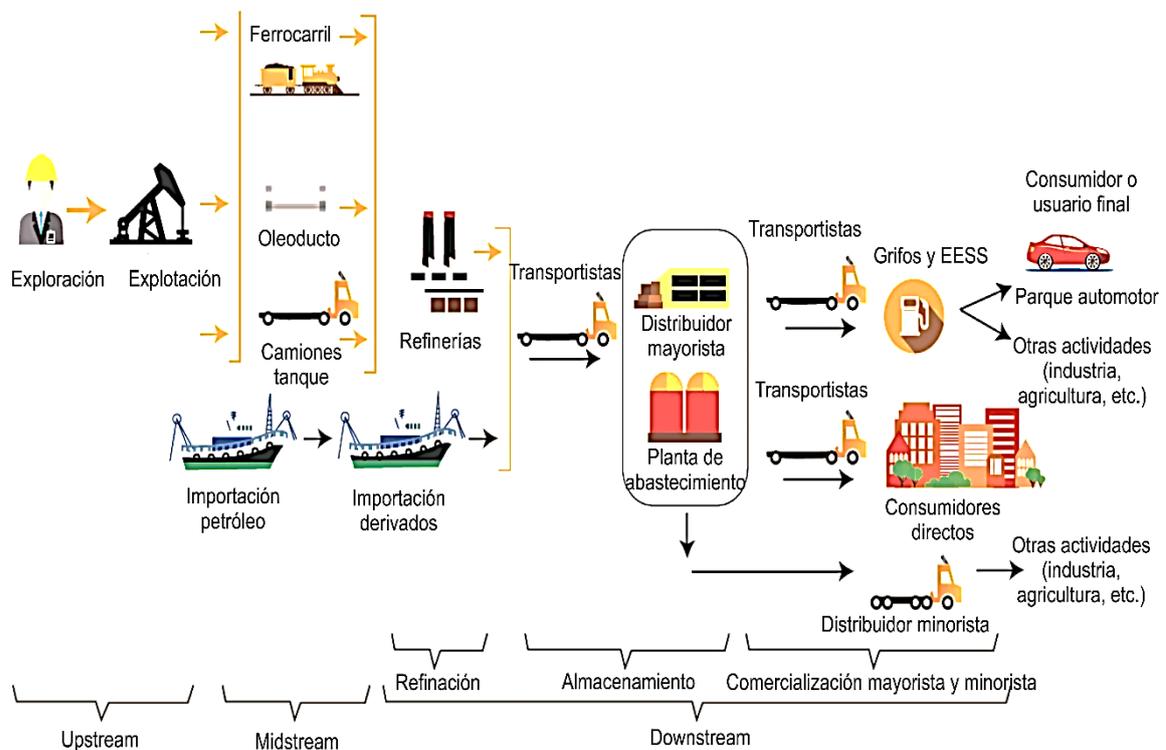


Figura 01. Cadena de valor del petróleo. Fuente: Osinergmin, 2017, p.29.

Refinería de Petróleo: El crudo como tal no tiene ninguna aplicación útil, por ser una mezcla de hidrocarburos en bruto, por ello es de necesidad procesarlo y/o refinarlo para transformarlo en derivados útiles que satisfagan las necesidades de la población. Esta etapa de refinación de petróleo engloba una serie de procesos termodinámicos a los que se somete el petróleo crudo por proceso de destilación y transformación química, los diversos hidrocarburos comerciales

(Gutiérrez y Texas, 2013, p.35). Se muestra un diagrama de proceso de refinación del petróleo en la Figura 02 donde ingresa el crudo, pasa por un hervidor (quemador) para luego destilar en la columna y de esa manera obtener derivados.

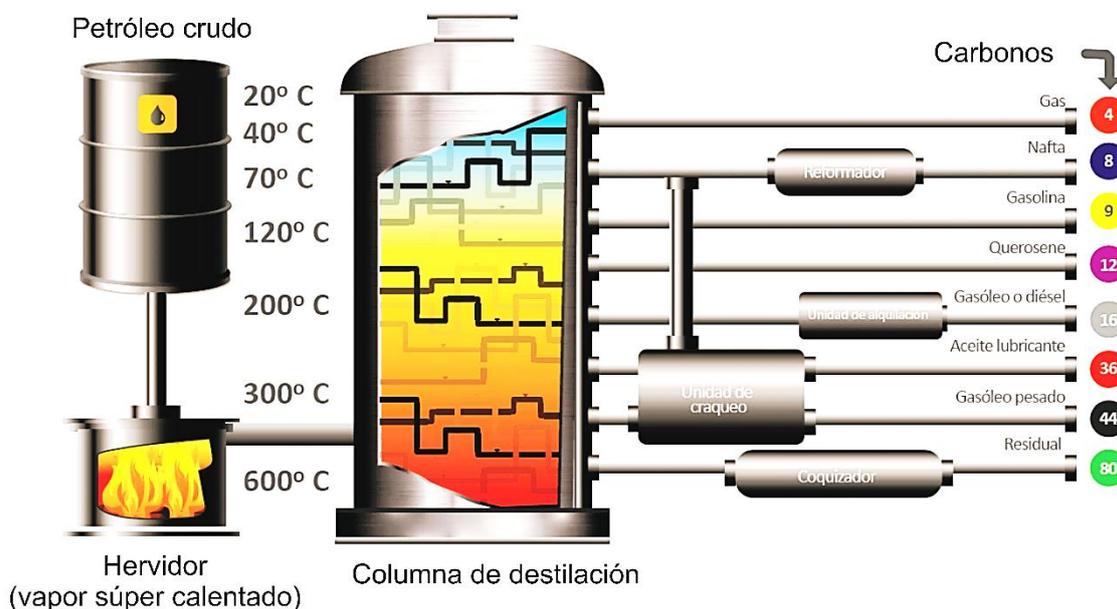


Figura 02. Diagrama de proceso de refinación del petróleo. Fuente: Osinergmin, 2017, p.34.

Configuración de Refinerías: El petróleo en crudo se calienta por hornos y se carga a una columna de destilación donde esta trabaja a presión atmosférica, es ahí que se fraccionan según solicitud del mercado. Adicionalmente según la dimensión de la refinería pueden tener múltiples plantas de proceso (unidades) con el objetivo de diversificar la producción de derivados (Cerón, 2015, p.78).

Unidades de Proceso: En un principio las refinerías solamente destilaban petróleo para la obtención de naftas, diésel y querosene, hoy en día con el avance tecnológico se han implementado nuevos procesos y operaciones donde se obtienen nuevos productos con mejor calidad (Cerón, 2015, p.78). Por ello en las instalaciones de una refinería se encuentran un conjunto de plantas o unidades de proceso que hacen una extensión de superficie considerada.

Un diagrama sencillo de cómo trabaja una refinería se puede apreciar en la Figura 03 donde hay un esquema de flujo de los procesos por los que pasa el crudo para finalmente ser producto utilizable por el mercado.

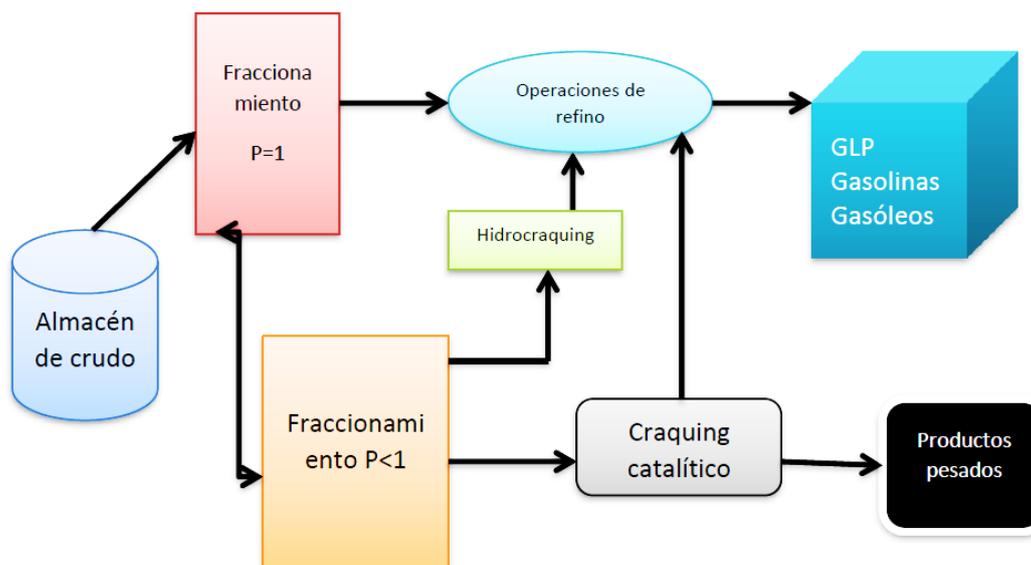


Figura 03. Diagrama de trabajo para la producción de combustibles. Fuente: Cerón, 2015, p.78.

A continuación, se muestran algunos procesos dentro de una refinería de petróleo que es interés conocer por la aplicación de esta investigación en esas unidades.

Unidad de Destilación Primaria: Corresponde al proceso donde se separa el crudo para originar diversas corrientes de destilados, que previo afinamiento formarán parte de los productos terminados, y por otro lado corrientes que alimentan a otras unidades de proceso aguas abajo (Petroperú, 2019, p.32). En la Figura 04 se muestra un diagrama de flujo de entradas y salidas reales de la Refinería Talara, se aprecia la entrada del crudo y la columna de destilación se deriva a diversas unidades para procesos específicos.

Unidad de Destilación Secundaria o Vacío del Crudo: Aquí se busca fraccionar el residual principal proveniente de la Unidad de Destilación Primaria para alimentar las otras unidades especializadas de la refinería, esto ubicado aguas abajo (Petroperú, 2019, p.34). En la Figura 05 se muestra el diagrama de entradas y salida donde ingresa el residual primario y tras destilar nuevamente se en gas combustible como a derivados como el gasóleo liviano de vacío,

pesado, medio, aceite slop y los residuales respectivos siguiendo su proceso en diversas unidades complementarias.

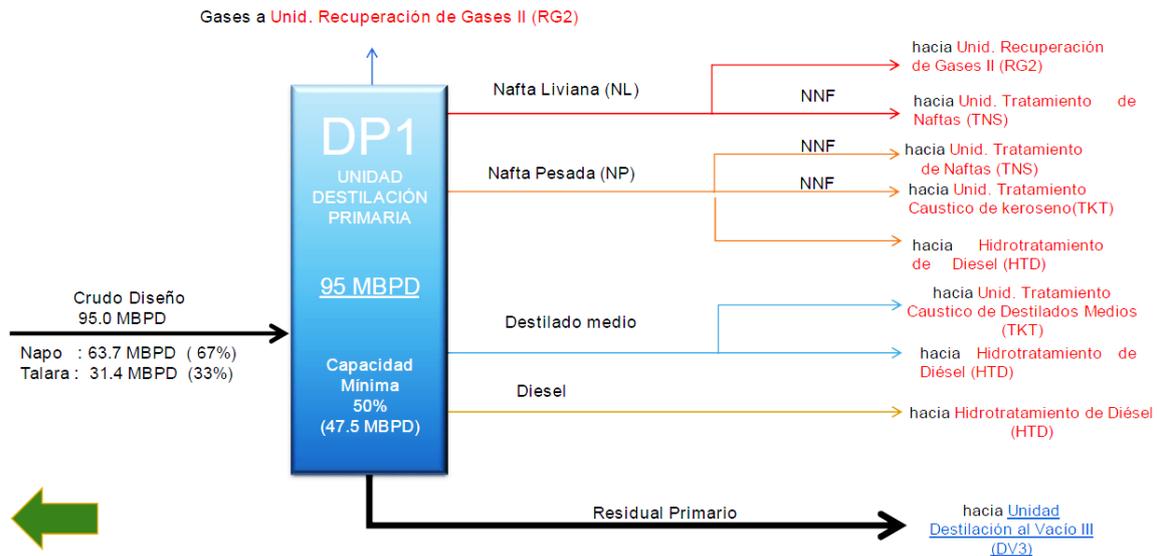


Figura 04. Diagrama de entradas y salidas de la Unidad de Destilación Primaria 1 de Refinería Talara. Fuente: (Petroperú, 2019, p.32).

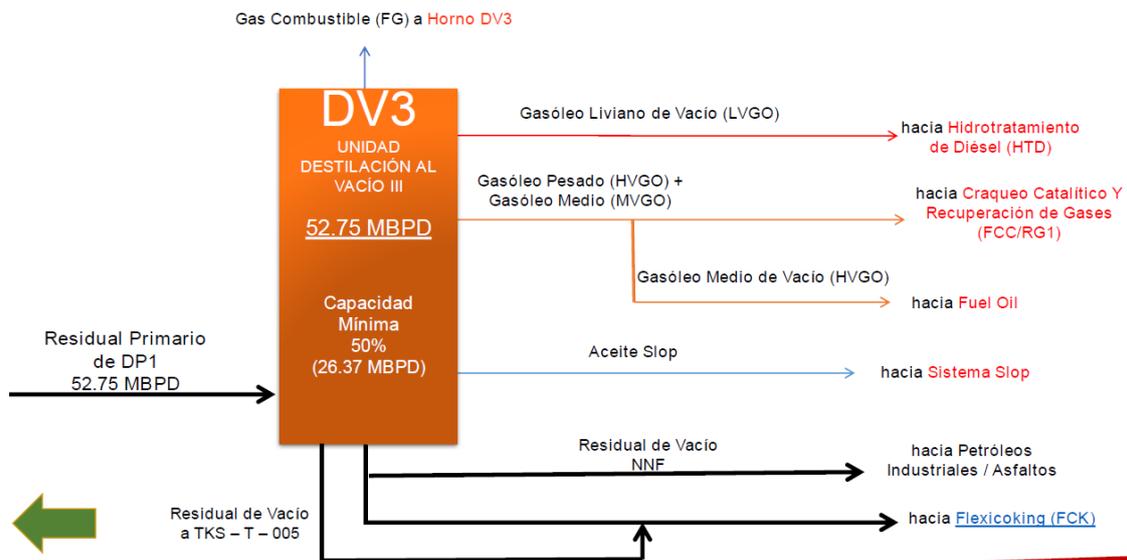


Figura 05. Diagrama de entradas y salidas de la Unidad de Destilación al Vacío 3 de Refinería Talara. Fuente: (Petroperú, 2019, p.35).

Unidad Reductora de Viscosidad (Visbreaking): En este proceso se busca mejorar la calidad de productos de la columna de vacío, aquí reduce la viscosidad de los productos obteniéndose gas, destilados medios y nafta. Este proceso corresponde a un agrietamiento térmico moderado buscando la

modificación de la estructura de los residuos pesados de la columna de vacío reduciendo su viscosidad y produciendo pequeñas cantidades de destilados. Para comercializar el fueloil se requiere bajar su viscosidad con diluyentes (Dubois, 2005, p.134).

Unidad de Desulfurización: Es necesario remover el azufre cuando se detectan presencia en corrientes gaseosas que componen hidrocarburos ligeros. Por ello hay distintos procesos que sirven desulfurar hidrocarburos, siendo el más común el hidrotratamiento, con el objetivo de eliminar compuestos con presencia de azufres y metales dentro del hidrocarburo (Cerón, 2015, p.70). Las normas medioambientales prohíben a las refinerías que haya presencia de azufre en la composición de sus combustibles, esto debido a la contaminación atmosférica que generan por su emisión, es por ello que lo eliminan.

Recipientes a Presión: Es aquel contenedor, tanque o tubería que transporta y/o almacena fluidos con una presión interna muy diferente a la externa, además donde estos fluidos pueden concebir cambios en su estado (caso de calderos de vapor) o al combinarse con otros reactivos (caso de reactores químicos) (Goyburo, 2012, p.21). Puede variar el tamaño o forma de los recipientes de vapor, de acuerdo a la necesidad y característica del proceso. A continuación, se define algunos recipientes a presión:

- Columnas: Considerado un recipiente a presión configurado con un grupo de contactores de líquido- vapor (Goyburo, 2012, p.21). Por su robusta fabricación requiere un montaje especializado, es aquí donde se destila el crudo y/o reprocesa para fraccionar en sus derivados.
- Recipientes: Es un depósito generalmente diseñado en forma cilíndrica, resistente a altas presiones, son los más usados en el proceso de refinación por no presentar dificultades en su fabricación y montaje, también benefician en el espacio utilizable de las unidades (Goyburo, 2012, p.22).
- Reactores: Equipo donde en su interior se realiza una reacción química, generalmente aquí se combinan reactivos con el crudo o derivados luego de pasar por alguna columna de destilación. Corresponden a muy altas reacciones endotérmicas y en algunos casos van en serie para entrar uno

después del otro, ejemplo la Unidad de Reformado Catalítico (Goyburo, 2012, p.22).

El la Figura 06 se muestra un proceso real de la Refinería Conchán, tanto la destilación atmosférica como la de vacío, así podemos notar algunos recipientes a presión como columnas y hornos.

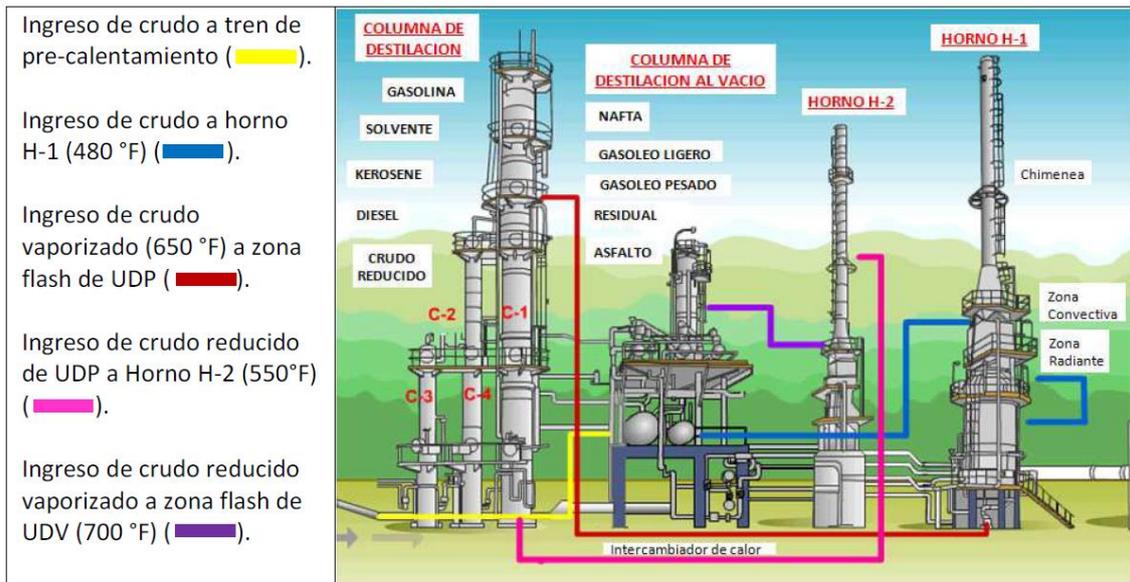


Figura 06. Proceso de destilado en la refinería Conchán.

Fuente: (Goyburo, 2012, p.18).

Mantenimiento: Es el conjunto de técnicas asignado a conservar instalaciones o equipos operativos durante el mayor tiempo posible y apuntando al rendimiento máximo (García, 2003, p.1). Corresponde al conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en una condición que permita operar a una inversión mínima, aquí se evita y/o corrige desperfectos, se estudia el estado de los equipos e instalaciones, se reduce costes. Se definen los siguientes tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el listado de tareas asignadas a corregir las averías que se presentan día a día en los diversos equipos y que son reportados al departamento de mantenimiento para su intervención inmediata (García, 2003, p.17).
- **Mantenimiento Preventivo:** Corresponde al mantenimiento cuyo objetivo es conservar un nivel de servicio definido en los equipos e instalaciones,

programando las reparaciones en el momento más acertado según producción y disposición (García, 2003, p.17).

- **Mantenimiento Predictivo:** Aquí se utilizan técnicas de detección anticipada de síntomas para analizar con más detalle y establecer la intervención antes de que aparezca el fallo (Díaz, 2011, p.8).

Paradas de Planta: Corresponde a un mantenimiento preventivo realizado de forma periódica (medido en años más de las veces), en el que las unidades de proceso, o parte de ella, quedan fuera de servicio para así acceder a realizar trabajos de inspecciones, sustituciones y/o reparaciones generales, además de preservar los equipos e instalaciones en condiciones de operación (Santos, 2014, p.11). Una parada de planta es una situación crítica en la existencia de la instalación, puesto que muchos equipos son revisados a detalles, algunos desmontados para su revisión interna, para luego montaje y puesta en servicio. Hay casos en los que se realizan reingenierías o cambio de diseño de equipos, esto quizás porque se actualizan a normativas técnicas o por mejoras de productividad.

Metodologías usadas en Paradas de Planta: Para la intervención de una parada de planta se trabaja mediante metodologías, esto debido a la dimensión y complejidad que lo caracteriza, más aún en una refinería de petróleo al ser una multiplantas y con existencia de muchos equipos. A continuación, se muestran algunas metodologías usadas para trabajos de mantenimiento durante paradas de planta.

Metodología de Confiabilidad Proyecto: El aplicar técnicas de confiabilidad operacional en el mantenimiento de paradas de plantas industriales mediante gestión de proyectos tiene por objetivo optimizar el alcance de los trabajos de mantenimiento, el cual refleja en ahorros considerables. Aquí se emplean técnicas que conllevan a identificar las causas raíz de las averías, así como el conocer la probabilidad de ocurrencia de los equipos y los efectos tomados del punto de vista operativa como de seguridad. Se conocen algunas técnicas de confiabilidad aplicables a grandes industrias con óptimos resultados, entre ellos: Metodología Optimización Costo-Riesgo (OCR), Metodología Inspección basas

en Riesgo (IBR), APT Inspection, APT Project, APT Shedule, Reliability, Avaibility y Maintainability (RAM) (Amendola, 2002, p.1122). La Figura 07 muestra la Metodología de Confiabilidad de Proyecto.

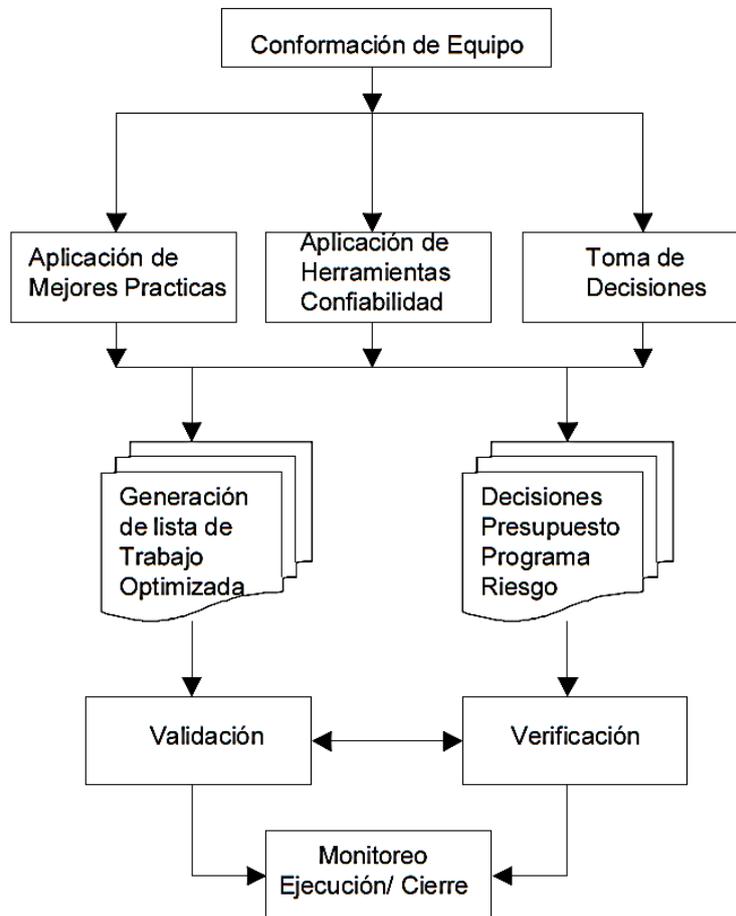


Figura 07. Metodología de Confiabilidad de Proyecto.

Fuente: (Amendola, 2012, p.1126).

Mantenimiento de Clase Mundial (MCM): Corresponde al conjunto de las Mejores Prácticas Operacionales y de Mantenimiento, el cual congrega elementos de múltiples enfoques organizacionales con dirección de negocio, para de esta manera establecer un todo armónico de alto valor práctico, las cuales al ser aplicadas en forma racional establecen ahorros importantes a las corporaciones (Gómez, 2007, p.9). En la Tabla 01 tenemos una descripción resumen de los beneficios de las prácticas del Mantenimiento de Clase Mundial.

Tabla 01.- Beneficios prácticas Mantenimiento Clase Mundial

PRÁCTICA	BENEFICIOS	EJEMPLOS DE MEDIDAS
Despliegue de Liderazgo y Políticas	<ul style="list-style-type: none"> - Entendimiento - Compromiso de la Gerencia - Enfoque de Prioridades 	<ul style="list-style-type: none"> - Misión Definida y accesible - Visión Definida y accesible - % Políticas desarrolladas en la planta
Estructura Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> - Claridad de responsabilidades - Claridad en las relaciones de reporte - Cumplimiento Asegurado de la Responsabilidad Control Mejorado 	<ul style="list-style-type: none"> - % Personal Técnico por Zonas - Controles > del promedio - % Rotación o deserción - % Ausentismo
Control de Inventario	<ul style="list-style-type: none"> - Menores Retrasos - Menores Pérdidas - Menores costos - Incremento de tiempo hábil 	<ul style="list-style-type: none"> - Devoluciones - Nivel de Exactitud - Nivel de Servicio - % Tiempo perdido por Falta de Partes
CMMS Sistemas de Manejo Computarizado de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Más rápidos indicadores de desempeño - Mejores análisis históricos - Identificación de problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - % Recursos controlados en CMMS - % Módulos CMMS Aplicados - % Exactitud de Información capturada
Mantenimiento Preventivo (PM por sus siglas en inglés)	<ul style="list-style-type: none"> - Más bajos costos de mantenimiento - Ciclos de vida más largos - Menos tiempos perdidos - Identificación temprana de problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - % PM respecto a actividad total - % Correctivo vs. Preventivo - % PM Cumplimiento con programa - % PM vs. Emergencias

Fuente: De la Paz (2014).

En la Figura 08 se muestra el esquema del mantenimiento adecuado de equipos para garantizar la continuidad de la cobertura del proceso ISO 9001 con ISO 14001, herramientas claves para objetar la Calidad Total.



Figura 08. Metodología de Confiabilidad de Proyecto.

Fuente: (Amendola, 2012, p.1126).

Gestión de Proyectos: Es un trabajo temporal que se realiza para crear un producto o ejecutar un servicio. Se caracteriza por tener un principio y un fin definido. En la dirección de proyectos se aplica habilidades, conocimientos, técnicas y herramientas a las actividades del proyecto para cumplimentar las exigencias del mismo. Esto se logra a través de la aplicación e integración correcta de procesos de dirección de proyectos, asociado de modo lógico y agrupados en 5 grupos de procesos que son inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre del proyecto (Santos, 2014, p.18).

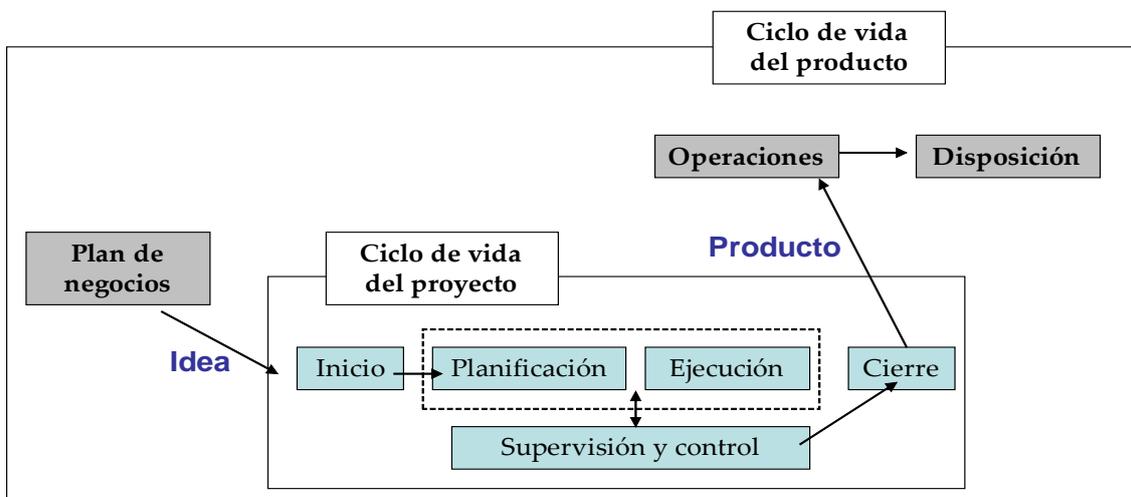


Figura 09. Ciclo de vida del proyecto y del producto.

Fuente: (San Juan, 2010, p.18).

En la Figura 09 se visualiza el ciclo de vida de un proyecto y su relación con el producto, para producir un entregable de calidad sugieren equilibrar las demandas de tiempo, costos, alcance, calidad, satisfacción del cliente, riesgos.

PMI: Project Management Institute o Instituto de Dirección de Proyectos (por sus siglas en inglés) es una agrupación sin fines de lucro, actualmente líder en el sector de dirección de proyectos, objetado al promover la aplicación efectiva de la ciencia y la práctica de gestión de proyectos. Fomentan la aplicación a todos los sectores de producción y/o servicios (Santos, 2014, p.18). Se fundó en 1969, su oficina principal se encuentra en Estados Unidos de América, y tiene por objetivo plantear estándares profesionales en dirección de proyectos, generar conocimiento en base a la investigación, promover la dirección de proyectos como profesión mediante sus programas de certificación.

Metodologías de Gestión de Proyectos con Enfoque PMI: Corresponde a una metodología donde se aplica instrucciones, herramientas, técnicas y habilidades a los proyectos. Se consigue mediante la atención e integración correcta de los procesos reconocidos para el proyecto (Santos, 2014, p.18). Esta dirección de proyectos busca que las organizaciones ejecuten sus proyectos eficientemente. En la Figura 10 se muestra el ciclo de vida de un proyecto y los grupos de procesos asociados según el enfoque de proyectos de PMI.

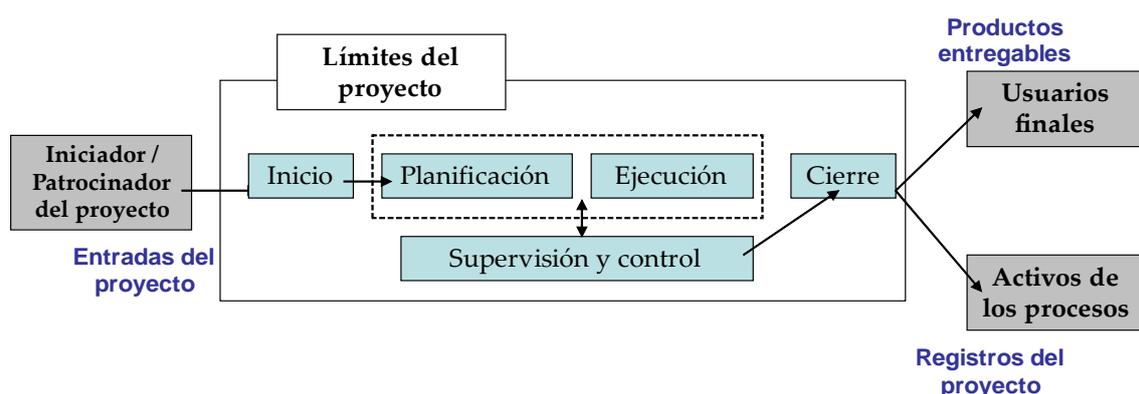


Figura 10. Grupo de procesos. Fuente: (San Juan, 2010, p.22).

Cabe indicar que en la última versión de la guía de Gestión de Proyectos con enfoque PMBOK versión 6ta Edición muestra 49 procesos conformados en los

grupos de procesos y áreas del conocimiento. A continuación, se describen algunas áreas de conocimiento principales.

Gestión de la Integración del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) indica la inclusión de los procesos y acciones para identificar, definir, unificar y coordinar los distintos procesos y funciones dentro de la dirección de proyectos. En el contexto de la dirección de proyectos, la integración incluye características de unificación, consolidación, comunicación e interrelación. Estas acciones deberían aplicarse del inicio del proyecto hasta su conclusión. Esta gestión incluye tomar decisiones sobre: Asignación de recursos, equilibrio de solicitudes que compiten entre sí, examen de direcciones alternativas, adaptar los procesos y cumplimiento de objetivos del proyecto. (p. 69)

Gestión del Alcance del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) indica que unifica los procesos emplazados para certificar que el proyecto incluya todo el trabajo solicitado para de esta manera ultimar el proyecto con éxito. Cuando se gestiona el alcance de un proyecto se busca principalmente en definir y controlar qué va y que no va en el proyecto. Los procesos son: Planear la Gestión del Alcance, recopilar los diversos requisitos, definir el alcance del proyecto, crear la EDT/WBS, aprobar el alcance del proyecto, vigilar el alcance del proyecto (p. 129)

Gestión del Cronograma del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) indica que esta gestión contiene los procesos que se requieren para dirigir el término del proyecto a tiempo. Los procesos son los siguientes: Planear la gestión del cronograma, precisar las actividades a realizar, secuenciar las actividades a realizar, estimar tiempos de duración en las actividades, desplegar el cronograma, vigilar el cronograma (p. 173)

Gestión de los Costos del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) incluye en esta gestión a los procesos implicados en planificar, presupuestar, financiar, estimar, obtener financiamiento, tramitar y vigilar los costos de tal manera que se ultime el proyecto dentro del presupuesto admitido. Los procesos son: Planear la gestión de los costos, valorar los costos del

proyecto, establecer el presupuesto del proyecto, vigilar los costos durante la ejecución del proyecto (p. 231)

La Figura 11 muestra los grupos de proceso de planificación, indica que el proceso es parte del área del conocimiento de Gestión de Integración del Proyecto, el cual coordina y unifica los otros procesos.

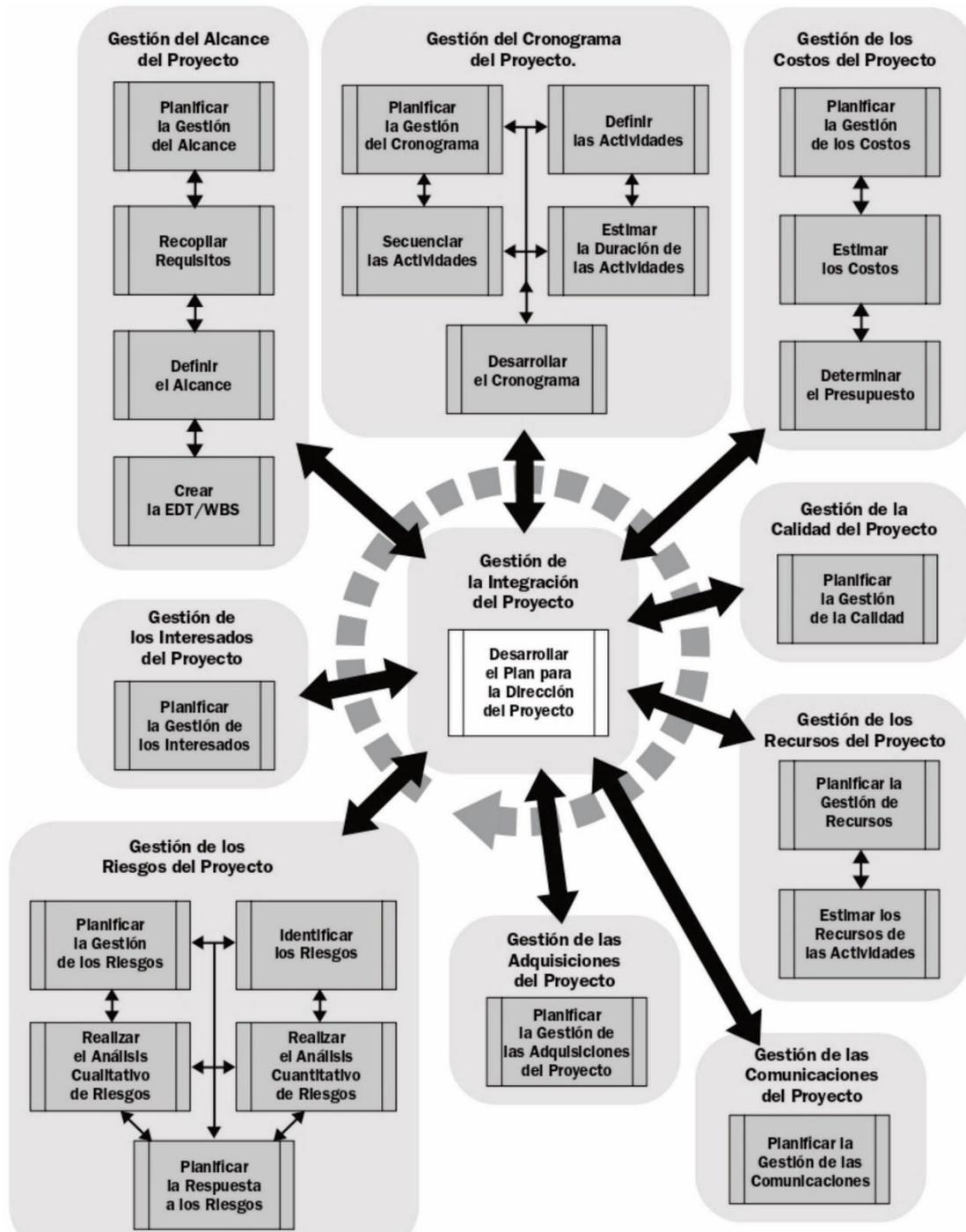


Figura 11. Grupo de procesos de planificación. Fuente: Project Management Institute, 2017, p.566.

Gestión de la Calidad del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) indica que en esta se incluye los procesos para agregar la política de calidad de la corporación en cuanto a planificar, gestionar y controlar de las exigencias de calidad del proyecto y del producto, a fin de cumplir los objetivos de los interesados. Estos procesos son: Planificar la gestión de la calidad, gestionar la calidad del proyecto, controlar la calidad del proyecto (p. 271)

Gestión de los Recursos del Proyecto: El Project Management Institute, Inc. (2017) menciona que aquí se contiene los procesos para identificar, obtener y gestionar los recursos necesarios para el término exitoso del proyecto. Estos procesos ayudan a certificar que los recursos apropiados estarán disponibles tanto para el director como para la unidad del proyecto en la situación y lugar adecuados. Los procesos son: Planear la gestión de recursos, valorar los recursos de las actividades, obtener recursos necesarios para el proyecto, desarrollar el equipo de trabajo del proyecto, dirigir al equipo de trabajo del proyecto, vigilar los recursos (p. 307)

Indicadores de Mantenimiento usados en el correctivo: Los indicadores de gestión de mantenimiento que se consideraron según el escenario de mantenibilidad correctivo de equipos e instalaciones mecánicas son los siguientes:

Cumplimiento de la programación (%CPR):

$$\%CPR = \frac{\#NOT's Ejecutadas}{\#NOT's Programadas}$$

Donde:

- %CPR = porcentaje de cumplimiento de la programación
- #NOT's = número de órdenes de trabajo

Cumplimiento de la planificación (%CPL):

$$\%CPL = \frac{HH Ejecutadas}{HH Programadas}$$

Donde:

- HH Ejecutadas: Total de HH realmente utilizadas en la ejecución de los trabajos programados en el periodo.
- HH Programadas: Total de HH planificadas para la ejecución de los trabajos en el periodo.

Tiempos improductivos (TI):

Se considerarán los tiempos improductivos que sean imputables por los ejecutantes del mantenimiento:

$$TI = \sum (\Delta \text{traslados} + \Delta \text{herramientas} + \Delta PT + \Delta \text{etc})$$

Donde:

- Δ traslados: Tiempos improductivos por traslado (%)
- Δ herramientas: Tiempos improductivos por traslado de herramientas (%)
- Δ PT: Tiempos improductivos por emisión de permiso de trabajo (%)
- Δ etc: Otros tiempos improductivos (%)

En cada uno de los tiempos improductivos se considera el total de HH perdidas, el cual se calcula multiplicando el tiempo de pérdida por el número de trabajadores involucrados. Mensualmente se reporta el total de HH perdidas por cada uno de los tipos de tiempos improductivos. El formato para el registro de tiempos improductivos se compartió entre las áreas involucradas (operaciones, mantenimiento, logística).

Back log Total (BLT):

$$BLT = \frac{\#NOT's \text{ Pendiente Ejecución}}{\text{Capacidad de Ejecución}}$$

Donde:

- #NotsPendientesEjecución: Cantidad de órdenes en estado AC, PP, PN, EJ, EE.
- Capacidad De Ejecución: Cantidad de órdenes que se ejecutan en promedio por día.

El máximo back log total aceptable es de 30 días, valores mayores son consideradas como faltas y penalizadas según evaluación para los ejecutantes del mantenimiento. Semanalmente se reporta el valor del back log total para evaluar su evolución.

Cumplimiento Mantenimiento Preventivo (CMP):

$$CMP = \frac{N^{\circ}NOT'sEjecutadas}{N^{\circ}NOT's Emitidas} \times 100\%$$

Donde:

- N°notsEmitidas: Cantidad de nots ejecutables para mantenimiento preventivo durante el periodo de un mes.
- N°notsEjecutadas: Cantidad de nots de mantenimiento preventivo ejecutables atendidas y terminadas durante el periodo de un mes

Indicador capacitación técnica mensual (ICTM):

$$ICTM = \frac{HHCapacitación Técnica}{HHTotales}$$

Donde:

- HHcapacitaciónTécnica: Total de HH en capacitación en temas técnicos según listado de cursos de capacitación técnica por categoría, durante el periodo de un mes.
- HHTotales: Total de HH laborados en el periodo de un mes, considera todos los trabajadores y personal de administración de recursos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación: Esta investigación de acuerdo con la naturaleza del problema planteado y sus propósitos de estudio se identifica como una investigación aplicada. Se asemeja así, porque busca estudiar la problemática que puede mejorar y optimizar la planificación y ejecución de mantenimiento de una refinería de petróleo durante paradas de planta. Esta investigación se aprecia desde un enfoque cuantitativo ya que se recolecta datos e información para poder acreditar la hipótesis usando medición numérica, así como el análisis de los resultados (Hernández, 2014, p.129).

Diseño de la Investigación: El diseño del trabajo de investigación planteado es pre experimental, dado que la recolección de datos se basa en el nivel de investigación experimental que se encarga de detallar las características mediante indicadores con datos reales. La investigación propuesta es de nivel Explicativa, se define así porque tiene como fin identificar las características de la problemática del estudio, en una determinada situación, lugar y tiempo, esto permitirá tener el conocimiento real de la problemática tal como se presenta en el contexto (Arias. 2012, p.34).

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

A continuación se muestra el cuadro de operacionalización de nuestra variable, los indicadores y sus medidas.

- Variable Independiente: Mejora del mantenimiento correctivo
- Variable Dependiente: Optimización de la operatividad de los equipos e instalaciones mecánicas

La matriz de operacionalización de variables se presenta en el Anexo 01.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS

Población: Para nuestra investigación la población tiene la característica de tener una población finita y está compuesta por:

- Refinería de petróleo, toda la infraestructura que la compone.

Muestra: Nuestra muestra de investigación ha sido seleccionada a juicio por el autor de la investigación, dado que se ha decidido trabajar con parte del tamaño de la población por ser accesible a la recolección de los datos, lo cual se convierte en el tamaño de muestra definido para el desarrollo de nuestra investigación.

- Equipos estáticos e instalaciones mecánicas de la Unidades de Proceso de la Refinería de Petróleo en estudio.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para nuestra investigación, se utilizarán diversas herramientas que nos permitirán la recolección de los datos, de esta manera se podrá medir las características de nuestra variable.

Fuentes: Se utilizarán las siguientes fuentes:

- Revisión de fuentes bibliográficas.
- Revisión de publicaciones de la entidad en estudio

Técnicas: Las técnicas a emplear serán:

- Recolección de datos que se relacionan al tema.
- Observación de las características de la variable en estudio.
- Análisis de contenidos.
- Fichajes, registros

Instrumentos: Los instrumentos a utilizarse serán:

- Fichas del estado del sistema o unidades de proceso
- Fichas y registros de campo de equipos
- Guías de observación

Mediante el fichaje se dará registro diario a los parámetros de mantenimiento correctivo, datos relacionados con los indicadores de las variables que estudian en esta investigación.

La validez de las respuestas se sostiene en que los controles programado versus real reflejarán informaciones necesarias que nos permitan realizar márgenes de avance y cumplimiento para luego ser sometidos a diversos análisis estadísticos y realizar las diversas interpretaciones correspondientes.

3.5. PROCEDIMIENTO

Para el desarrollo de la presente investigación se considerará el procedimiento de la Figura 13 correspondiente a la propuesta de ejecución de las solicitudes de trabajo del mantenimiento correctivo.

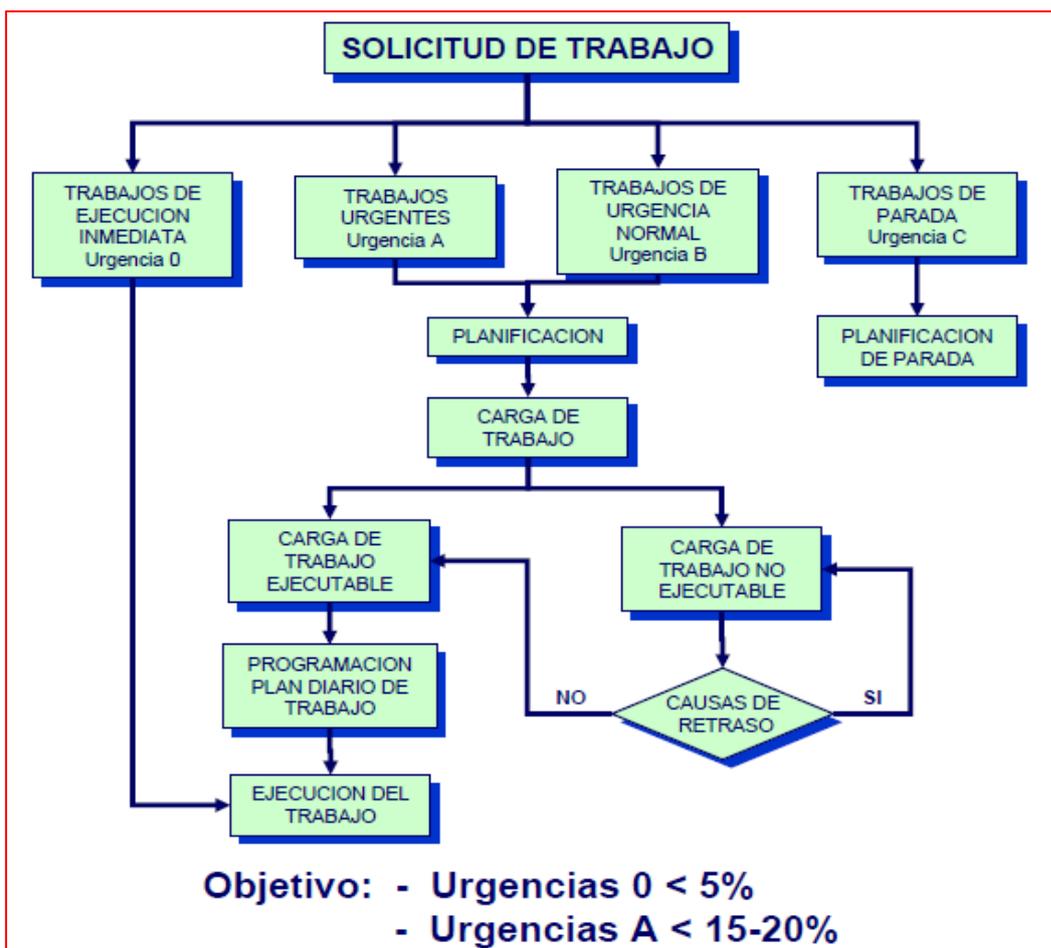


Figura 12. Procedimiento de para la ejecución del mantenimiento correctivo en base a la necesidad.

Cabe indicar que este procedimiento mostrado está propuesto para adaptarlo a cualquier planta industrial, sin embargo no implica que se tenga que recurrir necesariamente a todos los pasos o proceso debido que cada instalación y proceso posee características únicas y con escenarios distintas a otras.

- a) Para la auditoría de mantenimiento se deberá recurrir a los registros de mantenimiento, se extraerá la información, se procesará e identificará los indicadores pasados.
- b) Se evaluará las metodologías existentes y se usará la mejor aplicable según el escenario obtenido. Se analizará los resultados para ver el impacto de mejora.
- c) Se tomarán casos de mantenimiento mecánico correctivo, se mostrarán las inspecciones, recomendaciones y ejecución según casos.

3.6. MÉTODOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Para elaborar la base de datos y el análisis de variables, se empleó el fichaje, la recolección de datos, la revisión de registros de ejecución, reuniones con las áreas involucradas, el uso permanente de software hoja de cálculo Excel, MS Project y SAP-PM.

Los resultados se presentan a través de tablas y gráficos, con sus respectivos análisis e interpretaciones, según las dimensiones y los indicadores utilizados para estudiar a la variable.

Análisis: Los análisis se realizaron de la siguiente manera:

- Análisis cualitativo de la variable, dimensiones e indicadores.
- Análisis cuantitativo de la variable, dimensiones e indicadores.

Procesamiento: Los procesamientos de la información se realizaron de la siguiente forma:

- Presentación de datos y resultados: Se ordenaron, clasificaron y seleccionaron. Se codificaron, tabularon mediante el uso de cuadros y gráficos.
- Interpretación de datos: Se establecieron las conclusiones y recomendaciones al final del trabajo respecto al problema de nuestra investigación. Se analizaron el cumplimiento de los objetivos y el fin de

nuestra investigación. Se analizaron los efectos que produjo post ejecución de la parada de planta y se comparó con lo planificado.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación está basada en honestar la validez que arrojen los resultados, así como demostrar confiabilidad con los datos obtenidos, de la misma manera se busca respetar la propiedad intelectual de los autores citándolos siempre, también respetando el anonimato de los encuestados. Se hace mención de algunos criterios éticos que se usaron para este estudio.

Tabla 4. Características Éticas del Criterio.

Criterios	Características Éticas del Criterio
Confidencialidad	Se informó a las personas involucradas en la recolección de datos y la confiabilidad de información ante la empresa
Observación participante	Se otorgó la seguridad necesaria para que las personas involucradas para la recopilación de información realicen sus aportes de la mejor manera
Consentimiento de los involucrados	Se hará bajo consentimiento de los involucrados y/o fichajes de equipos previa autorización, aunque no se mencione la planta de proceso trabajada

Fuente: Puicón (2017). Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE EQUIPOS E INSTALACIONES MECÁNICAS.

Para una mejor descripción y análisis de resultados se realizó una auditoría de mantenimiento describiendo la situación en la que se encontraba.

4.1.1. PLANTA PETROLERA EN ESTUDIO:

Esta refinería de petróleo se encuentra situada en el distrito de Ventanilla, provincia del Callao (Lima-Perú). Se dedica al refinado, almacenamiento, transporte y distribución del petróleo procesado y sus derivados. Esta planta petrolera inició sus actividades en la década de los 60, perteneció al estado peruano hasta la década de los 90 cuando el gobierno de turno lo privatizó y cedió a un consorcio transnacional liderado por inversionistas españoles.



Figura 13. Toma aérea de la Refinería de Petróleo en estudio.

Entre sus características de producción se tiene:

- Producción total (al 2020): 117,000 bpd (barriles por día)
- Capacidad de almacenaje crudo: 2,800,000 bls (barriles)
- Capacidad de almacenaje de productos: 4,000,000 bls (barriles)

Estas cifras descritas hacen que esta refinería represente la mayor capacidad de producción a nivel nacional con el 54%. Las principales unidades de proceso son las siguientes: Unidad de destilación primaria UDP I, UDP II (02 unidades), Unidad de destilación al vacío UDV I, UDV II (02 unidades), Unidad de craqueo catalítico, Unidad de recuperación de gases, Unidad de reformación catalítico, Unidad de Visbreaking, Unidad de Desulfurización de diésel, Planta de almacenamiento y despacho de asfaltos, entre otras. Se describe a continuación el listado más completo de las unidades de procesos o sistemas.

Tabla 5. Listado de unidades de procesos o sistemas.

Unidades o Sistemas	Código	Unidades o Sistemas	Código
Aguas Ácidas	51	Pozo de agua N°01, 02, 09, 10, 11	44
Aire Comprimido	43	Recuperación de gases URG	23
Almacenaje de Crudo	31, 32	Red Contra Incendio	204
Almacenaje de productos	31, 32	Reformado Catalítico UF/PT	22
Circuito de Diesel	01	RLP 21 Aminas III	59
Circuito de fondos	01	RLP 21 Hidro Desulfuración de Diesel	26
Circuito de Kerosene	01	RLP 21 Isomerización	25
Circuito de nafta	01	RLP 21 Recup. Azufre (Claus) + Aminas II	53
Circuito de tope	01	RLP 21 SSAA bloques DM y GA II	63
Craqueo Catalítico FCC	21	RLP 21 Unidad de Producción de Hidrógeno	58
Despacho Línea Submarina	35	RLP 21 Unidad de Reformado Catalítico	27
Despacho Ventas	36	RLP21 Hidrotratamiento d Naft + splitter	20
Ducto de GLP a Ex SOLGAS	36	Seguridad Corporativa	205
Estabilización de gasolina	1	Seguridad e higiene industrial	204
Gas Natural	56	Servicios generales	505
Generación de Vapor	42	Sist.Recepción y Distribución Eléctrica	47
Laboratorio	95	Sistema Agua Cruda	44
Líneas de agua cruda	44	Sistema Agua de Enfriamiento	46
Líneas de agua de enfriamiento	46	Sistema Agua Desmineralizada	45
Líneas de aguas ácidas	51	Sistema de Aceite Combustible	41
Mérox de gasolina de UDPI	15	Sistema de Antorcha (FLARE)	28
Merox de Gasolina FCC	17	Sistema de vapor	todo
Mérox de Kerosene de UDP I	16	Soda Gastada	52
Mérox Turbo de UDP II	18	Terminal Portuario N°1	TM1
Mérox Visbreaking	19	Terminal Portuario N°2	TM2
Mezcla de Productos	31, 32, 33, 35	Terminal Portuario N°3	TM3
Movimiento de Producto	31	Terminal Portuario Monoboya 4	TM4
Nueva Campa de Contratistas	315, 505	Tuberías de Proceso	todo
Operaciones despacho	36	Tuberías de Servicio	todo
Optimización y Control	16	Unidad de destilación primaria I	01
Planta de Aminas	48	Unidad de destilación primaria II	02
Planta de Asfalto	39	Unidad de destilación al vacío I	03
Planta de Cogeneración	50	Unidad de destilación al vacío II	04
Planta de Efluentes	37	Visbreaking	24
Planta de Tratamiento Biológico	40		

Elaboración propia.

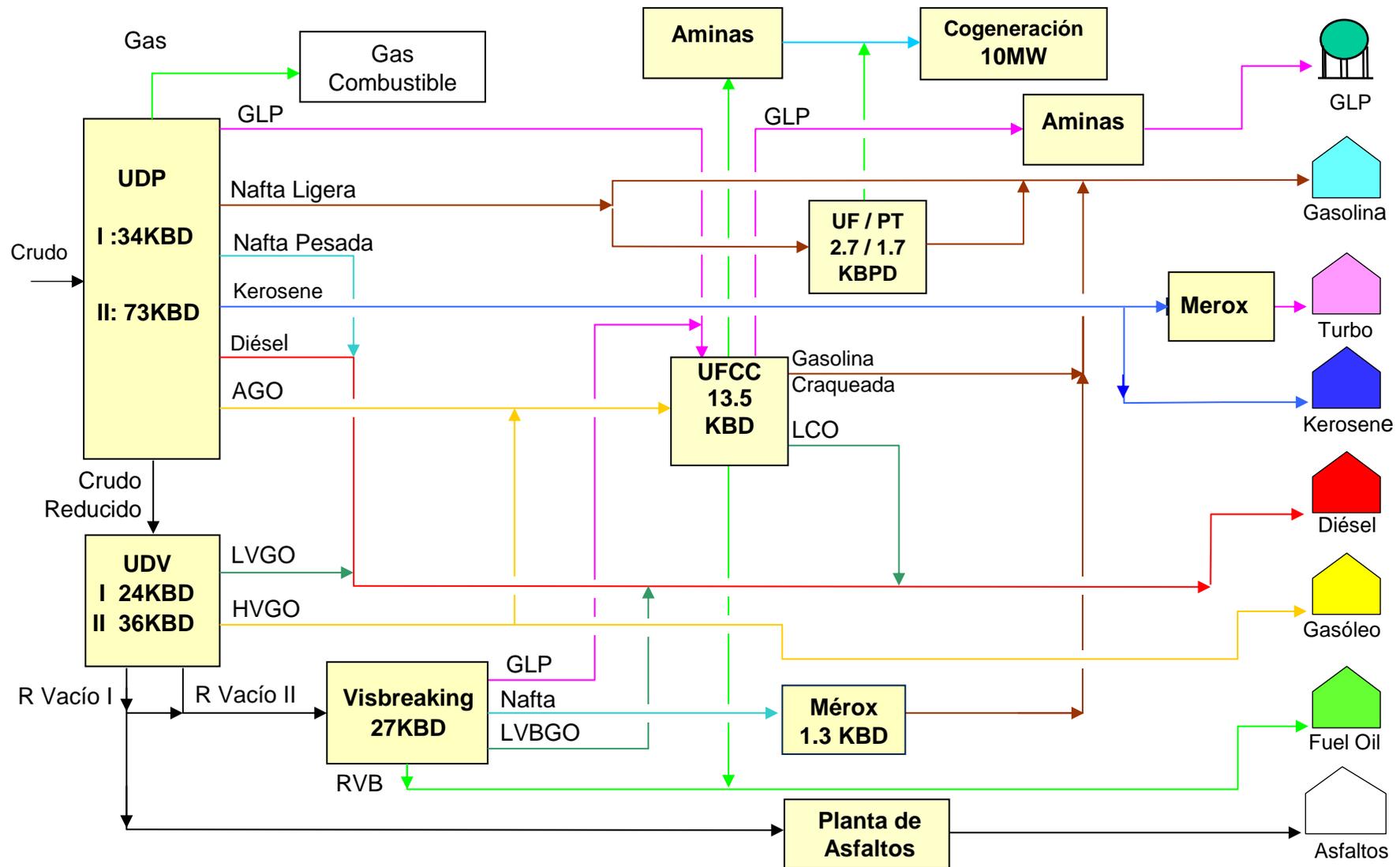


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de refinación de la planta en estudio.

La figura mostrada representa un diagrama de flujo del proceso de refinación de la refinería en estudio, de manera que se puede observar el ingreso de la materia prima (el crudo), su paso por las unidades de proceso y los productos derivados que resultan.

4.1.2. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES MECÁNICAS:

Para tener el comportamiento del mantenimiento dentro de esta refinería de petróleo se muestra la estructura organizacional:

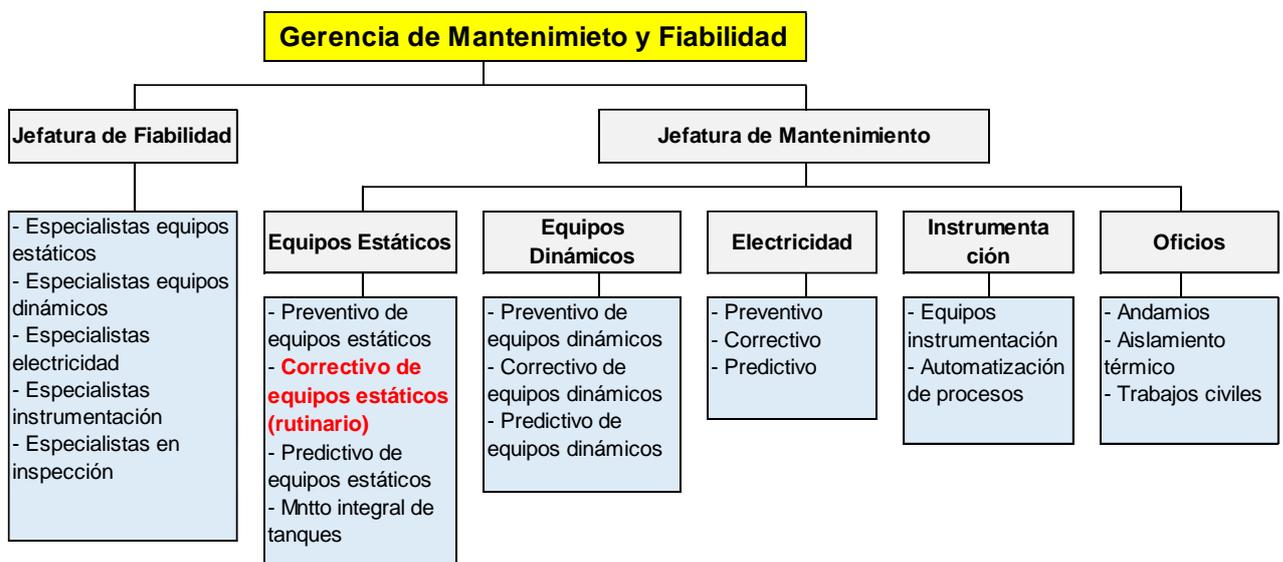


Figura 15. Estructura organizativa de la Gerencia de Fiabilidad y Mantenimiento. Elaboración propia.

Para la presente investigación se tomó como estudio el área mecánica de equipos estáticos, y dentro de ella el contrato del **mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas** puesto que se considera el área más crítica debido a la cantidad de trabajos a intervenir, a la dimensión y complejidad de las mismas.

Se mencionan algunas características del mantenimiento en esta refinería:

- Las instalaciones de esta refinería y la logística implicada (terminales, ductos, tuberías) trabajan en régimen continuo 24 horas, los 365 días del año.

- Mantenimiento habitual: 9 horas de lunes a viernes
- Los riesgos por seguridad y los de impacto ambiental están presentes en las actividades de mantenimiento, más aún el área mecánica, el cual se considera de alto riesgo.
- Esta refinería cuenta con 680 colaboradores propios (cliente) y más de 500 trabajadores de empresas ejecutoras (contratistas) de diversos servicios especializados que son adjudicados cada cierto tiempo.
- En cada trabajo pueden intervenir de uno a diez especialidades distintas, por ejemplo: operario mecánico, tubero, soldador, albañil, refractorista, electricista, instrumentista, calorifugador, andamiere, etc.
- Mayoritariamente se utiliza mano de obra de contratistas.
- Condicionado por la existencia de urgencias, por la disponibilidad de repuestos, disponibilidad de medios, o simplemente por las condiciones climáticas.

Se muestra a continuación los factores que concurren en el mantenimiento de una refinería:



Figura 15. Factores que concurren en el mantenimiento.

4.1.3. INDICADORES DE MANTENIMIENTO ENCONTRADOS:

Antes de presentar los indicadores de mantenimiento encontrados se realiza una descripción del personal operativo requerido para la ejecución de trabajos de mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas de la planta, cabe mencionar que se hizo una media de los meses por año.

Tabla 6. Listado de personal requerido 2019-2020.

	Categoría	Año 2019	Año 2020
Indirectos	Jefe de Contrato	1	1
	Supervisores	2	2
	Supervisores SSMA	2	2
	Planner	1	1
	Asistente Planner	1	1
	Administrativo	1	1
Directos	Capataces	3	3
	Soldadores	3	4
	Tuberos	3	4
	Operarios 1	2	3
	Operarios 2	10	10
	Operarios 3	11	12
	Ayudantes	4	3
	Electricista	2	2
	Almacenero	1	1
	Choferes	1	1
	total	40	43

Elaboración propia.

Se muestra a continuación el registro de las horas hombre (HH) dedicadas para realizar el mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas durante los años 2019 y 2020. Cabe mencionar que por la situación mundial sanitaria de la pandemia hubo meses del 2020 que se redujo considerablemente el número de personal operativo, así como las actividades de mantenimiento.

Tabla 6. Listado de personal requerido 2019-2020.

	Horas Hombre (HH) ejecutadas 2019 - 2020											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2019	7,920	7,200	7,560	7,200	7,920	7,200	7,920	7,560	7,560	7,920	6,840	7,560
2020	8,514	7,740	8,514	2,160	2,160	2,268	5,670	8,127	8,514	8,127	7,740	8,127

Elaboración propia.

Se muestra a continuación el comportamiento de los indicadores de mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas de la refinería en estudio durante los años 2019-2020, estos fueron procesados ya la información fue manejada directamente por el autor de este investigación.

4.1.3.1. Cumplimiento de la Programación (%CPR):

Para poder hallar este indicador se tuvo que revisar los registros de cumplimientos de ejecución de órdenes de trabajo diario, hacer una media por mes de las órdenes de trabajo (OT's) programadas como una media por mes de las OT's ejecutadas.

$$\%CPR = \frac{\#NOT's\ Ejecutadas}{\#NOT's\ Programadas}$$

Donde:

- **%CPR** = porcentaje de cumplimiento de la programación (media por mes)
- **#NOT's** = número de órdenes de trabajo (media por mes)

Para el año 2019 se muestra una media anual de programación de trabajos de 22 OT's por día y el cumplimiento de las mismas de 15.75% resultando un %CPR de 71.67%.

Tabla 5. Cumplimiento de la programación 2019.

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's ejecutadas	14	15	16	15	15	16	16	15	16	16	17	18
NOT's programadas	20	23	24	22	22	21	20	21	22	23	22	24
%CPR	70%	65%	67%	68%	68%	76%	80%	71%	73%	70%	77%	75%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Cumplimiento de la programación (%CPR) 2019. Elaboración propia.

Esto evidencia un bajo nivel de atención de ejecución de los trabajos según necesidad de planta. Asimismo se grafica este escenario para hacer visible los datos con el paso de los meses:

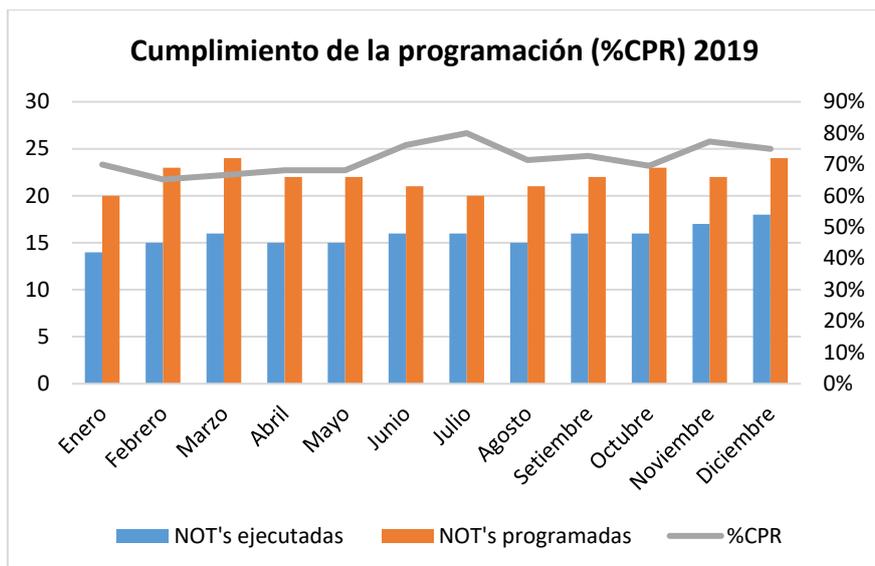


Tabla 6. Cumplimiento de la programación 2019. Elaboración propia.

De la misma manera se muestra el comportamiento en el año 2020 el cual se vio afectado por el evento mundial de la pandemia.

Tabla 5. Cumplimiento de la programación 2020.

	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's ejecutadas	16	17	17	5	5	6	12	16	15	15	17	18
NOT's programadas	25	25	26	6	6	7	16	23	24	24	24	25
%CPR	64%	68%	65%	83%	83%	86%	75%	70%	63%	63%	71%	72%

Fuente: Elaboración propia.

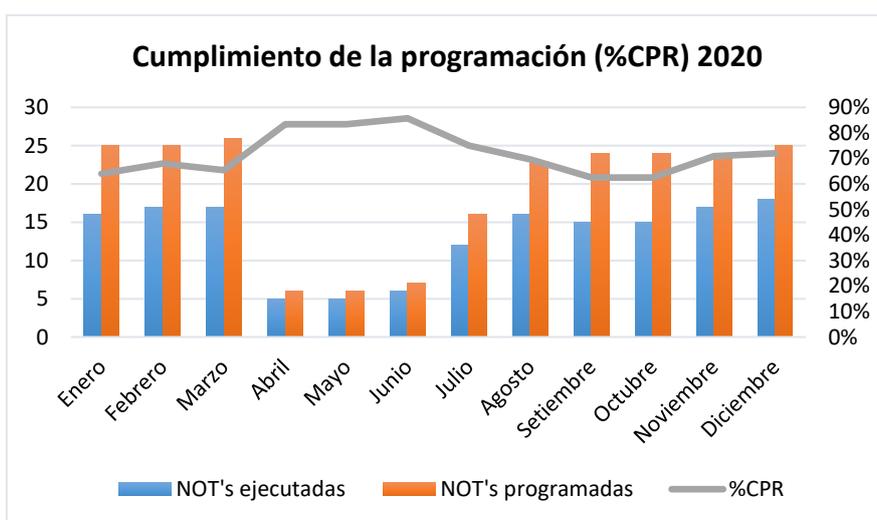


Figura 14. Cumplimiento de la programación 2020. Elaboración propia.

En el 2020 se vio un panorama similar al 2019 con baja respuesta de atención de los trabajos de mantenimiento (OT's) mostrando una media anual del %CPR de 71.83%.

4.1.3.2. Cumplimiento de la Planificación (%CPL):

Este indicador nos muestra la relación del cumplimiento de las horas hombre (HH) ejecutadas (reales) sobre las programadas (ideales).

$$\%CPL = \frac{HH \text{ Ejecutadas}}{HH \text{ Programadas}}$$

Donde:

- **HH Ejecutadas:** Total de HH realmente utilizadas en la ejecución de los trabajos programados en el periodo.
- **HH Programadas:** Total de HH planificadas para la ejecución de los trabajos en el periodo.

Se tuvo una media anual del %CPL del año 2019 de 59.3% en cual indica un valor bajo y preocupante, incitando a tomar acciones de mejora. La evidencia en la siguiente tabla y gráfica:

Tabla 7. Cumplimiento de la planificación 2019.

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH programadas	7920	7200	7560	7200	7920	7200	7920	7560	7560	7920	6840	7560
HH ejecutadas	4436	4176	4461	4176	4515	4464	4832	4536	4612	4752	4036	4612
%CPL	56%	58%	59%	58%	57%	62%	61%	60%	61%	60%	59%	61%

Fuente: Elaboración propia.

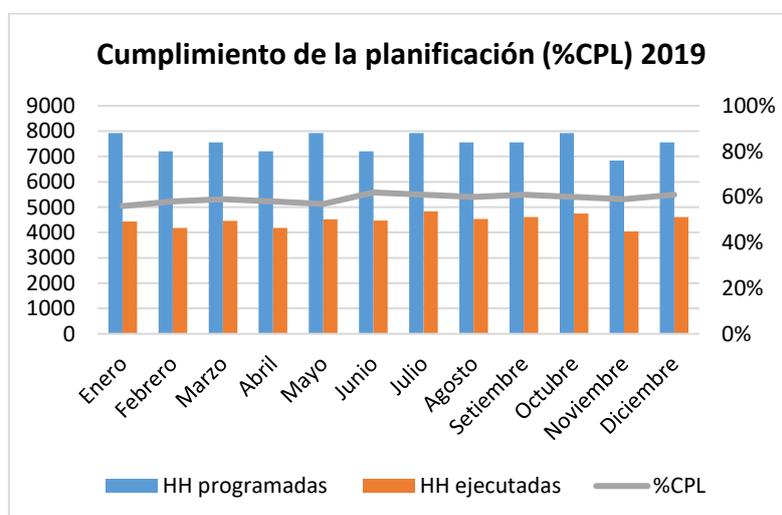


Figura 14. Cumplimiento de la planificación 2019. Elaboración propia.

Para el año 2020 se evidencia un bajo %CPL obteniendo una media anual de 61.2% el cual también resulta una cifra baja reflejando deficiencias en el control y ejecución de las órdenes de trabajo (OT's). Se muestran a continuación.

Tabla 7. Cumplimiento de la planificación 2020

2020												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH programadas	8514	7740	8514	2160	2160	2268	5670	8127	8514	8127	7740	8127
HH ejecutadas	5279	4722	5109	1340	1361	1475	3402	5039	5494	5039	4644	4958
%CPL	62%	61%	60%	62%	63%	65%	60%	62%	65%	62%	60%	61%

Fuente: Elaboración propia.

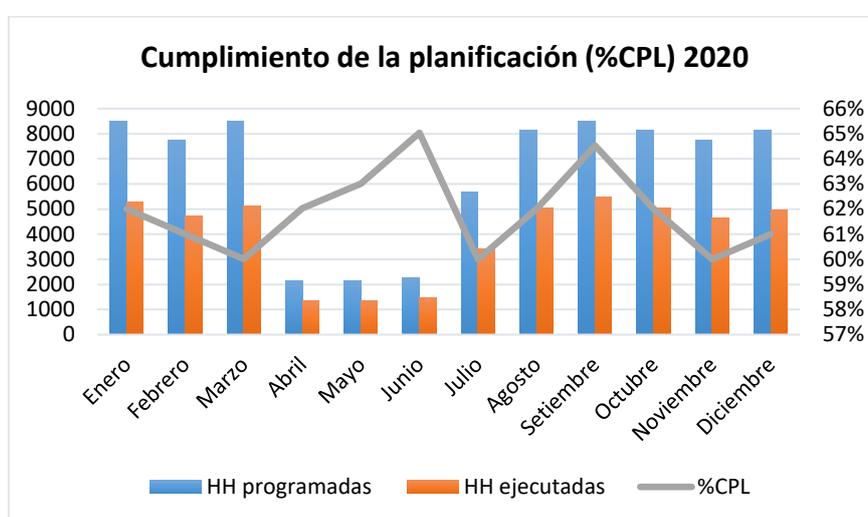


Figura 15. Cumplimiento de la planificación 2020. Elaboración propia.

4.1.3.3. Indicador de Capacitación Técnica Mensual (ICTM):

Este indicador promueve el capacitar técnicamente al personal operativo de manera constante, fortaleciendo sus conocimientos y preparándolos para aplicar mejores respuestas al mantenimiento como valor ejecutor.

$$ICTM = \frac{HH\text{Capacitación Técnica}}{HHTotales}$$

Donde:

- **HH capacitación Técnica:** Total de horas hombre (HH) en capacitación en temas técnicos según listado de cursos de capacitación técnica por categoría, durante el periodo de un mes.

- **HH Totales:** Total de HH laborados en el periodo de un mes, considera todos los trabajadores y personal de administración de recursos.

Se muestra a continuación los valores del ICTM del año 2019 el cual resultó un valor muy pequeño, no llegando al 1%, el cual evidencia una falta de cultura de formación hacia el personal técnico.

Tabla 8. Indicador capacitación técnica mensual (ICTM) 2019

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Capacitación Técnica	32	24	48	32	36	32	28	72	36	42	28	16
HH Totales	7920	7200	7560	7200	7920	7200	7920	7560	7560	7920	6840	7560
ICTM	0.40%	0.33%	0.63%	0.44%	0.45%	0.44%	0.35%	0.95%	0.48%	0.53%	0.41%	0.21%

Fuente: Elaboración propia.

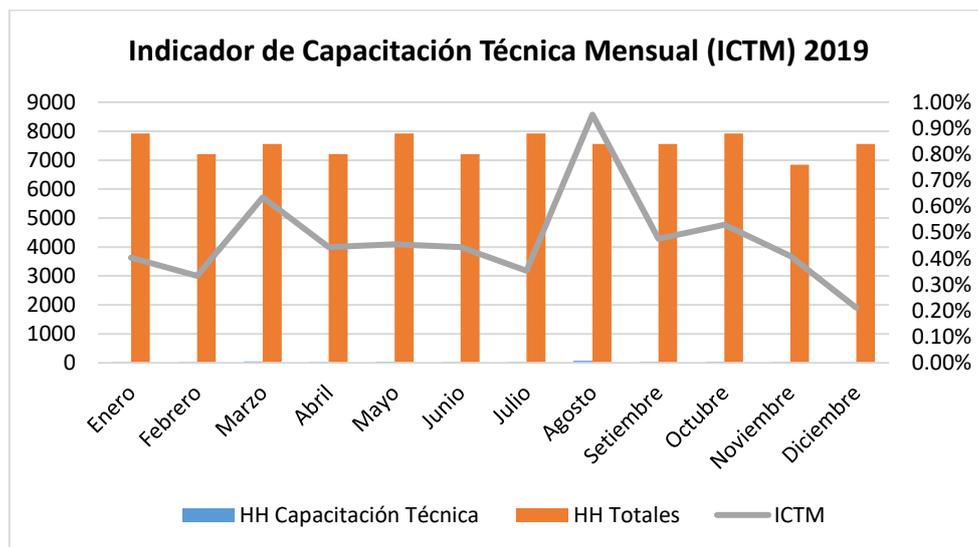


Figura 17. Indicador capacitación técnica mensual (ICTM) 2019.

Se evidencia el mismo caso en el año 2020, afectando los meses de abril, mayo, junio, julio donde afectó la baja de personal debido al contexto mundial de la pandemia. En la siguiente tabla y gráfica se detallan las cifras:

Tabla 8. Indicador capacitación técnica mensual (ICTM) 2020

	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Capacitación Técnica	24	26	22					16	26	28	34	32
HH Totales	8514	7740	8514	2160	2160	2268	5670	8127	8514	8127	7740	8127
ICTM	0.28%	0.34%	0.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.20%	0.31%	0.34%	0.44%	0.39%

Fuente: Elaboración propia.

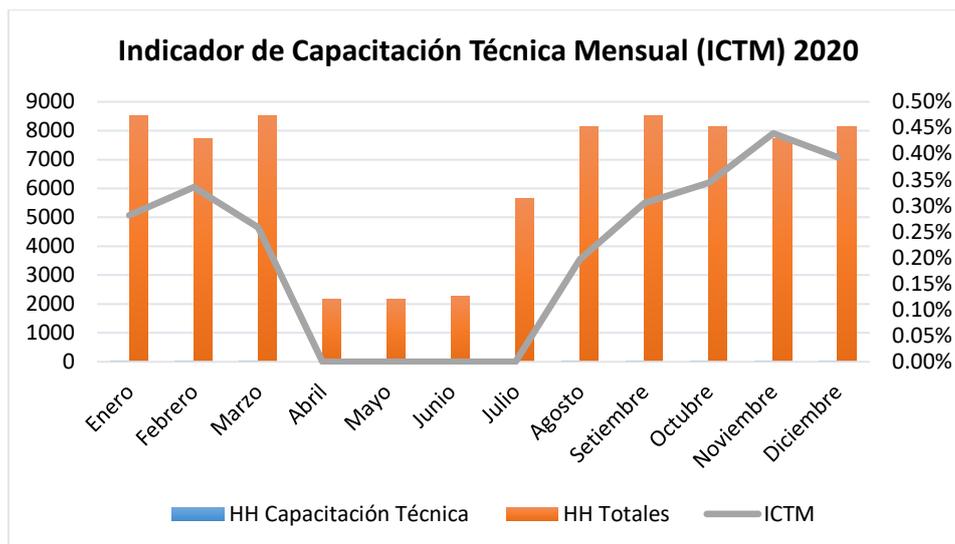


Figura 17. Indicador capacitación técnica mensual (ICTM) 2020.

4.1.3.4. Tiempos Improductivos (TI):

Una de las grandes limitaciones para ejecutar las actividades de mantenimiento en una planta industrial de gran envergadura corresponde a los tiempos improductivos. Se calcula promedio de los datos tomados diariamente del total de horas de demora según el detalle.

$$TI = \sum (\Delta \text{traslados} + \Delta \text{herramientas} + \Delta \text{PT} + \Delta \text{etc})$$

Donde:

- Δ traslados: Tiempos improductivos por traslado
- Δ herramientas: Tiempos improductivos por traslado de herramientas
- Δ PT: Tiempos improductivos por emisión de permiso de trabajo
- Δ etc: Otros tiempos improductivos

A continuación, se muestra las horas hombre (HH) improductivas del 2019, asimismo el gráfico representativo.

Tabla 9. Tiempos improductivos 2019.

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Ejecutadas	7920	7200	7560	7200	7920	7200	7920	7560	7560	7920	6840	7560
HH Improductivas	3484	3024	3099	3024	3405	2736	3088	3024	2948	3168	2804	2948
%Tiempos Improductivos	44%	42%	41%	42%	43%	38%	39%	40%	39%	40%	41%	39%

Fuente: Elaboración propia.

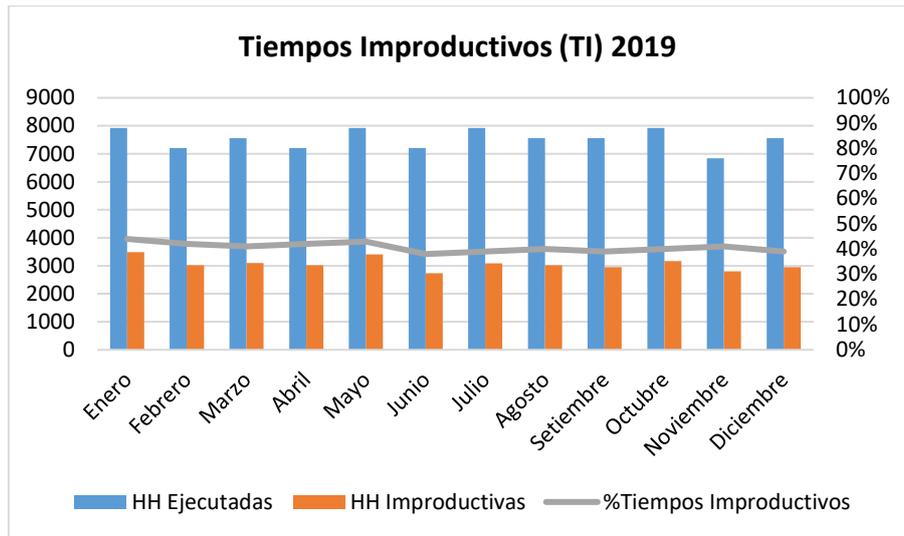


Figura 18. Tiempos improductivos 2019. Elaboración propia.

La distribución de estos tiempos improductivos se presenta por las siguientes razones: Permisos de trabajo 45%, esto constituye a un procedimiento de planta para poder realizar cualquier actividad. Materiales y herramientas 23% así como traslados 9% se generan por lo distante de las unidades de procesos con la base operativa. Muchos de estos improductivos se generan por operaciones y producción.

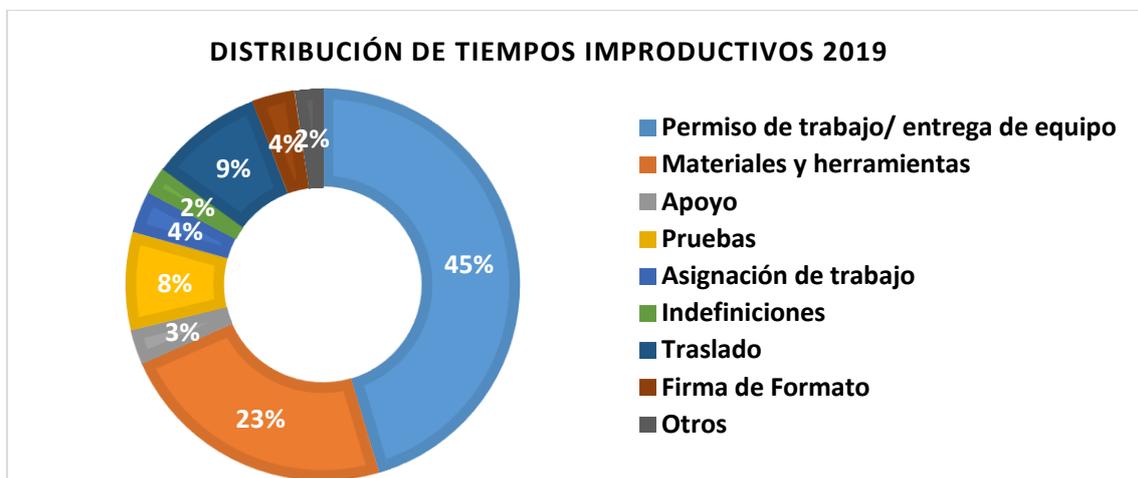


Tabla 9. Distribución de tiempos improductivos 2019.

A continuación, se muestra las horas hombre (HH) improductivas del año 2020, asimismo el gráfico representativo.

Tabla 9. Tiempos improductivos 2020.

	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Ejecutadas	8514	7740	8514	2160	2160	2268	5670	8127	8514	8127	7740	8127
HH Improductivas	3235	3018	3405	820	799	793	2268	3088	3020	3088	3096	3169
%Tiempos Improductivos	38%	39%	40%	38%	37%	35%	40%	38%	35%	38%	40%	39%

Fuente: Elaboración propia.

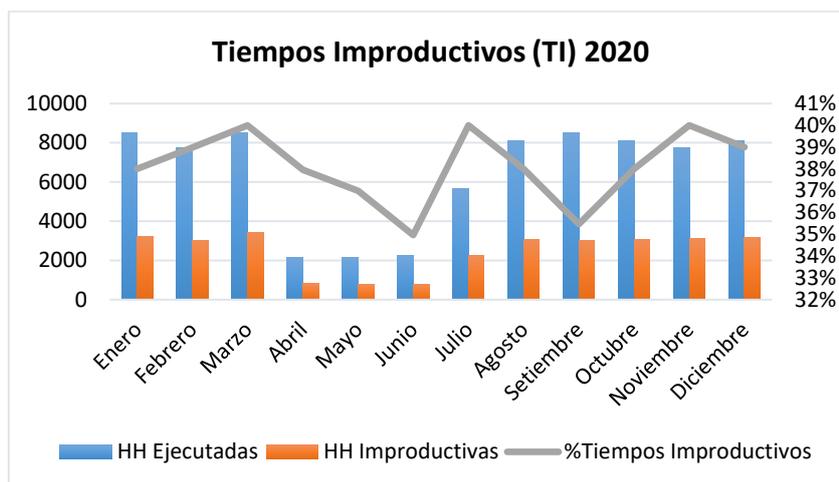


Figura 18. Tiempos improductivos 2020. Elaboración propia.

La distribución de estos tiempos improductivos por casos se muestra en el siguiente gráfico:



Tabla 9. Distribución de tiempos improductivos 2019.

4.1.3.5. Backlog Total (BLT):

Este indicador corresponde al más importante en la planificación y programación debido a que es la medición del espacio de tiempo de retraso de la ejecución de

órdenes de trabajo (OT's) que por alguna razón no se llegaron a ejecutar y crece la bolsa de OT's pendientes de ejecución. Corresponde a la siguiente relación:

$$BLT = \frac{\#NOT's \text{ Pendiente Ejecución}}{\text{Capacidad de Ejecución}}$$

Donde:

- **#Nots Pendientes Ejecución:** Cantidad de órdenes pendientes de ejecutar (por mano de obra, por materiales, por entrega de operaciones).
- **Capacidad De Ejecución:** Cantidad de órdenes que se ejecutan en promedio por día (para este caso resultará la media del registro de un año para cuando se genere).

A continuación se muestra el comportamiento del Backlog total durante los años 2019 así como su gráfica representativa:

Tabla 12. Backlog total (BLT) año 2019.

	2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's pendiente de ejecución	403	398	349	410	415	395	410	399	380	354	370	389
Capacidad de Ejecución/ día	10	11	13	12	13	12	10	12	11	11	12	13
BLT	40	36	27	34	32	33	41	33	35	32	31	30

Fuente: Elaboración propia.

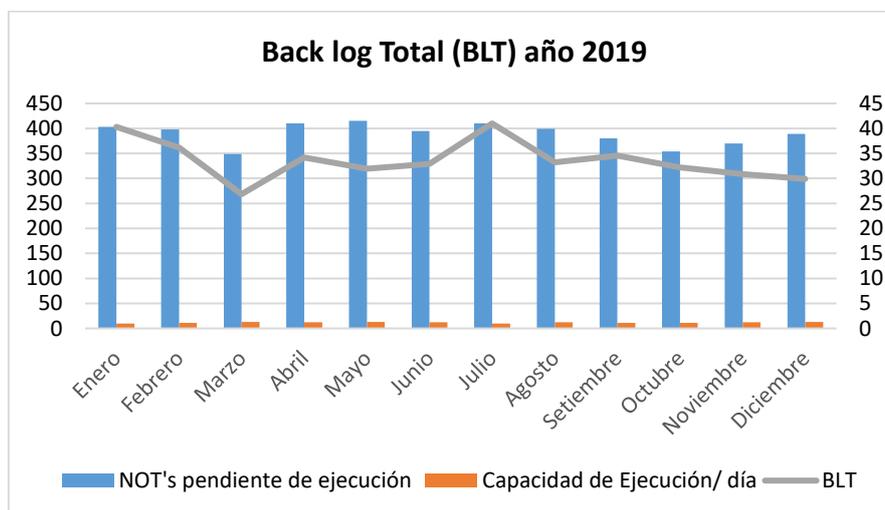


Tabla 9. Backlog Total (BLT) año 2019.

Se puede apreciar una alta cifra del Backlog considerando que el objetivo debió ser 22 días, sin embargo en todos los meses fue superior considerablemente. Representa poca respuesta a la ejecución de las OT's de mantenimiento.

Tabla 12. Backlog total (BLT) año 2020.

	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's pendiente de ejecución	398	386	374	412	428	455	409	394	388	384	385	374
Capacidad de Ejecución/ día	14	13	14	4	5	5	9	11	13	13	12	14
BLT	28	30	27	103	86	91	45	36	30	30	32	27

Fuente: Elaboración propia.

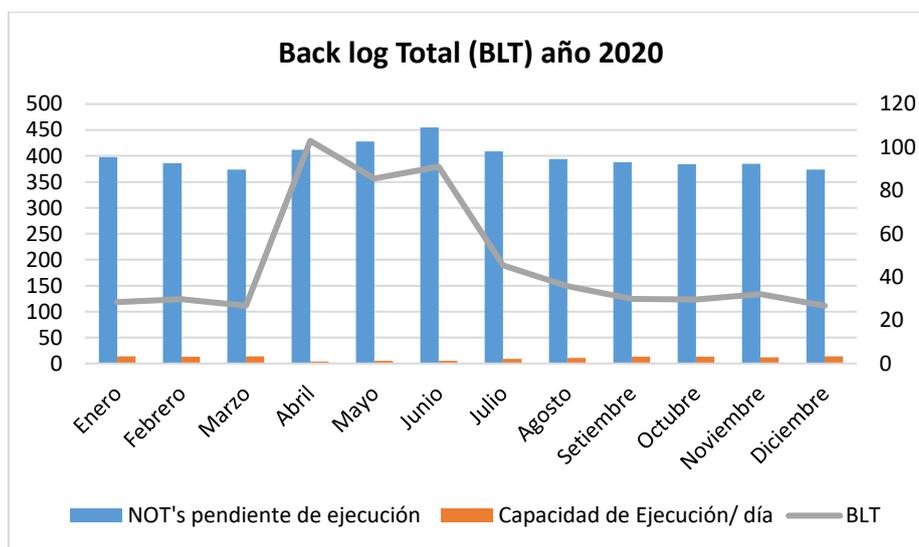


Figura 24. Backlog total (BLT) año 2020.

Al igual que en el año 2019 se muestra que la cifra del Backlog estuvo por debajo del objetivo de 22 días. La planificación mostró esta cifra desalentadora sin embargo no hubo respuesta para la ejecución oportuna. Se observa picos en los meses de abril, mayo y junio debido a la restricción del personal para atender los trabajos de mantenimiento por estar en emergencia sanitaria mundial por la pandemia, esto arrastró a los meses de julio, agosto, setiembre donde con el retorno del personal completo se pudo atender lo acumulado.

4.1.3.6. Prioridades atendidas:

En la planificación de las órdenes de trabajo para ejecutarlas se trata de direccionar en torno a las prioridades, estas pueden ser de tipo 0 cuando requiere atención inmediata, tipo A cuando una prioridad a una escala menor, tipo B cuando actividad se puede programar a un corto plazo, tipo C cuando no se puede intervenir en servicio y obliga a ejecutar la OT durante una parada de planta. Se muestra a continuación de las OT's atendidas según prioridades año 2019 y su gráfico correspondiente:

Tabla 11. OT´s atendidos según prioridades 2019.

Prioridad	2019												Total anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
0	38	41	45	44	46	49	48	46	51	58	56	44	566
A	64	68	66	70	75	81	76	74	72	74	70	64	854
B	45	44	46	48	54	61	60	48	51	56	55	49	617
C	1	2	1	3	2	3	2	2	3	1	2	2	24
0	25.7%	26.5%	28.5%	26.7%	26.0%	25.3%	25.8%	27.1%	28.8%	30.7%	30.6%	27.7%	27.4%
A	43.2%	43.9%	41.8%	42.4%	42.4%	41.8%	40.9%	43.5%	40.7%	39.2%	38.3%	40.3%	41.5%
B	30.4%	28.4%	29.1%	29.1%	30.5%	31.4%	32.3%	28.2%	28.8%	29.6%	30.1%	30.8%	29.9%
C	0.7%	1.3%	0.6%	1.8%	1.1%	1.5%	1.1%	1.2%	1.7%	0.5%	1.1%	1.3%	1.2%

Fuente: Elaboración propia.

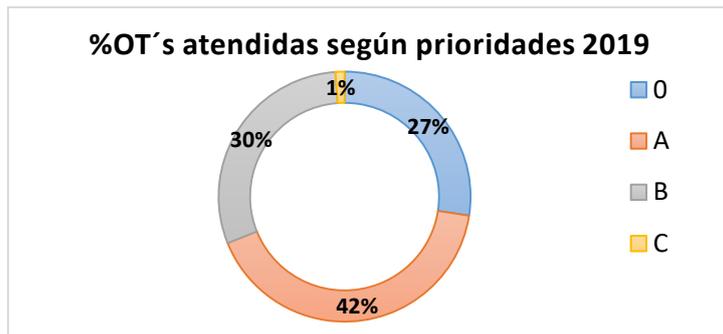


Figura 24. %OT´s atendidas según prioridades 2019.

Asimismo se tiene las OT´s atendidas según prioridades año 2020 y su representación mediante el gráfico:

Tabla 11. OT´s atendidos según prioridades 2020.

Prioridad	2020												Total anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
0	40	46	48	15	11	13	36	47	51	49	52	50	458
A	61	58	66	31	24	22	54	76	78	77	74	64	685
B	48	44	46	15	18	14	44	54	56	54	59	56	508
C	1	1	2	0	1	0	1	2	3	1	3	2	17
0	26.7%	30.9%	29.6%	24.6%	20.4%	26.5%	26.7%	26.3%	27.1%	27.1%	27.7%	29.1%	26.9%
A	40.7%	38.9%	40.7%	50.8%	44.4%	44.9%	40.0%	42.5%	41.5%	42.5%	39.4%	37.2%	42.0%
B	32.0%	29.5%	28.4%	24.6%	33.3%	28.6%	32.6%	30.2%	29.8%	29.8%	31.4%	32.6%	30.2%
C	0.7%	0.7%	1.2%	0.0%	1.9%	0.0%	0.7%	1.1%	1.6%	0.6%	1.6%	1.2%	0.9%

Fuente: Elaboración propia.

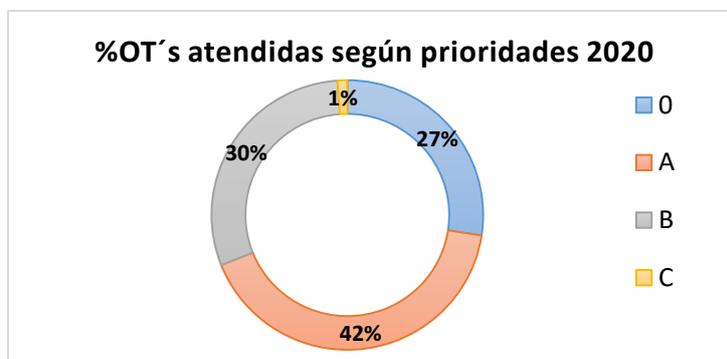


Figura 24. %OT´s atendidas según prioridades 2019.

4.2. PROPUESTA DE MEJORA Y VERIFICACIÓN DE RESULTADOS:

Visto los resultados de los indicadores y evidenciado su deficiencia se requiere implementar mejoras para a nivel de planificación y ejecución de las órdenes de mantenimiento correctivo. Se verifican metodologías que puedan ser aplicables, siendo el uso del Mantenimiento de Clase Mundial aplicables por las prácticas que proponen.

4.2.1. PLANIFICACIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO

Se propone la ejecución de OT's en base a la priorización, esto quiere decir que desde la planificación se evaluará previa de la necesidad, criticidad y riesgos. Se considera el planificar al proceso de análisis y decisión previa de las actuaciones:

- Secuencias, métodos y procedimientos de trabajo
- Uso de materiales, útiles y herramientas
- Mano de obra y tiempo necesario para la ejecución
- Apoyos necesarios e interferencias que pudieran producirse
- Consideraciones de seguridad y protección al medio ambiente durante la intervención

La planificación unida a una supervisión adecuada garantiza la calidad de la ejecución y el óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles. Se muestra en seguida el diagrama de flujo propuesto para identificar las priorizaciones:

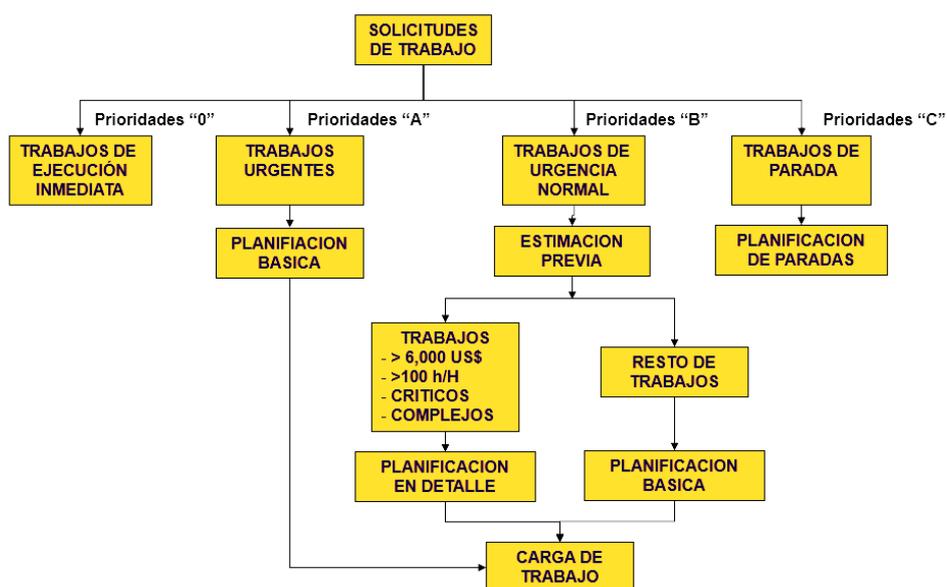


Figura 25. Diagrama de flujo propuesto para atención de solicitudes de trabajo.

DD/MM/AAAA										DD/MM/AAAA				REPORTE		
ITEM	NOT	TAG	N° PT	UBIC.	SUPERVISAN	EJECUTAN	DESCRIPCIÓN	PRI	EST	INDICACIONES	% INICIAL	% ESTIMADO	% REAL	COMENTARIO		
1	NOT1		N° de permiso de trabajo	Recuperación de gases URG	ENCARGADO CLIENTE 1	Capataz: CAPATAZ 1	Realizar reparación de poro en línea de		B	Toma de medidas y fabricación de capucha	0%	25%				
2	NOT2	21E12A GENER. VAP HP/FOND 21C9	N° de permiso de trabajo	Craqueo Catalítico FCC					reparar visor fisico de caldereta		A	Desmontaje , mntto en taller, montaje de 02 visores	0%	100%		
3	NOT3	21SB7 SOPLAD D HOLLIN D CALDERA 21B1	N° de permiso de trabajo	Craqueo Catalítico FCC					21SB7: SOLDAR TUBO DE SOPLADOR EN TALLER		A	Apoyo para soldeo de lanza en taller de mecánica (F.Vinces)	0%	100%		
4	NOT4	01D2 TORRE D DESPUNTE (PREFLASH)	N° de permiso de trabajo	Unidad de destilación primaria I	ENCARGADO CLIENTE 2	Supervisor: SUPERVISOR 1	01D2. ELIMINAR FUGA DE VAPOR POR TUBING		B	Cambio de tramo de tubing (lo preparan en el momento)	0%	100%				
5	NOT5	01LT076 FONDOS D 01C2 ISO9001 ASF	N° de permiso de trabajo	Circuito de nafta					01LT076: MANTENIMIENTO TOMAS RAIZ		A	Suavizado de válvulas 3/4"	0%	100%		
6	NOT6	01LT927 NIVEL D GASOLINA EN 01D3	N° de permiso de trabajo	Circuito de tope					Suavizado de las válvulas de raíz para p		A	Suavizado de válvulas 3/4"	0%	100%		
7	NOT7	45T202A 451 TK D MEDICION D HCL	N° de permiso de trabajo	Sistema Agua Desmineralizada	ENCARGADO CLIENTE 3		45T202A: REVISAR Y DAR MTTO A VALVULAS		B	Desmontaje de válvulas de salida para mntto en taller v eductor 2"	0%	100%				
8	NOT8	45D202 832 TK D ALMACENAM. D HCL	N° de permiso de trabajo	Sistema Agua Desmineralizada					FIAB-EE-P-175-20 45D202 Reparacion genel		B	Continuar reparación metalmeccánica de drum	60%	61%		
9	NOT9	24AT701 OXIGENO HUMOS 24H1 - ISO14001	N° de permiso de trabajo	Visbreaking	ENCARGADO CLIENTE 4	Capataz: CAPATAZ 2 Supervisor: SUPERVISOR 2	REPARACIÓN DE Sonda BYPASS DE ANALIZADOR		A	Reparar costura de lanza inox en taller (C.Otivo)	0%	100%				
10	NOT10	04PV706A PRES GAS D TIRO HORNO	N° de permiso de trabajo	Unidad de destilación al vacío II	ENCARGADO CLIENTE 5			REALIZAR DESMONTAJE / MONTAJE DE ACTUADO		A	Desmontar actuador de damper (maniobra), entrega a instrumentación	0%	50%			
11	NOT11	24PV093 PROD FRAC A ANTORCHA	N° de permiso de trabajo	Visbreaking	ENCARGADO CLIENTE 6			Desmontaje de válvula de control de 6 x		A	Desmontaje de válvula de control, entrega a instrumentación (camión grúa)	0%	50%			
12	NOT12	53C205 REACTOR D GAS D COLA	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Recup. Azufre (Claus) + Aminas II					53C205: cambiar manguera flexible de nit		B	Cambio de manguera bridada inox 2"	0%	100%		
13	NOT13	53E213 CALENT D CARGA A REACT D GAS COLA	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Recup. Azufre (Claus) + Aminas II					53E213: cambiar manguera flexible de nit		B	Cambio de manguera bridada inox 2"	0%	100%		
14	NOT14	50SV-E11 V.SEG.SAL. ATEMP. 50E11	N° de permiso de trabajo	Planta de Cogeneración	ENCARGADO CLIENTE 6			50SV-E11: Desmontaje y montaje de VS.		B	Montaje de válvula de seguridad	50%	100%			
15	NOT15	26K001A FILTRO D ALIM	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Hidro Desulfuración de Diesel					Reemplazo de elementos 26K1A		B	Cambio de elementos filtrantes	0%	100%		
16	NOT16	53K104A FILTRO MECANICOS D AMINA RICA	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Recup. Azufre (Claus) + Aminas II					53k104A cambiar filtros		A	Cambio de elementos filtrantes	0%	100%		
17	NOT17	53K101 FILTRO MECANICO D AMINA PODRE (Ca	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Recup. Azufre (Claus) + Aminas II					53k101 cambiar filtros		A	Cambio de elementos filtrantes	0%	100%		
18	NOT18	26P001A BOMBA CARGA D U26	N° de permiso de trabajo	RLP 21 Hidro Desulfuración de Diesel	ENCARGADO CLIENTE 7			Limpieza de filtro de succión de bomba		B	Mntto y limpieza de filtro de bomba	0%	100%			
19	NOT19	02E58 784 ENFRIADOR AIRE AGUA EFLU. DESA	N° de permiso de trabajo	Unidad de destilación primaria II				02E58 - 1A MP LAVADO EXTERNO		B	Lavado de externo de tubos de cajón de aero	0%	100%			
20	NOT20	31T209A GASOLINA 84	N° de permiso de trabajo	Almacenaje de productos		ENCARGADO CLIENTE 8	Capataz: CAPATAZ 3 Supervisor: SUPERVISOR 3	FIAB-EE-P-059-2021 31T209A Escalera Heli		A	Continuar con fabricación de escaleras, plataformas en taller	24%	26%			
21	NOT21	31T8A 236 NAFTA REFORMADA	N° de permiso de trabajo	Almacenaje de productos	ENCARGADO CLIENTE 9			MTTO EN VALV RETEN CUBE 8A/B		B	Mntto y limpieza de válvula matafuego	0%	100%			
22	NOT22	32CMT19.1 CUADRO D MT 4.16KV	N° de permiso de trabajo	32SE19 SUB ESTACION 19 SUR (CALLE 3)					Reparar enmallado de puerta en edificio		A	Reparar malla de puerta de ingreso a edificio zona sur	0%	100%		
23	NOT23	31T202A 497 PETROLEO INDUST #6	N° de permiso de trabajo	Almacenaje de productos					Reparar vena calentamiento L.prod 202A		B	Reparación de línea de drenaje de aequeta, corte en frío	0%	100%		
24	NOT24		N° de permiso de trabajo	Almacenaje de Crudo	ENCARGADO CLIENTE 10			CALLE 2: Instalación de sistema de conde		B	Continuar con prefabricado de sistema de condensado en taller	40%	60%			
25	NOT25	37AV002A SALIDA DAF A RECIRCULAC Y SCI	N° de permiso de trabajo	Planta de Efluentes					37AV002A SALIDA DAF A RECIRCULAC Y SCI		A	Cambio de 02 válvulas mariposas	0%	100%		
26	NOT26	31T1P 171 PETROLEO CRUDO	N° de permiso de trabajo	Almacenaje de Crudo					Instalar BBPP del dren del 1P al 1J		B	Retiro de bomba portátil, mangueras y varillones	50%	100%		
27	NOT27		N° de permiso de trabajo	Red Contra Incendio				Fabricación de tapa de la cámara de espum		A	fabricación de 01 tapa según muestra entregada	0%	100%			
ÓRDENES DE TRABAJO NO PROGRAMADAS																
ITEM	NOT	TAG	N° PT	UBIC.	RESPONS.	DESCRIPCIÓN	PRI	EST	INDICACIONES	% INICIAL	% ESTIMADO	% REAL	COMENTARIO			
1																
2																
3																
4																
NOTs PROGRAMADAS							27									
NOTs FUERA DE PROGRAMACIÓN							0									
TOTAL DE NOTs TRABAJADAS							0									
TOTAL DE NOTs al 100% (INCLUYE LAS PRIORIDADES DEL DÍA)							0									
CUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACION (%CPR)							0%									
NOTs REPROGRAMADAS POR MTTO																
NOTs REPROGRAMADAS Y/O CANCELADAS POR OPERACIONES																

Figura 24. Modelo de programado diario para ejecución del mantenimiento.

De esta manera se busca planificar y direccionar las órdenes de trabajo de manera correcta y efectiva para su ejecución. La comunicación tiene que ser eficaz con operaciones para la entrega de equipos y disposición de facilidades.

La Figura 24 muestra un modelo real del programado diario que se propuso, la distribución de las órdenes de trabajo según las unidades y zonas a los 03 capataces y 03 supervisores.

4.2.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL OPERATIVA

Siguiendo el uso de las prácticas del Mantenimiento de Clase Mundial, indicar la verificación, evaluación y mejora de los recursos humanos. Se propuso mejorar la estructura organizacional operativa, incrementando con personal directo (soldadores, tuberos, operarios, ayudantes) e indirecto (supervisores, capataces) para garantizar más frentes de trabajo y en consecuencia mayor frentes de trabajo disponibles.

Tabla 11. Personal propuesto.

	Categoría	Año 2019	Año 2020	Año 2021
Indirectos	Jefe de Contrato	1	1	1
	Supervisores	2	2	3
	Supervisores SSMA	2	2	3
	Planner	1	1	1
	Asistente Planner	1	1	2
	Administrativo	1	1	1
Directos	Capataces	3	3	3
	Soldadores	3	4	6
	Tuberos	3	4	6
	Operarios 1	2	3	6
	Operarios 2	10	10	9
	Operarios 3	11	12	9
	Ayudantes	4	3	3
	Electricista	2	2	2
	Almacenero	1	1	1
	Choferes	1	1	2
	total	40	43	58

Elaboración propia.

Asimismo a continuación se tiene el organigrama y distribución del personal de mantenimiento correctivo de equipos e instalaciones mecánicas.

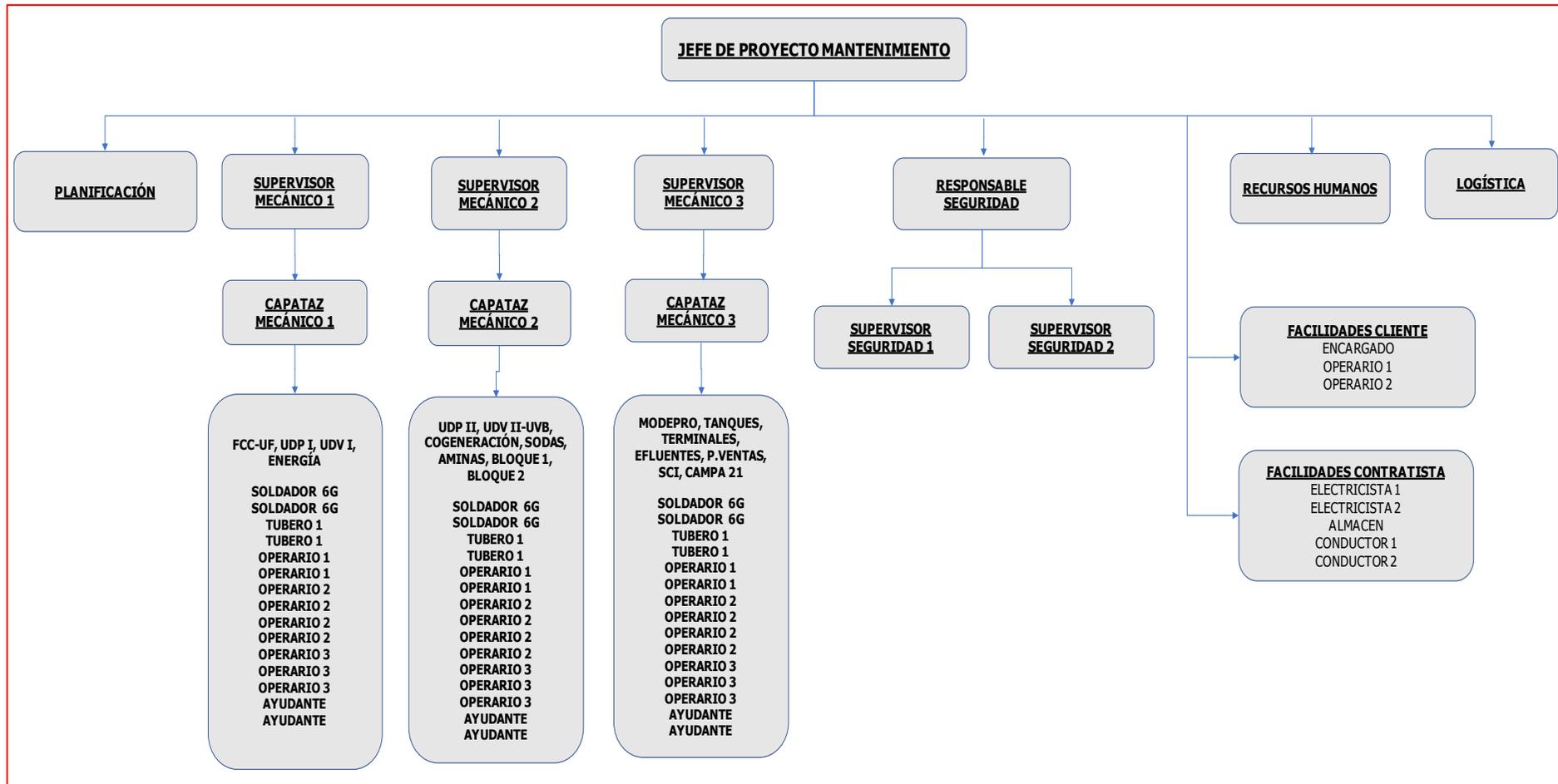


Figura 26. Organigrama y distribución de equipos de trabajos propuestos. Elaboración propia.

4.2.3. MEJORA DE LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Las propuestas mostradas se empezaron a aplicar desde enero 2021, por lo que se puede evidenciar resultados favorables para cada indicador de mantenimiento encontrado. Se tiene las siguientes horas hombres ejecutadas para el año 2021:

Tabla 6. Listado de HH requerido 2019-2021.

Horas Hombre (HH) ejecutadas 2019 - 2021												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2019	7,920	7,200	7,560	7,200	7,920	7,200	7,920	7,560	7,560	7,920	6,840	7,560
2020	8,514	7,740	8,514	2,160	2,160	2,268	5,670	8,127	8,514	8,127	7,740	8,127
2021	10,206	9,720	11,178	9,720	10,206							

Elaboración propia.

4.2.3.1. Cumplimiento de la Programación (%CPR):

Se pudo evidenciar que al tener más personal operativo, por ende más frentes de trabajos, se pudo planificar y programar más actividades diarias para su ejecución.

$$\%CPR = \frac{\#NOT's\ Ejecutadas}{\#NOT's\ Programadas}$$

Donde:

- **%CPR** = porcentaje de cumplimiento de la programación
- **#NOT's** = número de órdenes de trabajo

Se muestra a continuación el comportamiento de los indicadores de mantenimiento correctivo en lo que va el año 2021 y su gráfica respectiva. Cifras muy por encima de lo registrado en el 2019 y 2020.

Tabla 13. Cumplimiento de la programación (%CPR) 2021.

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's ejecutadas	24	25	26	27	26							
NOT's programadas	29	30	31	30	32							
%CPR	83%	83%	84%	90%	81%							

Fuente: Elaboración propia.

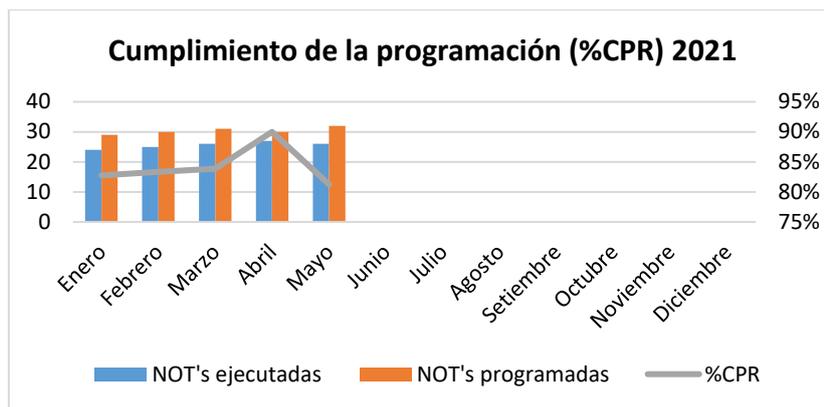


Figura 27. Cumplimiento de la programación (%CPR) 2021.

4.2.3.2. Cumplimiento de la Planificación (%CPL):

Se empezó a aplicar desde enero 2021, consiguiendo los siguientes resultados:

$$\%CPL = \frac{HH\ Ejecutadas}{HH\ Programadas}$$

Donde:

- **HH Ejecutadas:** Total de HH realmente utilizadas en la ejecución de los trabajos programados en el periodo.
- **HH Programadas:** Total de HH planificadas para la ejecución de los trabajos en el periodo.

Tabla 14. Cumplimiento de la planificación 2021.

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH programadas	10206	9720	11178	9720	10206							
HH ejecutadas	7144.2	6901.2	7824.6	6804	7042.14							
%CPL	70%	71%	70%	70%	69%							

Fuente: Elaboración propia.

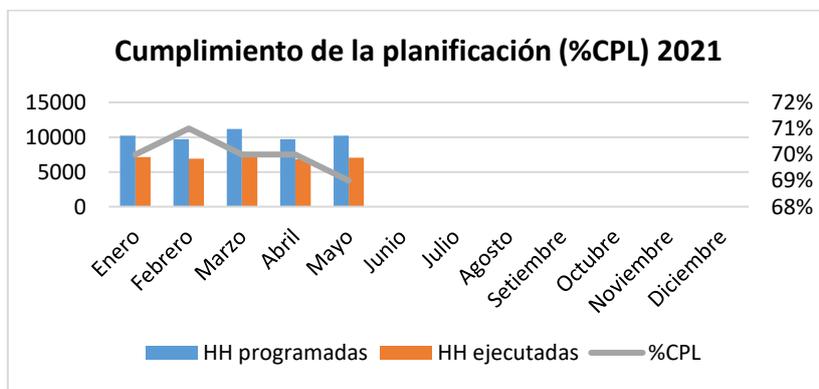


Figura 28. Cumplimiento de la planificación (%CPL) 2021. Elaboración propia.

Se evidencia mejora en ese indicador %CPL 70% en lo que va de 2021 frente a los 59.3% y 61.2% del 2019 y 2020 respectivamente.

4.2.3.3. Indicador Capacitación Técnica Mensual (ICTM):

Se propuso e implementó un plan de capacitación para para el año 2021, quedando la tabla de la siguiente manera.

$$ICTM = \frac{HH\text{Capacitación Técnica}}{HHTotales}$$

Donde:

- **HH capacitación Técnica:** Total de HH en capacitación en temas técnicos según listado de cursos de capacitación técnica por categoría, durante el periodo de un mes.
- **HH Totales:** Total de HH laborados en el periodo de un mes, considera todos los trabajadores y personal de administración de recursos.

Tabla 15. Indicador capacitación técnica mensual (ICTM).

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Capacitación Técnica	52	44	44	56	36							
HH Totales	10206	9720	11178	9720	10206							
ICTM	0.51%	0.45%	0.39%	0.58%	0.35%							

Fuente: Elaboración propia.

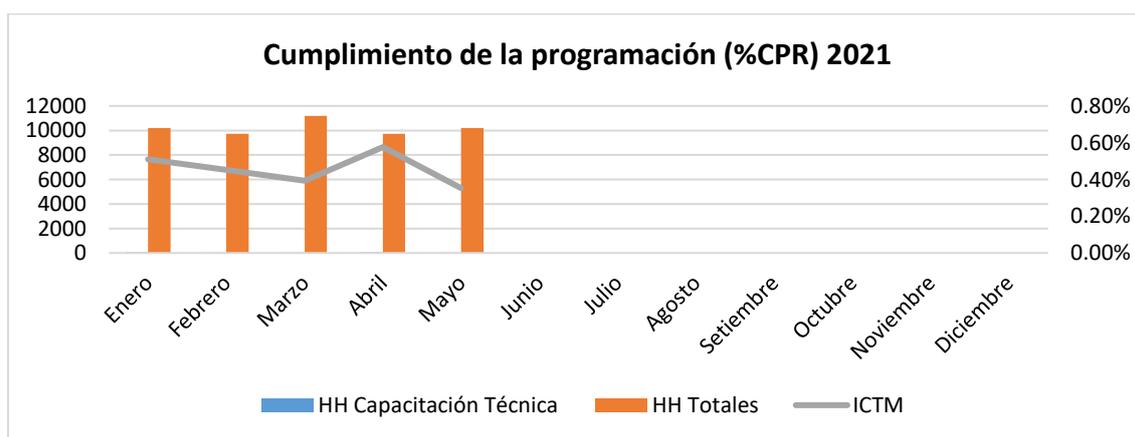


Figura 29. Indicador de capacitación técnica mensual (ICTM) 2021.

Se muestra a continuación el plan de capacitación técnica propuesto para el presente año 2021, el cual ya está en aplicación.

Tabla 15. Plan de capacitación técnica mensual 2021.

						AÑO 2021																							
						ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SETIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
Nº	A CARGO DE:	TEMA PROPUESTO	TIEMPO	CANTIDAD PERSONAL PROPUESTO	HORAS HOMBRE (HH) PROPUESTA	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S	2S	4S
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Empresa especialista	Mantenimiento de válvulas de acople	2 horas	12	24																								
2	Empresa especialista	Uso correcto de equipos de torque controlado	2 horas	14	28																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES ENERO					52																								
3	Empresa especialista	Tipos de válvulas y mantenimiento	2 horas	12	24																								
4	Empresa especialista	Aplicación de soldadura en frío (Belzona)	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES FEBRERO					44																								
5	Empresa especialista	Pruebas hidrostáticas de válvulas	2 horas	12	24																								
6	Empresa especialista	Ajustes de bridas en caliente	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES MARZO					44																								
7	Empresa especialista	Instalación y retiro de discos ciegos	2 horas	12	24																								
8	Empresa especialista	Selección de llaves de golpe	2 horas	16	32																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES ABRIL					56																								
9	Empresa especialista	Mantenimiento de aspersores SCI en tanques	2 horas	12	24																								
10	Empresa especialista	Técnicas de soldadura	2 horas	6	12																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES MAYO					36																								
11	Empresa especialista	Uso de equipo autocontenido	2 horas	12	24																								
12	Empresa especialista	Mantenimiento de brazos de cargas en isletas	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES JUNIO					44																								
13	Empresa especialista	Lavado con agua a presión	2 horas	14	28																								
14	Empresa especialista	Cargas/descargas de tuberías y estructuras	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES JULIO					48																								
15	Empresa especialista	Mantenimiento de quemadores	2 horas	14	28																								
16	Empresa especialista	Reparación de calderos	2 horas	14	28																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES AGOSTO					56																								
17	Empresa especialista	Maniobras en columnas y recipientes	2 horas	12	24																								
18	Empresa especialista	Mantenimiento de reactores	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES SETIEMBRE					44																								
19	Empresa especialista	Fabricación y soldeo de capuchas	2 horas	12	24																								
20	Empresa especialista	Pruebas hidrostáticas en intercambiadores	2 horas	12	24																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES OCTUBRE					48																								
21	Empresa especialista	Instalación de líneas de drenaje y vapor	2 horas	12	24																								
22	Empresa especialista	Mantenimiento a mangueras submarinas	2 horas	10	20																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES NOVIEMBRE					44																								
23	Empresa especialista	Operación de bombas neumáticas	2 horas	10	20																								
24	Empresa especialista	Reparación de fugas en sistemas SCI	2 horas	12	24																								
HORAS HOMBRE CAPACITADAS TÉCNICAMENTE MES DICIEMBRE					44																								
TOTAL ANUAL DE HORAS HOMBRE CAPACITADAS (horas)					560																								

Elaboración propia.

4.2.3.4. Tiempos Improductivos (TI):

Al proponer más recursos para la ejecución de las actividades programadas permite destinar más personal indirecto como capataces, supervisores, operarios a la gestión de permisos de trabajo, optimizando así tiempos de esperas considerables, de la misma manera con traslados, herramientas, materiales, etc.

$$TI = \sum (\Delta \text{traslados} + \Delta \text{herramientas} + \Delta PT + \Delta \text{etc})$$

Donde:

- Δ traslados: Tiempos improductivos por traslado
- Δ herramientas: Tiempos improductivos por traslado de herramientas
- Δ PT: Tiempos improductivos por emisión de permiso de trabajo
- Δ etc: Otros tiempos improductivos

Se calculó el promedio de los datos tomados diariamente del total de horas de demora por tiempos improductivos según el detalle. A continuación, se muestra un promedio anual 2021 de las HH improductivas por demoras registradas diariamente:

Tabla 18. Tiempos improductivos 2021.

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HH Ejecutadas	10206	9720	11178	9720	10206							
HH Improductivas	3061	2818	3353	2916	3163							
%Tiempos Improductivos	30%	29%	30%	30%	31%							

Elaboración propia

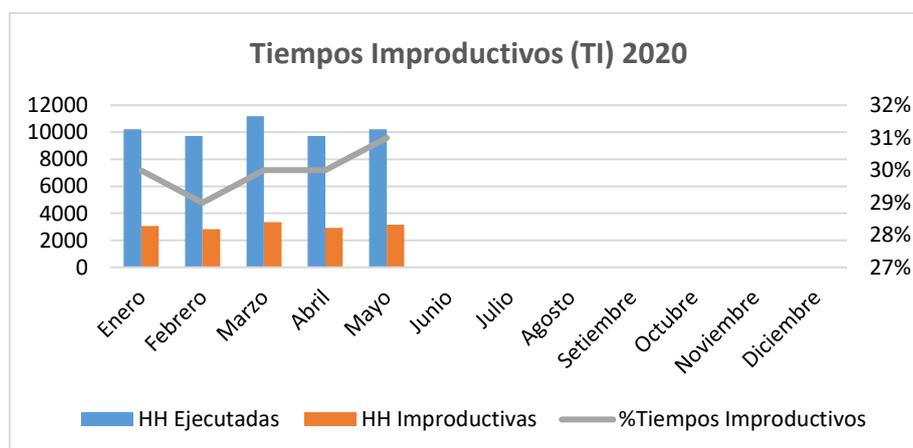


Figura 30. Tiempos improductivos 2021. Elaboración propia

La distribución de estos tiempos improductivos por casos se muestra en el siguiente gráfico:



Figura 30. Distribución de tiempos improductivos 2021. Elaboración propia

.4.2.3.5. Back Log Total (BLT):

Se mostró que la planilla de personal operativo para el mantenimiento incrementó para el 2021, esto permitió programar más órdenes de trabajo y culminarlas. Ello se vio reflejado en la cifra de capacidad de ejecución al incrementar, por lo tanto las OT's pendiente de ejecución disminuyó, esto en consecuencia hizo que bajara la cifra del Backlog, siendo un resultado muy favorable.

$$BLT = \frac{\#NOT's\ Pendiente\ Ejecución}{Capacidad\ de\ Ejecución}$$

Donde:

- **#Nots Pendientes Ejecución:** Cantidad de órdenes en estado AC, PP, PN, EE, EE.
- **Capacidad De Ejecución:** Cantidad de órdenes que se ejecutan en promedio por día.

A continuación se muestra la tabla del Backlog tota calculado en llo que va del año, también se muestra el gráfico respectivo:

Tabla 19. Backlog total (BTL) 2021.

	2021											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NOT's pendiente de ejecución	340	280	275	282	284							
Capacidad de Ejecución/ día	15	14.5	15	16	15.6							
BLT	23	19	18	18	18							

Fuente: Elaboración propia.

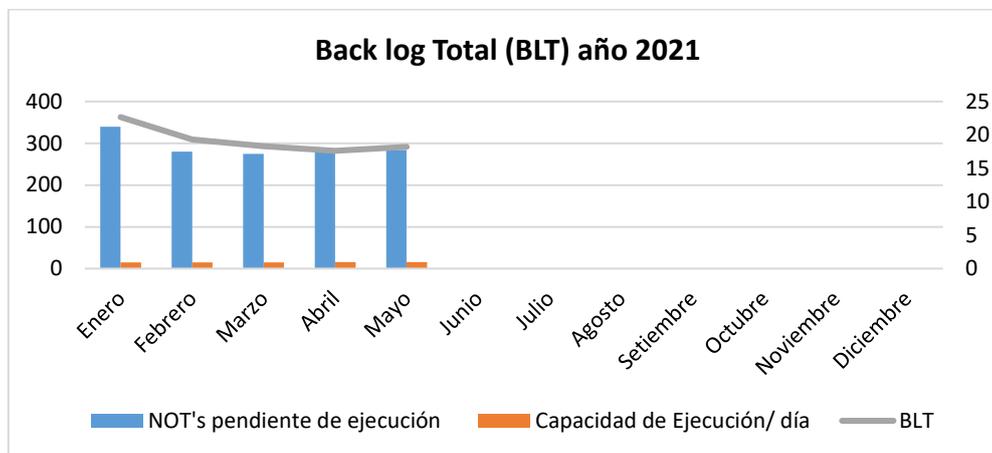


Figura 33. Backlog total 2021. Elaboración propia.

4.2.3.6. Prioridades atendidas:

Se calculó el promedio de órdenes atendidas por día, clasificadas por prioridades lo que va del año 2021.

Tabla 18. OT's atendidas por prioridades 2021.

Prioridad	2021												Total anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
0	45	49	52	51	53								250
A	64	69	70	64	67								334
B	49	51	56	59	61								276
C	2	2	3	2	3								12
0	28.1%	28.7%	28.7%	29.0%	28.8%								28.7%
A	40.0%	40.4%	38.7%	36.4%	36.4%								38.4%
B	30.6%	29.8%	30.9%	33.5%	33.2%								31.6%
C	1.3%	1.2%	1.7%	1.1%	1.6%								1.4%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que las cifras de órdenes de trabajos (OT's) atendidas en lo que va del 2021 ha subido considerablemente. Esto en respuesta a la capacidad de ejecución debida al incremento del personal. Se muestra a continuación el gráfico representativo.

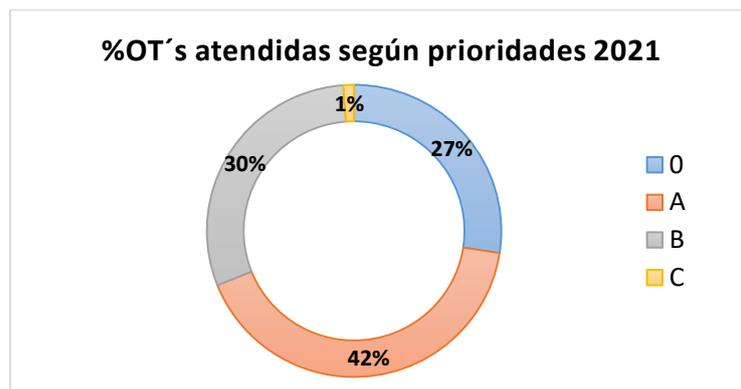


Figura 32. % prioridades atendidas 2021. Elaboración propia.

4.3. VERIFICACIÓN DE CASOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO MECÁNICOS

Se presenta a continuación 04 escenarios de inspección y mantenimiento propuestos para reprimir fugas y/o averías en instalaciones y equipos.

4.3.1. Fuga de producto en spitch de descarga de bomba:

En la mañana del 24 de abril, se reporta pequeña fuga en la unión entre el niple y boss de $\text{Ø} \frac{3}{4}$ " en spitch de la descarga de la bomba 01P12C. La inspección visual reporta lo siguiente:

- Fuga de producto (fondos de columna 01C1) por poro en soldadura de filete de la unión de boss y niple de $\text{Ø} \frac{3}{4}$ " que sale de la línea de descarga de la bomba (8"-03-71-400).
- Se observa humo que sale del aislamiento térmico que cubre la tubería de descarga de $\text{Ø} 4$ " aguas arriba del boss de $\text{Ø} \frac{3}{4}$ ". Se observa una mancha sobre la cubierta de protección.

Se recomienda generar la orden para realizar las siguientes actividades:

Con el equipo en servicio:

- Instalar capucha que cubra el boss desde la tubería de descarga de $\text{Ø} 4$ " hasta la válvula de $\text{Ø} \frac{3}{4}$ ". Usar tubería de acero al carbono ASTM A106 Gr. B, $\text{Ø} 3$ " Sch. 40 y tapas de $\frac{1}{4}$ " de espesor. Usar electrodo 309L.
- Retirar aislamiento térmico para inspección de tubería de $\text{Ø} 4$ " de la descarga de la 01P12C aguas arriba.

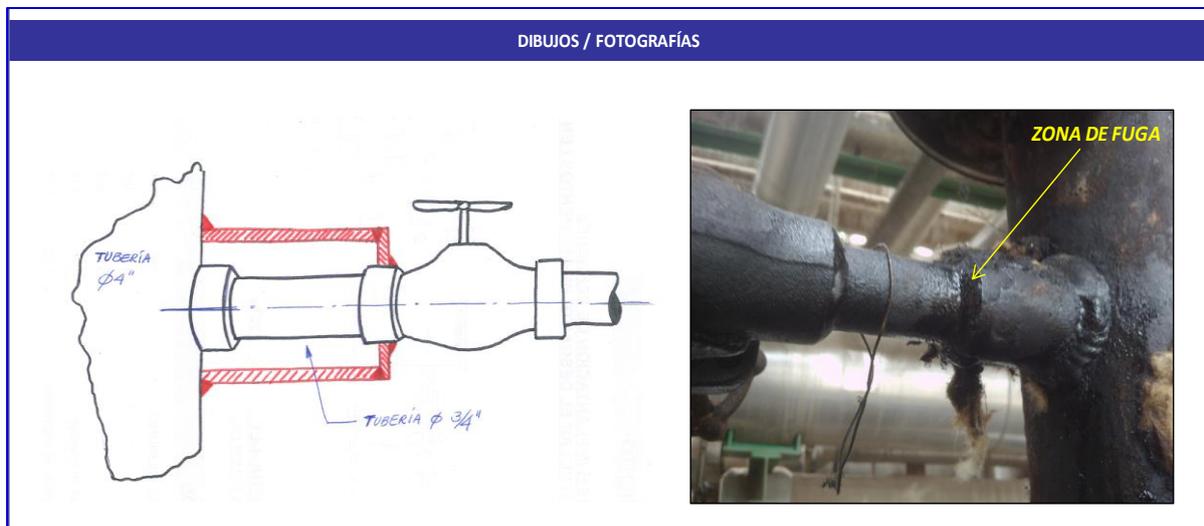
En Parada de Planta programada:

- Reemplazo de todo el spitch de drenaje de $\text{Ø } \frac{3}{4}$ ". Usar tubería de $\text{Ø } \frac{3}{4}$ ", Sch. XXS, ASTM A335 P5.
- Accesorios de clase 6000 Lb., socket Weld, ASTM A182-F5.

Determinación del espesor de reparaciones:

- Unidad: Destilación I (UDP I)
- Equipo / línea: spitch descarga 01P12C
- Servicio: Crudo reducido
- Fecha: abril 2021

DATOS							
Indicar el tipo de reparación (capucha o parche)		Instalación de capucha					
Código Const.	ASME B31.3	Presión diseño	105	psig	Temp. de diseño	375	°C
Material original	ASTM A335 P5	Presión operación	45	psig	Temp. Operación	320	°C
Diá. Exterior	3.5	pulg	Material reparación	ASTM A106 Gr. B	Resist. permisible	15600	psi
			Tol. Corrosión	3.00	mm	Eficiencia junta	0.45



CÁLCULOS					
Espesor de cálculo del sector cilíndrico (UG-27)					
(1) Para esfuerzos circunferenciales (Junta long.)	0.03	pulg	0.67	mm	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$
(2) Para esfuerzos longitudinales (Junta circunf.)	0.01	pulg	0.33	mm	$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$
Espesor de cálculo (el mayor de (1) y (2))	0.03	pulg	0.67	mm	
Espesor requerido	0.14	pulg	3.67	mm	
Espesor comercial a utilizar	1/6	pulg	3.91	mm	← Espesor correspondiente a tubería Ø3" Sch. 40
Comprobación (máx. presión resistente)	586.55	psig	>	105 (Pd)	➔ ¡CONFORME!
Espesor de Tapas (UG-34)					
Diámetro interior	3.19	pulg	81.08	mm	
Factor C	0.33				
Espesor de cálculo	0.101	pulg	2.56	mm	$t = \alpha \sqrt{CP/SE}$
Espesor requerido	0.219	pulg	5.56	mm	
Espesor comercial a utilizar	1/4	pulg	6.35	mm	← Planchas de 1/4" de espesor
Tamaño de soldadura					
(1) Espesor soldadura mín.	0.077	pulg	1.96	mm	Especificación soldadura E309L
(2) Espesor soldadura real	0.108	pulg	2.74	mm	
Si (2) > (1)					➔ ¡CONFORME!

4.3.2. Fuga de vapor por válvula de 6"DNx600#:

Se reportó pase de vapor de alta en válvula N4 de 6" x 600# instalada en línea 6"-HHS-21-06-D3-H en la salida de la Caldereta 21-E12B. El pase de vapor se observó que provenía de la prensa-estopa de la válvula compuerta con caja reductora de engranaje y volante.

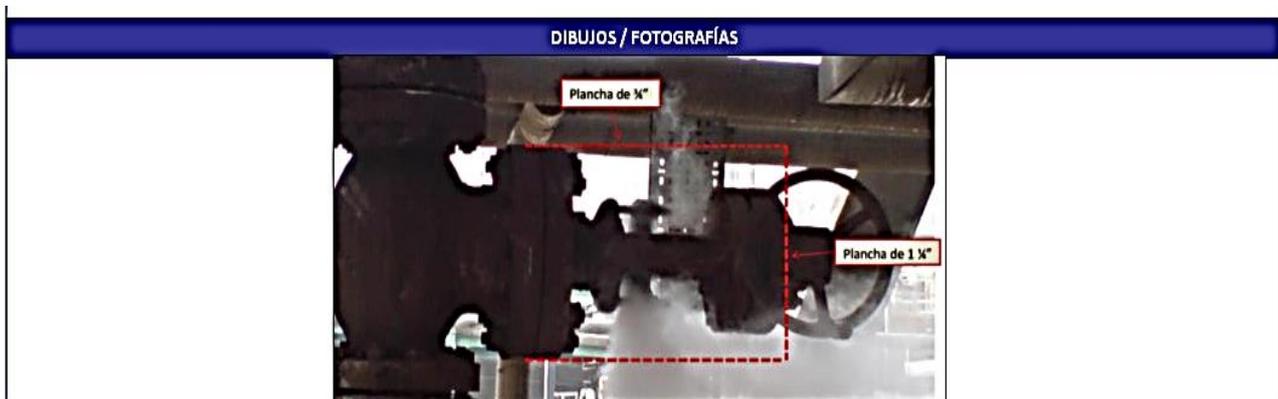


Teniendo en cuenta que no ha sido posible efectuar el reempacado de la prensaestopa, se recomienda como reparación temporal, instalar capucha de acuerdo al gráfico adjunto, desde la brida del cuerpo hasta cubrir la caja reductora (retirar la volante). El material a utilizarse debe ser un tubo fabricado a partir de plancha de A/C A36 de 3/4"thk y tapas de 1-1/4" de espesor; usar electrodo E7018. Alternativamente, considerar la reparación mediante la inyección de sellante (retacado).

Determinación del espesor de reparaciones:

- Unidad: Conversión (FCC)
- Equipo / línea: 21E12B
- Servicio: Generador de vapor
- Fecha: marzo 2021

DATOS							
Indicar el tipo de reparación (capucha o parche)							
Código Const.	ASME B31.3	Presión diseño	597	psig	Temp. de diseño	300	°C
Material original	A53 Gr.B Tp.S	Presión operación	-	psig	Temp. Operación	-	°C
Diá. Exterior	17.26	pulg	Material reparación	A36	Resist. permisible	16600	psi
			Tol. Corrosión	0.00	mm	Eficiencia junta	0.45



CALCULOS

Espeor de cálculo del sector cilíndrico (UG-27)

(1) Para esfuerzos circunferenciales (Junta long.)	0.72	pulg	18.40	mm	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ $t = \frac{PR}{2SE + 0.4P}$
(2) Para esfuerzos longitudinales (Junta circunf.)	0.34	pulg	8.62	mm	
Espeor de cálculo (el mayor de (1) y (2))	0.72	pulg	18.40	mm	
Espeor requerido	0.72	pulg	18.40	mm	

Espeor comercial a utilizar **3/4** pulg **19.00** mm ← Usar plancha de 3/4"

Comprobación (máx. presión resistente) 615.476 psig > 597 (Pd) → ¡CONFORME!

Espeor de Tapas (UG-34)

Diámetro interior	16.54	pulg	420.00	mm	$t = d \sqrt{CP/SE}$
Factor C	0.33				
Espeor de cálculo	1.208	pulg	30.69	mm	
Espeor requerido	1.208	pulg	30.69	mm	

Espeor comercial a utilizar **1 1/4** pulg **32.00** mm ← Usar plancha de 1 1/4"

Tamaño se soldadura

(1) Espeor soldadura mín.	0.250	pulg	6.35	mm	Especificación soldadura	E7018
(2) Espeor soldadura real	0.350	pulg	8.89	mm		

Si (2) > (1) → ¡CONFORME!

4.3.3. Parada de mantenimiento UF-PT intervención Columna Estabilizadora de Nafta Reformada 22C6:

El objetivo principal de la parada programada de UF-PT fue la Inspección y mantenimiento de la unidad de tal forma que bajo condiciones normales de operación, trabaje de forma continua hasta su próximo mantenimiento; donde se intervino el 22C6 desde el 21 al 13/02/10 (24 días), en resumen se efectuó: Limpieza interna del equipo; Inspección y medición de espesores del casco, boquillas, etc.; Reemplazó de un sector del casco (entre platos 23 y 30) e instalación de 34 platos nuevos material AISI 410.

Antecedentes:

En noviembre de 1967 fue puesta en servicio el equipo. La penúltima intervención fue en octubre 2005, donde se efectuó la reposición de copas y reemplazo de sectores de platos y bajantes corroídas; se detectó zona con defectos de laminación en plancha del casco ubicada entre los platos 26 y 27, como medida provisional se instaló y soldó sobre planchas. En mayo del 2008, donde como la actividad principal se efectuó la instalación de un anillo de refuerzo de 1.8m de altura (ASTM A283 Cr. C de 5/8" thk.), en el anillo N° 6 del casco por presentar indicaciones de tipo laminar. Entre febrero y marzo del 2010, fue la última intervención donde se efectuó actividades como limpieza interna

del equipo; Inspección y medición de espesores del casco, platos, boquillas, etc.; Reemplazó de un segmento de la bajante del plato N° 19; Ajuste de pernos y grapas; Reposición e instalación de copas; etc.

Actividades de Inspección y Mantenimiento:

Inspección visual

- a) Después del apertura de los manholes y retiro de todos los manways de los platos, se efectuó una inspección preliminar, observándose en general el casco interior, los platos y accesorios internos del estabilizador con ensuciamiento e impregnación moderado / severo (platos N° 1 al 34) con partículas de corrosión, llegando a no visualizarse las copas en algunos platos.
- b) Colector de vapores de la boquilla "C" en el sector de tope, presentó pérdida de espesor y perforaciones en diversas zonas.
- c) Luego del retiro de los 34 platos, se efectuó inspección visual a los anillos (ver adjunto 2 y 3), observándose:
 - Anillos de platos 1 al 7: Diversas perforaciones en los sectores donde rebosa del plato anterior. Fisuras longitudinales en la zona ZAC lado anillo en diversos sectores.
 - Anillos de platos 8 y 9: Anillos desprendidos de su ubicación, con perforaciones en diversos sectores.
 - Anillos de platos 10 al 17: Con corrosión moderada y pérdida de espesor (zonas entre 3 y 4mm).
 - Anillos de platos 18 al 22: Con corrosión moderada y pérdida de espesor (zonas entre 3 y 5mm).
 - Anillos de platos 31 al 34: Con corrosión moderada, no se aprecia pérdida de espesor. Fisura longitudinales en la zona ZAC lado anillo en diversos sectores.
- d) Luego de la instalación de los nuevos platos se efectuó la inspección de los ensambles, en la cual se observó: Falta de copas, falta de apriete entre segmentos, platinas de sello sin instalar, grapas desalineadas. Estas observaciones fueron subsanadas (ver adjunto 4 y 5).
- e) Los Manways de platos 34 al 18 presentan una pestaña, que según el plano debe posicionarse debajo de cada bajante. Siendo instalados así los manways de los platos 34 al 19.

- f) Todos los manways decepcionados presentaban las mismas características, es decir con pestaña. Para el caso del plato 18 se le instaló manway con la pestaña hacia el vertedero.
- g) Se midió claros y vertederos de los platos y bajantes de la columna, después del montaje. Las medidas están dentro de lo permisible (ver adjunto 6).

Medición de espesores.

- a) Se efectuó la medición de espesores al casco por el lado interior, encontrando valores dentro de especificación. Incluyendo el nuevo sector entre platos 23 al 30.
- b) Se efectuó la medición de espesores a las boquillas y manholes por el lado exterior, encontrando valores dentro de especificación, a excepción de las boquillas "H1" de 2"Ø (mínimo medido: 3.70mm; original: 5.54mm.), "H2" de 2"Ø (mínimo medido: 2.52mm; original: 5.54mm), "F" de 8"Ø (mínimo medido: 9.27mm; original: 12.70mm.) "D" de 2"Ø (mínimo medido: 3.25mm; original: 5.50mm.), "E" de 3"Ø (mínimo medido: 5.46mm; original: 7.60mm) y "B" de 1½"Ø (mínimo medido: 4.74mm; original: 5.08mm); donde se encontró valores cercanos al límite de retiro.

Trabajos de mantenimiento (ver adjunto 1 y 7)

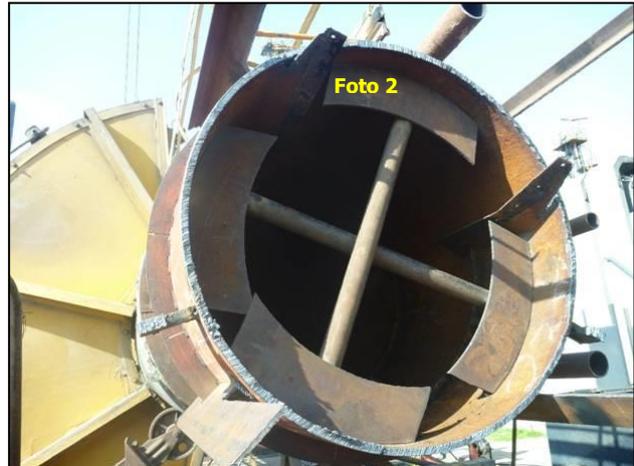
- a) Corte del casco y desmontaje del mismo (platos 1 al 22). Posterior montaje.
- b) Reemplazo de un sector del casco, ubicado entre los platos 23 al 30.
- c) Reemplazo del colector de vapores del tope, altura boquilla "C" salida de vapores.
- d) Limpieza mecánica con esmeril y escobilla metálica a los anillos 1 al 22 y 31 al 34. Incluye los Manways.
- e) Reparaciones con soldadura de los anillos afectados por desprendimiento y fisuras. Reemplazo parcial (Anillos 4 y 5), reemplazo total (Anillos 7, 8 y 9), recargue de cordones de soldadura (Anillos 1, 3 y 10).
- f) Reemplazo de 34 platos de material AISI 410.
- g) Reemplazo de boquillas: Retorno "F" (8"Ø), Alimentación "E" (3"Ø), Reflujo "D" (2"Ø) y Toma inferior y superior de nivel "H1 y H2" (2"Ø) y Venteo "B" (1½"Ø).

Reporte conclusión:

- a) El 22C6 presentó abundante óxido de hierro depositado sobre los platos, así mismo, corrosión severa de sus platos de acero al carbono y en menor grado sus anillos soportes. El equipo queda restablecido y mejorado en su condición de diseño.
- b) Los anillos reparados en forma parcial, total y con recargue de soldadura, permitirá operar adecuadamente hasta la siguiente parada programada.

Recomendaciones:

- a) Reemplazar los anillos de los platos 1 al 6, 10 al 22 y 31 al 34 por la pérdida de espesor observada en esta campaña y considerando que existirá corrosión galvánica en los anillos (platos: AISI 410; anillos: A/C).
- b) Prever stock de platos y copas de material AISI 410.
- c) Prever el reemplazo de la boquilla "N" de 3"Ø por encontrar espesores cercanos al límite de retiro.
- d) Reemplazar plataforma superior de la columna, actualmente se encuentra deformada y con corrosión.
- e) Instalar y/o reemplazar aislamiento térmico en mal estado lado cap superior de la columna.
- f) En la próxima intervención, efectuar la limpieza interna (hidro lavadora de 2,000 PSIG) del casco, platos, bajantes, boquillas, etc.



Columna 22C6

Foto 1: Desmontaje de sector superior de columna entre platos 1 al 22. Se utilizó grúa de 200TN.

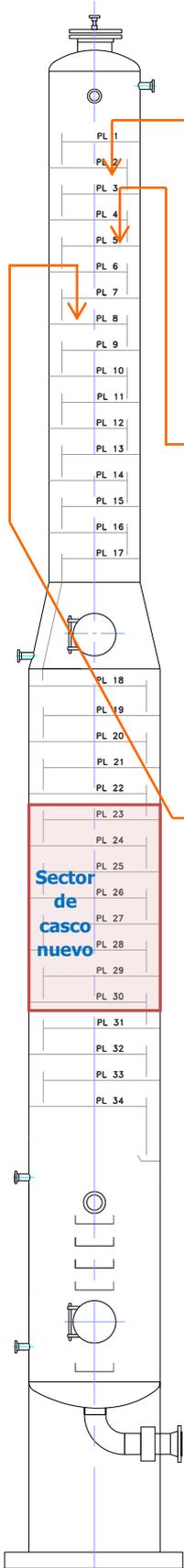
Foto 2: Arriostamiento de la zona cortada para evitar deformaciones durante el corte y desmontaje.

Foto 3: Retiro del sector del casco con laminaciones, entre los platos 23 al 30 (08 platos). El sector de platos del 31 al 34 quedó fijo en planta.

Foto 4: Sector nuevo (platos 23 al 30) instalado el 31.04.2021. Soldeo con proceso TIG.

Foto 5: Montaje del nuevo sector del casco.





Anillo de P3 con perforaciones, zona de bajante del P2.



Reemplazo parcial del anillo del P3 en zona de bajante del P2.



Anillo de P5 con perforaciones, zona de bajante del P4.



Reemplazo parcial de anillo del P5 en zona de bajante del P4.



Anillo de P8 con perforaciones y desprendimiento, figuras longitudinales en zona ZAC del cordón de soldadura lado anillo.



Reemplazo total de anillo del P8.



Pérdida de espesor en cartelas de las bajantes de los platos P3 al P11.



Recargue de soldadura en las cartelas de las bajantes de los platos P3 al P11.



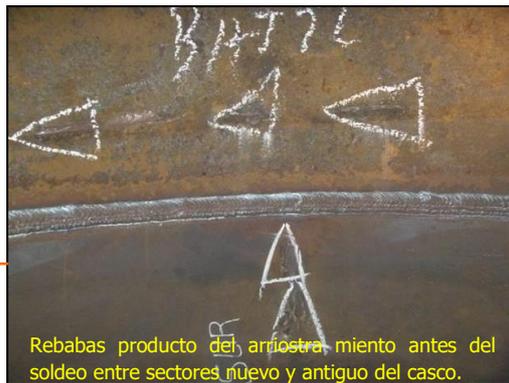
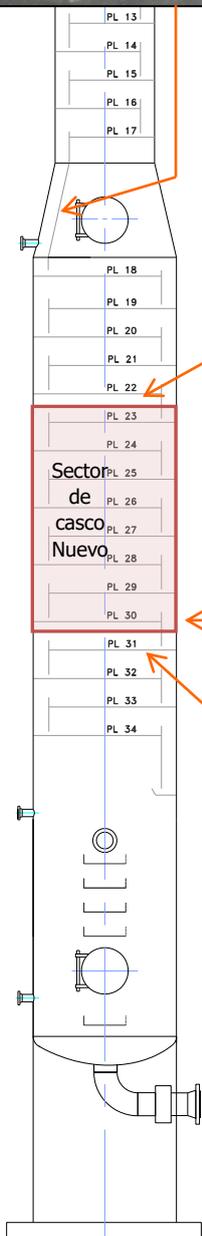
Recargue de soldadura en ambas cartelas de la bajante de los platos P17 al P18.

Inspección visual:

- Pérdida de espesor por corrosión en los anillos 33 y 34.
- Anillo de plato 34 presenta fisuras en la zona ZAC de cordón de soldadura lado anillo. Platinas de la bajante también fisurada
- Anillo de plato 33 presenta costras de corrosión.

Trabajos de mantenimiento:

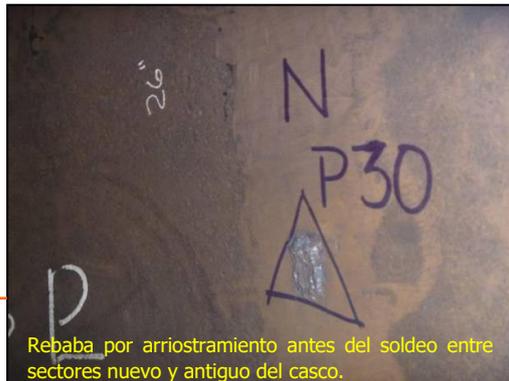
- Recargue de soldadura en las cartelas de las bajantes de los platos 17, 33 y 34.
- Recargue de soldadura en el anillo del plato 31 por la parte inferior.
- Esmerilado de rebabas, altura de los platos 22 y 30.



Rebabas producto del arriostamiento antes del soldeo entre sectores nuevo y antiguo del casco.



Rebabas esmeriladas



Rebaba por arriostamiento antes del soldeo entre sectores nuevo y antiguo del casco.



Rebaba esmerilada



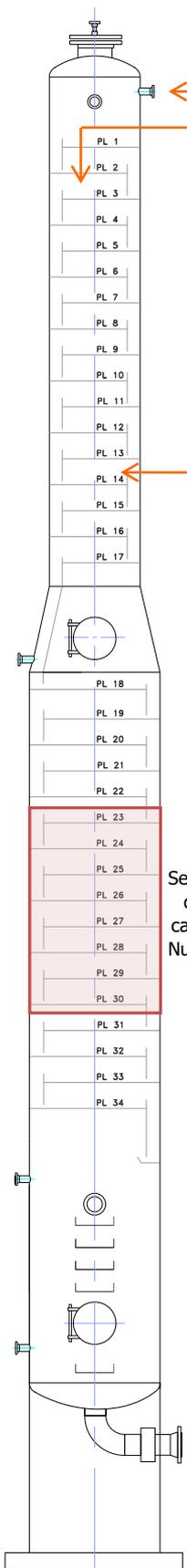
Plato 31: Recargue de soldadura entre anillo y casco, zona inferior.



Recargue de soldadura en ambas cartelas de la bajante de platos P33 y 34, incluye el plato de sello.

ADJUNTO 4

INSPECCION Y MANTENIMIENTO - PLATOS 1 AL 17

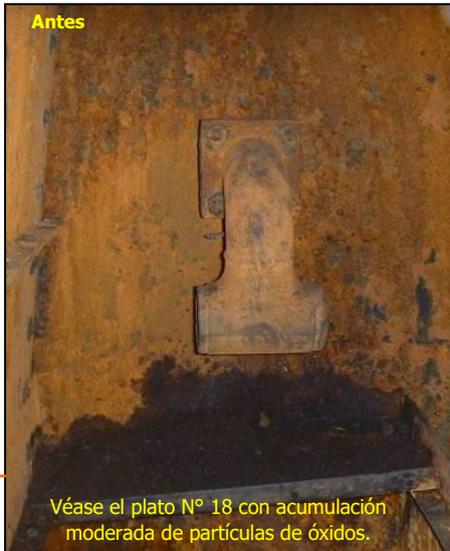
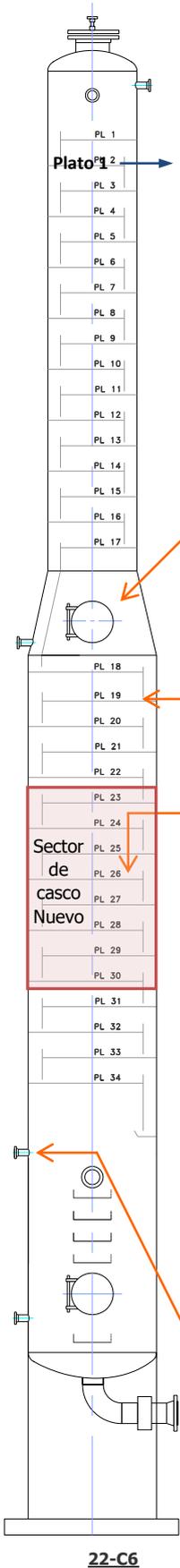


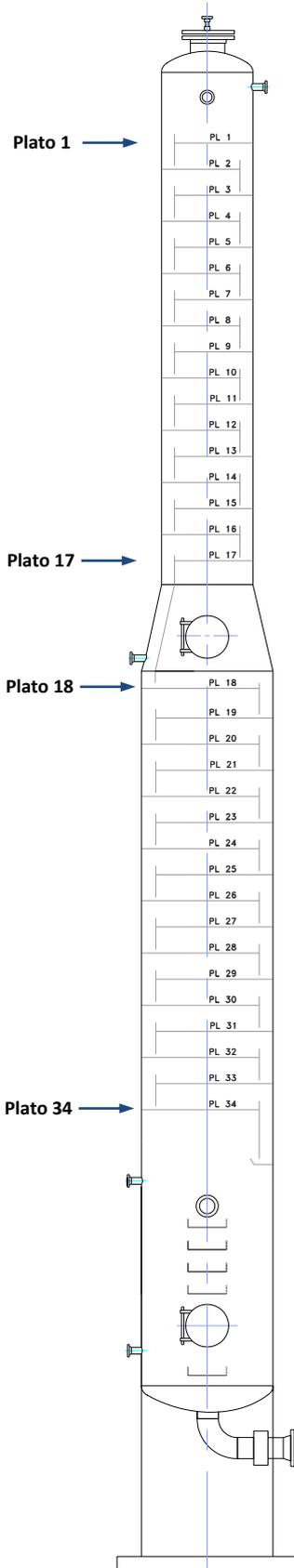
22-C6



ADJUNTO 5

INSPECCION Y MATENIMIENTO - PLATOS 18 AL 34





PLATO N°	CLARO	VERTEDERO
Plano	69	81
18	67	82
19	65	81
20	64	81
21	64	81
22	67	81
23	66	81
24	62	80
25	61	83
26	65	80
27	64	80
28	65	81
29	65	83
30	66	80
31	66	81
32	66	81
33	67	85
34	66	82



Vertedero del plato 34 hacia el plato de sello



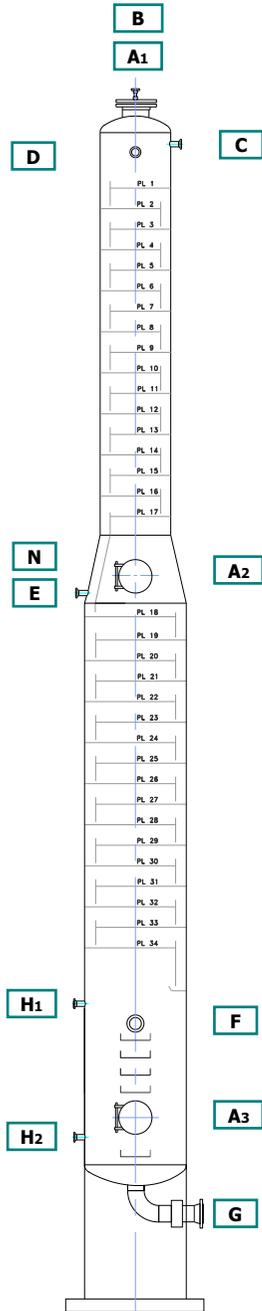
Claro del plato 17 sobre el plato 18.

Notas:

- 1) Los claros y vertederos se encuentran medidos en mm.

ADJUNTO 7

INSPECCIÓN DE BOQUILLAS



22-C6

LISTADO REMPLAZO DE BOQUILLAS

RECIPIENTE	BOQUILLA	SERVICIO	MATERIAL	DN	SCH	RATING BRIDA	Ensayos No Destructivos		DATOS DE SOLDEO	
							Casco/Niple	Niple/brida	Casco/Niple	Niple/brida
22C6	F	Retorno	ASTM-A-106	8"	80	300	VT	RT	SMAW	GTAW
	H1	Toma inferior	ASTM-A-106	2"	80	300	VT	RT	SMAW	GTAW
	H2	Toma superior	ASTM-A-106	2"	80	300	VT	RT	SMAW	GTAW
	E	Alimentacion	ASTM-A-106	3"	80	300	PT	RT	SMAW	GTAW
	D	Reflujo	ASTM-A-106	2"	80	300	PT	RT	SMAW	GTAW
	B	Ventoe de Tope	ASTM-A-106	1 1/2"	80	300	VT	VT	SMAW	SMAW

VT: Inspección visual
 PT: Tintes penetrantes
 RT: Gammagrafía industrial



Medición de espesores

La medición de espesores de las boquillas nos confirmó espesores por cercanos y dentro del límite de retiro, siendo estas:

- Boquilla de Retorno ("F" de 8"Ø).
- Boquilla de Alimentación ("E" de 3"Ø).
- Boquilla de Reflujo ("D" de 2"Ø).
- Boquilla de nivel superior e inferior ("H2 y H1" y de 2"Ø respectivamente).
- Boquilla de venteo ("B" de 1 1/2"Ø).
- Todas las demás boquillas se encuentran con valores dentro de especificación.

Trabajos de Mantenimiento

- Reemplazo de 06 boquillas: F, E, D, B, H1 y H2.

Placas Gammagraficas

Todas las boquillas reemplazadas fueron inspeccionadas con Rayos Gamma, no se observaron discontinuidades en los cordones de soldadura inspeccionados:

4.3.4. Parada de Planta Unidad de Destilación al Vacío – Unidad Reductora de Viscosidad (Visbreaking):

La Parada Programada de Visbreaking se efectuó entre 19-05-2012 al 12-06-2012, el objetivo fue el Mantenimiento e Inspección integral de los equipos de las unidades, de tal forma que, bajo condiciones normales de operación, sean fiables hasta su próximo mantenimiento programado (5 años).

El Soaker 24C1, presentó severa acumulación de coque, se efectuó limpieza y reparación de algunos platos.

La columna 24C2, presentó gran cantidad de platos caídos, deformados y presencia de coque en el lado inferior de la columna. Se desmonto, reparó y reinstaló todos los platos afectados, se realizó limpieza del coque existen en el interior de la columna.

La Parada No Programada se efectuó del 14 al 25/05/2018, el objetivo principal reemplazo de tubos de pre calentador 24E34 del horno 24H1.

Mantenimiento e inspección general por ciclo de mantenimiento de equipos de las Unidades de U24, U26 (HDS), U53, U59 y fuera de ciclo de mantenimiento de las unidades de U02 y U51 de forma tal que bajo condiciones normales de operación, su disponibilidad sea la necesaria para los objetivos de producción durante el siguiente ciclo objetivo (5 años). La Parada de la Unidad de VB, está programada para efectuarse en el 2do trimestre 2019, cuyo alcance se basa en:

- Recomendaciones de Inspección, principalmente de los informes de Paradas de Planta (programadas y no programadas) ocurridos desde el 2012.
- Reuniones de coordinación con las áreas involucradas.
- Solicitudes de modificación de planta.

Tabla 21. Listado de equipos a intervenir.

LISTA DE EQUIPOS A INTERVENIR		
ITEM	COLUMNAS	
01	24C1	SOAKER
02	24C2	FRACCIONADORA
03	24C3	STRIPPER LVGO
04	24C4	ESTABILIZADORA DE NAFTA
05	51C1	STRIPPER DE AGUAS ACIDAS
06	53C-204 A/B	REACTOR CATALITICO
ITEM	RECIPIENTES	
01	24D1	RECIPIENTE DE ALIMENTACION DE VISBREAKING
02	24D2	RECIPIENTE DE CONDENSADO
03	24D3	ACUMULADOR DE REFLUJO DE FRACCIONADORA
04	24D4	RECIPIENTE DE SOLUCION AMONACAL
05	24D5	RECIPIENTE DE INHIBIDOR DE CORROSION
06	24D6	ACUMULADOR DE PRODUCTO DE TOPE FRACCIONADORA
07	24D7	RECIPIENTE DE SUCCION DE COMPRESORES
08	24D8	RECIPIENTE DE RECONTACTO
09	24D9	ACUMULADOR DE TOPE DE ESTABILIZADOR DE NAFTA
10	24D15	RECIPIENTE DE PURGAS
11	24D16	RECIPIENTE DE VAPOR DE ALTA
12	24D18	RECIPIENTE CONDENSADO DE VAPOR DE ALTA
13	24D19	RECIPIENTE KO PARA VAPOR DE EMERGENCIA AL HORNO
14	24D21A	RECIPIENTE DE CONDENSADOS INTERETAPA DEL COMPRESOR
15	24D21B	RECIPIENTE DE CONDENSADOS INTERETAPA DEL COMPRESOR
16	24D23	RECIPIENTES DE SLOPS CRAQUEADOS
17	24D24	RECIPIENTE DE ALIMENTACION DE RESIDUO DE VACIO I
18	24D25	SECADOR DE GASOIL

Fuente: Elaboración propia.

Gestión de Alcance

Entre las actividades globales a ejecutarse se tienen:

- Instalación de facilidades que comprende: movilización y desmovilización de equipos, herramientas, materiales, facilidades eléctricas, container, líneas de aire comprimido, otros.
- Instalación/Retiro de platos ciegos.
- Limpieza mecánica de espejos de Bridas.
- Apertura y Cierre de Manholes.
- Retiro/Reposición de malla Demister.
- Retiro de borra remanente.
- Limpieza interna de casco.
- Limpieza mecánica de cordones de soldadura.
- Desmontaje/Montaje y mantenimiento de Visores de nivel.

- Retiro/Reinstalación de Manway's.
- Limpieza de platos.
- Retiro/Reposición de Pre-distribuidor.
- Retiro/Reposición de Distribuidores.
- Reemplazo platos.
- Prueba de hermeticidad Chimney Tray.
- Reemplazo de lechos empacados.
- Reemplazo segmento de plato.
- Mantenimiento de segmento platos.
- Relleno de Pits.
- Recargue cordón de Soldadura.
- Rolado.
- Prefabricado.
- Reemplazo de boquillas.
- Mantenimiento Reactores.
- Realización de END (Medición de Dureza, Tinte Penetrante, Tratamiento Térmico, otros).
- Retiro, relleno y tamizado de arena, arcilla y/o sal.
- Disposición de residuos según SGA.
- Limpieza general del equipo y área aledaña.

Trabajos específicos de mantenimiento:

Se realizarán las siguientes actividades para los equipos estáticos de gran dimensión.

Columnas y Reactores

Se muestran a continuación las actividades realizadas por cada equipo intervenido.

- **24C1 Soaker:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Limpieza e Inspección interior (área aprox. 154 m²). Retiro de Coque (Volumen aprox. 6 m³). Limpieza de cordones de soldadura. Reemplazo de platos (Nº: 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

- **24C2 Fraccionadora:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Limpieza e Inspección interior (área aprox. 274 m²). Retiro de Borra (Volumen aprox. 3 m³). Reemplazo de platos (desde el N°: 1 al N° 13). Desmontaje, Limpieza y Montaje de Visor de Nivel.
- **24C3 Stripper de LVGO:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Limpieza e Inspección interior (área aprox. 75 m²). Retiro de Borra (Volumen aprox. 2 m³). Limpieza de cordones de soldadura. Desmontaje, Limpieza y Montaje de Visor de Nivel.
- **24C4 Estabilizadora de Nafta:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Limpieza e Inspección interior (área aprox. 94 m²). Retiro de Borra (Volumen aprox. 2 m³). Limpieza de cordones de soldadura. Desmontaje, Limpieza y Montaje de Visor de Nivel.
- **51C1 Stripper Aguas Ácidas:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Reemplazo de Boquillas N1, N3 y N8. Realización de END.
- **53C204B Reactor Catalítico Tren B:** Instalación de Facilidades. Instalación / Retiro de Platos ciegos. Apertura / Cierre de Manholes. Retiro de Catalizador y Soporte Cerámico. Limpieza, mantenimiento e inspección. Reposición de Catalizador y Soporte Cerámico.

Recipientes:

En el siguiente listado se muestra los recipientes a presión a intervenir:

- 24D1 RECIPIENTE DE ALIMENTACION A VISBREAKING
- 24D2 RECIPIENTE DE CONDENSADO
- 24D3 ACUMULADOR DE REFLUJO DE FRACCIONADORA
- 24D4 RECIPIENTE DE SOLUCION AMONICAL
- 24D5 RECIPIENTE DE INHIBIDOR DE CORROSION
- 24D6 ACUMULADOR DE PRODUCTO DE TOPE FRACCIONADORA
- 24D7 RECIPIENTE DE SUCCION DE COMPRESORES

- 24D8 RECIPIENTE DE RECONTACTO
- 24D9 ACUMULADOR DE TOPE DE ESTABILIZADORA DE NAFTA
- 24D15 RECIPIENTE DE PURGAS
- 24D16 RECIPIENTE DE VAPOR ALTA
- 24D18 RECIPIENTE DE CONDENSADO DE VAPOR DE ALTA
- 24D19 RECIPIENTE KO PARA VAPOR DE EMERGENCIAAL HORNO
- 24D21A RECIPIENTE DE CONDENSABLES INTERETAPA DEL COMPRESOR
- 24D21B RECIPIENTE DE CONDENSABLES INTERETAPA DEL COMPRESOR
- 24D23 RECIPIENTE DE SLOPS CRAQUEADOS
- 24D24 RECIPIENTE DE ALIMENTACION DE RESIDUO DE VACIO
- 24D25 SECADOR DE GASOIL

A modo general se listan las actividades por realizarse en los recipientes:

- Instalación de Facilidades.
- Instalación y Retiro de Platos ciegos.
- Apertura / Cierre de Manholes.
- Retiro de Borra remanente.
- Retiro / Reinstalación de malla Demister.
- Limpieza Interna de casco.
- Limpieza y Prueba de Hermeticidad de Serpentín de Vapor.
- Limpieza mecánica de Cordones de Soldadura.
- Relleno de Pits.
- Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Visores de Nivel.

Gestión del cronograma

El departamento se encarga de la Planificación, seguimiento y el control de cada una de las actividades previstas, para tal fin se hace uso de estrategias que permiten llevar trazabilidad de las mismas, valiéndose de realizar el Cronograma de Ejecución, Histograma, Curva S de Horas Hombre, formatos de seguimiento, otros.

Curva "S" de horas hombre:

La curva "S" de la actividad de mantenimiento se muestra a continuación, es representa las horas hombre acumuladas por día de duración de intervención del equipo para mantenimiento.

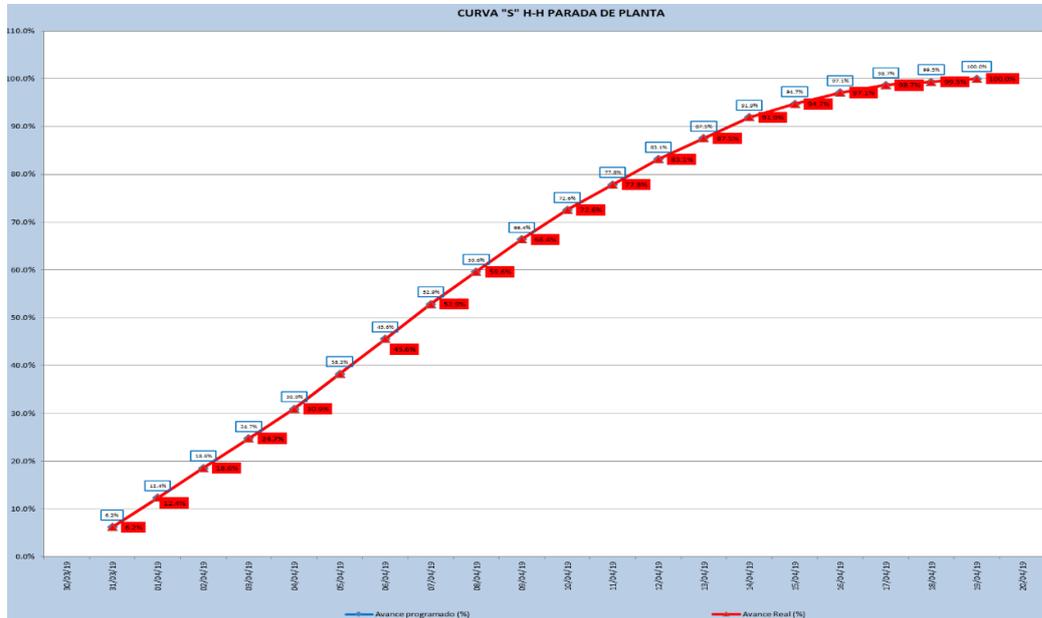


Figura 34. Curva "S" de horas hombre. Elaboración propia.

Histograma:

En el siguiente gráfico se muestra la representación de horas hombres requeridas por día de mantenimiento.

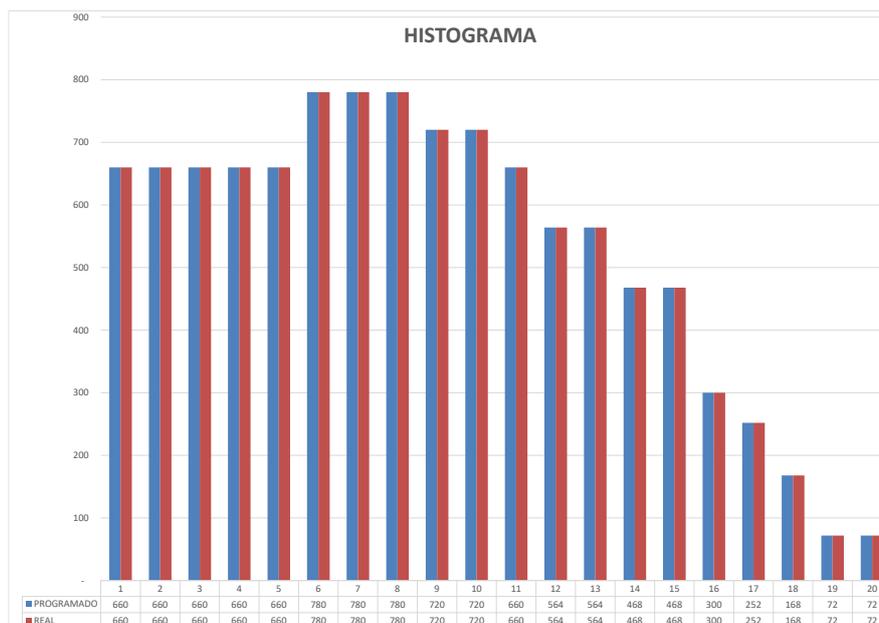


Figura 35. Histograma del proyecto. Elaboración propia.

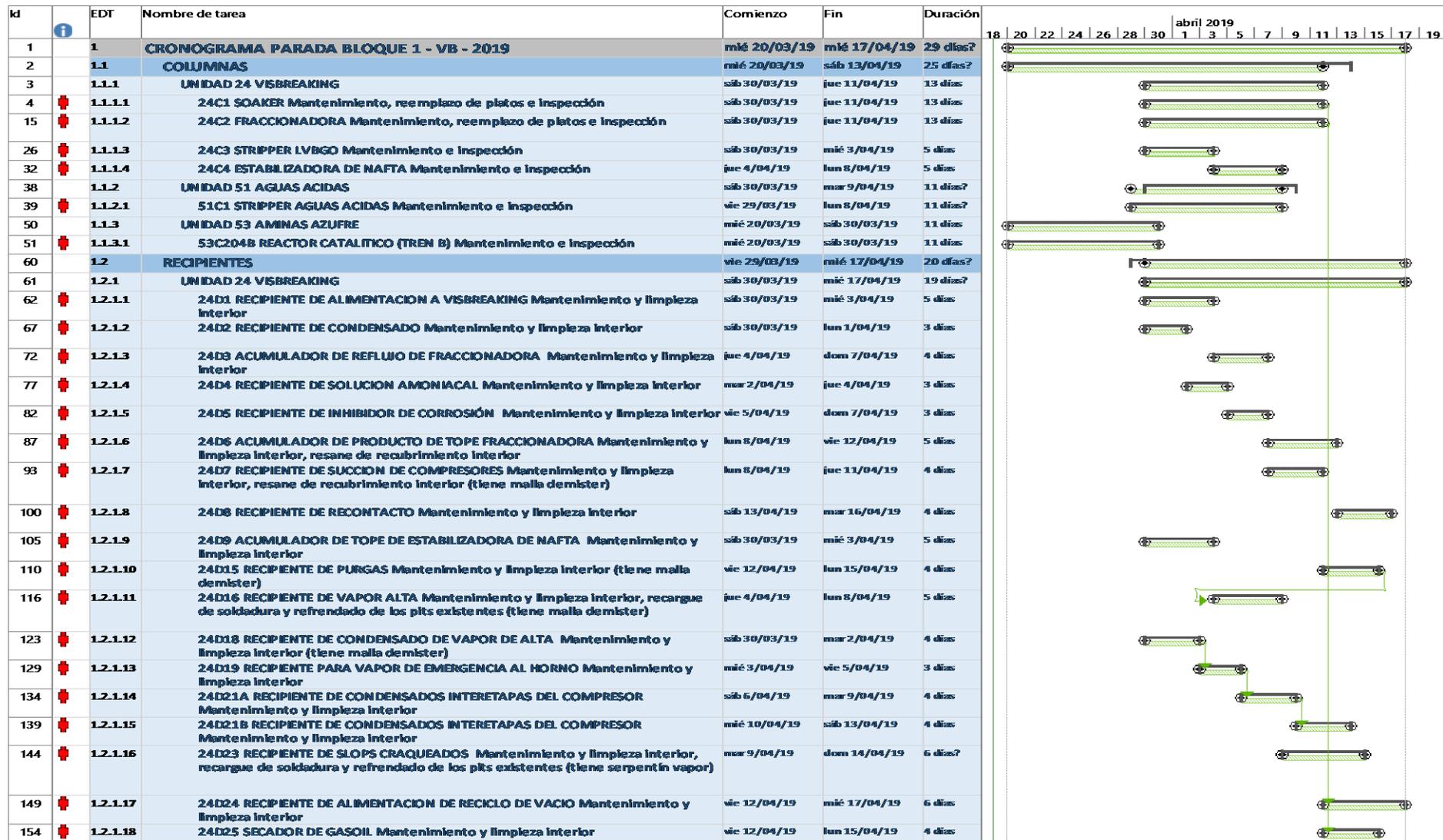


Figura 36. Cronograma del proyecto. Elaboración propia.

Asimismo se muestra el cronograma de las actividades descritas por mantenimiento de los equipos listados. El diagrama de Gantt permite visualizar el comportamiento de cada actividad y sirve para identificar la ruta crítica y actuar sobre ella para evitar deficiencias en recursos y tiempo.

Gestión de calidad:

El departamento de Calidad desarrolla e implementa el Plan de Puntos de Inspección, donde se especifican los métodos, ensayos y las técnicas necesarias para el cumplimiento de los estándares de ingeniería correspondientes, en el que se detallan los documentos de referencia, normativa aplicable para los criterios de aceptación, frecuencia de control, otros.

El encargado de Calidad supervisa en campo el desarrollo de los trabajos apegados a la normativa técnica y a los procedimientos específicos, dando liberación de los elementos a conformidad de la supervisión de Fiabilidad.

El departamento de Seguridad desarrolla todo el sistema de Gestión relativo a Seguridad y lo implementa, teniendo como referencia un Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Actividades llevadas a cabo por SSOMA:

- Apoyo en la emisión de permiso de trabajo.
- Apoyo en el mojado de lechos empacados.
- Apoyo en el monitoreo de atmosferas peligrosas. (índice de explosividad, concentración de oxígeno, concentración de H₂S, etc.).
- Apoyo en la verificación de peligros en espacio confinado, accesos y salidas.
- Apoyo en la señalización del área de trabajo y tener todos los permisos a la vista.
- Apoyo en análisis de riesgo para trabajos.
- Apoyo en el control de incidentes.

Capacitación del personal:

Se cumplió con la participación y aprobación de todas las capacitaciones obligatorias por el cliente por Parada de Planta y las programadas de acuerdo a

los peligros y riesgos asociados a las actividades a ejecutar, los mismos se establecen en el Programa de Formación dentro del plazo de duración de la Parada de Planta – Bloque 1.

Para asegurar el control relacionado con la aseguramiento de la calidad se han establecido e implantado una serie de procedimientos de trabajo, los cuales serán modificados y/o se implementarán conforme a las actividades que se desarrollen.

Tabla 22. Listado de procedimientos.

OP-RLP-P-35	Procedimiento de Pruebas Hidrostáticas
OP-RLP-P-33	Procedimiento para la Instalación y Retiro de Discos Ciegos
OP-RLP-P-37	Procedimiento para trabajos en caliente
OP-RLP-P-38	Procedimiento para Mantenimiento de Recipientes, Columnas y Tanques

Fuente: Elaboración propia

Gestión de adquisiciones

La jefatura de Logística apoya directamente a la ejecución del proyecto, a continuación, se mencionan algunas de las actividades llevadas a cabo:

- Coordinación de movilidad del personal involucrado en la parada.
- Coordinación de alimentación de personal Directo e Indirecto.
- Gestión de la Procura de Materiales, Equipos, Herramientas, insumos, etc.
- Dirección y Control de Almacén.

Gestión de comunicaciones

Es de importancia llevar el control de las actividades y manifestarla en reportes diarios de trabajo y registros, el cual involucró lo siguiente:

- Resumen de avance de las distintas actividades.
- Curva “S” Horas Hombre.

- Histograma.
- Resumen general de Actividades Ejecutadas.
- Resumen general de Actividades Planeadas para el día siguiente.
- Testigo fotográfico de actividades relevantes.
- Eventos de Seguridad más relevantes.

Gestión de costos:

Se muestra a continuación las partidas o líneas de contrato que se tiene para la gestión de costos como actividad de mano de obra.

Tabla 23. Partidas de mano de obra del contrato.

Descripción	Unid
01 Movilización/desmovilización	GL
02 Instalación/retiro de platos ciegos	EA
03 Apertura y cierre de manholes	EA
04 Retiro/reposición de malla demister $\varnothing \leq 1000$ mm	EA
05 Retiro/reposición de malla demister $1000 < \varnothing \leq 2000$ mm.	EA
06 Retiro de borra remanente	M3
07 Limpieza interna de casco	M2
08 Limpieza mecánica cordón soldadura	ML
09 Desmontaje/montaje de visores de nivel	EA
10 Retiro/reinstalación de manway's	EA
11 Limpieza platos $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
12 Limpieza platos $2000 < \varnothing \leq 4500$ mm	EA
13 Retiro/reposición predistribuidor $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
14 Retiro/reposición predistribuidor $2000 < \varnothing \leq 4500$ mm	EA
15 Retiro/reposición predistribuidor 4500 mm $< \varnothing$	EA
16 Retiro/reposición distribuidores $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
17 Retiro/reposición distribuidores 2000 mm $< \varnothing \leq 4500$ mm	EA
18 Retiro/reposición distribuidores 4500 mm $< \varnothing$	EA
19 Reemplazo platos $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
20 Reemplazo de platos $2000 < \varnothing \leq 4500$ mm	EA
21 Prueba estanqueidad, Chimney Tray y platos acumuladores	EA
22 Reemplazo lechos empacados $\varnothing \leq 2000$ mm.	EA
23 Reemplazo lechos empacados 2000 mm $< \varnothing \leq 4500$ mm	EA
24 Reemplazo lechos empacados 4500 mm $< \varnothing$	EA
25 Reemplazo segmento plato $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
26 Reemplazo segmento plato 2000 mm $< \varnothing \leq 4500$ mm	EA
27 Mantenimiento segmento platos $\varnothing \leq 2000$ mm	EA
28 Mantenimiento segmento platos 2000 mm $< \varnothing \leq 4500$ mm	EA
29 Relleno de pit	EA

30 Recargue cordón	ML
31 Rolado	KG
32 Prefabricado	KG
33 Reemplazo de boquillas de 2"Ø a 4"Ø	EA
34 Reemplazo de boquillas de 6"Ø a 8"Ø	EA
35 Reemplazo de boquillas de 10"Ø a 14"Ø	EA
36 Mantenimiento Reactores	EA
37 Pruebas radiográficas	EA
38 Medición de dureza	EA
39 Tratamiento térmico	EA
40 Reemplazo de arcilla o arena	M3
41 Tamizado de arcilla o arena	M3

Elaboración propia

Tabla 24. Presupuesto del proyecto

	Parada:		
	UDV II	VB	Total
Materiales	472.00	362.00	834.00
Contratos	1,433.00	1,428.00	2,861.00
Mano de obra	66.00	66.00	132.00
Estructura	164.00	164.00	328.00
Total (miles de dólares)	2,135.00	2,020.00	4,155.00
	Inversión:		
	UDV II	VB	Total
Materiales	225.00	365.00	590.00
Contratos	140.00	220.00	360.00
Total (miles de dólares)	365.00	585.00	950.00
Total Parada + Inversión (miles de dólares)			10,210.00

Elaboración propia

Curva de costos:

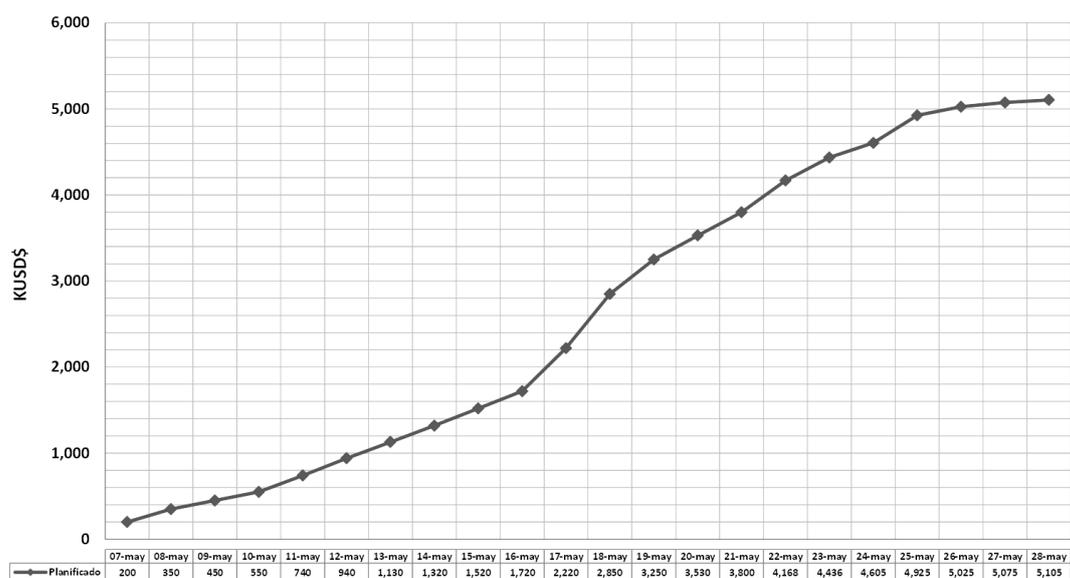


Figura 37. Curva de costos del proyecto. Elaboración propia

Costo por especialidad:

Tabla 25. Costo por especialidad

Ítem	Especialidad	UDVII	VB	Total
1	Equipos Estáticos	1,392.66	1,386.54	2,779.20
2	Equipos Dinámicos	25.00	25.00	50.00
3	Electricidad	32.25	25.00	57.25
4	Instrumentación	218.41	144.00	362.41
5	Oficios	236.68	209.46	446.14
Total US\$		1,905.00	1,790.00	3,695.00

Elaboración propia.

Costo por equipo:

Tabla 26. Costo por equipo

Ítem	Tipo	UDVII	VB	Total
1	Hornos	196.31	278.85	475.16
2	Columnas	112.44	169.24	281.68
3	Intercambiadores	278.02	263.33	541.35
4	Aeroenfriadores	420.50	216.68	637.18
5	Recipientes	66.51	112.69	179.20
6	Misceláneos	238.05	226.75	464.80
7	Varios	80.50	119.00	199.50

8	Ventiladores	14.09	9.25	23.34
9	Compresores	4.99	14.50	19.49
10	Válvulas Seguridad	3.25	4.25	7.17
11	Motores ventiladores	19.75	18.50	38.25
12	Motores bombas	2.50	3.75	6.25
13	Tableros	10.00	2.75	12.75
14	Instrumentos	144.00	218.41	362.41
15	Andamios	150.00	120.00	270.00
16	Pintura	41.68	49.46	91.14
17	Aislamiento	45.00	40.00	85.00
	Total US\$	1,827.59	1,867.41	3,695.00

Elaboración propia.

Evaluación de resultados post ejecución del mantenimiento de equipos mecánicos estáticos

La planificación correcta de contribuyó en la planificación de la parada de planta al usar un modelo de gestión de proyectos mediante los lineamientos de la metodología PMI, si bien esta investigación tiene por alcance la planificación mas no la ejecución por los recursos y costos que significaría asumir, se realizó esta sección para comparar resultados post parada. Quiere decir comparar lo planificado con lo real, y sobre todo con registro de la última parada. A continuación, en la Tabla 11 se muestran estos datos dando resultados positivos.

Tabla 27. Cuadro comparativo de resultados

	Planificado	Real	Registros Pasados
Fecha de Inicio	20/03/2019 08:00 hrs	20/03/2019 08:00 hrs	-
Fecha de Fin	15/04/2019 00:00 hrs	12/04/2019 20:00 hrs	-
Tiempo de Ejecución	25 días	22 días	30 días
Número de Personal	120 personas	98 personas	150 personas
Horas Hombre	13,245 hh	12,489 hh	18,248 hh
Ejecución de Alcance	100%	100%	95%
Coste del Proyecto	S/. 1,240,480.00	S/. 1,480,600.00	S/. 1,842,100.00
Accidentes	0	0	1

Elaboración propia.

CAPÍTULO V: DISCUSIONES

5.1. Auditoría del mantenimiento correctivo mecánico de equipos e instalaciones mecánicas:

Las paradas de planta planeadas son actividades propias de mantenimiento (preventivo y/o correctivo) que requiere que los sistemas o equipos a intervenir se encuentren fuera de servicio y que por su necesidad (para el proceso) o su entorno no pueden ser intervenidas rutinariamente, en el caso de las refinerías de petróleo resulta una compleja actividad por los recursos que se requieren para su ejecución. Para esta investigación se conocía la problemática del no cumplimiento de los objetivos en los últimos mantenimientos y paradas realizadas y la disconformidad de la alta dirección por los métodos poco eficaces utilizados. La responsabilidad de proponer mejoras donde se integren los procesos y sobre todo que garantice el control del mismo durante su ejecución fue la motivación para afrontar este problema real. Queda corroborado que una parada de planta se puede manejar con un enfoque tipo proyecto, tal como indica Rico, J. (2018, pág. 21) puesto que reúnen las características elementales de un proyecto: temporal (tuvo un inicio y fin definido), único (dado que toda parada de planta es diferente) y es gradual (se desarrolló en pasos o secuencias). Por ello el uso de la metodología con enfoque PMI mediante sus lineamientos y procesos permitieron integrar áreas de conocimientos que en eventos pasados se trabajaron de manera independiente.

Se identificó el sistema de mantenimiento actual con que venían trabajando para ejecución de mantenimiento y paradas de planta, asimismo se revisó los procedimientos de trabajo para conocer sus características y analizar posteriormente la correcta aplicabilidad de los procesos de la metodología correcta. Se pudo encontrar registros desordenados y carentes de información. Cabe indicar que para realizar un evento de esta magnitud es necesario la planificación años de anticipación debido a que requiere mucho análisis y gestión para garantizar la llegada de los recursos a fecha óptima, tal es el caso de la premura de materiales, la contratación de mano de obra calificada, prefabricados

en caso se requiera (reemplazo de estructuras o modificaciones de equipos), entre otros. Espinosa (2008, p.75) indicaba lo indispensable que era la realización de una metodología para mantenimientos y parada de planta, donde se describa el proceso el evento permitiendo de esta se realice eficazmente, optimizando recursos y costos asociados, mejorando la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y unidades de proceso y sobre todo mayor seguridad durante la ejecución de los trabajos. Podemos afirmar dicha necesidad, ajustado a nuestra realidad se corroboró que es la mejor opción el usar una metodología de mantenimiento mundial para el correctivo y para paradas de planta la gestión de proyectos.

5.2. Propuesta de mejora y verificación de resultados:

Una vez conocido los procesos utilizados del mantenimiento durante el mantenimiento y paradas de planta de la refinería en estudio y de las unidades y equipos a intervenir nos dirigimos a aplicar mejoras según las pautas de la metodología de mantenimiento mundial. Nos indica Gómez (2009, p.29) que este modelo de gestión divide el proyecto en grupos de procesos o etapas el cual permite trabajar organizadamente evitando así posibilidades de un posterior fracaso. Por ello se trabajó en la gestión de alcance, era necesario saber qué equipos se iban a intervenir para el mantenimiento, identificar la ubicación de estos en las unidades de proceso para de esta manera saber los procedimientos de trabajos en vaporizado y cegado por seguridad. Se encontró una relación de seis columnas y dieciocho recipientes, el cual se agruparon en sectores para una mejor distribución del personal operativo, se hicieron el recorrido de estos equipos para identificar las facilidades existentes y las faltantes debido a que son trabajos previos de parada. Una vez conocido el alcance de trabajo y las características de los equipos se procedió a realizar un cronograma de actividades en base a un diagrama de Gantt identificando la ruta crítica del proyecto, esto sirvió de mucho porque durante la ejecución se pudo anticipar retrasos por actividades fuera de alcance y de esta manera controlar mejor los recursos para dar solución inmediata, de esta manera ganar días de trabajo y acabar en menos tiempo la parada de planta que es el mayor objetivo. Se aplicó la gestión de costos conociendo los alcances, los recursos a usar y tiempos, esto permitió ajustar costes en base a las partidas a usar en este contrato, al ganar

días de entrega durante parada permitió rentabilidad en el proyecto. Para la gestión de recursos humanos se pudo garantizar el personal capacitado y justo de acuerdo a los alcances estudiados, la contratación de recursos directos e indirectos en base a las horas hombre planificadas se realizó con premura, esto permitió capacitarlos más en temas de seguridad y procedimientos operativos y de esta manera buscar el objetivo de cero accidentes. Para la gestión de adquisiciones se pudo conseguir los materiales, máquinas y herramientas necesarias con un tiempo aceptable previo al inicio de la parada de planta, una buena gestión y comunicación permitieron el éxito de estos entregables. Asimismo, los prefabricados como parte de los previos se ejecutaron a buen tiempo y con la holgura necesaria para ser instalados durante el evento. Se integró estos entregables y se propuso al área ejecutante para su aplicación. Cabe indicar que esta propuesta es desarrollada antes de la parada, mas no durante, lo que no se detallan actividades de plena parada.

5.3. Verificación de un caso de mantenimiento mecánico y la correcta respuesta de ejecución.

Lo que si infiere es el análisis de los resultados post parada porque permite visualizar y comparar cifras de eventos pasados con lo obtenido según la planificación propuesta. Por ello en la tercera parte de los resultados se hace un cuadro comparativo de los resultados obtenidos post parada versus lo planificado y frente a eventos pasados. Se pudo observar el tiempo de ejecución menor a lo planificado en 3 días menos y 8 días menos respecto a paradas pasadas, esto significó un resultado favorable el acortar los tiempos de trabajo, ahorros sumamente considerables por restablecer y poner en servicio de las unidades involucradas lo antes posible. La cantidad de personal calificado requerido se pudo mejorar respecto a lo planificado, esto debido a que se tuvo control del proyecto durante la ejecución y no hubo mucha preocupación en hacer frente a la ruta crítica, el personal considerado “colchón” en caso hubiesen complicaciones con la entrega de equipos no fue necesario, muy al contrario del caso de eventos pasado donde por una acción de desesperación por los retrasos se incrementó bruscamente la cantidad de personal entorpeciendo la correcta y segura ejecución de la misma. Respecto al alcance de trabajo se pudo ejecutar el 100% de lo planificado, adicional a esto se ejecutaron sin problemas

actividades adicionales de mantenimiento y se pudo entregar sin complicaciones. Los buenos resultados obtenidos en alcance, tiempo y recursos hicieron que el costo del proyecto estuviese dentro del marco planificado incluido aún los trabajos adicionales comentados. Esto significó un éxito en de organización en base a una planificación óptima.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

6.1. El mantenimiento correctivo mecánico Las paradas de planta se pueden direccionar como un proyecto, puesto que cumplen con las características básicas como temporales, únicas y graduales. Hoy en día el enfoque de gestión de proyectos es usado por administradores de pequeños y grandes proyectos con resultados positivos. Esto garantiza una metodología óptima y confiable para ser aplicada a cualquier área de conocimiento. Si bien es cierto el PMI nos indica el camino a seguir a través de sus 49 procesos señalados en el PMBOK, es importante aclarar que no es necesario aplicarlo en su totalidad, si no, emplear solo los necesarios siendo los que más se ajuste a la realidad del proyecto.

6.2. El tiempo de ejecución real fue menor al planificado, esto se pudo lograr gracias al cronograma bien estructurado, además de la identificación de la ruta crítica. La toma de decisiones durante el evento y el control de proyecto garantizan adelantarse a los posibles riesgos que siempre se presentan. Debido a que se pudo optimizar los tiempos de ejecución, ratios de producción y eficiencia al trabajo en conjunto, se pudo realizar actividades adicionales conllevando a un incremento de la facturación real, respecto a lo planificado. El implementar una metodología de gestión de proyectos para un evento de gran magnitud garantiza un desarrollo organizado y estructurado que permiten el control de proyecto antes durante y después.

6.3. Esta metodología para la gestión de proyecto hizo implementar como herramientas reportes y registros de información valiosa e importante que servirán para eventos posteriores, punto de falencia que se encontró al analizar el estado del mantenimiento actual de la planta. El correcto desarrollo del trabajo mediante una buena metodología, entre muchas de las ventajas mencionadas, se rescata la gestión de seguridad de la integridad del trabajo, pues siempre es gratificante el terminar la ejecución de un proyecto y saber que se tiene cero accidentes con baja o en el peor de los casos accidentes fatales.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la aplicación de las metodologías de mantenimiento mundial para el correctivo y de gestión de proyectos con enfoque PMI para las paradas de planta puesto que garantiza la optimización los recursos, tiempo y costos. Se recomienda planificar una parada de planta con el mayor tiempo posible, puesto que se analiza mejor los procesos de gestión y así considerar alternativas de respuestas en caso haya alguna ruta crítica.
2. Se recomienda la implementación de una Oficina de Gestión de Proyectos (Project Management Office – PMO). Esta área servirá como una unidad de la organización, encargada de centralizar y coordinar la gestión y dirección de sus proyectos a cargo a través del soporte en la iniciación, planeación, ejecución, control y cierre de los proyectos.
3. Se recomienda volver a evaluar el comportamiento del mantenimiento mecánico de equipos e instalaciones en alguna otra planta petrolera, evaluar metodologías aplicables, modelar un sistema a la escala de gestión de mantenimiento y demostrar su impacto una vez aplicada.

REFERENCIAS

RICO Reátegui, Juan. Planificación y Ejecución de Parada de Planta Proceso 3 – Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural Pisco. Tesis (Ingeniero Mecánico). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. 106 pp.

SEMINARIO Garcés, Carlos. Mantenimiento de la Refinería de Petróleo en Talara. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1966. 95 pp.

ANGOSTO Olmos, Luis. Organización, Planificación y Optimización de Paradas de Planta para Mantenimiento Programado. Ejemplo Práctico. Tesis (Ingeniería en Organización Industrial). Murcia: Universidad Politécnica de Cartagena, 2011. 118 pp.

CORREA Jiménez, María y MORENO Ome, Alberto y VARGAS Rodríguez, Fabián. Diseño y Elaboración de un Protocolo en Gerencia de Proyectos para el Mantenimiento de Paradas de Planta en las Refinerías de Colombia realizado por la Empresa Mecánicos Asociados S.A.S. Tesis (Título de Especialización en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2015. 225 pp.

GUIJARRO Taipe, Kleber. Diseño de un sistema de gestión de calidad para los procesos de mantenimiento de la Refinería Estatal de Esmeraldas. Tesis (Ingeniero industrial). Chimborazo: Universidad Nacional de Chimborazo, 2010. 131 pp.

FUENTES Stuardo, Paulina. Propuesta de un modelo de planificación para el mantenimiento preventivo de Enap Refinería Bio Bio. Tesis (Ingeniero Civil Industrial). Concepción: Universidad del Bío Bío, 2014. 153 pp.

GASTELO Marín, Edith. Evaluación técnica de la operación de una columna de destilación al vacío para determinar el ensuciamiento en la zona de lavado y las consecuencias en el fraccionamiento. Tesis (Ingeniero Petroquímico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. 50 pp.

LÓPEZ Jara, Jorge. Plan de mejoramiento del mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos de la refinería Shushufindi. Tesis (Ingeniero Mecánico). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012. 282 pp.

REQUENA Palacios, Henry. Planeamiento de una parada de planta por mantenimiento de una refinería de petróleo. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Piura: Universidad de Piura, 2010. 90 pp.

VILELA Saavedra, Longobardo. Programa de Mantenimiento Preventivo para equipos de planta. Tesis (Ingeniero electricista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1996. 113 pp.

DESARROLLO de aplicación web para la planificación de inspecciones de refinería. REVISTA Petrotecnia [en línea]. Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y Gas, 2012. Disponible en http://www.petrotecnia.com.ar/diciembre12/Pdfs_6_12/sin_publicidad/Desarrollo.pdf

LA refinería inteligente del futuro. REVISTA Petrotecnia [en línea]. Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y Gas, 2013. Disponible en <http://www.petrotecnia.com.ar/junio13/notas/Refineria.pdf>

AMENDOLA, Luis. Congreso AEIPRO [en línea]. Aplicación de la Confiabilidad en la Gestión de Proyecto en Paradas de Plantas Químicas. 2012, n° 1120-1127 [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_1120_1127.1994.pdf

AMENDOLA, Luis. Congreso AEIPRO [en línea]. Metodología de dirección y gestión de proyectos de paradas de planta de proceso. 2003, n° 1-11 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/paradas%20planta%20luis%20amendola.pdf

PROJECT Management Institute, Inc. La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). 6ta ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2017. 726 pp.

WAUQUIER, J. P. El refino del petróleo, petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación. 1ra ed. España: ISE Instituto Superior de la Energía, 2004. 462 pp.

DUBOIS, René A. Introducción a la refinación del petróleo: su historia, la tecnología y su desarrollo, los productos y sus mercados, combustibles alternativos, su economía. 1ra ed. Buenos Aires: Sociedad de Economía Mixta, Universitaria de Buenos Aires, 2006. 341 pp.

CERÓN, Bladimir. Introducción a la Refinación del Petróleo. 1ra ed. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015. 180 pp.

AUGUSTO Tavares, Lourival. Administración Moderna de Mantenimiento. 1ra ed. Río de Janeiro: Novo Polo Publicacoes, 2000. 158 pp.

PUICÓN EYZAGUIRRE, María. Marketing relacional y fidelización de clientes en la empresa Salomón Comas. Tesis (Licenciada en Administración). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 82 pp.

SANTOS Rodríguez, Richard. Planificación de una parada de planta por mantenimiento de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluido de 13500 BDP de Refinería La Pampilla. Tesis (Ingeniero Mecánico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 118 pp.

Ministerio de Economía y Finanzas. Sistema de Gestión Presupuestal, clasificador económico de gastos – Año Fiscal 2019 Anexo 2. Recuperado el 18 de mayo de 2019 en <https://www.mef.gob.pe/es/clasificadores-presupuestarios>

Universidad César Vallejo. Guía de productos observables de las experiencias curriculares de investigación de fin de programa UCV 2018. Recuperado el 10 de mayo de 2019 en <https://trilce.ucv.edu.pe/>

ANEXO 01: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable Independiente: Mejora del mantenimiento correctivo</p>	<p>Acción inmediata y correcta para ejecutar la reparación de averías o sustitución de equipos e instalaciones (Santos, 2014, p.18)</p>	<p>Óptima respuesta a averías y/o reemplazo de equipos</p>	<p>Cumplimiento de la programación (%CPR) Cumplimiento de la planificación (%CPL) Indicador capacitiva técnica mensual (ICTM) Tiempos improductivos (TI) HH laboradas Prioridades atendidas Backlog total (BLT)</p>	<p>% de cumplimiento Días Mes HH trabajadas HH improductivos</p>	<p>Intervalos De razón</p>
<p>Variable Dependiente: Optimización de la operatividad de los equipos e instalaciones mecánicas</p>	<p>Se define como un plan de actividades inmediatas a ejecutar para reducir o evitar el paro de un equipo o instalación (Santos, 2014, p.11)</p>	<p>Dar una mejor respuesta a la ejecución del mantenimiento correctivo para optimizar la operatividad de los equipos e instalaciones</p>	<p>Cumplimiento de la programación (%CPR) Cumplimiento de la planificación (%CPL) Indicador capacitiva técnica mensual (ICTM) Tiempos improductivos (TI) HH laboradas Prioridades atendidas Backlog total (BLT)</p>	<p>% de cumplimiento Días Mes HH trabajadas HH improductivos</p>	<p>Intervalos De razón</p>

ANEXO 02: Instrumento de recolección de datos

Fuentes	Revisión de bibliografía Revisión de publicaciones
Técnicas	Recolección de datos Observación de las características de las variables Análisis de contenido Fichajes Registros
Instrumentos	Fichas del estado de equipos Registros de campo Guías de observación

ANEXO 03: Validez del Instrumento de recolección de datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		
	Si	No	Si	No	Si	No	
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
Aspectos Generales					Si	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					<input checked="" type="checkbox"/>		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					<input checked="" type="checkbox"/>		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					<input checked="" type="checkbox"/>		
VALIDEZ							
APLICABLE				<input checked="" type="checkbox"/>	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO LAS OBSERVACIONES							

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: López Malqui César Oswaldo

Profesión: Ing. Mecánico Electricista

Especialidad: Sistemas y Planes de Mantenimiento.


Firma del experto

.....
César O. López Malqui
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
R. CIP. 140911

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)	
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³			
	Si	No	Si	No	Si	No		
1	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
Aspectos Generales					Si	No		
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					<input checked="" type="checkbox"/>			
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					<input checked="" type="checkbox"/>			
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					<input checked="" type="checkbox"/>			
VALIDEZ								
APLICABLE				<input checked="" type="checkbox"/>	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO LAS OBSERVACIONES								

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: *FLORIAN MUÑOZ, JOHN CARLOS*

Profesión: *ING. MECÁNICO ELECTRICISTA*

Especialidad: *SISTEMAS Y PLANES DE MANTENIMIENTO*

John Carlos
Firma del experto

JOHN CARLOS FLORIAN MUÑOZ
ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
R. CIP 148129

ANEXO 04: Registros Fotográficos.



Izquierda: Reparación metalmecánica de peldaños en escalera de tanque.

Derecha: Cambio de empaque en junta bridada.



Ajuste de tapa bridada con equipo de torque controlado.



Mantenimiento a columna fraccionadora.



Mantenimiento de sistemas contraincendios de tanques de almacenamiento.



Capacitaciones técnicas mensuales.



Mantenimiento a recipientes a presión.