



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad
para la optimización del compresor en el proceso de craqueo
catalítico de una empresa petrolera- 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Otero Rojas Omar (ORCID: 0000- 0003-0825-4868)

ASESORA:

MSC. Guerrero Millones Ana Maria (ORCID: 0000-0001-7668-6684)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA.

PIURA –PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se los dedico a mis padres, a mi esposa a mi hija que son lo más importante, ya que ellas me apoyan diariamente en cumplir mis objetivos.

Agradecimiento

Magister, Ana María Guerrero Millones asesora del presente informe de investigación por brindar todos sus conocimientos y apoyo moral.

A la Universidad Cesar Vallejo, por brindarnos la oportunidad de continuar con nuestro desarrollo profesional en sus instalaciones y brindando la mejor plana docente y administrativa para realizar y lograr nuestros objetivos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	16
3.2. Variables y Operacionalización:	16
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	18
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	18
3.5. Procedimientos	20
3.6. Método de Análisis de datos	21
3.7. Aspectos Éticos.....	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	32
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES	39
VIII. PROPUESTA.....	40
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS	

Índice de Figuras

Figura N° 1 Compresor de aire a unidad de craqueo catalítico fluidizado.....	17
Figura N° 2 Esquema de proceso FCC-1	22
Figura N° 3 Porcentajes de fallas según especialidad	23
Figura N° 4 Diagrama ishikawa de las fallas del compresor	28
Figura N° 5 Diagrama de Operaciones del Proceso de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC.....	30

Índice de Tablas

Tabla N° 1 Taxonomía de los equipos del proceso de FCC.....	43
Tabla N° 2 Campos de la BDTOC para registrar Información General de los equipos.....	45
Tabla N° 3 Campos de la BDTOC para registrar la Información Técnica de los equipos.....	45
Tabla N° 4 Campos de la BDTOC para registrar la Información de falla y reparación de los equipos, obtenida de Bases de Datos Genéricas	45
Tabla N° 5 Campos de la BDTOC para registrar la Información de falla y reparación de los equipos, suministrada por Expertos.....	45

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó a una empresa petrolera que presenta en el departamento de mantenimiento diversos reportes de fallas técnicas y operativas en el compresor. El objetivo de esta investigación es realizar una propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera, se tomó como referencias las desviaciones en los parámetros técnicos y operacionales dando como resultado altos costos de mantenimiento debido a las paradas imprevistas del equipo en el proceso por diferentes motivos sean técnicos y operacionales teniendo como enfoque un trabajo cuantitativo de tipo descriptivo con diseño no experimental, teniendo como población el complejo de craqueo catalítico y la muestra el equipo. Aplicamos instrumentos de recolección de información como encuesta y entrevista al personal involucrado con la operación y mantenimiento del equipo, la información técnica y operacional de diferentes periodos de operación; Se presentaron fallas mecánicas 9%, eléctricas 4%, rotativas 33% y de control y seguridad 44%; Se realizó la propuesta luego de evaluar la información obtenida y aplicando la técnica del mantenimiento basado en la confiabilidad para la optimización del compresor en la unidad de craqueo catalítico de la empresa petrolera 2020. El presente trabajo de investigación nos permite realizar la propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una empresa petrolera- 2020.

Palabras Clave: Mantenimiento, Confiabilidad, Compresor

ABSTRACT

In the present research work an oil company that presents various reports of technical and operational failures in the compressor in the maintenance department was analyzed. The objective of this research is to carry out a maintenance proposal focused on reliability for the optimization of the compressor in the catalytic cracking process of an Oil Company the deviations in the technical and operational parameters were taken as references resulting in high maintenance costs Due to the unforeseen stops of the equipment in the process for different reasons, both technical and operational focusing on a quantitative descriptive work with a nonexperimental design, having the catalytic cracking complex as the population and the equipment sample. We apply information gathering instruments such as a survey and interview to the personnel involved with the operation and maintenance of the equipment technical and operational information from different periods of operation; There were mechanical failures 9%, electrical 4%, rotating 33% and control and safety 44%; The proposal was made after evaluating the information obtained and applying the reliability-based maintenance technique for the optimization of the compressor in the catalytic cracking unit of the oil company 2020.

The present research work allowed us to carry out the proposed plan of maintenance focused on reliability for compressor optimization in the catalytic cracking process of an oil company- 2020.

Keywords: Maintenance, Reliability, Compressor

I. INTRODUCCIÓN

Según (Roa Lopez, y otros, 2014), en su tesis “Optimización del plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los Equipos Rotativos en la Planta Aromáticos de la GRB Ecopetrol”, (Colombia) Para la administración de las instalaciones de Barrancabermeja, representa el gran valor de tener instalaciones para darle mayor valor agregado a los productos destilados de hidrocarburos, para lograr la fiabilidad y optimización del proceso de debe aplicar correctamente el plan de mantenimiento diseñado para los equipos. En la actualidad los diferentes procesos en las instalaciones reflejan la poca efectividad presentando fallos y paradas imprevistas, sumado a esto la adquisición de componentes, consumibles y demás recursos para estos equipos ha sido poco efectiva, ya que no se comprobado de manera fehaciente; Repercutiendo directamente y responsabilizando el desarrollo de las buenas prácticas aplicadas al mantenimiento de los equipos.” (pág. 24).

Según (Muñoz Ligeti, 2017), en su tesis “Planificación de Mantenimiento Basado en la Fiabilidad a Equipo Critico en Área Zona Intermedia ENAP Refinería Aconcagua”, (Chile). “Con los datos de la investigación realizada en el software de aplicación al sistema RPS SAP en el campo de acción y sondeando todos los mantenimientos anteriormente realizados se logra identificar al equipo critico de las instalaciones, tomando como base los reportes de fallos y desviaciones operacionales para logra un diagnóstico preciso de estos y así realizar una propuesta cumpliendo los procedimientos operacionales para lograr la performance del equipo y optimización de las instalaciones, considerando que muchos de los equipos rotativos y estáticos están funcionando desde los inicios de la refinería en este escenario se debe tener en cuenta el tiempo útil de cada componente de las instalaciones ya que por protocolo de fabricación hay rangos de vida útil de los mismos. Aplicando los métodos propuestos para definir e identificar los modos de falla y que sucede a consecuencia de esta, si el equipo es crítico se debe reducir al mínimo los eventos de esta naturaleza definiendo lo planes a seguir para lograr la optimización del proceso aplicando el RCM.” (pág. 4).

Según (Barreda Beltrán, 2015), en su tesis PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (R.C.M.) EN LA EDAR DE NULES-VILAVELLA (España). Nos dice que “Al aplicar el mantenimiento correctivo en diferentes casos de fallas que se presentan muy frecuentemente en instalaciones y equipos que no tienen un adecuado plan. Aquí se toma acción en el equipo o instalación cuando se presenta fallos prematuros o por mal funcionamiento, no cumpliendo los parámetros de fabricación, es en este momento donde se realizan las reparaciones y se estudia las causales del modo de fallo. Tomando en cuenta que existen diferentes tipos de mantenimiento en las instalaciones como es el preventivo y predictivo. Aplicando estos tipos de mantenimiento se realizan y se toman los datos y muestras dentro de los parámetros para llegar a tener resultados que nos permitan desarrollar un mantenimiento efectivo y a bajo costo y en el menor tiempo posible.” (pág. 9).

Según (Forero Triana, y otros, 2018), en su tesis PLAN DE MANTENIMIENTO RCM PARA UN CONJUNTO MOTORCOMPRESOR DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AMONIACO EN LA EMPRESA ALQUERÍA S.A. (Colombia). Nos dice que “Para algunas empresas del sector manufacturero que desean mantener su materia prima o producto bajo condiciones higiénicas y a temperatura de conservación, las cuales oscilan entre los 2 y 6 grados centígrados necesitan contar con sistemas de enfriamiento eficientes y económicos. Bajo ese panorama y estas condiciones el gas amoniaco resulta ser la mejor alternativa a implementar. Este gas comparado con otros gases usados en refrigeración industrial presenta ventajas como bajo costo, es biodegradable y su rendimiento energético es muy superior. De manera casi contradictoria su implementación también suele ser una de las más arriesgadas, ya que se encuentra valorada como una de las cinco sustancias más peligrosas usadas a nivel industrial, además, el proceso de compresión del amoniaco implica el uso de equipos especializados que requieren de la aplicación de un mantenimiento centrado en la eficiencia, disponibilidad confiabilidad. Por esta razón, se debe lograr que el conjunto motor – compresor

definido como el corazón del sistema de refrigeración - se mantenga funcional seguro para el usuario”.

Según (González Gardella, 2018), en su tesis “Mejora de Metodología RCM a partir del AMFEC c e Implantación De Mantenimiento Preventivo Y Predictivo En Plantas De Procesos” (España), rescata que “Los mantenimientos recurrentes causan altos costos a todo nivel en la empresa, la empresa busca reducir he ir eliminando en el menor plazo los costos de mantenimiento. Las fallas o averías son provocadas por causas que son materia de investigación del departamento de ingeniería de mantenimiento, este se encarga de inspeccionar desgastes prematuros, altas vibraciones, altas temperaturas. El mantenimiento para la mayoría de empresas no es considerado como un bien de la empresa y su aplicación es muy superficial y poco profundos ya que aplicar un mantenimiento profundo y preciso demanda costos elevados de estudio y aplicación. Aplicando el mantenimiento después de un estudio del departamento de ingeniería reduciremos los costos de mantenimiento ya que obtendríamos resultados satisfactorios una vez conocidas las causas de las fallas y teniendo como parámetros extraídos de las fichas técnicas del equipo y procedimientos operacionales para aplicar soluciones técnicas y a bajo costos económicos. (pág. 38).

La problemática de la empresa se presenta principalmente dentro del departamento de mantenimiento ya que aplicando los diferentes tipos de mantenimiento en el equipo compresor de la unidad de craqueo catalítico aun presenta fallas y paradas imprevistas que por ser crítico, al presentar una parada de emergencia deja fuera de servicio el complejo, aquí se aplica el mantenimiento correctivo inmediato causando gastos imprevistos y los destilados quedan fuera de especificación, en cuanto al mantenimiento preventivo el departamento de ingeniería de mantenimiento y de procesos analizan basándose en las fichas técnicas y especificaciones del fabricante para diagnosticar posibles fallas o desgastes prematuros de los diferentes componentes del equipo, aplicando el mantenimiento predictivo analizan los diferentes parámetros establecidos cumpliendo las normas y aspectos legales en cuanto a procedimientos en hidrocarburos, analizan diferentes parámetros

y los comparan con patrones para definir y diagnosticar cambios en el tiempo especificado por los fabricantes y cumpliendo eficientemente el plan de mantenimiento preventivo, el equipo es fundamental en el proceso de craqueo catalítico ya que sin él no se produce la ignición del catalizador y no se comportaría como fluido siendo esto la principal función del catalizador para romper las moléculas de hidrocarburos y por las altas temperaturas lograr obtener gas licuado de petróleo y naftas de alto octanaje.

Para la formulación del problema se realizó una pregunta general ¿Qué se necesita para implementar la propuesta plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para optimizar el compresor en el proceso de craqueo catalítico de una empresa petrolera?

Preguntas específicas que ayudaran con el problema general ¿Cómo identificar los tipos de fallas del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020?, ¿Cómo evaluar la información técnica y procedimientos operacionales del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020?, ¿Cómo Realizar la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo Catalítico de una Empresa Petrolera - 2020?

Esta investigación tiene como justificación de estudio: Justificación Teórica, la siguiente investigación tiene como objetivo establecer lineamientos y buenas prácticas para hacer un mantenimiento de primer nivel basado en la confiabilidad del compresor de la unidad de craqueo catalítico refinería talara. Justificación Practica, esta investigación nos permitirá evaluar, estudiar, corregir los procedimientos aplicados en el mantenimiento del equipo, parámetros operacionales, parámetros de fabricación para poder realizar una propuesta de mantenimiento que asegure una fiabilidad del equipo y optimización del proceso de craqueo catalítico fluidizado. Justificación Metodológica, esta investigación está basada en conceptos aplicados a los tipos de mantenimiento existentes, como son el Correctivo, Preventivo, Predictivo, si tomamos estas metodologías y las formulamos obtenemos una

propuesta basada en el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad. Justificación Ambiental, La propuesta está basada en aplicar metodologías para optimizar el equipo y el complejo así evitaremos poner en riesgo al recurso humano involucrado con la operación ya que de reducir los paros imprevistos no se producirán emanaciones de gases contaminantes, aguas residuales contaminadas, productos fuera de especificación.

El RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas, oíl & gas, plantas nucleares, industria minera, generación eléctrica, metal-mecánica refinerías de petróleo y hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos de manera eficiente y con altos estándares de calidad.

La investigación tiene como hipótesis general: Mediante la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, aseguraremos el funcionamiento óptimo de compresor del proceso de craqueo catalítico refinería Talara - 2020.

El objetivo general de esta investigación es: Propuesta de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera - 2020. Asimismo, tiene como objetivos específicos:

- Analizar los tipos de fallas del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020.
- Evaluar la información técnica y procedimientos operacionales del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020.
- Realizar la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo Catalítico de una Empresa Petrolera - 2020.

II. MARCO TEÓRICO

La refinera de hidrocarburos de primer nivel mundial se aplica y desarrolla planes de mantenimiento basados en la fiabilidad obteniendo muchas ventajas en diferentes campos del mismo. según (mantenimientopetroquimica, 2016) Aquí se presentan muchos cambios importantes con relación a otras técnicas de aplicación en el mantenimiento. Se desarrolló para ser empleada en la industria del mantenimiento de aeronaves, donde los costos de mantenimiento y piezas de repuestos tan elevados que ponen en peligro la rentabilidad de realizar el mantenimiento en las empresas. Consecutivamente fue trasladada al área de las industrias, posteriormente después comprobarse los excelentes resultados que había dado en la división aérea ya que aplicando y desarrollando el mantenimiento se redujeron los costos de mano de obra, repuestos tiempos de realización y la fiabilidad de los equipos, estos cumplen y se desempeñan de modo óptimo. Fue acreditado por primera vez en un documento por F.S. Nowlan y H.F. Heap y divulgado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978.

Confiabilidad, según (RENOVETEC TECNOLOGÍA, 2012) en su Web "RCM El Mantenimiento basado en la confiabilidad es usado para diseñar y gestionar estrategias de los activos físicos en la mayoría de las actividades de organizaciones de actividades y en todos los países industrializados de primer nivel mundial. El proceso definido por Nowlan Heap sirve como sustento de varios documentos de aplicación donde el mantenimiento basado en la confiabilidad es desarrollado y refinado a través de los años. Hay documentos que mantienen elementos fundamentales del proceso original, con el uso amplio del mantenimiento basado en la confiabilidad surgen una gran cantidad de metodologías tanto como análisis de fallos que varían mucho de los documentos originales, La aplicación de estos procesos no siempre dan los resultados esperados y algunos incluso son contraproducentes, ya que en lo posible tratan de minimizar los procesos llegando a cambiar totalmente su naturaleza y debido a esto se aplica la norma SAE JA 1011 2002 en el año 1999 y SAE JA 2012 en el año 2002, estos documentos no son manuales ni procedimientos, establecen criterios de establecer una metodología. (Párr. 2).

Según (Sifonte, 2018), la Norma “SAE JA1011” – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM) La Norma “SAE JA1011”; Aspectos de Evaluación para el Procedimiento de Mantenimiento Basados en Fiabilidad. La norma tiene exitosas historias posteriormente de que sus principios fueran dados a conocer e incluidos progresivamente al estándar internacional de ingeniería. En la industria de la aviación se presentó problemas de fiabilidad, seguridad e ineficiencia y altos costos por los años 50. Los desarrollos de los planes de mantenimiento desarrollados a través del tiempo no garantizaron y mucho menos dieron los resultados esperados en la industria de la aviación llegando al punto entrar en crisis. El resultado del estudio de mantenimiento y de confiabilidad no se pudo demostrar una relación entre las horas de programación de tareas y la fiabilidad de los equipos. Aplicando las experiencias de mantenedores con amplia experiencia que aplicando menos horas en las tareas programadas en intervalos más largos de tiempo dio como resultado una mayor fiabilidad de los equipos. (Párr. 2).

Según (Lopez, 2009), en su tesis “Análisis Causa Raíz Turbina a Gas “(Venezuela). Aplicado a “El ejercicio se plantea en desplegar la investigación de carácter de fallo de causa de falla en la instalación del complejo, El desarrollo del estudio es para conocer y evaluar las causas de las fallas del equipo o establecimiento incluido el factor humano que son el inicio de las fallas y criticidad del equipo que conllevan a paros imprevistos y por prolongados tiempos de manteniendo. Para efectuar los objetivos y explicado el procedimiento de operación nos brindan los lineamientos operacionales y de diseño del objeto de estudio. Este dictamen nos permite conocer los puntos críticos de la sistemática del proceso de desarrollo del mantenimiento. Seguidamente se realizó un examen de criticidad para conocer los modos de fallo que se identificaron en el mecanismo y se procedió a desplegar un examen estructurado de caracterización de fallas gracias a la investigación obtenida del personal operativo y las conjeturas obtenidas fueron validadas mediante una exhaustiva indagación que incluyo la investigación de registros deduciéndose como raíz mecánica la falla critica a la desviación en la recopilación de los

insumos averiados de la turbina de vapor, esto nos permite aplicar acciones para disminuir que estos eventos se repitan. (pág. 8).

Según (Haro Villacís, y otros, 2011) en su "Realizar un estudio del fundamento en mantenimiento y su capacidad de mejora en casa de bombeo en el poliducto. En La Empresa Petrocomercial Sede en Petroecuador" (Ecuador), En este trabajo de investigación se estudia el comportamiento del mantenimiento y su aplicación para lograr la fiabilidad de la casa de bombeo de la empresa poliducto (Quito), esto se realiza con el objetivo de evaluar y tener conocimiento del contexto de desarrollo de actividades del departamento de mantenimiento mecánico y electromecánico con esta referencia podemos tener en conocimiento como se puede mejorar las tareas del mantenimiento incrementando planes de desarrollo de los mismos como también reducir y descartar los que no den los resultados deseados aplicando el mantenimiento basado en la fiabilidad. logrando alcanzar los objetivos propuestos para ser más competitivos y así lograr la superioridad que se necesita en la compañía. La técnica que se utilizó para lograr la información fueron las herramientas de encuesta dirigidas al personal de manutención en la compañía Petrocomercial, conjuntamente se aplicó la indicación directa de las actividades, asimismo se fortaleció los conocimientos utilizando como principio científico y logrando asimismo establecer los problemas que enfrenta la compañía en el departamento de manutención mecánico y electromecánico, se llegó a la conclusión que las principales deficiencias es la elaboración de algunos procesos en la estructura de manutención y dar rastreo el proceso del plan aplicado" (Pág. 21).

Según (Vásquez Oyarzún, 2008), en su tesis "Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en Motores Detroit 16v-149ti, En Codelco División Andina" (Chile), Procediendo con el plan de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, que es una estrategia que tiene sus inicios a finales de los años sesenta, y con su desarrollo se obtuvieron muy buenos resultados cumpliendo con las metas trazadas en la administración de los activos de la compañía. Los buenos resultados obtenidos aplicando esta función se ven reflejados en la

representación de la manutención mecánica y eléctrica, así como en la administración de instalaciones industriales y también de consumibles, elementos de cambio y factor humano, al ejecutar el plan como gestión para que luego se puedan obtener decisiones con una mayor evaluación de la información, lo que permitirá que las acciones sean también totalmente acertadas. La motivación medular del desarrollo de este estudio se fundamentó en que son equipos de críticos, y el déficit de sus funciones durante un contexto de eventualidad eléctrica o mecánica causaría serios problemas en los servicios básicos eléctricos y mecánicos en la división manufacturera y una parada en los equipos que intervienen en el procedimiento. (pág. 10).

Según (San Martín Cornejo, 2018), en su tesis de “Aplicación del Mantenimiento Basado en Fiabilidad a turbinas de vapor de una empresa de etanol” (Piura), tiene como meta primordial “aplicar las herramientas del Mantenimiento Basado en la Fiabilidad de los equipos a vapor "turbinas" de contrapresión y condensación de una empresa de elaboración de etanol en la ciudad de Piura. La información concluye que, dada la criticidad de las maquinas a vapor dentro del proceso productivo del etanol, por sus elevados costos de la maquina a vapor y su posible avería total del mismo, también esto implicaría daños en el personal de operación si ocurre un fallo en la operación de no activarse la válvula de corte rápido de vapor, en este equipo se justifica y se requiere tanto económica mente y por seguridad la implementación de un plan de mantenimiento ya antes mencionado”. (Pág. 9).

Según (RENOVETEC, 2013) en su libro “Plan de Manutención Basado en RCM” tiene como meta principal la aplicación de un sistema de mantenimiento cimentado en la metodología del RCM en una Instalación industrial “Al aumentar la fiabilidad delos equipos de las instalaciones de la empresa, reduciendo el tiempo de paro de los equipos de las instalaciones por averías imprevistas que reducen cumplir con los objetivos de producción del producto e incurrir en pérdidas económicas. Uno de los objetivos muy importantes es de incrementar la disponibilidad de los equipos de las instalaciones de proceso en el tiempo y reduciendo los costos de mantenimiento y recambio de piezas de

los equipos. Obtenido el estudio y los resultados de los análisis de fallo de las instalaciones productivas una vez aplicada esta metodología de mantenimiento, tenemos como resultados el aumento de funcionamiento dentro de los estándares operacionales establecido, controlando permanentemente y evaluando cada parámetro durante el funcionamiento de los equipos de las instalaciones de la empresa logrando la fiabilidad. Las acciones estudiadas con el fin de aminorar las fallas en los equipos son de gran extensión y en muchos casos de varios tipos; Teniendo como base estas actividades que evitan o reducen estas averías. Emplear esta medida para aminorar las causas de los fallos en los equipos críticos evaluando los que no se pueden evitar y evaluar aplicando la metodología de causa. Esta metodología de manutención nos da a conocer en su mayoría los fallos que se presentan comúnmente en las instalaciones de planta y en la caracterización de causas o posibles causas que provocan y determinando esto aplicar una serie de medidas de prevención y evaluación para evitar se produzcan los paros y puesta fuera de servicio de los equipos para lograr esto aplicamos una serie de preguntas clave y se debe de resolver como son: ¿en qué consiste los estándares de fabricación y sus funciones del equipo o sistema? ¿Cómo se presenta la falla del equipo? ¿causas de las fallas del equipo? ¿Cuáles son los parámetros para determinar un fallo? ¿Cuáles son las consecuencias de los fallos? ¿se puede evitar las fallas? ¿Cómo actuar de ser imposible evitar una falla? Teniendo como base estos cuestionamientos y la resolución de las mismas nos ayudan a determinar fallas y las causas que originan para tomar las medidas a aplicarse para prevenir o disminuir estos fallos o averías.

Con el desarrollo del estudio de fallas y aplicando las medidas correctivas se recorre una seguidilla de fases para cada uno de los casos que se presentan en una instalación industrial: Fase 0: Clasificación y registrado de todos los sistemas, equipos y elementos que componen el método que se está estudiando. Compilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc. Fase 1: Definir claramente lo se busca al implementar el Mantenimiento Basado en la Fiabilidad. Identificación precisa y valoración de

los resultados obtenidos para estar preparados al inicio del procedimiento resultante del estudio. Fase 2: Listar y enumerar todos los sistemas, componentes y equipos que están en las instalaciones para el proceso. La información obtenida y estudiada como planos de diseño, planos de proceso, y plano de sistemas de seguridad de los equipos. Fase 3: Reconocimiento minucioso del funcionamiento del sistema. Valoración de los datos técnicos de fabricantes y diseños operacionales. Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto y todo subsistema. Fase 4: Determinar cuáles son las fallas técnicas y funcionales del equipo. Fase 5: Evaluar cada uno de las fallas encontradas en la fase anterior y determinar los modos. Fase 6: Determinar mediante el estudio de las fallas y sus consecuencias de cada uno. Listar todas las fallas desde las más críticas hasta las más insignificantes para poder organizarlas y ejecutarlas. Fase 7: Tomamos acciones referentes al modelo de falla para controlar los parámetros de operación y de diseño que pueden estar fuera de límites permisibles de diseño del equipo. Fase 8: Categorizar las medidas preventivas en sus diferentes modelos y proceder según el manual de operación del equipo: Las medidas preventivas son incluidas en el desarrollo del plan de mantenimiento teniendo como referencias las mejoras previstas, cursos de formación de profesionales, mejoras en los procesos y procedimientos de operación es en este punto donde el plan de mantenimiento describe todos los componentes a mantener en almacén identificando los materiales de acuerdo a su carácter de criticidad con respecto a los modelos de fallas que presento el equipo durante la toma de muestra y desarrollo de los procedimientos. Fase 9: Aplicar el procedimiento de las medidas evaluadas en función al estudio de fallas identificadas en el equipo. Fase 10: Controlamos y valoramos los procedimientos aplicados con relación a los indicadores que presenta la toma de datos del funcionamiento del equipo. La técnica de simulación aplicada por TARO está basada en la generación del evento; comúnmente conocida como método de "simulación directa". El modelo digital del sistema formado desde la hoja de datos se mueve de un escenario distinto hacia otro, regido por la ocurrencia de la secuencia de los eventos. El estado del modelo en cualquier punto en el tiempo (tiempo simulado) está

representado por una serie de variables, las cuales se encuentran asociadas a la ocurrencia de nuevos eventos que pueden hacerlas cambiar. El progreso de la simulación es por pasos, desde la ocurrencia de un evento hasta la ocurrencia del siguiente, hasta que el tiempo de simulación exceda el tiempo de vida (según diseño) especificado para el sistema que se está modelando.

Los escenarios de ciclo de vida son construidos mediante el monitoreo continuo de una serie de variables, las cuales describen el estado de un sistema modelado durante la simulación. Está implícito en consecuencia que el “grado de veracidad o realidad” en la simulación depende enteramente de la secuencia de eventos generados. Dentro de los aspectos más importantes de la generación de eventos, se encuentra la generación de números aleatorios y muestreos de distribuciones. La clave del simulador para acertar recae sobre la habilidad para manejar las secuencias de eventos y el generar acciones en concordancia con estas secuencias. TARO contiene un algoritmo muy eficiente e “inteligente” de manejo de eventos.

Las aproximaciones de la simulación traen considerables ventajas sobre métodos alternativos de análisis, entre ellas tenemos:

- TARO conduce un análisis dinámico de un sistema, contabilizando los continuos cambios en su estado a lo largo de la vida esperada. La contabilización se lleva a lugar en la funcionabilidad de los equipos, filosofías de mantenimiento, entre otros. Claramente, cualquier intento por calcular el desempeño de características para tales situaciones por métodos determinísticos es virtualmente imposible.
- Las técnicas de simulación pueden proveer una distribución de los resultados sobre la vida del sistema, donde la mayoría de los métodos determinísticos proveen un único valor esperado. Una visión más profunda del comportamiento de un sistema puede ser extraída de resultados distribuidos, y el usuario puede ganar mayor consistencia en el desempeño asociado al sistema.

Una vez que el modelo está configurado, cambios en el diseño, la operación o el mantenimiento se pueden incorporar a éste, dando respuesta, con relativa rapidez a la pregunta “¿qué pasaría sí?”.

Cumpliendo las disposiciones legales la entidad (OSINERGMIN, 2007), DECRETO SUPREMO N° 043-2007-EM para realizar actividades en el sector hidrocarburos Título VI Operaciones de Refinerías y Plantas de Procesamiento de Hidrocarburos.

El (Ministerio de Energía y Minas, 2020), Publico el DS: 28694 para regular la cantidad de azufre contenida en los productos como el Diesel, esta publicación tiene como fin que se apliquen los procedimientos para la reducción de contenido de azufre en destilados medios de crudos, para mejorar la calidad del aire y mejorar el ambiente publico contribuyendo con el medio ambiente

Según el sitio web (PDM TECH, 2017), define Aplicar las técnicas de acuerdo a los estándares ya descritos para la correcta administración los elementos críticos del equipo y que se cumpla para satisfacer las necesidades de acuerdo a el sistema de operación de fabricación del equipo y contrastarlo con el procedimiento operacional para lograr la fiabilidad del equipo. Estamos hablando de una técnica que se crea principalmente y muy usada en la industria de la aviación hasta los años setenta y que fue documentada formalmente en el año de 1978 sus autores fueron Ing H Heap y S Nowlan en el departamento de defensa de los EEUU.

En la investigación el Estado del arte es “la evolución del mantenimiento con el transcurso de los años desde las industrias más pequeñas, afectado por las guerras, conocido como mantenimiento de clase mundial. El mantenimiento no es solo reparar, y se divide en tres tipos el correctivo, preventivo y predictivo. Para entender el principio que el mantenimiento no solo significa reparar una falla o varias, se debe conocer que existen metodologías que permiten reducir

las fallas a niveles aceptables para que los equipos funcionen normalmente, teniendo en consideración que aplicando las metodologías del mantenimiento teniendo como referencia y estudio la cantidad de fallas ocurridas durante un periodo determinado. El mantenimiento preventivo y predictivo son metodologías que guían al desarrollo de las organizaciones al mantenimiento basado en la confiabilidad ya que permiten analizar y tomar acción y ejecutar las mismas con más precisión y orden para optimizar el desempeño óptimo del equipo dentro de los parámetros de fabricación y operación”. (Ortega, 2016).

Algunas definiciones utilizadas en la presente investigación:

Craqueo catalítico o cracking catalítico: Según (gustato, 2018), se refiere como “el proceso de refinación de crudo de petróleo, consistente en la rotura de cadenas de componentes del crudo de petróleo al exponerse al catalizador, este proceso de craquear hidrocarburos pesados al punto de ebullición superior 315 grados centígrados y convertirlos en derivados livianos de cadena corta de punto de ebullición está debajo de los 221 grados centígrados, El catalizador se granular se presenta como microesfera o granular. El proceso tiene como finalidad obtener productos hidrocarburos livianos muy apreciados en la industria, aquí la carga para las unidades de craqueo son los fondos de la unidad de vacío como son gasóleos, aceites pesados para producir gas licuado de petróleo, naftas de alto octanaje, hidrocarburos aromáticos”.

La unidad de craqueo catalítico fluidizado consta de un compresor de aire de gran caudal que capta el aire de la atmosfera para inyectarlo a la unidad de reacción del complejo, esta unidad está compuesta por el Reactor, Regenerador y Stripper es en esta zona donde se produce el intercambio de temperaturas y presiones para lograr el rompimiento de las moléculas de los fondos más pesados de las Unidades de Destilación al Vacío, con el aire a presión y temperatura se logra el fluidizado y la combustión del catalizador para obtener productos de mayor valor. La unidad está compuesta básicamente del compresor de aire, Reactor, Regenerador, Stripper, Compresor de gas de tope, banco de bombas captadoras de productos livianos, banco de bombas de

fondos, torres de fraccionamiento, Drum de almacenamiento temporal de productos.

Impacto Ambiental: Aplicando esta técnica de mantenimiento aseguramos el correcto desempeño y optimización de la unidad de craqueo catalítico, con esto se disminuye las emisiones de gases y efluentes contaminantes contribuyendo al bienestar del medio ambiente del entorno de la empresa, y reducir las enfermedades de la población.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.

Este estudio de investigación tiene como finalidad realizar una propuesta para la optimización del proceso de craqueo catalítico fluidizado para esto nos enfocamos en un equipo crítico del complejo que es el compresor, este equipo es el que abastece de gran caudal de aire a la unidad para fluidizar el catalizador y lograr el rompimiento de las moléculas de hidrocarburos pesados y obtener productos de calidad como son gas licuado de petróleo y naftas de alto octanaje.

3.1.1. Nivel de Investigación

Según (Hernández Sampieri, y otros, 2014), expresan que “Descriptivo es la manera medir o recolectar información de forma independiente o de manera grupal sobre los conceptos o variables de estudio”. Esta investigación recolectará información de la situación real para realizar la propuesta de mejora, por lo cual se ajustará a este nivel de investigación descriptiva.

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de la presente propuesta de investigación se adoptará al diseño de una investigación no experimental

3.2. Variables y Operacionalización:

Variable independiente: Propuesta de Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad: (reliabilityweb, 2020) La tesis del sostenimiento mecánico dentro de las empresas de primer nivel experimenta asiduamente varios y profundos cambios a nivel práctico de ingeniería, financiero, talento humano y como conformación organizacional. En tiempos modernos la capacidad de los negocios y la unificación de los mercados, Frente a estos desafíos, nos brinda una línea de acción importante para las compañías de enfrentar eficientemente constantes desafíos a los que se enfrentan la mayoría de las empresas de primer nivel mundial.

Variable dependiente: Optimización del Proceso Según (HEFLO, 2019), en su página web define que las empresas de primer nivel siempre están buscando producir más y reducir los costos para lograr sus objetivos mejorando sus procesos productivos, están buscando constantemente que se optimice cada paso del proceso para alcázar las metas trazadas por la alta administración. Para lograr estos resultados no se tiene en cuenta si usan tecnología de punta, herramientas de alto valor y los recursos económicos; teniendo en cuenta que un proceso que no es eficiente no está optimizado u jamás se obtendrán los resultados de eficiencia esperados por la alta administración. Para logra la optimización del proceso se tendrá que aplicarse correctamente reducción en los tiempos del proceso, eliminar erros humanos y técnicos. Si deseamos lograr esta optimización del proceso por ende lograr las metas trazadas debemos de implementar lo siguiente: Identificar, Repensar, Implementar y Automatizar

Figura N° 1 Compresor de aire a unidad de craqueo catalítico fluidizado



Fuente: Petroperú 2020

3.3. Población, Muestra y Muestreo.

Población: Según (Jacqueline Wigodski S, 2010) “Es una agrupación de objetos, individuos o procedimientos con características en algunas veces comunes tanto como de lugar y en el tiempo. Para desarrollar una investigación o toma de datos se debe tener en cuenta muchos aspectos esenciales con relación al objeto de estudio.”

Muestra: Según (Jacqueline Wigodski S, 2010), “es preciso para el experto en la toma de datos que por motivos de tiempo, disponibilidad es casi imposible tener los datos de entrevista de todos habitantes. Para este tipo de estudio se toma solo una muestra que tiene que ser representativa para poder realizar y tomarlo como objeto de estudio y que muestre la realidad es aquí donde se determina que si la muestra es más grande más real será el resultado que represente la situación de la población evidenciando el verdadero valor de referencia de la muestra tomada.

Muestreo: Se utilizó los instrumentos de encuesta general y entrevista dirigida al personal que está involucrado con el mantenimiento supervisión y control del equipo en el complejo de craqueo catalítico de empresa petrolera Talara.

Unidad de Análisis: Tomamos como unidad de análisis el complejo de craqueo catalítico para la toma de muestras entre el personal que está involucrado con el mantenimiento, operación del equipo compresor para la optimización del proceso de craqueo catalítico fluidizado.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Aplicamos las siguientes técnicas de estudio:

Encuesta: (Jacqueline Wigodski S, 2010) “Este instrumento de medición o toma de datos como método de investigación nos da resultados precisos para tener claro la descripción del problema y la evaluación de variables, por esta metodología de captar datos aseguramos que la data obtenida es veraz y real. Una vez verificada la información podemos

evaluar y diseñar patrones de comportamiento con características reales.”

Entrevista: (Folgueiras Bertomeu , 2016), “técnica orientada a obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de los informantes en relación a la situación que se está estudiando”.

Análisis Documental: (Bernal Torres, 2010), “Técnica basada en fichas bibliográficas que tienen como propósito analizar material impreso. Se usa en la elaboración del marco teórico del estudio”.

Además, se aplicó los siguientes instrumentos:

Guía de Entrevista al Supervisor del área de mantenimiento; Este instrumento se aplica al supervisor para obtener la data necesaria de cómo se maneja y elaboran los actuales planes de mantenimiento los tipos de planes, básicamente la planificación de los trabajos.

Guía de Entrevista al Empleado encargado del área de mantenimiento; Este instrumento se aplica al encargado de los trabajos a efectuarse si se cumplen los plazos y objetivos plasmados en el procedimiento de instrucciones del plan de mantenimiento.

Guía de Entrevista al Empleado Operador del área de mantenimiento; Este instrumento nos brinda información de cómo se desarrollan los procedimientos de mantenimiento, cuales son los problemas al momento de aplicar las técnicas, grado de capacitación del personal involucrado.

Guía de Encuesta General al personal involucrado en inspeccionar planificar y ejecutar trabajos de mantenimiento en el complejo de craqueo catalítico fluidizado; Este instrumento nos permitirá conocer el grado de instrucción, oportunidades de capacitación, mejorar el ambiente laboral, para un desarrollo óptimo de las tareas encomendadas.

Guía de Análisis Documental de las Normativas y leyes vigentes; Estos instrumentos nos permiten tener al alcance información importante y

necesaria para el estudio de cómo se comporta en equipo según las fichas técnicas de fabricante, procedimientos operacionales, cumplir la normatividad legal vigente en nuestro país para los trabajos en sector hidrocarburos, esta data nos permite desarrollar una propuesta para implementar un mantenimiento basado en la confiabilidad y optimizar el compresor de la unidad de craqueo catalítico.

Validez

Los instrumentos de la investigación fueron validados a través del criterio de juicio de expertos, donde tres expertos de la Universidad Cesar Vallejo con grado de magister o doctor realizaron el análisis respecto a la medición de las variables, mantenimiento productivo total y productividad.

Confiabilidad

En los resultados obtenidos se tuvo como dato que el Alfa de Cronbach fue de 0.834 lo que certifica la validación de este instrumento. Esta encuesta tuvo como en cuenta al personal de la empresa petrolera, así como los saberes respecto del desempeño de sus funciones para el normal cumplimiento de sus labores.

3.5. Procedimientos

- Para lograr el primer objetivo específico se utilizó la técnica de la encuesta a través de instrumento guía de encuesta al profesional en el área de mantenimiento, es allí donde se gestiona los procedimientos y se realiza un análisis de los datos obtenidos para implementar el plan de mantenimiento.
- Para lograr el segundo objetivo específico se utilizó la técnica de la entrevista al supervisor del área, empleado encargado y técnico mecánico al operador, que son los expertos por experiencia y conocimiento técnico del compresor para desarrollar la performance del equipo y optimizar el proceso en el complejo de craqueo catalítico

fluidizado. Definiendo y argumentando con la data obtenida, para esta propuesta se aplican rangos de funcionamiento, análisis, procedimientos operacionales, capacitación del personal involucrado, recursos, repuestos para la ejecución de las tareas.

- Para lograr el tercer objetivo específico se utilizó la técnica del análisis documental para que los procedimientos cumplan los estándares internacionales, nacionales buenas prácticas de licenciantes de tecnología, cumpliendo la ley vigente y los sistemas integrados de gestión de la empresa petrolera

3.6. Método de Análisis de datos

Las informaciones obtenidas de las técnicas de recolección de datos cualitativos serán analizadas mediante el software estadístico SPSS y los datos cuantitativos serán analizados con el software Office 2016 los cuales nos sirven como pilares para realizar la propuesta del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del compresor para la optimización del craqueo catalítico fluidizado de empresa petrolera en talara.

3.7. Aspectos Éticos

La toma de datos cuenta con la veracidad del encargado de la toma de muestra garantizando datos reales y fehacientes dentro de la empresa petrolera talara para que nos sirvan como pilares para realizar la propuesta del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad del compresor para la optimización del craqueo catalítico fluidizado de empresa petrolera en talara.

IV. RESULTADOS

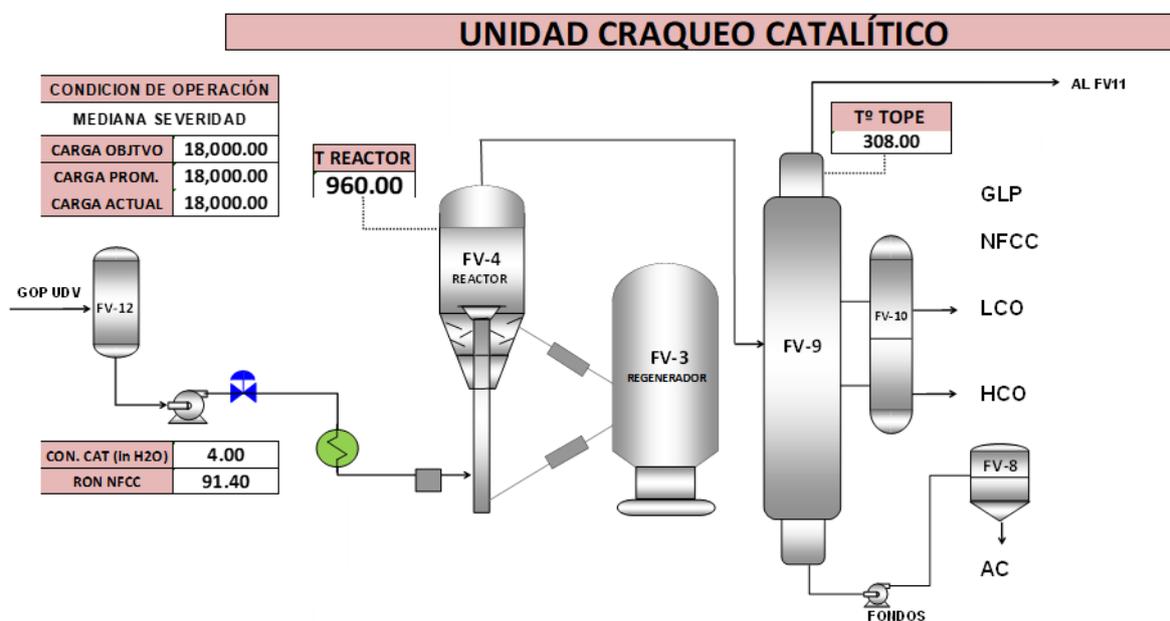
Objetivo 1

Analizar los tipos de falla del compresor, en el proceso de craqueo catalítico de la empresa petrolera.

El compresor de craqueo catalítico, es el equipo que se encarga de inyectar aire caliente a la unidad de craqueo catalítico convirtiéndose en el equipo fundamental para que se produzca la combustión en el reactor y el fluidizado en el regenerador.

Mediante el Compresor de Craqueo Catalítico, se llevan a cabo procesos de conversión primaria, donde por rompimiento molecular de fracciones del petróleo, se obtienen productos de mayor valor comercial. Entre los productos valiosos de esta reacción se encuentran el gas butano, Etano, Gas Licuado del Petróleo (GLP), NAFTA (liviana y pesada), Aceite liviano de Ciclo (LCO) Aceite Pesado de ciclo (HCO) ver Fig. N° 2.

Figura N° 2 Esquema de proceso FCC-1

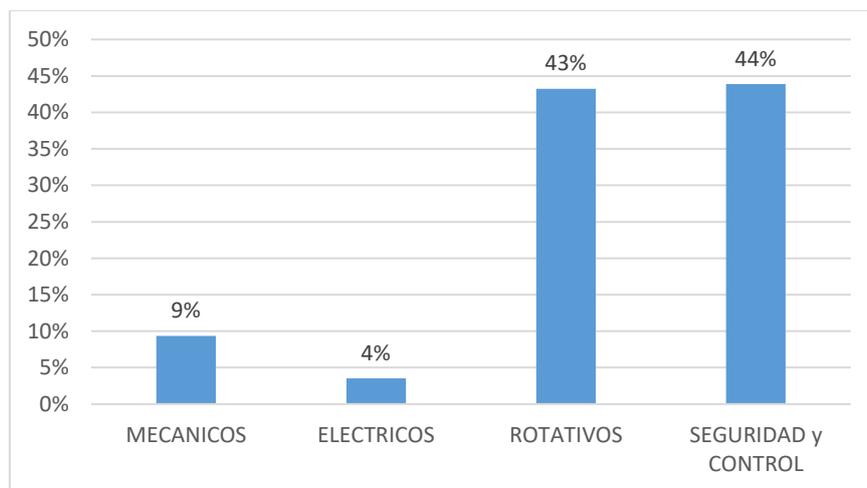


Fuente: Empresa Petrolera

Los equipos principales de proceso son el Riser, reactor, regenerador y la torre fraccionadora. A lo largo del proceso productivo anual se ha visto mermado por acontecimientos anormales, pérdidas de productividad, paradas no programadas y situaciones que han expuesto al peligro a los trabajadores y al medio ambiente, y por último y no menos importantes pérdidas económicas.

Este tipo de proceso industrial es automatizado, complejo y vulnerable a fallos. Es por ello que se analizaron los registros de mantenimientos que se realizaron al equipo Compresor De Craqueo Catalítico donde se presentaron 129 fallas recurrentes en el compresor del proceso de FCC-1, estas fallas se encuentran divididas en 5 especialidades (mecánico, eléctrico, rotativo seguridad y control). Estas fallas responden a un riesgo que se calcula como la sumatoria del riesgo de todos los equipos.

Figura N° 3 Porcentajes de fallas según especialidad



Fuente: Elaboración Propia

Fallas mecánicas:

Las fallas mecánicas analizadas resultaron siendo el 9% de las fallas totales (Fig. N°3); este porcentaje se da de un desgaste prematuro en las partes del equipo siendo estas muy complicadas de determinar, este desgaste se presenta por diferentes motivos tales como la falta de lubricación, contaminación de lubricantes, altas temperaturas en piezas móviles, falla en los elementos filtrantes, en los recipientes de almacenamiento de lubricantes, obstrucción de tuberías, tiempo de vida de los elementos, corrosión en diferentes puntos del equipo provocando desprendimiento de partículas metálicas, fugas de productos por zonas estancas, deformaciones de componentes y estructuras por altas presiones; Estas fallas traen como resultado paradas imprevistas que resultan en desviación de la producción.

Fallas eléctricas:

Este tipo de fallas eléctricas son el 4% de las fallas totales (Fig. N°3); y son eventos anormales que da como resultado el mal funcionamiento de los circuitos eléctricos provocando paradas imprevistas en el equipo son resultantes del deterioro de los componentes eléctricos del compresor en las estaciones y sub estaciones eléctricos, por las condiciones de trabajo continuo, mano de obra defectuosa, animales silvestres, fenómenos meteorológicos, presenta humedad, corrosión, soldaduras mecánicas en las juntas, calentamiento en los terminales, resistencia en la puesta a tierra, de esto resulta cortos circuitos, fugas eléctricos, falsos contactos, sobre cargas y falla completa de suministro.

Fallas rotativas:

Las fallas rotativas analizadas dan como resultado el 33% de las fallas totales (Fig. N°3); esto significa el desgaste de las partes móviles, sellos mecánicos, cojinetes de fricción y desgaste, alavés de rotores y sellos laberintos, cojinetes de empuje, rodamientos, impulsores, ejes. Al presentar estas fallas se producen efectos como son el de cavitación de las bombas, golpes de ariete, cuando se presenta el des alineamiento de los equipos es donde se produce

las altas vibraciones desencadenando una serie de problemas de funcionamiento ya sea mecánico u operacional del equipo.

Fallas de seguridad y control:

Las Fallas analizadas en esta especialidad dieron como resultado el 44% de las fallas totales (Fig. N°3); se presentan en los instrumentos de medición basados en los parámetros de fabricación y operación del compresor, la operación óptima del equipo se ve reducida o paralizada por completo cuando los sistemas de seguridad lanzan un paro operacional ya sea parcial o total, al activarse este tipo sistema el operador de panel verifica porque se dio la alerta o paralización del equipo inspeccionando el historial de operación, cuando sucede esto los sensores, termocuplas, manómetro, voltímetro, amperímetro, vacuometro, vibro metro, tacómetro; por el tipo de falla que se registra se debe de revisar o reemplazar el instrumento por personal calificado realizando las pruebas respectivas.

La empresa tiene ventaja al disponer de un sistema capaz de identificar y diagnosticar fallas potenciales que producen impactos sobre la confiabilidad de la planta. Esto facilita la caracterización del estado actual y la predicción del comportamiento futuro de equipos, sistemas y/o procesos mediante el análisis de historial de fallas.

Entonces tomando en cuenta el análisis documental del año 2019 respecto de las fallas medidas por millón de horas en el compresor, que producen impactos sobre la confiabilidad de la planta, se obtuvo la información tomando en cuenta la siguiente fórmula:

Total, de la Tasa de Falla:

$$TPPR = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{NoFallasi}{TotaldeFallas} * TPPRi \right)$$

TPPR = Tiempo Promedio Para Reparar Efectivo

Desviación Estándar

$$DS = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (DSi)^2}$$

Media de la Tasa de Falla

$$\lambda Total = \sum_{i=1}^{i=n} \lambda i$$

A continuación, se presenta la Tabla N°1, del compresor centrífugo de aire del enfriador catalítico, donde muestra los modos de fallas seleccionados para los compresores, los modos de falla seleccionados de las bases de datos genéricas son del tipo críticos, ya que son los que generan impacto inmediato sobre el equipo.

Tabla N° 1 Compresor centrífugo de aire del enfriador catalítico

K2G	Crítico									
	Modo de Falla		Modo de Falla	Tasa de Falla por millón de horas				N° de Fallas	TPPR (hrs)	
				Mín	Media	Máx	DS		Media	Máx
1	Salida erratica	Calendario	Si		3.94	21.13	9.74	4	75	290
2	Fuga externa medio de proceso	Calendario	Si		2.3	11.71	5.06	2	86	170
3	Fuga externa en el medio de utilidad	Calendario	Si		0.81	4.01	1.69	1	124	124
4	Falla al arrancar en demanda	Calendario	Si	0.11	25.66	96.28	35.53	30	32	524
5	Salida alta	Calendario	Si	0.06	0.91	2.63	0.87	1	7	7
6	Fuga interna	Calendario	Si		4.71	25.03	11.45	4	142	189
7	Salida baja	Calendario	Si		2.3	11.71	5.06	2	621	859
8	Sobrecalentamiento	Calendario	Si	0.06	0.91	2.63	0.87	1	223	223
9	Desviación de parámetro	Calendario	Si		0.81	4.01	1.69	1	4	4
10	Parada falsa	Calendario	Si	0.35	39.72	132.4	48.52	43	41	1293
11	Vibración	Calendario	Si	0.03	2.09	6.72	2.43	2	13	13
12	Otro	Calendario	Si		1.24	6.11	2.58	1		
TOTAL					0.00		0.00	92.00	58.58	1293.00
TOTAL					85.40		62.56	92	58.58	1293

Fuente: Empresa Petrolera

Por tanto, en este compresor impulsado con motor eléctrico tiene una media de 85.40, un DS de 62.56 un total de fallas de 92, Tiempo Promedio Para Reparar Efectivo media (Hrs.) es 58.58 y el máximo 1293.

A continuación, se presenta la Tabla N°2, del compresor centrífugo del soplador principal, donde muestra los modos de fallas seleccionados para los compresores, los modos de falla seleccionados de las bases de datos genéricas son del tipo críticos, ya que son los que generan impacto inmediato sobre el equipo.

Tabla N° 2 Compresor Centrífugo del soplador principal

K1G	Crítico									
	N°	Modo de Falla	Modo de Falla considerado	Tasa de Falla por millón de horas				N° Fallas	TPPR (hrs)	
				Mín	Media	Máx	DS		Media	Máx
1	Falla al arrancar en demanda	Calendario	Si	4.51	56.68	159.93	52.33	7	87.5	203
2	Parada falsa	Calendario	Si	0	5.91	24.82	9.5	1	36	36
3	Vibración	Calendario	Si	0.03	7.77	29.39	10.84	1	68	68
			TOTAL		0.00		0.00	9.00	79.61	203.00
			TOTAL		70.36		54.28	9	79.61	203

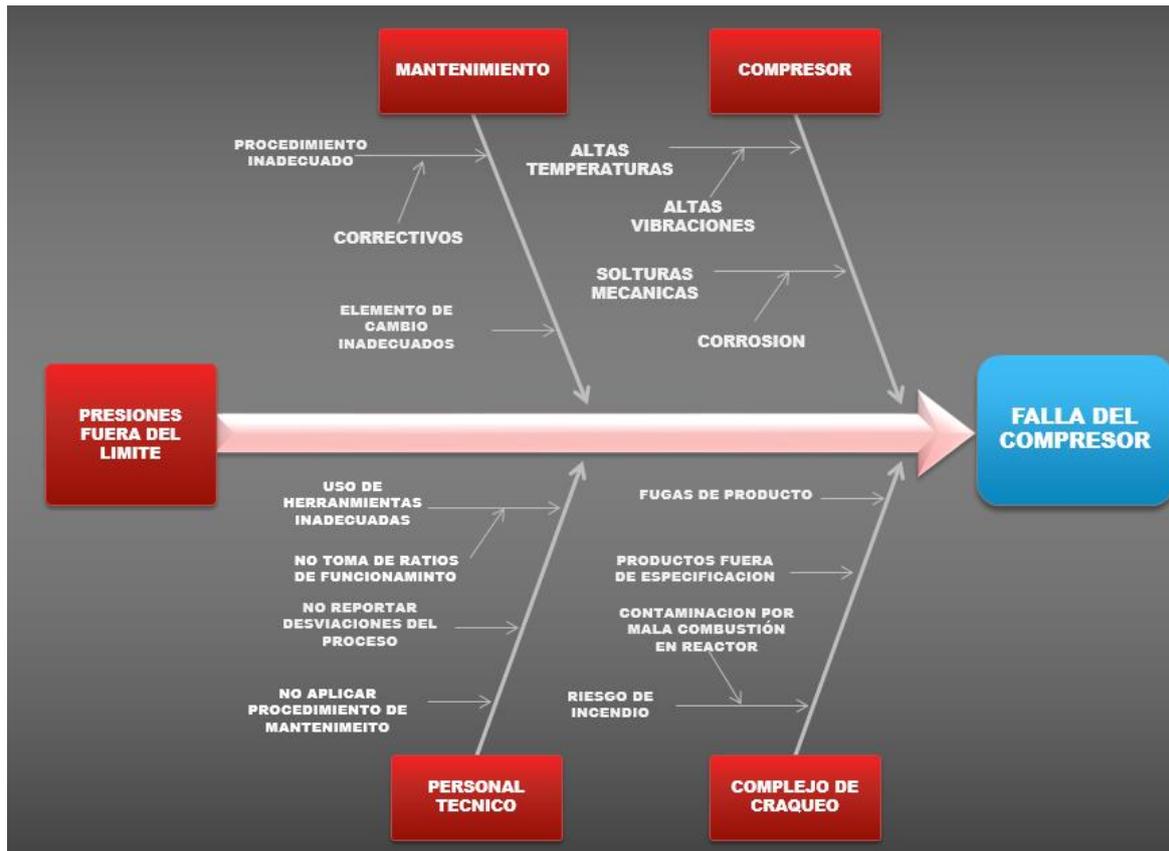
Fuente: Empresa Petrolera

Así también se tienen los datos de COMPRESSORS CENTRIFUGAL TURBINE DRIVEN (3000-10000) kW) este compresor tiene una media de 70.36, un DS de 54.28 un total de fallas de 9, Tiempo Promedio Para Reparar Efectivo media es 79.61 y el máximo 203.

Este histórico muestra las deficiencias del equipo, en donde el riesgo remanente debería tender a cero, razón por lo cual se debe generar continuamente mayores estrategias de mantenimiento, con el fin de reducir aún más el riesgo de falla de los equipos y de esta manera aumentar la confiabilidad de la planta.

Así también cuando se realizó un estudio sobre las fallas presentes en el compresor, analizándose tanto lo concerniente al personal operativo, como al equipo del compresor, los procedimientos de mantenimiento y fallas en general del craqueo catalítico. A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa que resume este punto.

Figura N° 4 Diagrama ishikawa de las fallas del compresor



Fuente: Elaboración Propia

Objetivo 2

Evaluar la información técnica y procedimientos operacionales del compresor en el proceso de craqueo catalítico.

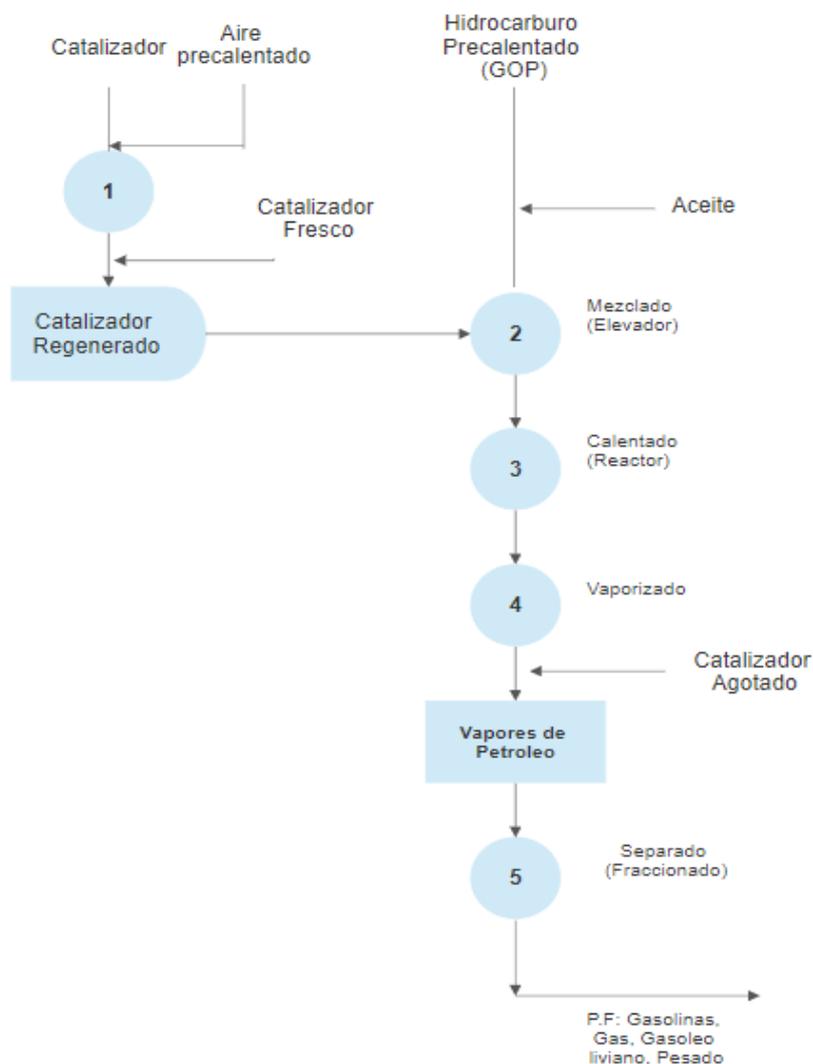
En los resultados obtenidos al evaluar los instrumentos utilizados, se tuvo como dato que el Alfa de Cron Bach

fue de 0.834 lo que certifica la validación de este instrumento. Esta encuesta tuvo como en cuenta al personal de la empresa petrolera, así como los saberes respecto del desempeño de sus funciones para el normal cumplimiento de sus labores.

Al aplicar la encuesta tanto a los empleados encargados como a los empleados operadores sobre el conocimiento técnico del compresor para desarrollar la performance del equipo, se comprobó un limitado conocimiento del tema, ya que al hacer una revisión documental sobre sus legajos de vida se comprobó que el personal dispuesto en el área no realizó estudios técnicos, desarrollando el puesto empíricamente, y si bien la experiencia ganada durante sus años de servicio, es útil para desarrollar su labor esta no es suficiente. Y esto último se corrobora puesto que en el desarrollo del análisis de fallas se demuestra que estas se presentan debido a la falta de conocimiento técnico.

Además, que no cuentan con conocimientos adecuados sobre los procedimientos operacionales y esto se evidencia en que solo se registran el 85 % de las fallas que se producen en un turno de trabajo, lo que significa que hay un 15 % de fallas que no se reportan y puede ser causal de fallos en el equipo y daños al personal involucrado. Ello demuestra que no están conscientes de las consecuencias graves que esto podría originar.

Figura N° 5 Diagrama de Operaciones del Proceso de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC



Fuente: Elaboración Propia

En este DOP (Fig. N° 5), se aprecia el proceso de Craqueo catalítico fluidizado en donde el compresor es uno de los equipos primordiales que está presente desde la etapa 1 del proceso hasta la última etapa 5 donde sale el hidrocarburo en vapores de petróleo hacia la torre de fraccionamiento donde se depositaran los productos terminados.

Un buen control de la circulación del catalizador a través del regenerador y reactor es crítico para una operación estable, la circulación del

catalizador regenerado es controlada por el compresor para mantener la temperatura del reactor con la válvula deslizante del catalizador regenerado.

El elevador mezcla el hidrocarburo con el catalizador enviando aire caliente al reactor donde se produce la combustión y el craqueo de productos para obtener derivados más ligeros y de mayor calidad.

El proceso de craqueo catalítico dentro de la empresa petrolera es el proceso más importante y más utilizado para la conversión de cortes de gasóleos, crudo reducido y fondos de vacío y slop en naftas de mayor valor y productos de bajo peso molecular, productos de mayor octanaje y mayor precio.

V. DISCUSIÓN

El compresor de craqueo catalítico es el principal equipo usado para que se produzca la ignición a altas temperaturas en el reactor y se logre el rompimiento o craqueo de las moléculas de hidrocarburos para obtener productos de mayor calidad y menor peso molecular. El equipo presenta fallas durante el periodo de trabajo que son registradas en reportes operacionales y de mantenimiento, para programar las actividades de mantenimiento durante su funcionamiento, la inspección del equipo es parte clave del proceso de análisis de las fallas.

Los resultados de estos reportes son analizados para fundamentar las acciones a tomar para evitar que el equipo salga fuera de servicio aplicando el Mantenimiento Preventivo y analizar los parámetros de funcionamiento para acercarnos al Mantenimiento Predictivo, aplicamos estas técnicas de mantenimiento para garantizar el desempeño del equipo dentro de los parámetros operativos.

Existen fallas que están en grupos definidos como Mecánicas, Eléctricas, Rotativos y de Seguridad y Control.

Los resultados de estos reportes nos dan a conocer la cantidad de fallas que se presentan en el equipo durante un periodo de funcionamiento para poder atender de manera oportuna, aplicando las técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Lo antes mencionado concuerda con el autor (Vásquez Oyarzún, 2008), en su tesis "Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en Motores Detroit 16v-149ti, En Codelco División Andina" (Chile), procediendo con el plan de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, que es una estrategia que tiene sus inicios a finales de los años sesenta, y con su desarrollo se obtuvieron muy buenos resultados cumpliendo con las metas trazadas en la administración de los activos de la compañía. Los buenos resultados obtenidos aplicando esta función se ven reflejados en la representación de la manutención mecánica y eléctrica, así como en la administración de instalaciones industriales y también de consumibles, elementos de cambio y

factor humano, al ejecutar el plan como gestión para que luego se puedan obtener decisiones con una mayor evaluación de la información, lo que permitirá que las acciones sean también totalmente acertadas. La motivación medular del desarrollo de este estudio se fundamentó en que son equipos de críticos, y el déficit de sus funciones durante un contexto de eventualidad eléctrica o mecánica causaría serios problemas en los servicios básicos eléctricos y mecánicos en la división manufacturera y una parada en los equipos que intervienen en el procedimiento.

Se realizó la evaluación de la información técnica y procedimientos operacionales del compresor de craqueo catalítico ya que en estos documentos está plasmada como es el desempeño del equipo en operación, la toma de estos datos es realizada por personal calificado en evaluar los distintos parámetros, usamos la entrevista personal al personal involucrado para con estos resultados llegar a conocer cuáles son las fortalezas y debilidades del personal ya que para realizar la propuesta del plan de mantenimiento basado en la confiabilidad es necesario que el personal involucrado cuente con diferentes fortalezas para contribuir a la aplicación de la técnica de mantenimiento para lograr los objetivos deseados como son optimizar el equipo para que el trabajo del mismo se vea reflejado en la producción del complejo.

En este documento Sifonte hace mención a un estándar internacional para la evaluación de criterios para la propuesta de plan de mantenimiento basado en la confiabilidad teniendo como base la norma SAE JA 1011 que muestran criterios para evaluar información de operación y de mantenimiento de los equipos estudiados para lograr resultados que sirvan como pilares para la implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad.

Según (Sifonte, 2018), la Norma “SAE JA1011” – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM) La Norma “SAE JA1011”; Aspectos de Evaluación para el Procedimiento de Mantenimiento

Basados en Fiabilidad. La norma tiene exitosas historias posteriormente de que sus principios fueran dados a conocer e incluidos progresivamente al estándar internacional de ingeniería. En la industria de la aviación se presentó problemas de fiabilidad, seguridad e ineficiencia y altos costos por los años 50. Los desarrollos de los planes de mantenimiento desarrollados a través del tiempo no garantizaron y mucho menos dieron los resultados esperados en la industria de la aviación llegando al punto entrar en crisis. El resultado del estudio de mantenimiento y de confiabilidad no se pudo demostrar una relación entre las horas de programación de tareas y la fiabilidad de los equipos. Aplicando las experiencias de mantenedores con amplia experiencia que aplicando menos horas en las tareas programadas en intervalos más largos de tiempo dio como resultado una mayor fiabilidad de los equipos.

Para realizar la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo Catalítico de una Empresa Petrolera aplicamos y recolectamos todos los parámetros de operación ya estudiados y comparados con el estándar internacional SAE JA 1011, aplicando el desarrollo del estudio de fallas y aplicando las medidas correctivas se recorre una seguidilla de fases para cada uno de los casos que se presentan en una instalación industrial: Fase 0: Clasificación y registro de todos los sistemas, equipos y elementos que componen el método que se está estudiando. Compilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc. Fase 1: Definir claramente lo se busca al implementar el Mantenimiento Basado en la Fiabilidad. Identificación precisa y valoración de los resultados obtenidos para estar preparados al inicio del procedimiento resultante del estudio. Fase 2: Listar y enumerar todos los sistemas, componentes y equipos que están en las instalaciones para el proceso. La información obtenida y estudiada como planos de diseño, planos de proceso, y plano de sistemas de seguridad de los equipos. Fase 3: Reconocimiento minucioso del funcionamiento del sistema. Valoración de los datos técnicos de fabricantes y diseños operacionales. Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto y todo subsistema. Fase 4: Determinar cuáles son las fallas técnicas y funcionales del equipo. Fase 5: Evaluar cada

uno de las fallas encontradas en la fase anterior y determinar los modos. Fase 6: Determinar mediante el estudio de las fallas y sus consecuencias de cada uno. Listar todas las fallas desde las más críticas hasta las más insignificantes para poder organizarlas y ejecutarlas. Fase 7: Tomamos acciones referentes al modelo de falla para controlar los parámetros de operación y de diseño que pueden estar fuera de límites permisibles de diseño del equipo. Fase 8: Categorizar las medidas preventivas en sus diferentes modelos y proceder según el manual de operación del equipo.

VI. CONCLUSIONES

El análisis de tipos de falla permitió la identificación de causales en los procesos operacionales para lograr la prevención aplicando actividades, con esto se identificó y se estableció actividades que ayudan en el proceso productivo del complejo de craqueo catalítico fluidizado mitigando las fallas que se presentan durante el proceso productivo para incrementar la disponibilidad del equipo para su optimización en el proceso.

Tomado como precedente el análisis de fallas aplicado a la confiabilidad es cuando Los equipos se desempeñan durante su operación en condiciones dentro de lo normal durante el tiempo estimado, esta operación está dentro de los parámetros de cómo se diseñó y teniendo en cuenta las condiciones de operación a la está sometido.

La toma de datos para obtener el análisis de los tipos de falla de compresor se basa en saber cuál fue el criterio de diseño y tener en cuenta el material de este, inspeccionar el material desde el proceso de fabricación que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas, también podemos determinar qué tipo de técnica de mantenimiento aplicar para determinar por qué fallo el equipo y en qué condiciones se evaluó la falla presentada.

Aplicando la técnica de análisis de fallas en este equipo es necesario saber una falla propiamente dicha es el resultado de una serie de factores como; no considerar adecuadamente las medidas y calibraciones de fabricación, falta de información al momento de cargar el equipo ya que es fundamental para su optima operación conocer estas cargas y esfuerzos a las que está sometido en diferentes condiciones y teniendo en cuenta el tiempo de exposición al trabajo.

El análisis de fallas del equipo nos debe representar porque la incidencia de fallas y a que se debe, sea por diferentes factores que pueden ser mano de obra, materiales de recambio, tipo del material a usarse en cada intervención, aplicar lo que dice el fabricante en cuanto a montaje y fabricación del equipo ya que esta con especificaciones técnicas ya establecidas y se deben aplicar de acuerdo al manual.

Evaluamos la información técnica del equipo compresor usando la ficha técnica del fabricante o licenciante, también evaluamos la información proporcionada diariamente por el encargado de la operación, los informes o reportes de mantenimiento son evaluados para aplicar las técnicas de mantenimiento necesarias en estos casos.

Si tomamos una evaluación técnica del equipo compresor es como una radiografía a estado del equipo y a todos sus elementos luego de ser sometida a un determinado tiempo de operación y a diferentes condiciones del mismo, esta evaluación nos puede determinar si se puede o se está produciendo una falla en el equipo y tener conocimiento en que tiempo se presenta y en qué condiciones.

Con que criterio evaluamos la información técnica para que nos permita usarla como herramienta de diagnóstico y evaluación del equipo, esta usada como herramienta nos permitirá tener claro que técnica o procedimiento de mantenimiento usar durante su vida útil para mantener el estándar y en estado óptimo el equipo ya que al trabajar en óptimas condiciones las fallas seria menores y el desgaste de las piezas también teniendo en cuenta que en este punto de diagnóstico es fundamental tener como base los parámetros de operación y temperaturas, es necesario tomar muestras de aceites lubricantes, para tener conocimiento de que está pasando en el interior de la máquina y a esto se suma los ratios de temperatura y vibración con todo esta data determinando el momento de funcionamiento óptimo del equipo y aplicando la técnica de mantenimiento adecuada podemos garantizar el óptimo funcionamiento y diagnostica el momento de parada técnica del equipo.

El Mantenimiento basado en la confiabilidad permite realizar el análisis para establecer una propuesta de plan de mantenimiento, teniendo como base de información los análisis y parámetros para identificar las fallas aplicando la metodología para aumentar la optimización del compresor para mejorar la confiabilidad.

Esta propuesta de mantenimiento se realizó identificando las causales potenciales de fallas y se logró mitigar durante el periodo de aplicación, en este punto los activos presentan menor probabilidad de fallas teniendo control de los procedimientos de operación y mantenimiento del equipo para alcanzar su fiabilidad y optimización del proceso de craqueo catalítico.

La evaluación de los procedimientos operacionales y información técnica llegando a concluir que aplicando el standard internacional SAE JA 1011 podemos llegar a aplicar los principios de la técnica del mantenimiento basado en la confiabilidad en el equipo para conocer cuáles son los parámetros a tomar en cuenta para que el equipo opere de manera óptima dentro del proceso y no se produzca ninguna desviación en el craqueo catalítico.

VII. RECOMENDACIONES

Aplicar un plan de capacitación al personal involucrado en el mantenimiento y operación del equipo, para así lograr realizar una propuesta de plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la optimización del compresor de la unidad de craqueo catalítico, la propuesta está basada en el marco teórico de la técnica de RCM para controlar y darle mayor disponibilidad al equipo.

VIII. PROPUESTA

“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALÍTICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020”

Las etapas para el desarrollo del análisis son las siguientes:

- Etapa 1: Análisis de datos
 - a. Análisis de las partes del compresor de craqueo catalítico
 - b. Asignación de los TPPF y TPPR.
 - c. Revisión de planes de mantenimiento.
- Etapa 2:
 - a. Análisis del proceso, facilidades de superficie y contexto operacional.
 - b. Construcción del modelo en DBD a partir de los PFD, PDI, manual y filosofía de operación.
- Etapa 3:
 - a. Modelaje del sistema real.
 - b. Análisis de sensibilidad.

I. GENERALIDADES

Reducir el costo de mantenimiento en industrias automatizadas y de uso intensivo es cada vez más un requisito indispensable de esas empresas. Actualmente no solo basta con aplicar tareas preventivas, sino también emplear un mantenimiento eficiente que no solo tome en cuenta aspectos operacionales sino también medioambientales y de seguridad, es por ello que se presenta el plan mantenimiento centrado en la confiabilidad.

El plan obtenido está enfocado únicamente operativo del compresor de craqueo catalítico en función del contexto operativo o requerimientos de la compañía.

II. Objetivos

2.1. Objetivo general

Elaborar el plan de confiabilidad para el craqueo catalítico, basado en la configuración de sus equipos, en la confiabilidad de sus componentes y en la filosofía de mantenimiento y operación.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la falla parcial o total del proceso del craqueo catalítico, mediante el análisis de la información técnica, operacional, de confiabilidad y de mantenibilidad de todos los equipos estáticos, dinámicos, eléctricos, instrumentación y otros.
- Determinar la disponibilidad del equipo.
- Estructurar la lista jerarquizada de equipos y sistemas críticos, con base en su aporte al factor de indisponibilidad.
- Listar recomendaciones técnicas que permitan mitigar el riesgo e incrementar la disponibilidad.

III. Normativa

- Constitución Política del Perú.
- NORMA INTERNACIONAL ISO 14224:2016 Industrias de petróleo y gas natural.
- Ley 26221 Ley Orgánica de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 045-2008-EM: Reglamento del Artículo 11° de la Ley Orgánica de Hidrocarburos.
- D.S. N°003-97-TR: Texto Único Ordenado del Decreto Legislativo. N° 728, Ley de Productividad y Competitividad Laboral.
- Ley N° 29783: Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Ley N° 27506: Ley de Canon
- Decreto supremo N° 005-2002-EF: Reglamento de la Ley de Canon

IV. Alcance

El proceso de refinación del petróleo tiene por objeto garantizar la fabricación de una extensa gama de productos finales que deben cumplir numerosas especificaciones. De ahí que el petróleo constituye la principal fuente de combustibles líquidos, así como de un gran número de productos derivados, que se usan a nivel mundial.

El Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Procesos – ACDMP; (Reliability, Availability, Maintainability and Process Analysis - RAMPA), combina técnicas de Ingeniería de Procesos y de la Ingeniería de Confiabilidad, con el objetivo de pronosticar; para un período de tiempo, la disponibilidad y la producción diferida de un proceso productivo, basado en la configuración de sus equipos, en la confiabilidad de sus componentes y en la filosofía de mantenimiento y operación, fundamentalmente en el Tiempo Promedio Para Fallar (TPPF) y el Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR) de cada uno de los equipos.

El desarrollo de esta propuesta podrá ser aplicado en las industrias que desarrollen estos procesos con un compresor de craqueo catalítico con características aquí descritas.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Etapa I. Análisis de Datos.

En esta etapa se describen las actividades asociadas con el desarrollo técnico, operacional y de confiabilidad, actualizada y debidamente trabajada (digitalizada y revisada) para su uso en este análisis.

Se identificarán las partes del equipos y unidades que su falla puede causar la parada total o parcial del proceso principal. Posteriormente se realiza la asignación tanto de las tasas de falla y reparación como la revisión de los mantenimientos planificados y no planificados.

En este momento la refinería se encuentra en proceso de ingeniería y construcción por lo que no se cuenta con un programa de mantenimiento definido y por lo tanto no se está considerando su impacto en la estimación de la disponibilidad o factor de servicio.

A continuación, se describen las actividades desarrollar en esta etapa, los documentos que se utilizarán para realizar las partes que conforman el Modelo RAMP fueron los siguientes:

- **Documentos suministrados por el cliente como:** manual y filosofía de operación, diagramas de proceso, diagramas de tuberías e instrumentación, planos del vendedor de los equipos, entre otros.
- **Base de datos de levantamiento de información:** estructurada por R2M con base en los documentos mencionados en el punto anterior y en reuniones con el cliente para poder aclarar dudas e inconsistencias encontradas en la información registrada en dichos documentos.

Tabla N° 1 Taxonomía de los equipos del proceso de FCC

Hoja en BDTOC	Tipo de Equipo	Taxonomía
Compresor	Compresor	K
Turbina	Turbina de Vapor para impulsar Compresor	STK

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra en la Tabla N° 1 la cantidad de piezas que conforman el equipo.

- **Construcción de Base de Datos de Confiabilidad:** esta base contiene de manera estructurada información técnica, operacional y de confiabilidad (TPPF) y mantenibilidad (TPPR). también incluye la información de mantenimiento, flexibilidades operacionales, configuraciones, modos de falla, entre otros que caracterizan a los equipos considerados en el estudio. En este análisis, la base de datos considera los siguientes campos por tipo de equipo:

▪ **Información General:**

Tabla N° 2 Campos de la BDTOC para registrar Información General de los equipos

Información General									
Industria	Categoría del Negocio	Instalación	Siglas de Unidad	Denominación de Unidad	Código de Sección	Denominación de Sección	N° de Identificación Técnica (Tag)	Descripción del Equipo	DWG N°

▪ **Información Técnica:**

Tabla N° 3 Campos de la BDTOC para registrar la Información Técnica de los equipos

Información Técnica				
Descripción de Tipo de Equipo	Servicio	Fluido	Accionador	Potencia (Kw.)

▪ **Información de Confiabilidad y Mantenibilidad:**

Tabla N° 4 Campos de la BDTOC para registrar la Información de falla y reparación de los equipos, obtenida de Bases de Datos Genéricas

Información Genérica									
Equipo Genérico	Descripción Genérica	Tasa de Falla por Millón de Horas		Tiempo Promedio Para la Falla			Tiempo Promedio Para Reparar Efectivo		
		Fuente	$\lambda(\mu)$	TPPF (hrs.)	TPPF (Años)	Distribución	Más Probable	Máximo	Distribución

Tabla N° 5 Campos de la BDTOC para registrar la Información de falla y reparación de los equipos, suministrada por Expertos.

Opinión de Expertos			
Tiempo Promedio Para la Falla		Tiempo Promedio Para la Reparar	
Más Probable (hrs.)	Más Probable (Años)	Más Probable (hrs.)	Experto Consultado

Para construir y alimentar esta base de datos se deben realizar los pasos que a continuación se describen:

- **Búsqueda y adecuación de Información Genérica:** Se asignan las tasas de falla (λ) y de reparación (μ) de los componentes o equipos que conforman el sistema, así como la revisión de los planes de mantenimiento planificados y no planificados. Sin embargo, es vital adecuar esta información al entorno operacional bajo análisis, seleccionando de las bases de datos, solo aquellos modos de fallas que puedan realmente ocurrir en el entorno bajo estudio.
- **Recopilación de Data Histórica Propia:** muchas empresas buscando la mejora continua de sus procesos han hecho grandes esfuerzos en la recolección de información de campo sobre datos de falla (tipo y frecuencia) y datos de reparación de sus equipos. La cantidad y calidad de este tipo de información son de gran importancia para este estudio pues reducen los valores de incertidumbre en el análisis.
En este caso la mayoría de los equipos corresponden a nuevas instalaciones por lo que no se contó con la información histórica propia. Se está dejando como parte de la descripción del proceso para que se tome en cuenta cuando se puedan recopilar datos propios.
- **Estimación/Identificación de TPPF y TPPR:** la información proveniente de los pasos anteriores se utiliza para obtener una estimación/identificación representativa de las tasas de falla y reparación características de cada uno de los equipos del sistema o proceso.

Generalmente las tasas se pueden estimar/identificar de dos formas, dependiendo de la información que se tenga disponible:

1. Combinando dos fuentes de información cuando estas individualmente no representan el comportamiento del equipo, realizando una actualización de las tasas formulando relaciones algebraicas que permiten usar distribuciones de probabilidad y fundamentos de matemática Bayesiana. Por ejemplo, si se quisiera combinar evidencia o datos propios con información genérica se utilizaría la siguiente ecuación

para la actualización de las tasas con una distribución característica es tipo gamma.

$$\lambda_{mejorada} = \frac{r + \left(\frac{(\mu_{OREDA})^2}{(\sigma_{OREDA})^2} \right)}{\left(\sum_{i=1}^r t_j + \sum_{j=1}^{N-r} t_{c_j} \right) + \frac{\mu_{OREDA}}{(\sigma_{OREDA})^2}}$$

Dónde:

r: Número de equipos que han fallado

N-r: Número de equipos que no han fallado

t_j: Tiempo de Operación hasta la falla

t_{cj}: Tiempo de Operación de equipos que no han fallado

μ_{OREDA}: Media de la Distribución de λ_{OREDA}

σ_{OREDA}: Desviación Estándar de la Distribución de λ_{OREDA}

2. Seleccionando la fuente de información que mejor representa el comportamiento de cada uno de los equipos.

En este caso de aplicación, como se mencionó anteriormente, se seleccionó de dos fuentes de información:

- **Información genérica de OREDA** para la mayoría de los compresores, turbinas de gas, bombas, motores eléctricos, motores de combustión interna, intercambiadores de calor, recipientes, generadores eléctricos, válvulas, motoventiladores, motoagitadores, y calentadores; de la **IEEE** para centros de control de motores, switch gear y transformadores.
- **Opinión de expertos** en los que la información genérica no representaba su comportamiento de falla y reparación. Los tipos de equipos para los que se usó opinión de expertos son compresores, eyectores, motores eléctricos recipientes, tanques y calentadores.

Etapas II. Análisis del Proceso y Construcción del Modelo

En esta etapa se describen las actividades asociadas con el desarrollo de los entregables:

✓ **Diagramas de Bloques de Disponibilidad.**

La generación, revisión y verificación de la arquitectura del modelo con las actividades principales desarrolladas en esta etapa como se describen a continuación:

- **Análisis de Producción:** en este primer paso de la segunda etapa, debe definirse la configuración del sistema de producción, lo cual implica la revisión detallada de los diagramas de tubería e instrumentación, diagramas de proceso, manuales de filosofía y operación; para poder hacer la representación de las dependencias entre los sistemas e identificar las flexibilidades operacionales existentes.
- **Construcción del Diagrama de Bloque de Disponibilidad:** en este paso de la segunda etapa, la configuración del sistema o instalación de producción debe representarse en modelos de bloque; lo cual implica la revisión detallada de los P&ID's diagramas funcionales, diagramas de proceso y filosofías operacionales existentes.

El propósito de los diagramas de bloques de disponibilidad (DBD) es representar gráficamente los criterios de éxito y fracaso, y utilizar los diagramas lógicos resultantes para evaluar los parámetros de confiabilidad del sistema o de disponibilidad en estado estable.

Las unidades individuales son representadas por bloques que consideran solamente un estado de dos posibles, es decir, en operación o en falla. Los diagramas de bloques de confiabilidad permiten el análisis de mayor a menor nivel o de arriba hacia abajo, en el cual el diagrama resultante muestra la configuración del sistema, y ayuda a visualizar de manera simple la interrelación funcional de los subsistemas. La principal ventaja de este método es que el mismo permite analizar caminos

paralelos, redundantes y caminos caracterizados por tener componentes en espera (“standby paths”).

El diseño de los DBD de la refinería, así como de las unidades que la componen está estructurado en su nivel más bajo por los equipos, luego agrupados en subsistemas pertenecientes a la unidad que corresponden y estos a su vez agrupados por unidad.

Posteriormente, la información actualizada de tasas de falla y reparación se introduce al modelo desarrollado con el fin de validar el modelo y proceder luego a simular las alternativas planteadas en el análisis.

- **Revisión de la representatividad del modelo:** Consiste en verificar la representatividad que el modelo diagramado tiene del sistema de producción bajo estudio. Para la validación del modelo generado se debe verificar la representatividad del modelo con respecto al sistema bajo estudio, sometiendo el mismo a pruebas que simulen adecuadamente los eventos previamente ocurridos.

Etapa III. Modelaje del Sistema Real y Análisis de Resultados

En esta etapa se describen las actividades asociadas con el desarrollo de los entregables:

- ✓ **Modelamiento de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Proceso en software especializado TARO y ampliamente aceptado en la industria del petróleo.**
- ✓ **Perfil Aleatorio de la Disponibilidad para la Nueva Refinería Talara para un periodo de 05 años, proyectando la producción en riesgo o pérdida de producción factibles de ocurrencia en el periodo.**
- ✓ **Lista jerarquizada de los equipos y sistemas críticos, con base a su impacto en el factor de disponibilidad.**

La última fase consiste en la combinación de los resultados obtenidos en las etapas I y II. La información de tasas de falla y reparación actualizadas proveniente de la primera etapa se introduce al modelo obtenido en la etapa II.

- **Modelaje del Sistema Real (Uso del Software):** El sistema de refinación de la Nueva Refinería Talara, será modelado en el software Taro 5.3.2. de la empresa DNV, para establecer el impacto de los componentes en los factores de servicio esperado. Esta es una herramienta diseñada para desarrollar y comparar sistemas, por medio de la predicción del patrón del comportamiento de sus ciclos de vida. El software TARO predice el desempeño de un sistema utilizando técnicas de simulación de eventos discretos, de modo que los cambios de estado del sistema son en puntos específicos en el tiempo y no continuamente.

El software posee un algoritmo “Manejador de Eventos” que es utilizado para crear escenarios de ciclo de vida del sistema en análisis considerando sus políticas operacionales, su confiabilidad y su mantenibilidad. Luego de procesar los escenarios de los ciclos de vida se obtiene información importante de cómo opera el sistema.

Los eventos corresponden a cada ocurrencia que afecta el comportamiento del sistema y que impactan la vida de este. Un sistema puede estar envuelto en un amplio rango de eventos, desde los rutinarios (eventos esperados) hasta los

anormales (eventos no esperados o no deseados). Existen tres parámetros importantes que definen un evento:

- Failure Attributes – Distribución de probabilidad que describe el tiempo para fallar, o cuando un evento ocurre.
- Repair Attributes – Distribución de probabilidad que describe el tiempo para reparar, o duración total del evento.
- Evento – Probabilidad de falla de ocurrencia de un evento no deseado.

La técnica de simulación aplicada por TARO está basada en la generación del evento; comúnmente conocida como método de “simulación directa”. El modelo digital del sistema formado desde la hoja de datos se mueve de un escenario distinto hacia otro, regido por la ocurrencia de la secuencia de los eventos. El estado del modelo en cualquier punto en el tiempo (tiempo simulado) está representado por una serie de variables, las cuales se encuentran asociadas a la ocurrencia de nuevos eventos que pueden hacerlas cambiar. El progreso de la simulación es por pasos, desde la ocurrencia de un evento hasta la ocurrencia del siguiente, hasta que el tiempo de simulación exceda el tiempo de vida (según diseño) especificado para el sistema que se está modelando.

Los escenarios de ciclo de vida son construidos mediante el monitoreo continuo de una serie de variables, las cuales describen el estado de un sistema modelado durante la simulación. Está implícito en consecuencia que el “grado de veracidad o realidad” en la simulación depende enteramente de la secuencia de eventos generados. Dentro de los aspectos más importantes de la generación de eventos, se encuentra la generación de números aleatorios y muestreos de distribuciones. La clave del simulador para acertar recae sobre la habilidad para manejar las secuencias de eventos y el generar acciones en concordancia con estas secuencias. TARO contiene un algoritmo muy eficiente e “inteligente” de manejo de eventos.

Las aproximaciones de la simulación traen considerables ventajas sobre métodos alternativos de análisis, entre ellas tenemos:

TARO conduce un análisis dinámico de un sistema, contabilizando los continuos cambios en su estado a lo largo de la vida esperada. La contabilización se lleva a lugar en la funcionabilidad de los equipos, filosofías de mantenimiento, entre otros. Claramente, cualquier intento por calcular el desempeño de características para tales situaciones por métodos determinísticos es virtualmente imposible.

- Las técnicas de simulación pueden proveer una distribución de los resultados sobre la vida del sistema, donde la mayoría de los métodos determinísticos proveen un único valor esperado. Una visión más profunda del comportamiento de un sistema puede ser extraída de resultados distribuidos, y el usuario puede ganar mayor consistencia en el desempeño asociado al sistema.

Una vez que el modelo está configurado, cambios en el diseño, la operación o el mantenimiento se pueden incorporar a éste, dando respuesta, con relativa rapidez a la pregunta “¿qué pasaría sí?”.

Para el modelado de la Nueva Refinería Talara se tomarán las siguientes premisas generales:

- Se realiza el análisis de disponibilidad de la refinería en un horizonte de 10 años.
- Se generan 500 simulaciones, lo que implica mayor resolución que lo definido para las unidades individuales debido a la complejidad del sistema.
- Para las tasas de tiempos para reparación se acordó con el cliente utilizar tiempos efectivos, se están tomando el valor máximo registrado en la

base de datos genérica para para acercar un poco más a la realidad de mantenibilidad de la planta. Si no se contaba con valores máximos se toman valores medios.

- Se toman en cuenta en el análisis solo las unidades y los equipos que pueden generar una parada o pérdida de productos principales en el proceso de la refinería.
- Los equipos de unidades existentes se modelaron como parte de la unidad a la que prestan el servicio.
- **Resultados del Análisis RAMP:** este es un estudio de diagnóstico integral que combina diferentes metodologías tradicionales del área de confiabilidad tales como: Análisis de Modos y Efectos de Fallas, Inspección Basada en Riesgos, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, entre otras.

Los resultados obtenidos del análisis RAMP permiten determinar la configuración óptima del sistema o proceso analizado, para:

- ✓ Pronosticar la disponibilidad para un período determinado de tiempo.
- ✓ Determinar el factor de producción diferida de un proceso de producción, basado en su configuración, en la confiabilidad de sus componentes y en la filosofía de mantenimiento.
- ✓ Definir el modelo de Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Procesos (Modelo RAMP).
- ✓ Elaborar el perfil estocástico de la Disponibilidad por Unidad Operativa o Sistema Productivo asociado a cada opción de redimensionamiento.
- ✓ Jerarquizar lista de los equipos y sistemas críticos, con base a su impacto al factor de disponibilidad y por consiguiente su contribución sobre el factor de producción diferida, para establecer acciones que mitiguen el riesgo.
- ✓ Realizar la adecuada caracterización probabilística de los procesos de deterioro que soportarán los equipos, sistemas y sub-sistemas asociados al proceso de producción bajo estudio con la finalidad de identificar los escenarios de paros o fallas, o eventos no deseados.

- ✓ Identificar acciones en las políticas de mantenimiento o modificaciones (en el proceso o la arquitectura) que permitan minimizar la ocurrencia de los escenarios no deseado.
- ✓ Evaluar las implicaciones económicas de cada escenario, comparándolo con el escenario basado en “Mejores Prácticas”, a fin de contribuir con el establecimiento de estrategias óptimas de mantenimiento para el manejo del negocio.
- ✓ Emitir las recomendaciones técnicas para mitigar el riesgo e incrementar la disponibilidad.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
0	CRONOGRAMA DE PROPUESTA	43 días	mar 13/10/20	jue 10/12/20	
1	Reunión con el gerente de la empresa	1 día	mar 13/10/20	mar 13/10/20	
2	Realizar la recolección de datos de los registros y manuales de operaciones	14 días	mié 14/10/20	lun 2/11/20	
3	Análisis de la información técnica, operacional.	14 días	mar 3/11/20	vie 20/11/20	
4	Elaboración de formatos de información general, técnica, confiabilidad y mantenibilidad.	14 días	lun 23/11/20	jue 10/12/20	
5	Fin	0 días	jue 10/12/20	jue 10/12/20	

REFERENCIAS

Barreda Beltrán, Salvador. 2015. *Plan de Mantenimiento.* España : s.n., 2015.

Bernal Torres, Cesar Augusto. 2010. *Metodología de la investigación.* Tercera Edición. Colombia : Pearson Educación, 2010.

Carrasco Diaz, Sergio. 2005. *Metodología de la Investigación Científica.* Lima, Peru : San Marcos, 2005.

Compresor Centrífugo Axial. Compresor, Mundo.

Folgueiras Bertomeu , Pilar. 2016. *La Entrevista.* 2016.

Forero Triana, Chistian Efrén y PALACIOS CIFUENTES, JOSÉ LUIS . 2018. *Plan de Mantenimiento RCM para un conjunto Motorcompresor de un sistema de refrigeración por amoníaco en la en la Empresa Alquería S.A.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2018.

GESTIOPOLIS. RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. (*Fibertel*) Juan. (2007, noviembre 15). RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>. [En línea] <https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>.

González Gardella, Marc . 2018. *Mejora De Metodología RCM A Partir Del AMFEC c e Implantación De Mantenimiento Preventivo Y Predictivo En Plantas De Procesos.* ESPAÑA. : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2018.

gustato. 2018. Craqueo catalítico. <http://gustato.com/petroleo/crackingcf.html>. [En línea] 2018. <http://gustato.com/petroleo/crackingcf.html>.

Haro Villacís, Edwin Marcelo y Correa Jácome, Juan Francisco. 2011. *Estudio de la Base Del Mantenimiento Y Su Influencia en la Confiabilidad de las Estaciones de Bombeo Poliducto Shushufindi – Quito En La Empresa Petrocomercial Filial De Petroecuador*”. Quito, Ecuador : s.n., 2011.

HEFLO. 2019. ORGANIZAR LOS PROCESOS. [En línea] 2019. <https://www.heflo.com/es/blog/automatizacion-procesos/que-es-optimizacion-procesos/>.

Hernández Sampieri, R, Fernández Collado, C y Baptista, P. 2014.

Metodología de la Investigación. 6 Edición. Mexico : McGraw-Hill, 2014. págs. 88 - 101.

Home Capacitación Identificación y evaluación de fallas de compresores.

CELSIUS, CERO GRADOS. 2016. 2016.

Jacqueline Wigodski S. 2010. Metodología en la Investigación.

<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/>. [En línea] 2010.

<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/>.

Lopez, Manuel. 2009. *Análisis Causa Raíz de una Turbina a Gas*. VENEZUELA : s.n., 2009.

mantenimientopetroquimica. 2016. [En línea] mantenimiento petroquimica, 27 de mayo de 2016. <http://www.mantenimientopetroquimica.com/rcm.html>.

Ministerio de Energía y Minas. 2020. *DECRETO SUPREMO*. 2020.

Muñoz Ligeti, Fabián Enrique. 2017. *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad A Equipo Critico En Área Zona Intermedia Enap Refinerias Aconcagua*. chile : TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO, 2017.

Ortega, Sergio Stiven Páramo. 2016. *ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO*. s.l. : UNIVERSIDAD LIBRE DE COLOMBIA, 2016.

OSINERGMIN. 2007. *Reglamento de Seguridad DECRETO SUPREMO N° 043-2007-EM*. 2007. pág. TÍTULO VI, DECRETO SUPREMO N° 043-2007-EM.

PDM TECH. 2017. CUANTO SABES SOBRE RCM. [En línea] 2017.

<http://www.pdmtechusa.com/>.

reliabilityweb. 2020. reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/.

reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/. [En línea] 09 de septiembre de 2020.

reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/.

RENOVETEC. 2013. *implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM.* s.l. : ingenieriadelmantenimiento, 2013.

RENOVETEC TECNOLOGÍA. 2012. *¿Qué es RCM?* 2012.

Roa Lopez, Jose Ricardo y Gomez Morales, , Jose Jhon . 2014. *Optimizacion Del Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad Para Los Equipos Rotativos En La Planta "Aromaticos" De La Grb De Ecopetrol .* colombia : Universidad Industrial de Santander, Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales, 2014.

San Martín Cornejo, Carlos Fernando. 2018. *Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a turbinas de vapor de una fábrica de etanol.* Piura, Perú : Universidad de Piura, 2018.

Sifonte, Jesús R. 2018. Norma SAE JA1011 – Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). [En línea] 2018. <http://www.pdmtechusa.com/reliability-centered-maintenance-reengineered-rcm-r/>.

Vásquez Oyarzún, David. 2008. *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en Motores Detroit 16v-149ti, En Codelco División Andina.* Valdivia, Chile : Universidad Austral de Chile, 2008.

ANEXOS

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD	El objetivo fundamental del mantenimiento basado en la confiabilidad o RCM es aumentar la fiabilidad de la instalación, disminuyendo el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción.	Desde el punto de vista operacional la medición del mantenimiento basado en la confiabilidad es aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.	Tiempo Promedio en Fallar	De Razón
			Tiempo Promedio en Reparar	
			Disponibilidad	
OPTIMIZACION DEL PROCESO del craqueo catalítico	El propósito de la optimización de proceso del compresor de craqueo catalítico es aumentar la producción de NAFTA craqueada.	Se trata de buscar la mejora continua de los resultados obtenidos durante el proceso en cuestión.	% Nafta FCC % GLP	De Razón

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	POBLACIÓN	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020	¿Qué se necesita para implementar la propuesta plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para optimizar el compresor en el proceso de craqueo catalítico de una empresa petrolera - 2020?	Propuesta de Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera - 2020	Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad	Proceso de craqueo catalítico	Entrevista Encuesta
	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Optimización		
	¿Cómo identificar los tipos de fallas del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020?	Identificar los tipos de fallas del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020.			
	¿Cómo evaluar la información técnica y procedimientos operacionales del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020?	Evaluar la información técnica y procedimientos operacionales del compresor en el proceso de craqueo catalítico de una Empresa Petrolera- 2020.			
¿Cómo Realizar la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo Catalítico de una Empresa Petrolera - 2020?	Realizar la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la optimización del compresor en el proceso de craqueo Catalítico de una Empresa Petrolera - 2020.				

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y FICHA DE EVALUACIÓN DEL EXPERTO

EVALUADOR 1



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591940
Magister en DOCENCIA UNIVERSITARIA
de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome
actualmente como DOCENTE
en UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento:

- Guía de Entrevista a Empleado
- Guía de Entrevista al Supervisor
- Guía de Entrevista al Operador
- Guía de Análisis Documental de las Normativas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				✓	
2. Objetividad				✓	
3. Actualidad				✓	
4. Organización				✓	

5. Suficiencia				✓	
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia				✓	
9. Metodología				✓	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 26 días del junio del Dos mil veinte

Mgtr. : Gerardo Sosa Panta
DNI : 03591940
Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL
E-mail : gerardodola@gmail.com

Gerardo
 Mg. Gerardo Sosa Panta
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP. 67114

“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACIÓN DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020.”

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ENCUESTA

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100					
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96						
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100						
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.															75											
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.															75											
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.															75											
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en															75											



"PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACION DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020."

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ENTREVISTA A SUPERVISOR

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96						
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96						
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100						
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.															75											
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.															75											
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.															75											
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en															75											

"PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACIÓN DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020."

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ENTREVISTA A OPERADOR

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES
		0	6	11	16	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	96	100				
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	16	21	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	96	100				
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.																75										
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																75										
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.																75										
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.																75										
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en																75										



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Señor Augusto Fabiani Céspedes con DNI N° 02644838
Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial
de profesión Ing. Industrial CIP: 32159 desempeñándome
actualmente como Docente en la Universidad César Vallejo
en Ing. Industrial

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento:

- Guía de Encuesta
- Guía de Entrevista a Empleado
- Guía de Entrevista al Supervisor
- Guía de Entrevista al Operador
- Guía de Análisis Documental de las Normativas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X

4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 26 días del junio del Dos mil veinte



FIRMA

Mgtr. : *Severino Augusto Takobondel Cerpedes.*
DNI : *02644838*
Especialidad : *Ing. Industrial*
E-mail : *stakobon@hotmail.esa.*



“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACION DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020.”

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ENTREVISTA A SUPERVISOR

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES	
		0	5	10	15	20	21	25	30	35	40	41	45	50	55	60	61	65	70	75	80	81	85	90	95	96		100
ASPECTOS DE VALIDACIÓN																												
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.																											X
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																											X
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.																											X
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.																											X
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en																											X

“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACIÓN DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA-2020.”

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LAS NORMATIVAS

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES
		0	6	11	16	20	21	26	31	36	41	45	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100				
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	16	21	26	31	36	41	45	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100					
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	X					
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																					X					
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.																			X							
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.																		X								
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en																				X						



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Hugo Daniel GARCÍA JARA con DNI N° 41947380
Magister en GRADUADO DE OPERACIONES - ING INDUSTRIAL
de profesión ING. INDUSTRIAL desempeñándome
actualmente como COORDINADOR DE ESCUELA
en UCV - FIUC PUNO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento:

- Guía de Encuesta
- Guía de Entrevista a Empleado
- Guía de Entrevista al Supervisor
- Guía de Entrevista al Operador
- Guía de Análisis Documental de las Normativas

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					/
2. Objetividad					/
3. Actualidad					/

4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 26 días del junio del Dos mil veinte


 Hugo Daniel García Juárez
 INGENIERO INDUSTRIAL
 CIP 110495
 FIRMA

Mgtr. : Hugo García Juárez

DNI : 41947380

Especialidad : ING. INDUSTRIAL

E-mail : hgarcia@ucv.edu.pe

“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZACIÓN DEL COMPRESOR EN EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO DE UNA EMPRESA PETROLERA- 2020.”

FICHA DE EVALUACIÓN DE LA GUÍA DE ENTREVISTA A EMPLEADO

Indicadores	Criterios	Deficiente 0 - 20					Regular 21 - 40					Bueno 41 - 60					Muy Bueno 61 - 80					Excelente 81 - 100					OBSERVACIONES	
		0	6	10	15	20	21	25	30	35	40	41	45	50	55	60	61	65	70	75	80	81	85	90	95	96		100
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	15	20	21	25	30	35	40	41	45	50	55	60	61	65	70	75	80	81	85	90	95	96	100	
1. Claridad	Está formulado con un lenguaje apropiado.																											/
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.																											/
3. Actualidad	Adecuado al enfoque teórico abordado en la investigación.																											/
4. Organización	Existe una organización lógica entre sus ítems.																											/
5. Suficiencia	Comprende los aspectos necesarios en																											/

