

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO
MEDIANTE LA ESTRATEGIA DEL RCM EN UNA
CENTRAL TÉRMICA UBICADA EN LA CIUDAD DE
LIMA”

**Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:**

INGENIERO INDUSTRIAL



Autor:

Guillermo Cabañas Barrantes

Asesor:

Mg. José Antonio Orellana Pardave

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, ya que ellos han sido nuestros grandes apoyos a lo largo de toda esta carrera, por demostrarnos que con esfuerzo y sacrificio se puedan alcanzar grandes objetivos, como este, el de poder culminar nuestra carrera profesional satisfactoriamente.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, nuestro creador, quién me cuida y me ilumina en seguir este camino de realización profesional y en segundo a mis padres , en especial a mi madre que fue de fuente de inspiración para desarrollarme como profesional y también agradecer a nuestro asesor José Orellana Pardave y a todos los profesionales de las diferentes áreas que nos han brindado toda su experiencia y capacidad para desarrollarme no solo profesionalmente sino también en lo personal; a todos ellos, muchas gracias

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Antecedentes de la empresa.....	13
1.1.1. Misión.....	13
1.1.2. Visión.....	13
1.1.3. Valores.....	14
1.1.4. Estructura Organizacional.....	15
1.1.5. Ubicación.....	16
1.1.6. Sector donde labora STORK PERU.....	17
1.1.7. Políticas de seguridad y medio ambiente.....	17
1.1.8. Impacto ambiental.....	18
1.1.9. Realidad Problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problemas Específicos.....	20
1.3. Justificación.....	20
1.4. Formulación de objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Internacionales.....	22
2.1.2. Nacionales.....	23
2.2. Contexto actual del mantenimiento.....	25
2.2.1. Historia del Mantenimiento.....	25
2.2.2. Características del Personal de Mantenimiento.....	26
2.2.3. Criterios de la Gestión del Mantenimiento.....	26
2.3. Definiciones de términos.....	28
2.4. Primera generación.....	30
2.5. Segunda generación.....	30
2.6. Tercera generación.....	30

2.7. AMEF	32
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	37
3.1. Contexto general	37
3.2. Situación actual de la empresa	42
3.3. Metodología	42
3.3.1. Primera etapa	43
3.3.2. Segunda etapa	43
3.3.3. Tercera etapa.....	43
3.4. Análisis del mantenimiento de la central térmica.....	48
3.4.1. Plan de Mantenimiento	48
3.4.2. Área de influencia.....	50
3.5. Función de sistema y subsistema de equipos críticos.....	51
3.5.1. Descripción general de la planta	51
3.5.2. Generador de Gases 05-06 (GG).....	52
3.5.3. Turbina libre 05-06 (FT).....	53
3.5.4. Alternador UTI GE	54
3.5.5. Sistemas auxiliares UTI	55
3.5.6. Sistema salida de gases exhaust (chimenea)	56
3.5.7. Sistema de calefacción GG y FT “heater”	57
3.5.8. Sistema de lubricación electrobombas AC-DC	58
3.5.9. Sistema de soportes de turbina generador de gases GG turbina libre FT	59
3.5.10. Sistema de arranque y encendido de gas natural.....	60
3.5.11. Subsistema del compresor arrancador neumático 05-06.....	61
3.5.12. Sistema de diésel combustible centrifugas 1,2,3 bombas forwarding 1-2	62
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	64
4.1. Análisis de criticidad	64
4.1. Propuesta de soluciones a los equipos críticos.	70
4.2. Definición de Un plan de Mantenimiento para la planta central térmica	70
4.2.1. Matriz de Criticidad y Selección de equipos críticos.....	71
4.2.2. Matriz de Criticidad y Selección de equipos críticos.....	75
4.2.3. Matriz de criticidad y selección de equipos criticos	78
4.2.4. Cuadros comparativos de los sistemas criticos afectados en la central termica	81
4.3. RESUMEN DE RESULTADOS	83
4.4. Análisis de modo y efecto de falla amfe	84
4.4.1. Reporte de Fallas	85
4.4.2. Identificación de Equipos para realiza el AMEF	86

4.5. Desarrollo de AMEF para la planta uti	86
4.6. Acciones A.M.F.E recomendadas para el plan de mejora de la planta UTI.....	94
4.7. Funciones de los sistemas y subsistemas de la planta UTI.....	97
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Instalaciones de la central	38
Tabla N° 2. Turbina TG 5-6	39
Tabla N° 3. Turbina TG07.....	40
Tabla N° 4. Turbina TG 08.....	41
Tabla N° 5. Identificación de equipos en el campo	44
Tabla N° 6. Sistema y subsistema de la UTI	45
Tabla N° 7. Sistema y subsistema de equipos crítico y semicriticos UTI	50
Tabla N° 8. Puntaje asignado para frecuencia	66
Tabla N° 9. Criterio asignado para los costos de mantenimiento	68
Tabla N° 10. Criterio asignado para la seguridad e impacto al medio ambiente	68
Tabla N° 11. Criterio asignado en tema del impacto operacional	69
Tabla N° 12. Criterio asignado para calcular el puntaje de flexibilidad de los equipos	70
Tabla N° 13. Análisis de criticidad para el sistema principal UTI	71
Tabla N° 14. Análisis de criticidad para el sistema principal Westinghouse	75
Tabla N° 15. Análisis de criticidad para el sistema principal siemens	78
Tabla N° 16. Resumen.....	83
Tabla N° 17. Matriz de criticidad y criterio utilizado para efectuar el cálculo	83
Tabla N° 18. Análisis de criticidad: UTI, TG 07, TG 08	84
Tabla N° 19. Análisis modal de fallos y efectos AMFE UTI	88
Tabla N° 20. Acciones recomendadas del análisis modal de fallos y efectos A.M.F.E.....	94
Tabla N° 21. Funciones de los sistemas y subsistemas de la planta UTI	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Valores Stork Peru.....	14
Figura N° 2. Organigrama stork S.A 2019	15
Figura N° 3. Ubicación de la central térmica santa rosa.....	16
Figura N° 4. Cambios en las expectativas del mantenimiento.....	31
Figura N° 5. Cambios en las técnicas de mantenimiento	32
Figura N° 6. AMEF.....	33
Figura N° 7. Instalaciones central térmica santa rosa.....	38
Figura N° 8. Esquema Planta UTI.....	39
Figura N° 9. Esquema Planta Westinghouse	40
Figura N° 10. Esquema Siemens TG8.....	41
Figura N° 11. Se describe y se separa los sistemas y subsistemas que presentan un elevado índice de criticidad para el sistema de la planta UTI	47
Figura N° 12. Análisis para la determinación de los equipos críticos de la central térmica.....	48
Figura N° 13. Esquema básico de la planta UTI (2019	52
Figura N° 14. Esquema generador de Gases 05-06 (GG).....	53
Figura N° 15. Esquema de la turbina libre	54
Figura N° 16. Esquema del alternador eléctrico.....	55
Figura N° 17. Esquema de la casa de filtros de la planta UTI.....	56
Figura N° 18. Esquema de la chimenea de la planta UTI.....	57
Figura N° 19. Esquema del sub-sistema de calefacción GG y FT.....	58
Figura N° 20. Esquema del sub-sistema de lubricación:	59
Figura N° 21. Ubicación de los soportes de la turbina	60
Figura N° 22. El gas natural sale de la estación de regulación y medición (ERM#2),	61
Figura N° 23. Esquema simplificado del suministro de aire y del arrancador neumático para el generador de gases.	62
Figura N° 24. Sistema de diésel combustible centrifugas 1,2,3 bombas forwarding1-2	63
Figura N° 25. Esquema análisis de criticidad	65
Figura N° 26. Diagrama de flujo análisis de modos de falla, efectos y criticidad	67
Figura N° 27. Sistemas no críticos, semicríticos, críticos; latentes obtenidos en la planta UTI, siemens, Westinghouse.	81
Figura N° 28. Representación de los símbolos de los sistemas y subsistemas equipos no críticos, semicrítico, críticos de la central térmica.....	82
Figura N° 29. Turbogenerador dual westinghouse 120MV.....	110
Figura N° 30. Turbogenerador a gas siemens 160MV	111
Figura N° 31. Turbo generador aeroderivador 50MV	112
Figura N° 32. Planta generadora termo electrica 458 mv.....	113
Figura N° 33. Mantenimientos preventivos en turbo generadores aeroderivadores de 50mw	114

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo se realizó con la información en la empresa Stork Perú que suscribió el contrato N°8400107317-16, para el servicio de mantenimiento integral de una central térmica ubicada en la ciudad de Lima, iniciando el 01 de febrero del 2017. Se desarrollaron acciones de mantenimiento mecánico, eléctrico, instrumentación y control, mantenimiento básico operacional y limpieza. Al realizar el diagnóstico sobre la central térmica, se pudo constatar que las acciones de mantenimiento en su mayoría eran de origen correctivo llevando incluso a paralizar en varias oportunidades la operación de la central, a pesar de contar con instrumentos de naturaleza predictiva, sumado a esto un alto historial de fallas de los diversos equipos que forman parte de los sistemas TG05, TG06, TG07 y TG08.

En tal sentido, se procedió a realizar el rediseño de las actividades de mantenimiento dentro de la planta con la finalidad de mejorar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Como primera etapa se llevó a cabo el análisis de criticidad para identificar aquellos por los cuales se deberá comenzar a la implantación de las estrategias de mantenimiento, seguidamente se procedió a desarrollar con todo el equipo técnico el análisis de modos y efectos de fallos AMEF, definiendo de esta manera las funciones, modos de fallos y sus posteriores efectos a la generación de energía eléctrica. Finalmente, se procedió a rediseñar las acciones de mantenimiento priorizando las técnicas predictivas, luego preventivas y por último las correctivas con la designación de responsables para su correcto control y gestión. Logrando de esta manera reducir notoriamente las fallas correctivas y su consecuente incremento de la disponibilidad.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

Por los años 2000 mediante el funcionamiento inicial de las centrales termicas en europa se inaguro una nueva era de la generacion electrica a mayor escala el pais españa llegaba algo tarde a esta tecnologia que ya funcionaba en Estados Unidos , Asia y varios paises de america latina y paises de potencia mundial los cuatro fabricantes de turbinas Siemens, Alstom, General Electric, Mishubishi, habian desarrollado turbinas a gran escala de gran potencia de 260 mw que a su vez desarrollan la disposicion en ciclo simple y combinado.

Todas estas industrias en la creacion de turbinas para centrales termicas y ciclo combinado habian tenido en su tecnologia fallas latentes en el generador electrico , camara de combustion , rotor de turbina a poco todos los problemas tecnicos han sido superados con el pasars de los tiempos siendo las maquinas actuales mas fiables y competitivas que usan la tecnologia modernas para la creacion de turbinas que ya se empleam en las plantas termicas de america.

La producción industrial va en aumento debido al incremento permanente de nuevas empresas industriales. Debido a una estabilidad económica global del país. Tanto en industrias mineras, construcción, centrales térmicas, etc. que requieren los servicios y materiales óptimos que son soportes fundamentales de grandes industrias. La productividad en el mantenimiento es variante con respecto el entorno internacional Según el artículo elaborado por Rebolledo (2013) " la contribución del sector técnico colombiana en la última década favoreció en 14.5% al PBI, representando una importancia exportación de 37 % de máquinas y aparatos eléctrico. Una de las características de la industria colombiana es que más del 80.0% corresponde a pequeñas y medianas empresas, Este parte específico

representa el 3.0% en este rubro eléctrico. Este tipo de explotación tiene un campo de acción significativa, y su desarrollo es competente de pacto con las influencias en la manufactura colombiana" (pp.58)

Actualmente en nuestro país según lo investigado en centrales térmicas se busca generar la mayor calidad de servicios entorno al mejoramiento del mantenimiento de equipos mostrándose dichas estrategias en gran parte del clientes, ofreciéndoles los que desean, al costo que persiguen en el período que lo requieran, sin embargo, muchas veces es imposible un ampliación de producción cuando no preexiste una adecuada filosofía de trabajo, debido a que constantemente se encuentran problemas en el área productiva relacionadas a las máquinas y las bajas de equipos escasas inducciones a los operarios con respecto a sus herramientas de trabajo, generando constantes fallas no previstas con anterioridad.

las principales empresas generadoras de electricidad en el país Enel generación, Electro Perú, Kallpa, Fénix Powers, Engie estas desarrollan un plan de mantenimiento de los equipos que están abocado a la ejecución de las mejores prácticas para que el negocio sea más competitivo en el mercado de mantenimiento de turbinas que permite mejorar sus procesos de operación, por el cual busca preservar la vida útil de los sistemas las proyecciones del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) sobre la demanda de energía eléctrica hasta el año 2015 estiman un crecimiento mayor al 7% para un escenario optimista, en cuyo año se espera que la demanda de energía sería de 47 064 GWH y la demanda de potencia de 6 656 MW en el Perú En la central térmica santa rosa ubicada en el distrito del cercado de lima, en el departamento de lima se han manifestado ciertos factores problemas tales como; capacidad de respuesta débil por política de la misma empresa la cual no se le toma la importancia de verificación de documentos en cuanto a la

evaluación de los sistemas y subsistemas críticos desgastados por uso y tiempo en la operatividad del trabajo. Por lo tanto, tendríamos como consecuencia de ello la presencia a largo plazo de manera perjudicial el posicionamiento de la empresa en el mercado.

El éxito del RCM en el sector de la aviación, ha permitido que otros sectores tales como el de generación de energía centrales termoeléctricas y de ciclo combinado, se interesen en establecer esta ideología del mantenimiento, adecuándola a sus necesidades de operaciones es que la misma promueve el uso de los nuevos métodos avanzados para el mantenimiento permiten de forma eficaz, optimizar las técnicas de producción y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, que traen consigo los fallos de los activos en un contexto operacional específico. Esta unidad tiene la finalidad de servir de guía en la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para los sistemas asociados a plantas industriales, los objetivos de la industria en otras palabras, el RCM es una metodología que permite equilibrar las habilidades de mantenimiento óptimas para responder el desempeño de los modelos citados por los procesos de fabricación. Esta demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus ingresos y salidas, las formas en que pueden dejar de efectuar tales cargos y sus orígenes, derivaciones de los fallos eficaces y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación (preventivo, correctivo, predictivo, etc.) en el cargo del impacto global (seguridad, ambiente, unidades de elaboración).

Finalmente, el trabajo consta de diseñar un conjunto de actividades de mejora para corregir el mantenimiento que se está llevando en la actual central térmica.

1.1. Antecedentes de la empresa.

STORK, a Flúor Company, es el nombre actual de nuestra empresa, pero en realidad su historia se remonta a su fundación en el año 1827 con el nombre holandés Fabriek van Werktuigen en Spoorwegmaterieel (Maquinaria y obras de ferrocarril de los Países Bajos).

La empresa STORK PERU S.A fue constituida en Lima en el año 2008, los propietarios de STORK son inversionistas colombianos especializados en el sector energía, petróleo, gas, refinería, metales y minería. Nuestra oficina principal se encuentra ubicada en la ciudad de Lima AV. Juan de Arona N° 151 San Isidro.

La empresa cuenta con aproximadamente 4100 empleados distribuidos en todo lo ancho del país, en los diversos proyectos que llevan a cabo sus unidades de negocios. En la ciudad de Bogotá, que es en donde opera su sede administrativa, laboran 88 empleados.

1.1.1. Misión

Agregar el valor a nuestros clientes, al ofrecerles soluciones integrales de gestión de activos, comprometidos con el proceso de nuestros colaboradores, y con los más altos estándares de seguridad, gestión de riesgos y responsabilidad social.

1.1.2. Visión.

Ser una organización ágil y competitiva, con el mejor talento humano y socio estratégico de preferencia de nuestros clientes; otorgándoles experiencia, altos estándares en HSEQ y conocimiento durante el ciclo de vida del activo.

1.1.3. Valores.

Figura N° 1.

Valores Stork Perú

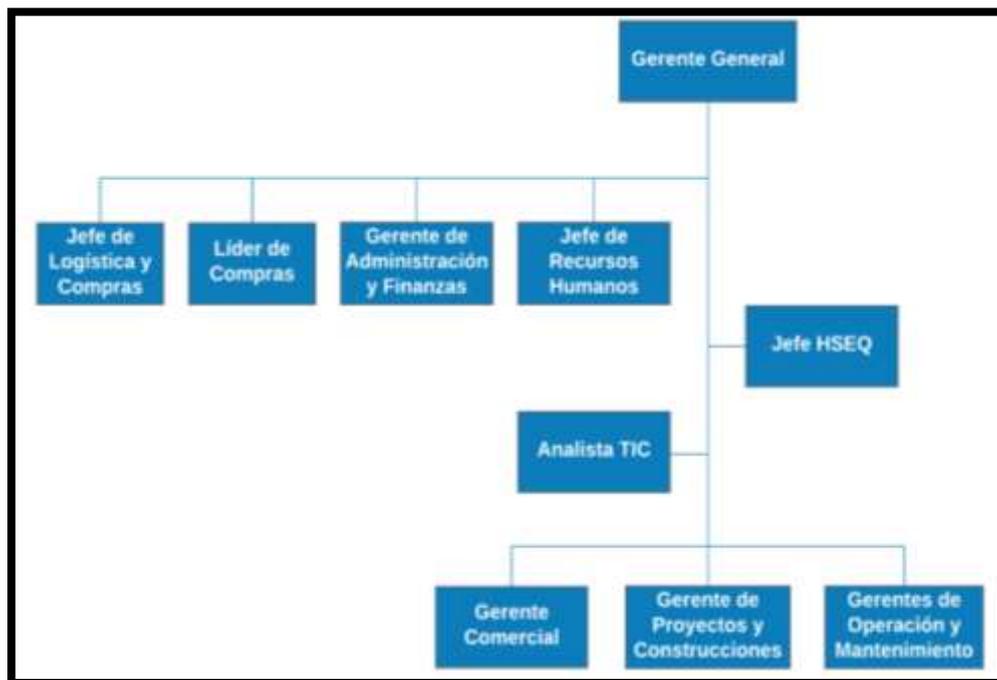


Fuente: Stork Perú

1.1.4. Estructura Organizacional

Figura N° 2.

Organigrama Stork S.A 2019



Fuente: stork Perú

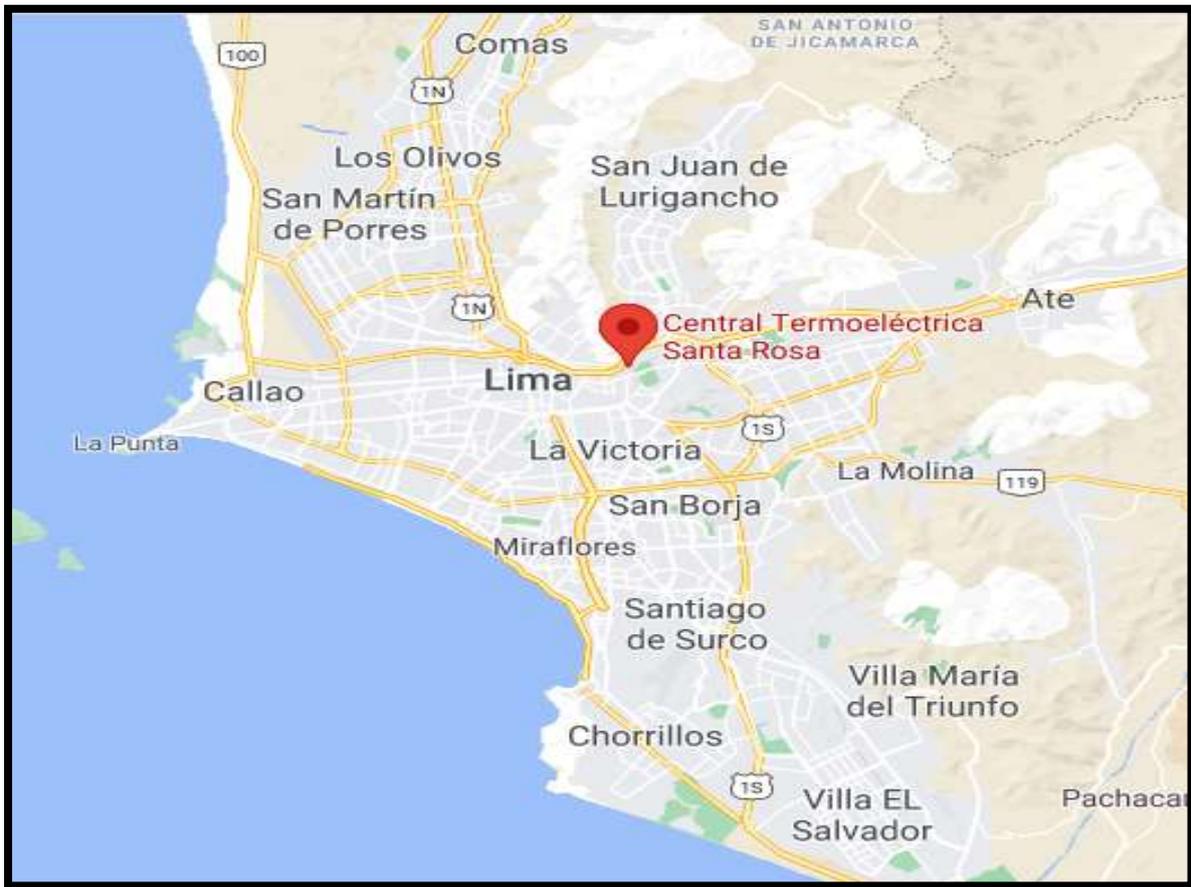
- **Competidores:** Confipetrol, Unicontrol, Serprotech Energy.
- **Clientes:** Enel, Nexa refinería Caja marquilla
- **Servicios:** Todos nuestros servicios cuentan con planes de aseguramiento metrológico y de la calidad según la naturaleza de la actividad, los cuales responden efectivamente a los criterios de aceptación de nuestros clientes. Ofrecemos un amplio portafolio de servicios de mantenimiento entre las cuales tenemos al mantenimiento, operación, parada de planta, fiabilidad, gestión de activos, predictivo, precomisionamiento, Operación y mantenimiento de sistemas de generación.

1.1.5. Ubicación.

La empresa STORK realiza servicios de mantenimiento en la Central Térmica Santa Rosa de propiedad de la empresa ENEL S.A.A. tiene sus instalaciones localizadas en la Calle José de Rivera y Dávalos N° 201 en la cuadra 15 del Jirón Ancash, en el departamento de Lima. Ubicada al Nor Este de Lima y 5 Km del centro de Lima.

Figura N° 3.

Ubicación de la central térmica santa rosa



Fuente: google maps Perú

1.1.6. Sector donde labora STORK PERU

La central térmica es una empresa que tiene a disposición varios contratos MARCO en la cual en sus instalaciones trabajan varios contratistas concesionarios del mantenimiento en ellas está la empresa STORK PERU que brinda actividades de mantenimiento general para la generación eléctrica que cuenta con dos centrales térmicas de ventanilla y lima santa rosa, así como con una red de líneas de transmisión para la interconexión entre las centrales eléctricas y la red nacional.

Las proyecciones del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) sobre la demanda de energía eléctrica hasta el año 2015 estiman un crecimiento mayor al 7% para un escenario optimista, en cuyo año se espera que la demanda de energía sería de 47 064 GWh y la demanda de potencia de 6 656 MW.

Ante tal crecimiento de demanda energética del país, se hace necesaria la implementación de nuevos proyectos energéticos que permitan cubrir la creciente demanda por parte del mercado eléctrico.

1.1.7. Políticas de seguridad y medio ambiente

Todos los trabajos de STORK PERU cumplirán las políticas aplicadas por la central térmica para la protección del medio ambiente y seguridad laboral estos basados en una serie de procedimientos que todos sus Subcontratistas deberán aplicar. En la central térmica implementará un programa de auditorías donde se verificará los adecuados procedimientos de trabajo en cada una de las tareas que se realicen en la ejecución del proyecto eliminando o reduciendo así los daños al medio ambiente como los accidentes personales.

1.1.8. Impacto ambiental

La central térmica y la empresa STORK PERÚ cumple con una serie de parámetros que prevengan y mitiguen el impacto que pueda causar el proyecto, para mayores detalles ver el Estudio de Impacto Ambiental donde se presenta un plan de manejo ambiental y un plan de manejo social en los que se indican las actividades a realizar en las etapas de preparación del terreno, de construcción, de operación y mantenimiento, resaltando las mejoras en los Centros Poblados aledaños a la Central que conforman el área de influencia directa del proyecto ventanilla y santa rosa En su ubicación tiene sus instalaciones y en su interior se encuentran las turbinas generadoras principales .

1.1.9. Realidad Problemática

En la actualidad observamos que son más las centrales térmicas que buscan adoptar mejores estrategias en su gestión y en todos sus procesos, ya sea desde la adquisición de mejoras y modernas tecnologías, hasta la implantación de filosofías modernas como es la gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad de los sistemas críticos que existen en diversos rubros de generación eléctrica, en las centrales térmicas en todo el mundo y en nuestro país

Sin embargo, a través de observaciones directas del personal operativo que labora en la central térmica en estudio de trabajo, hemos detectado el comportamiento de los equipos críticos mediante evaluaciones permanentes, se determinó entre otras las siguientes causas, fallas y efectos afectando a los sistemas y subsistemas. Esta situación problemática nos induce a realizar el trabajo para aplicar un Sistema de Gestión, de mantenimiento Corporativo mediante el análisis del RCM.

Ordoñez, (2016). En su tesis experimental “Propuesta de implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para optimización de los planes de mantenimiento en una central hidroeléctrica” manifiesta que la gestión del mantenimiento industrial, en las operaciones productivas, enfoque en las centrales hidroeléctricas de generación de energía, las herramientas de calidad utilizadas para el análisis y finalmente los casos de éxito de la implementación del RCM en otras industrias para la vanguardia en el ámbito del bienestar de la confiabilidad evitando y reducir pérdidas en la producción y mantenimiento.

Sanzol, L. (2010). Actualmente la gestión de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo. La definición que generalmente tenemos de Mantenimiento, es que, es la aplicación de un conjunto de técnicas destinadas a conservar los equipos e instalaciones durante el mayor tiempo posible, tratando de alcanzar la más alta disponibilidad y el máximo rendimiento.

Parra y Crespo. (2012) La misma competencia nacional e internacional conlleva a las organizaciones a la búsqueda de nuevas estrategias en función de asegurar la máxima vida útil de sus activos, esto por el alto costo que estos representan. “En el proceso de optimización de la gestión del mantenimiento, es de vital importancia que el área de mantenimiento sea capaz de integrar y correlacionar los indicadores básicos de mantenimiento con los indicadores económicos de la organización” (p.1)

Estudios realizados en el Perú nos arrojan que solo el 5% de las grandes empresas se encuentran realizando una gestión de mantenimiento de clase mundial, aplicando filosofías como la del RCM, TPM; entre otras.

Ordoñez, J. (2016). En su tesis experimental *“Propuesta de implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para optimización de los planes de mantenimiento en una central hidroeléctrica”* manifiesta que la gestión del mantenimiento industrial, en las operaciones productivas, enfoque en las centrales hidroeléctricas de generación de energía, las herramientas de calidad utilizadas para el análisis y finalmente los casos de éxito de la implementación del RCM en otras industrias para la vanguardia en el ámbito del bienestar de la confiabilidad evitando y reducir pérdidas en la producción y mantenimiento.

De acuerdo a lo explicado formulamos la siguiente pregunta.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida la mejora el RCM puede mejorar los planes de mantenimiento para asegurar la confiabilidad en una central térmica ubicada en la ciudad de lima?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo influye la falta de control de las actividades de los planes de mantenimiento en la central térmica ubicada en la ciudad de lima?

¿De qué manera la mejora de los planes de mantenimiento mediante la estrategia del RCM influirá en la disponibilidad de los equipos en una central térmica ubicada en la ciudad de lima?

1.3. Justificación

La investigación se justifica metodológicamente pues busca desarrollar una herramienta de gestión en la mejora de los planes de mantenimiento mediante la estrategia del RCM incrementará la confiabilidad de los equipos de una central térmica ubicada en la ciudad de

lima. Este diagnóstico de la mejora de mantenimiento influirá en las técnicas de aplicación de los equipos de la central térmica ubicada en la ciudad de lima.

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mediante los planes de mantenimiento mediante la estrategia del RCM se consiguiera la mejora de los planes de mantenimiento de la empresa STORK

1.4.2. Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico de los factores que influyen en los planes de mantenimiento mediante la estrategia del RCM aseguraremos la confiabilidad de los equipos en una central térmica ubicada en la ciudad de lima.

Proponer un plan de mejora para el mantenimiento mediante la estrategia del RCM en una central térmica ubicada en la ciudad de lima.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Internacionales

Mundiales que tratan el mantenimiento como Sae, Oreda, Eireda, Esreda, Aladon, Military Standard, Afnon, British, standard, etc. aceptan tres indicadores básicos con habilidad, mantenibilidad, y disponibilidad.

Huerta, E. (2007) en su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón” manifiesta que el funcionamiento de un proceso productivo depende directamente de las condiciones en las que se encuentren los equipos que intervienen en el plan de gestión de mantenimiento; fue necesario establecer cuál es la etapa crítica del proceso productivo, para así saber a cuales equipos se debió orientar este estudio y de esta manera satisfacer la entrega a tiempo de las ordenes de producción, con una excelente calidad.

García, G. (2018). en su tesis expuesta “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)” tras esta propuesta, se realizaron el diagnóstico de la situación actual, Personal en los equipos y maquinarias con los que trabaja. Para ello se desarrollan distintas propuestas para cada problema en particular, la necesidad de implementar un sistema de gestión de mantenimiento asistida por, ordenador (GMAO); el método de clasificación de un mantenimiento autónomo; temas operativos de estandarización calidad y seguridad.

Según García, C. (2015). *Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de la ciudad de México*. (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional, México. En su trabajo de investigación, se presenta un Modelo de Gestión de Mantenimiento para incrementar la Calidad en el Servicio en el Departamento de Alta Tensión del STC Metro de la Ciudad de México, el cual optimizará el funcionamiento de la administración de los recursos, las actividades y mejorará la calidad en el servicio de transporte que se le proporciona al público usuario.

2.1.2. Nacionales

Cruz, L. (2016) En su presente tesis, “*Diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en las maquinas circulares de la empresa textil WG S.A.C - lima.*” Se centró en el aumento de la eficiencia en tiempo de vida de las 40 máquinas circulares (Vanguard, Monark y Mayer) de la empresa textil WG S.A.C para dar solución a esta problemática se planteó el diseño y propuesta de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad y disponibilidad mejorando la producción, calidad y fiabilidad de los equipos de toda la empresa.

Rodríguez, M. (2012) Expone en su tesis. “*Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la Mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*”. Llevo a cabo su investigación con el objetivo general la mejora de la gestión de mantenimiento basado en la Mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera, permitiendo lograr incrementar la disponibilidad mecánica en dichos equipos. Se inició con el diagnóstico de la situación actual de la empresa y de la gestión de mantenimiento para llegar a conocer los puntos débiles dentro del proceso y poder formular propuestas para mejorar y reducir costos relacionados al mantenimiento.

Según Mejía, R. (2017). Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la Empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Mediante la aplicación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, se mejoró la disponibilidad en un 16% y aumentó la productividad en un 7%. Además, se tendrá un ahorro de S/ 27 387,46 al año.

Según Villegas, J. (2016). Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa “Manfer s.r.l. contratistas generales”. (Tesis de grado) Universidad Católica San Pablo, Arequipa. Se realizó un análisis de costo beneficio de la propuesta en la que se determinó inicialmente que el costo total es de S/.73, 700 soles, además un ahorro de S/.198,577.80 en alquiler en los 02 años, teniendo en cuenta el aumento de disponibilidad de los equipos, lo cual nos entrega un Ahorro Total de la propuesta de S/.124,877.80 en el transcurso de los 02 años.

Según García, G. (2018) *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)*. (Tesis de grado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Tras haber desarrollado la propuesta de implementación se presentan los beneficios económicos para este proyecto de implementación de TPM. Teniendo ahorros mensuales de S/. 6,731.60 con una inversión inicial de S/: 30,612.63.

2.2. Contexto actual del mantenimiento

2.2.1. Historia del Mantenimiento

Las clasificaciones de la prestación del mantenimiento integrado con ingreso de sucesos para la inspección anticipado, disciplinario desde varios periodos en base, principalmente, con el objetivo de mejorar la funcionabilidad de los equipos generales industriales.

Recientemente, con necesidad de reducir los costos propios de mantenimiento resalta esta necesidad de la formación mediante la introducción de controles adecuados mejora de costos;

Últimamente, la exigencia a que la industria está sometida a mejorar dicha gestión en todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la falta de considerar de forma sistemática los adelantos que pueden ser introducidas, tanto experimentado como económica del mantenimiento. Es la ideología de la tecnología. Todo ello ha imperfecto a la necesidad de manipular desde el mantenimiento una gran cantidad de investigación.

Durante los siglo 18 y comienzo del siglo 19 durante la revolución industrial, con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparacion, el inicio de los conceptos de la competencia de costos, planteo en las grandes empresas, las primeras preocupaciones hacia las fallas o paro que se producían en la producción. Hacia los épocas del siglo 20 ya surgen las principales estadísticas sobre tasas de falla en motores y dispositivos de aviacion.

El sostenimiento, está relacionada con la reducción de la prevención de incidentes y accidentes en el trabajador ya que tiene el compromiso de conservar en buenas situaciones, de

los equipos y herramienta, de trabajo, lo cual permite un mejor desarrollo y seguridad evitando en parte los peligros en el área profesional.

2.2.2. Características del Personal de Mantenimiento

Las tareas del personal que labora en el departamento de mantenimiento son complejas dicho mantenimiento apropiado asegura un tiempo máximo de operaciones del equipo o maquina En la infraestructura de la empresa con el propósito de realizar labores de mantenimiento

2.2.2.1. Objetivos del Mantenimiento

Para estos tiempos muchas organizaciones empresariales no toman en serio el mantenimiento como actividad trascendente o de lo contrario, no la han constituido por las acciones de mantenimiento se cumplen cuando hay una emergencia o imprevisto durante la producción.

En el caso del mantenimiento su distribución e investigación debe estar encaminada a la permanente obtención de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos, maximización de la vida de la máquina.

2.2.3. Criterios de la Gestión del Mantenimiento

Un mantenimiento apropiado asegura un tiempo máximo de operaciones del equipo o maquina a un costo mínimos un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución

permite alcanzar un mayor grado de seguridad en los dispositivos, aparatos, edificaciones civiles, infraestructuras

Objetivos del Mantenimiento

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento apropiado, alarga la vida útil de los bienes, a alcanzar un beneficio aceptable de los propios durante más período y a reducir la representación de fallas en los equipos.

Expresamos que algo falla cuando deja de ofrecernos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las descripciones de proyecto con las que fue montado o ubicado el bien en cuestión.

2.3. Definiciones de términos

2.3.1. Fallas Tempranas

Sucedan al principio de la vida útil y forman un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de enlace técnico

2.3.2. Fallas adultas

Son las fallas que presentan mayor repetición durante la vida útil. Son originarias de las situaciones de operación y se manifiestan más lentamente que las primeras (suciedad en un filtro de aire, cambios de cojinetes de un motor etc.)

2.3.3. Fallas tardías

Simbolizan una pequeña fracción de las fallas generales, surgen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (degradación de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo eléctrico de una iluminaria, etc.

2.3.4. Mantenimiento correctivo

Se encomienda en la reparación una vez que se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dado que corrige sus defectos observados en equipamientos e subestructuras que delimita sus defectos y averías para ser mejorados y repararlos para su sostenimiento en el mantenimiento.

2.3.5. Mantenimiento Preventivo

Es un programa planificado necesario en la inspección lubricación, cuidado y reparación de máquinas e instalaciones, destinado a asegurar el mínimo tiempo de paros o previstos y un máximo de tiempo de funcionamiento productivo eficaz y eficiente para el equipo;

Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

2.3.6. Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se provoque. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan equipos y tecnologías de monitores de parámetros físicos con instrumento de medición.

2.3.7. Mantenimiento Centrado en la confiabilidad

En los últimos años han existido importantes cambios en la gestión del mantenimiento, donde se han trazado nuevas filosofías de pensamiento y actuación en busca de un nuevo concepto de mantenimiento que evite las paradas no planeadas en los procesos de operación de la institución.

Antes de exponer que es el mantenimiento centrado en la confiabilidad, más conocido como RCM (del inglés Reliability Centered Maintenance), es necesario explicar rápidamente cómo ha avanzado el mantenimiento en este siglo. La evolución del mantenimiento puede dividirse en tres etapas diferentes.

2.4. Primera generación

Este periodo cubre desde 1930 hasta la segunda guerra mundial en el que la industria no estaba excesivamente mecanizada, por lo que los tiempos de parada no eran demasiado importantes. La prevención de los fallos de los equipos no era una función prioritaria, además estos eran sencillos y estaban sobre diseñados por lo que eran bastante fiables y fáciles de reparar. Por lo tanto, las únicas operaciones de mantenimiento sistemático eran la limpieza y lubricación.

2.5. Segunda generación

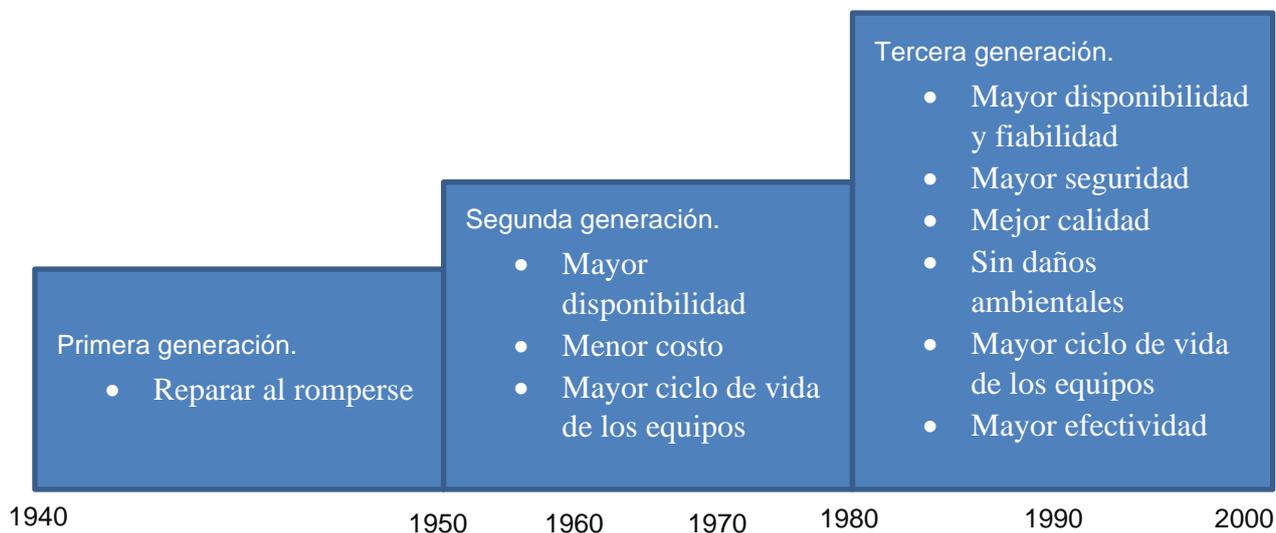
Durante este periodo hay una mayor mecanización debido principalmente a la menor mano de obra disponible y a la necesidad de fabricar rápidamente y de forma fiable para abastecer a los mercados. Existe en ese momento una mayor dependencia de las maquinas por lo que sus posibles fallos deben de ser prevenidos, con lo que surge el denominado, con lo que surge el denominado mantenimiento preventivo. Este consistía principalmente en revisiones de los equipos a intervalos de tiempos fijos.

2.6. Tercera generación

Este periodo empieza a mediados de los años 70 (Macian, 1999), cuando hay enormes cambios en la industria ya que se crean nuevas expectativas, investigaciones y técnicas. Se muestra los cambios en las expectativas de mantenimiento con respecto a los años.

Figura N° 4.

Cambios en las expectativas del mantenimiento

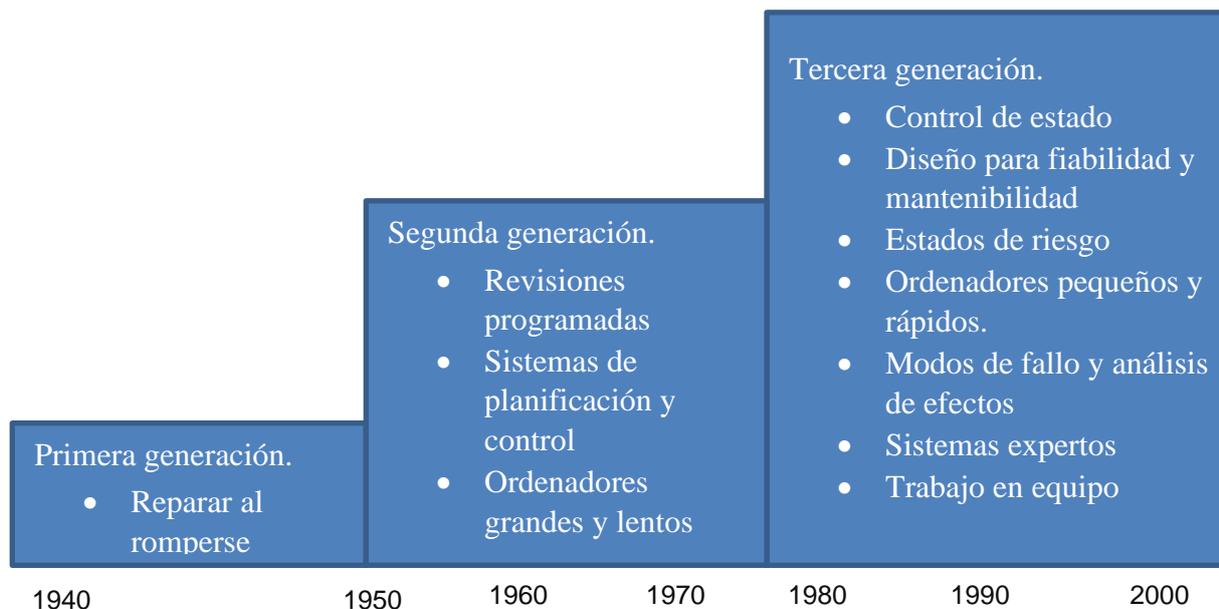


Fuente: Macian, (1999)

La enorme automatización, que hoy en día se tiene en las empresas, significa que un mayor número de fallos son susceptibles de afectar a la capacidad de mantener satisfactoriamente los estándares de calidad; tanto de servicio como de producto. El mantenimiento en los últimos 30 años, ha pasado de apenas tener un control de su costo a ser el elemento prioritario de dicho control, además de nuevas expectativas la realización de nuevos estudios ha cambiado la concepción que se tenía sobre vejez y fallo. En los últimos 20 años ha habido un incremento dramático en el desarrollo de nuevas técnicas de mantenimiento.

Figura N° 5.

Cambios en las técnicas de mantenimiento



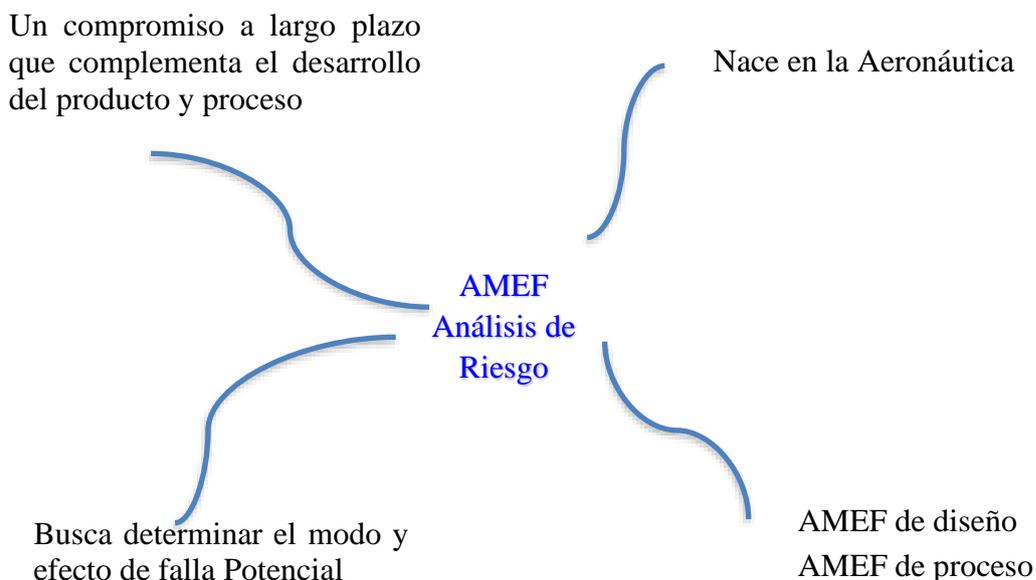
Fuente: Macian. (1999)

2.7. AMEF

Análisis de Modo y Efecto de Falla

Figura N° 6.

AMEF.



Fuente: Elaboración Propia

Conjunto de directrices de un método que identifica los problemas potenciales que se pueden producir en los procesos debe ser desarrollado por un equipo multifuncional. la capacidad del dispositivo penderá tanto de la complicación del diseño y como del tamaño de la organización.

2.7.1. AMEF Proceso

1. Que el personal de la operación cuente con una herramienta que le ayude a identificar y resolver problemas potenciales en los procesos de manufactura.
2. Identificar los riesgos de falla que provocan los defectos de las piezas, para evitar enviar productos con problemas de calidad los clientes.
3. Identificar riesgos en las operaciones que provocan un alto SCRAP en el proceso.

4. Determinar acciones contundentes en el proceso que ayuden a reducir o eliminar riesgos de calidad y SCRAP.
5. Corregir los documentos del Sistema de Gestión de Calidad que apoyan al proceso de manufactura.

AMEF de diseño: se usa para reconocer dispositivos de diseños. Se enfoca hacia los Modos de Falla asociados con la funcionalidad de un dispositivo, causados por el proyecto.

AMEF de proceso: se usa para analizar los procesos de manufactura ensamble. Se enfoca a la discapacidad para provocar el requerimiento que se trata, un defecto. Los Modos de Falla pueden derivar de Causas examinadas en el AMEF del Esquema.

Otros: seguridad, servicio, ensamble.

2.7.1.1. Modo de falla

- La forma en que un producto o proceso puede fallar para cumplir con las especificaciones.
- Normalmente se asocia con un Defecto o falla

Ejemplos:

<u>Diseño</u>	<u>Proceso</u>
Roto	Flojo
Fracturado	de mayor tamaño
Flojo	equivocado

2.7.1.2. Efecto

- El impacto en el Cliente cuando el Modo de Falla no se previene ni corrige.
- El cliente o el siguiente proceso puede ser afectado.

Ejemplos:

<u>Diseño</u>	<u>Proceso</u>
Ruidoso	deterioro prematuro
Operación errática	claridad insuficiente

2.7.1.3. Causa

- Una deficiencia que genera el Modo Falla.
- Las causas son fuertes de **Variabilidad** asociada con variables de entrada claves.

Ejemplos:

<u>Diseño</u>	<u>Proceso</u>
Material incorrecto	error en ensamble
Demasiado esfuerzo	no cumple las especificaciones

2.7.1.4. Preparación del AMEF

- Se recomienda que sea un equipo multidisciplinario
- El ingeniero responsable del sistema, producto o proceso de Manufactura/ Ensamble, Calidad, Confiabilidad, Servicio, Compras, Pruebas, Proveedores y otros expertos en la materia que sea conveniente.

2.7.1.5. ¿Cuándo iniciar un FMEA?

- Al diseñar los sistemas, productos y procesos nuevos.
- Al cambiar los diseños o procesos existentes o que serán usados en aplicaciones o ambientes nuevos.
- Después de completar la solución de problemas (con el fin de evitar la incidencia del problema)

- El AMEF de sistema, después de que las funciones del sistema se definen, aunque antes de seleccionar el hardware específico.
- El AMEF de diseño, después que las funciones del producto son definidas, aunque antes de que el diseño sea aprobado y entregado para su manufactura.
- El AMEF de proceso, cuando los dibujos preliminares del producto y sus especificaciones están disponibles.

CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Contexto general

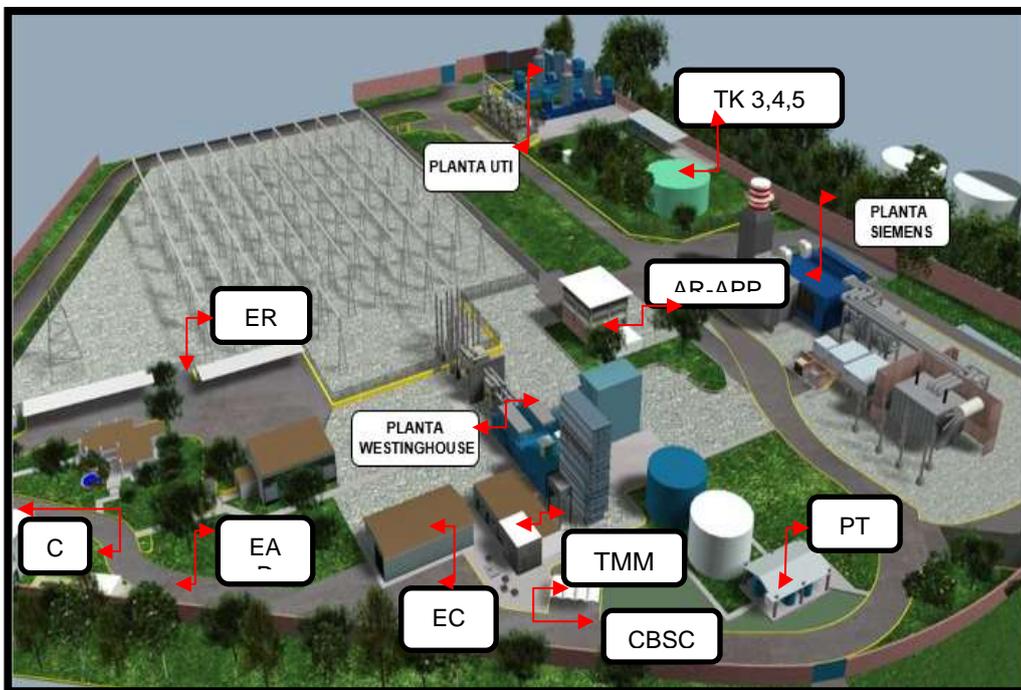
La central térmica es una empresa multinacional de energía y uno de los principales operadores integrados globales en el sector. Trabaja en más de 30 países y en 5 continentes, produce energía a través de una capacidad instalada neta de unos 83 GW, distribuyendo electricidad en una red de 2,1 millones de km aproximadamente. Con 65 millones de consumidores finales en el mundo entero, tenemos la mayor base de clientes en Europa y somos una de las principales empresas eléctricas del continente en cuanto a capacidad instalada.

La central térmica está conformada por 4 turbinas a gas: 2 unidades idénticas con turbinas tipo Jet, marca UTI que en total tienen una potencia de 105.8 MW; 1 unidad con turbina tipo industrial, marca Westinghouse que tiene una potencia de 123.3 MW y 1 unidad con turbina tipo reactiva de gas Siemens ECONOPAC diseñada para proveer una potencia

de 198.27MW. Cada una de las unidades generadoras dispone de sus propios transformadores de poder y de servicios auxiliares. cuyas instalaciones dentro de la planta comprenden: el patio de llaves, una línea de transmisión de 220 kW. Y además la planta cuenta con la siguiente instalación.

Figura N° 7.

Instalaciones central térmica santa rosa



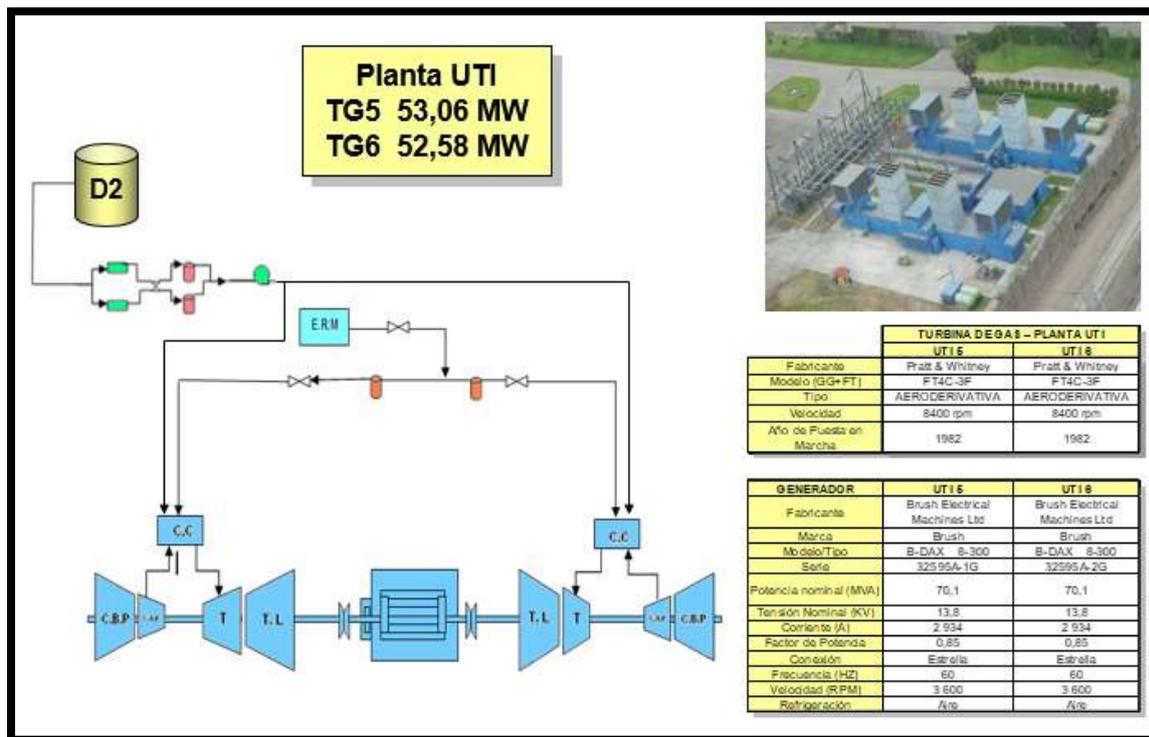
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 1.
Instalaciones de la central

Instalaciones de la central térmica santa rosa	
Edificio de control	EC
Planta de tratamiento de agua	PTA
Caseta de bombas del sistema contra incendio	CBSCI
Edificio administrativo	EAD
Taller de mantenimiento mecánico y eléctrico	TMME
Planta uti, Westinghouse y siemens TG 08	UTI, Westinghouse siemens
comedor	C
Almacén de repuestos	AR
Almacén de productos peligrosos	APP
Tanque N°3,4 y 5 almacenamiento diésel	TK 3,4,5 D2
Estación de medición de gases	ERM

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8.
Esquema Planta UTI



Fuente: Elaboración propia

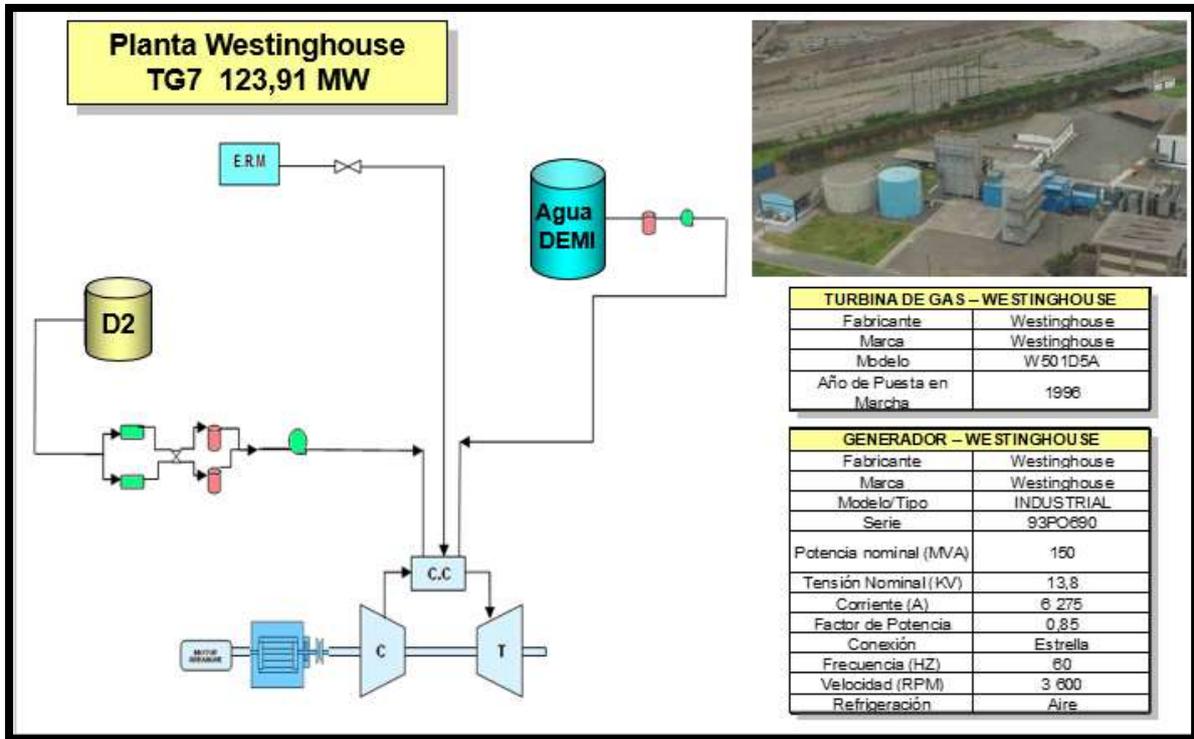
Tabla N° 2.
Turbina TG 5-6

TURBINA DE GAS – UTI 5-6		
	5	6
DIESEL 2	D2	D2
Estación regulación y medición	ERM	ERM
Cámara de combustión	CC	CC
Compresor de baja presión	CBP	CBP
Compresor de alta presión	CAP	CAP
Turbina	T	T
Turbina libre	TL	TL

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 9.

Esquema Planta Westinghouse



Fuente: Elaboración propia

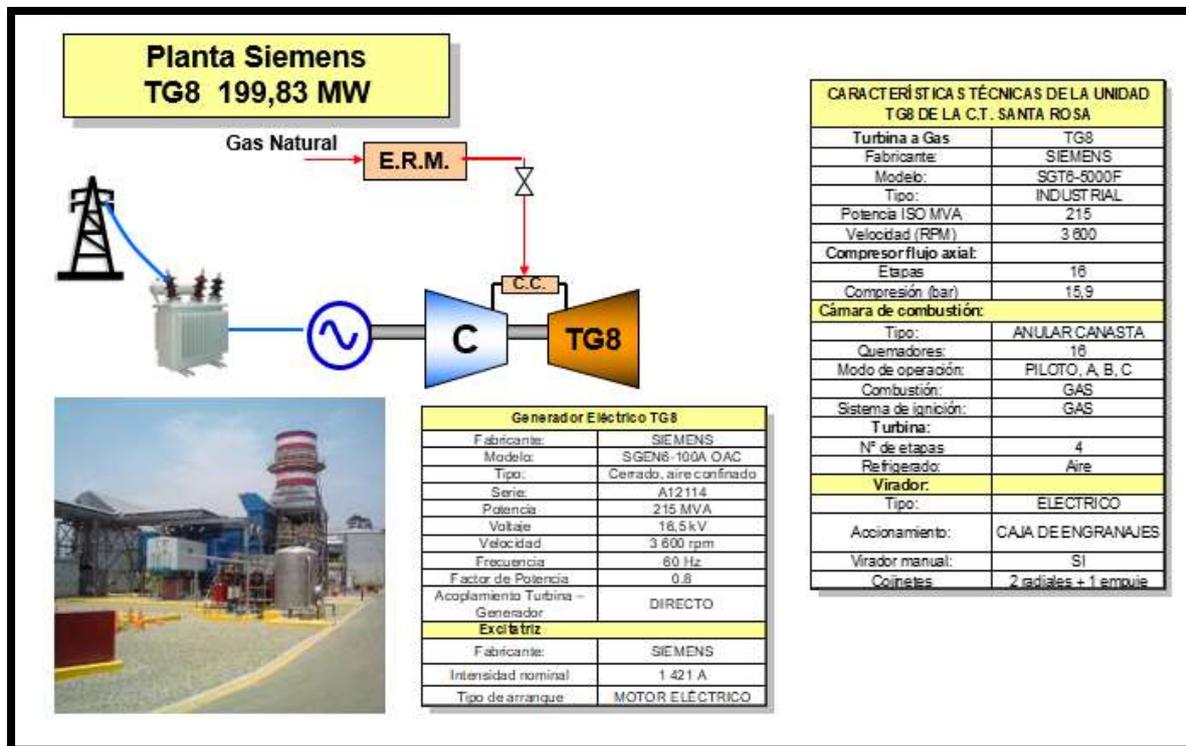
Tabla N° 3.
Turbina TG07

TURBINA DE GAS – WESTINGHOUSE	
Estación regulación y medición	ERM
Diesel 2	D2
Agua demi	AGUA DESMINERALIZADA
Cámara de combustión	CC
Compresor turbina	C T

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 10.

Esquema Siemens TG8



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.
Turbina TG 08

TURBINA DE GAS – SIEMENS WESTINGHOUSE	
Estación regulación y medición	ERM
Cámara de combustión	CC
Turbina gas 8	TG 08
compresor	C
Generador	~

Fuente elaboración propia

3.2. Situación actual de la empresa

La situación actual de la central térmica es una empresa creada para la generación eléctrica y cubrir el fluido eléctrico al sector público y privado en el país, la central posee una gran variedad de sistema y subsistema cuya gestión se base en un mantenimiento básico preventivo, correctivo, y predictivo muy inestable para el control de su gestión de un mantenimiento adecuado y óptimo en la cual se registra un historial deficiente y muy costoso de los trabajos de mantenimiento de los diversos equipos en la central.

El personal a cargo del mantenimiento toma decisiones en función a la operatividad de los equipos y al tener varias fallas mecánicas, eléctricas, y de control en periodos largos de funcionamiento la central térmica se ve obligada a detener la operatividad de las unidades TG05, TG06, TG07, TG08 afectando su producción energética la electricidad se consume diariamente para su creación es necesario el funcionamiento de las turbinas al no estar operativas lleva a diversos problemas sociales, industriales afectando a la población que es el consumidor principal del país el proyecto de mejora está enfocado hacia los sistemas y subsistemas críticos de la central que se realiza su mantenimiento a los equipos en la cual su historial de fallas ha sido utilizado para el análisis de criticidad de cada sistema y subsistema para luego aplicar a metodología de RCM (Mantenimiento basado en la confiabilidad) para la determinación de la mejora en el plan de mantenimiento actualizado de la central térmica.

3.3. Metodología

El presente trabajo de mejora de investigación según la naturaleza de los datos, es de tipo cuantitativa y según la manipulación de nuestras variables tiene un diseño descriptivo permitiendo al estudiante el desarrollo y aplicación de habilidades, destrezas, competencias

propias y adquiridas durante el periodo de su formación académica como Ingeniero industrial, Se describe una serie de pasos seguidos en un orden definido que indican cómo deben ser o hacerse los trabajos o actividades reguladas por el sistema de gestión.

En una representación escrita, cada paso o declarado que debe detallar qué hay que hacer, quién debe ocuparse de que se haga y cuándo debe. A lo largo del tiempo se han desarrollado actividades que se ejecutan en el servicio de mantenimiento y se mantiene en actualización según la necesidad del trabajo respectivo.

3.3.1. Primera etapa

Para la realización de esta investigación se procedió a realizar una recolección de información de los registros de los equipos con los que cuenta la central térmica ubicada en la ciudad de Lima. Se realizaron entrevistas personales con los altos mandos implicados en la gestión del mantenimiento; así como también del personal técnico operativo que realiza las diferentes actividades de mantenimientos mecánicos, eléctricos, instrumentación, etc.

3.3.2. Segunda etapa

Se hizo una identificación de los criterios para la elaboración de la matriz de criticidad de equipos; se elaboró la matriz, se seleccionaron los equipos con la categoría de críticos, y se hizo un tratamiento y análisis de la información obtenida.

3.3.3. Tercera etapa

De investigación se realizó un riguroso estudio de toda la información obtenida, se identificaron los equipos con mayor frecuencia de fallos, realizamos pequeñas reuniones para

discutir la relevancia de la información, finalmente se obtuvo mediante la matriz del RCM las mejoras de las actividades de mantenimiento.

Se demostró favorablemente del método propuesto para obtener una lista de sistemas de la central térmica dicha lista garantiza la prioridad de los equipos más críticos además se denominaron por sistemas y subsistemas los equipos críticos

Tabla N° 5.

Identificación de equipos en el campo

SISTEMA	SUBSISTEMA
UTI TG 05 - 06	GENERADOR DE GASES
UTI TG 05 - 06	TURBINA LIBRE
UTI TG 05 -06	ALTERNADOR
UTI TG 05 -06	CASA DE FILTROS
UTI TG 05 -06	EXHAUST (CHIMENEA)
UTI TG 05 - 06	CALEFACCION GG-FT " HEATER "
UTI TG 05 - 06	ELECTROBOMBA AC,DC LUBRICACION
UTI TG 05 - 06	SOPORTE DE GG Y FT
UTI TG 05 - 06	GAS NATURAL
UTI TG 05-06	COMPRESOR
UTI TG 05-06	ELECTROBOMBA FORWARDING AC 01-02,DC
UTI TG 05-06	CENTRIFUGA 1,2,3,4
WHS TG07	TURBINA
WHS TG07	COMPRESOR DE TURBINA
WHS TG07	GENERADOR
WHS TG07	CASA DE FILTROS
WHS TG07	EXHAUST (CHIMENEA)
WHS TG07	VENTILADORES SECUNDARIOS Y CALEF. 1-6
WHS TG 07	ELECTROBOMBA AC 01,02,DC LUBRICACION
WHS TG 07	SOPORTE TRUNIONS
WHS TG 07	GAS NATURAL
WHS TG 07	COMPRESOR 1,2,3,4
WHS TG 07	ELECTROBOMBA FORWARDING 01-02
SIEMENS TG 08	TURBINA
SIEMENS TG 08	COMPRESOR DE TURBINA
SIEMENS TG 08	GENERADOR
SIEMENS TG 08	CASA DE FILTROS
SIEMENS TG 08	EXHAUST (CHIMENEA)

SIEMENS TG 08	VENTILADORES SECUNDARIOS 1-6 CALEFACCION
SIEMENS TG 08	ELECTROBOMBA AC 01,02,DC LUBRICACION
SIEMENS TG 08	SOPORTE TRUNIONS
SIEMENS TG 08	GAS NATURAL
SIEMENS TG 08	COMPRESOR 8
SIEMENS TG 08	ELECTROVENTILADOR AIRE ACEITE 01-02
SIEMENS TG 08	ELECTROVENTILADOR AIRE AIRE

Fuente: Elaboración propia

Se realiza una confección de listados de los equipos UTI, TG7, TG08 cada archivo se divide en sistema y subsistema a los cuales pertenecen, adhiriendo sus respectivos detalles que se van llenando de forma periódica, en un formato por estandarizar para su respectivo uso continuo. La identificación de equipos se realiza con el fin de tener conocimiento de la cantidad de equipos.

La central térmica cuenta con un total de 122 equipos en la cual su estructura general contempla a las tres unidades de la turbina de gas de generación en la cual vienen operando regularmente sin afectar la producción de electricidad. Nuestra población afectada para esta mejora realizaremos el análisis de 11 equipos en la cual se consideró 4 actualmente críticos estructurados generalmente en sistemas y subsistemas en la unidad: UTI, TG O7 Y TG O8.

Tabla N° 6.

Sistema y subsistema de la UTI

SISTEMA	SUBSISTEMA
UTI TG 05 – 06 A	ELECTROBOMBA AC LUBRICACION
UTI TG 05 – 06 B	ELECTROBOMBA DC LUBRICACION
UTI TG 05 - B	ELECTROBOMBA AC LUBRICACION
UTI TG 05 - B	ELECTROBOMBA DC LUBRICACION
UTI TG 05	ELECTROBOMBA AC 01 LUBRICACION
UTI TG 05	ALTERNADOR
UTI TG 05	ELECTROBOMBA AC 02 LUBRICACION
UTI TG 05 -A	ALTERNADOR
	GENERADOR DE GASES

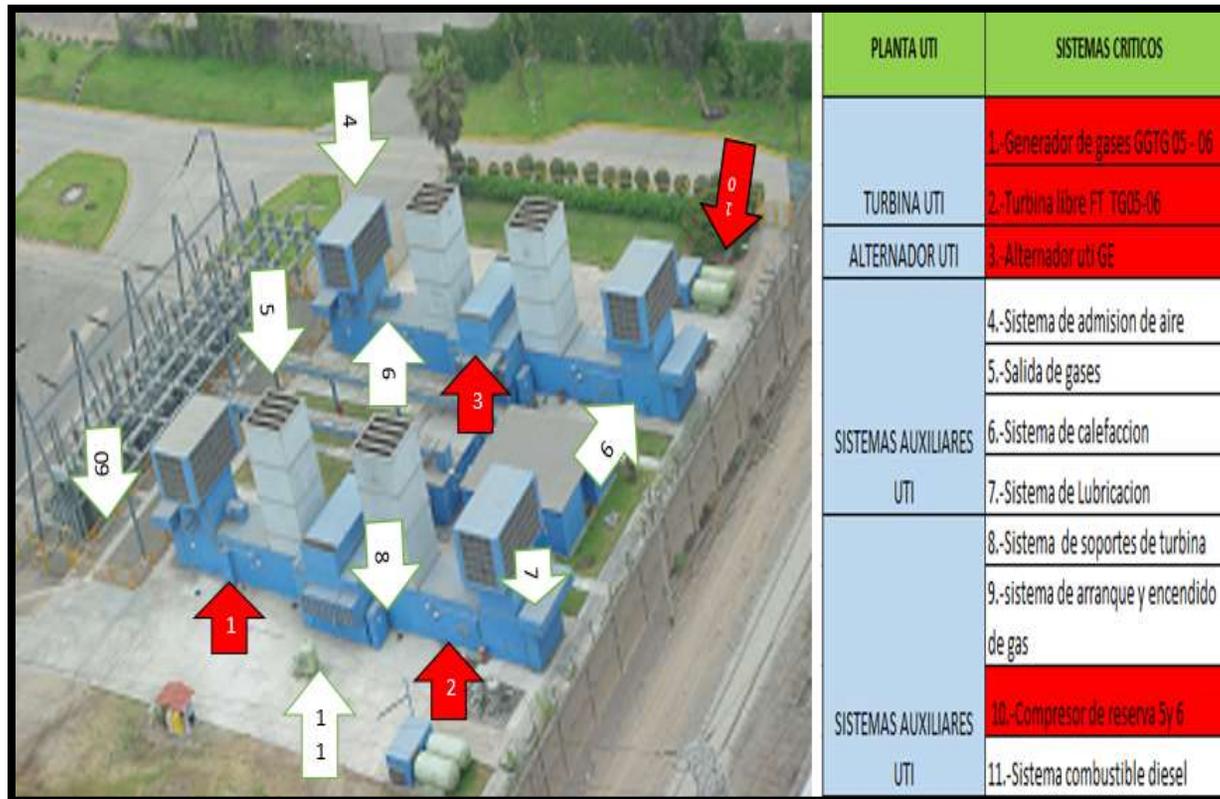
UTI TG 05-B	GENERADOR DE GASES
UTI TG 05	COMPRESOR
UTI TG 06	COMPRESOR
UTI TG 06 - A	ELECTROBOMBA AC LUBRICACION
UTI TG 06 - A	ELECTROBOMBA DC LUBRICACION
UTI TG 06 - B	ELECTROBOMBA AC LUBRICACION
UTI TG 06 - B	ELECTROBOMBA DC LUBRICACION
UTI TG 06	ALTERNADOR
UTI TG 06 -A	GENERADOR DE GASES
UTI TG 06-B	GENERADOR DE GASES
UTI	ELECTROBOMBA FORWARDING AC 01
UTI	ELECTROBOMBA FORWARDING AC 02

Fuente: Elaboración propia

La planta UTI está formada por los siguientes componentes: 4 Generadores de gases (TG5A, TG5B, TG6A y TG6B) 2 alternadores (TG5 y TG6) Conjunto de sistemas auxiliares que serán analizadas para su estudio en el proceso de mejora de la central térmica.

Figura N° 11.

Se describe y se separa los sistemas y subsistemas que presentan un elevado índice de criticidad para el sistema de la planta UTI

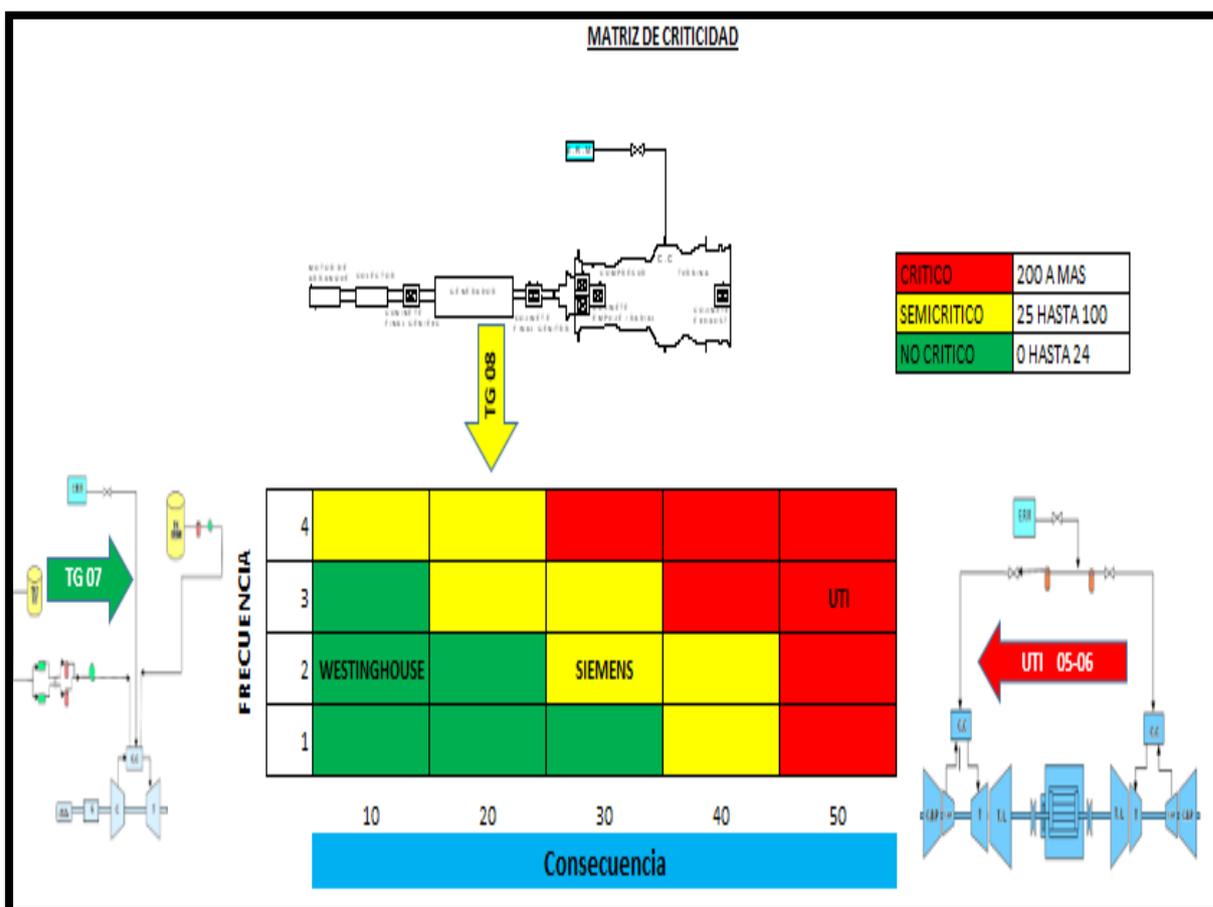


Fuente: Elaboración Propia

3.4. Análisis del mantenimiento de la central térmica

Figura N° 12

Análisis para la determinación de los equipos críticos de la central térmica



Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Plan de Mantenimiento

Después de haber realizado la determinación para definir los equipos críticos de la central térmica, realizamos una reunión con todo el personal técnico para discutir los distintos modos de falla y las posibles soluciones para evitar que estos se materialicen.

Para la realización del Trabajo de suficiencia profesional se utilizaron diferentes fuentes de información, como lo son:

- La observación y la experiencia adquirida por el personal operativo de la empresa STORK PERU.
- Manuales de operación y mantenimiento de los diferentes equipos de la central térmica.
- Material de ruta del predictivo de los sistemas y subsistemas
- Material fotográfico y notificaciones presentadas diariamente.
- Documentación otorgada por los responsables del área de Mantenimiento
- Libros, tesis, artículos y diferentes fuentes relacionadas a la gestión del mantenimiento encontradas en los diferentes sitios web de universidades y revistas científicas.

También mencionaremos al personal involucrado del equipo técnico en la gestión y la ejecución del mantenimiento en sí de los equipos de la central, los cuales nos ayudaron a recaudar la información necesaria para el análisis y la propuesta de esta investigación.

Soporte Técnico, diseño de ingeniería, planner de mantenimiento, técnicos mecánicos, técnicos electricistas, técnicos instrumentistas.

Se realiza un diagnóstico para el entorno operacional para los equipos críticos se separan según unidad de generación UTI, SIEMENS, WESTINHOUSE.

Las turbinas son suministradas con varios componentes sistemas y sistemas auxiliares de control ensamblados dentro de un compartimiento y encerramiento a prueba de impactos ambientales arreglados en un solo modulo listo para su operación su instalación es de tipo interna se tiene en conjunto turbina compresor generador montados a cierto nivel piso donde encuentran subdivididas en varios lotes. Entre estos últimos se encuentra el Lote 9, de un área de 39,915.93 m², que fue independizado de la “Zona C” y cuenta con ingreso por la vía

marginal izquierda s/n. Así mismo de acuerdo al certificado catastral sus vías de acceso son Calle José Rivera y Dávalos N° 201-201A y Vía del Ferrocarril N° 175.

3.4.2. Área de influencia

La Central Térmica tiene una potencia efectiva de sus tres unidades en funcionamiento de 410 MW, en terrenos de su propiedad ubicados en la provincia de Lima, denominada Ampliación Central Santa Rosa.

El área de influencia alrededor de la propiedad de ENEL que limita con el Cementerio Presbítero Maestro y las plantas MEPSA y UNICON, asimismo se encuentra cerca de la Av. Circunvalación (Vía Evitamiento) que constituye una importante vía de tránsito vehicular.

La central térmica ocupa una superficie total estimada de unos 4,939.49 m², lo cual representa el 6.96% de la superficie total de los terrenos de propiedad de ENEL 1 (71,000 m²), donde se ubicarán todos los equipos correspondientes. No se usarán otros predios anexos, previéndose que la energía generada por el Patio de Llaves de REP de 220 Kv, Subestación Santa Rosa.

La central esta divididas en sistemas y subsistemas siendo esos los más críticos para el funcionamiento, el cual es crítico a su vez para la operación de las turbinas.

Tabla N° 7.

Sistema y subsistema de equipos crítico y semicríticos UTI

SISTEMA	SUBSISTEMA
UTI TG 05 - 06	GENERADOR DE GASES
UTI TG 05 - 06	TURBINA LIBRE
UTI TG 05 -06	ALTERNADOR
UTI TG 05 -06	CASA DE FILTROS
UTI TG 05 -06	EXHAUST (CHIMENEA)

UTI TG 05 – 06	CALEFACCION GG-FT " HEATER "
UTI TG 05 - 06	ELECTROBOMBA AC,DC LUBRICACION
UTI TG 05 – 06	SOPORTE DE GG Y FT
UTI TG 05 – 06	GAS NATURAL
UTI TG 05-06	COMPRESOR
UTI TG 05-06	ELECTROBOMBA FORWARDING AC 01-02,DC
UTI TG 05-06	CENTRIFUGA 1,2,3,4

Fuente: Elaboración propia

La planta UTI contempla sus equipos críticos mencionados generador de gases GG, turbina libre FT, alternador, compresor 5-6

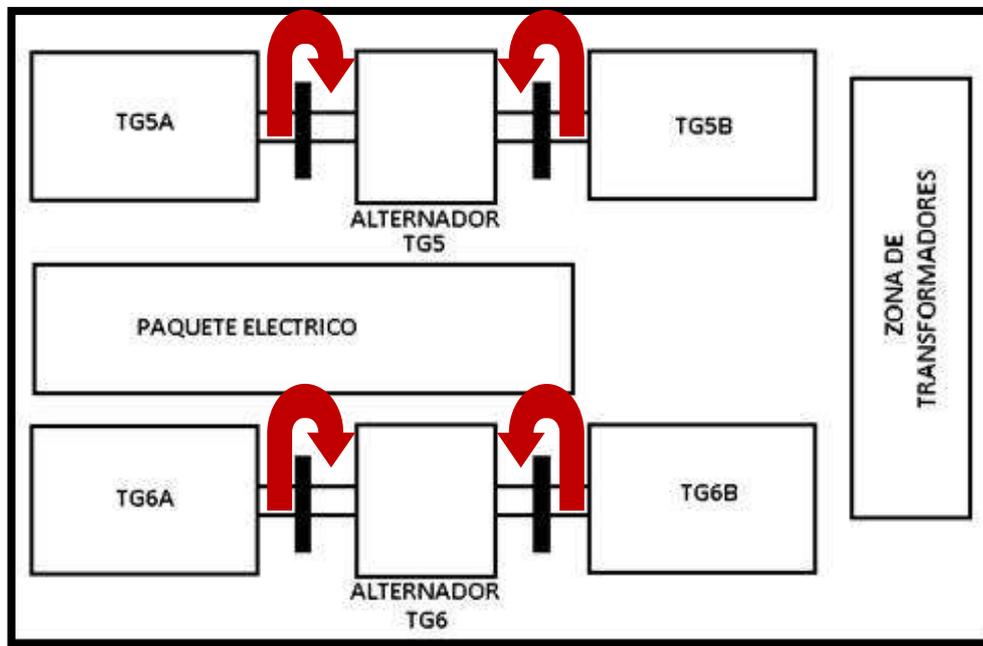
3.5. Función de sistema y subsistema de equipos críticos

3.5.1. Descripción general de la planta

A continuación, se muestra un esquema simplificado de la disposición de la planta:

Figura N° 13.

Esquema básico de la planta UTI (2019)



Nota. Esquema básico de la planta UTI (2019), cada uno tiene acoplado 2 generadores de gas GG, 2 turbinas libres FT (TG5A, 5B, TG6A ,6B) 2 alternadores (TG5 y TG6) Los servicios auxiliares están ubicados tanto, alrededor de la planta y adentro de cada compartimiento. En el esquema podemos observar también la zona del paquete eléctrico y la de transformadores. En total llegan a generar 100 MW.

Fuente: Elaboración Propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo

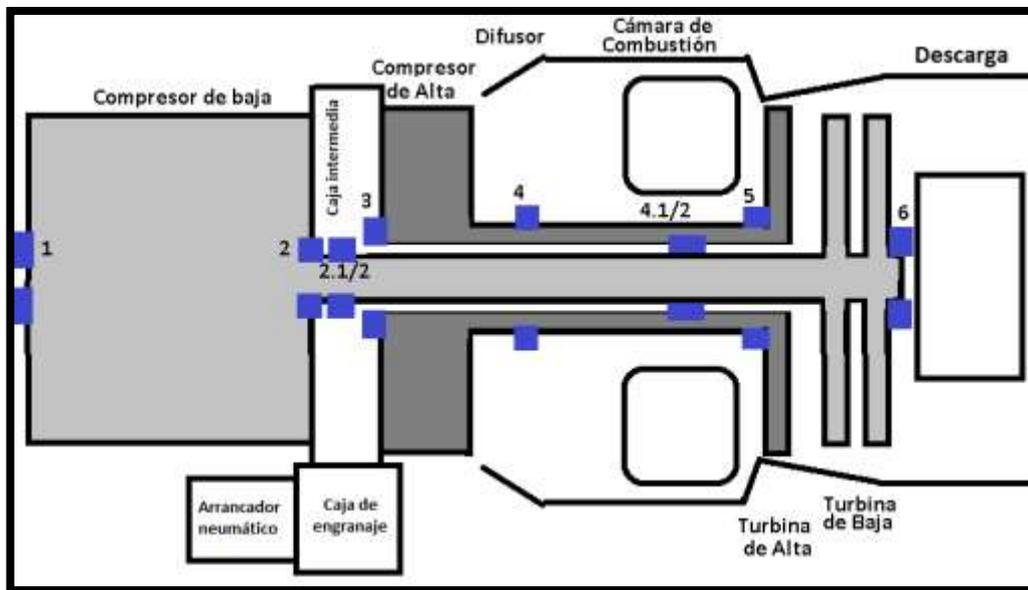
3.5.2. Generador de Gases 05-06 (GG)

Está formado básicamente por dos compresores (de alta y baja presión), una caja intermedia (y se le acoplada una caja de engranajes), un difusor, una cámara de combustión, dos turbinas (de alta y baja presión) y finalmente la descarga.

La producción de gases calientes (en consecuencia, también la potencia) es regulada mediante el control del caudal de combustible que va hacia los quemadores (ubicados en la cámara de combustión).

Figura N° 14.

Esquema generador de Gases 05-06 (GG)



Nota. Esquema del generador de gases donde se observa el compresor de baja, caja intermedia, compresor de alta presión, difusor, cámara de combustión, turbina de alta y baja presión, y descarga. Igualmente se aprecian los ocho rodillos sobre los cuales trabajan en conjunto. Los rodillos son enumerados como de la siguiente manera: #1, 2, 2.1/2, 3, 4, 4.1/2, 5 y 6.
Fuente: Elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo

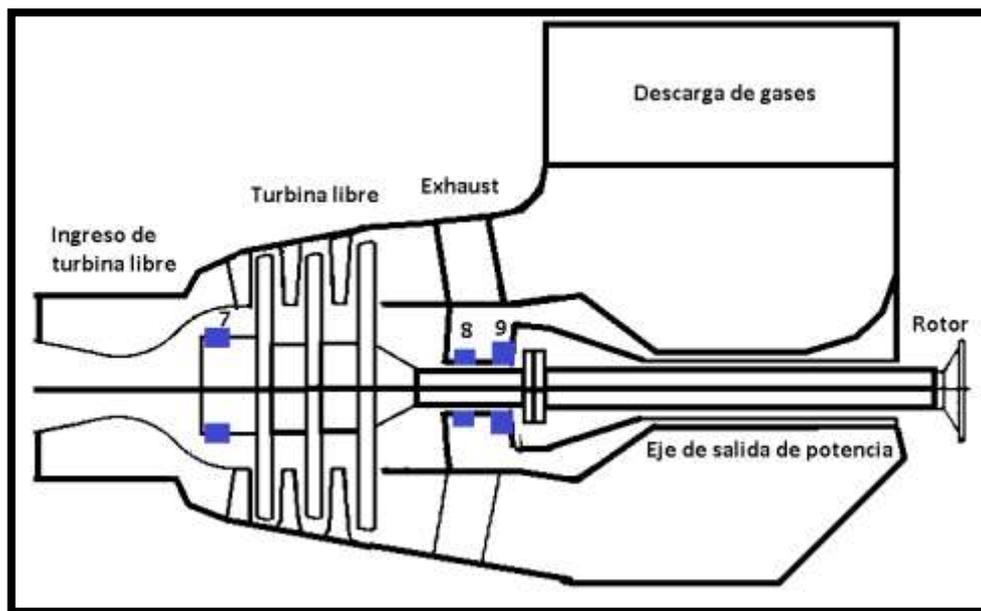
3.5.3. Turbina libre 05-06 (FT)

Convierte la energía de los gases liberados en el GG que proceden de la descarga, en energía mecánica de rotación. La FT está unida al GG a través de una brida posterior de la caja de descarga del generador de gases.

Los conductos de admisión de la turbina libre tienen forma de anillo, estos son formados por un conducto externo e interno. El conducto delantero externo es la única pieza de la turbina libre unida al GG y transmite la carga estructural posterior del generador de gases a los soportes de la turbina libre.

La turbina libre está compuesta de tres etapas y soportado en cada extremo por los rodamientos principales de la turbina. El peso de la FT y el eje de salida es aproximadamente 7.7 toneladas. Su velocidad de giro es de 3600 rpm.

Figura N° 15.
Esquema de la turbina libre



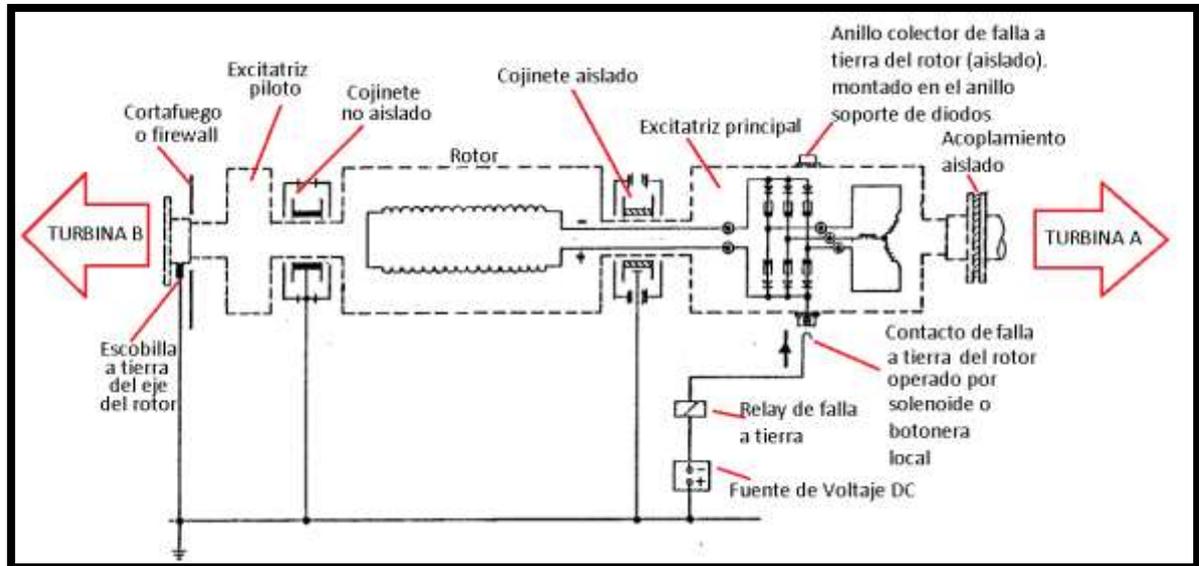
Nota. Luego que los gases calientes salen del GG, pasan por el ingreso de turbina libre FT y la fuerza generada en las tres etapas de álabes se convierten en energía mecánica. Esta energía es transmitida al alternador a través del eje de salida de potencia. Los gases salen a través del exhaust hacia la atmósfera. Finalmente se aprecian los cojinetes o rodamientos 7, 8 y 9. Los dos primeros de tipo rodillos y el último de bola.
Fuente: Elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.4. Alternador UTI GE

El alternador eléctrico es de la marca Brush tiene un estator y un rotor movidos por una o dos turbinas Aero derivativas que están acopladas a cada lado. En la planta UTI se tienen dos alternadores (TG5 y TG6, cada uno produce hasta 50 MW de potencia).

Figura N° 16.

Esquema del alternador eléctrico



Nota. Esquema del alternador eléctrico donde se observan los principales componentes internos.
Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

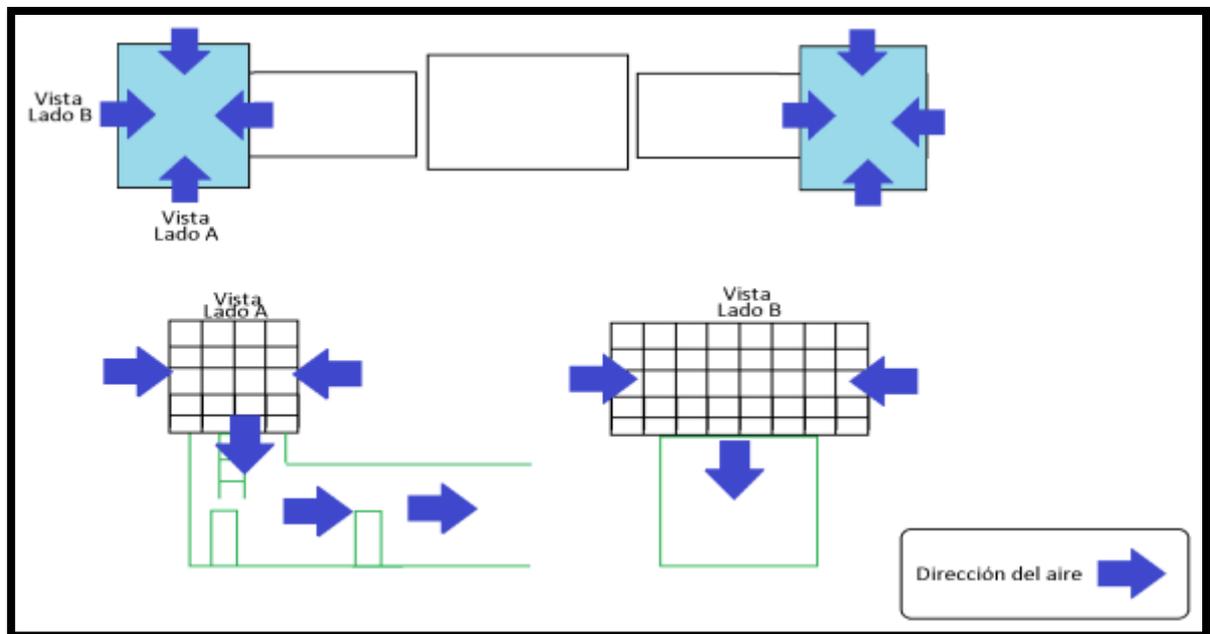
3.5.5. Sistemas auxiliares UTI

3.5.5.1. Sistema de Admisión de aire, casa de filtros

El aire pasa a través de 120 filtros, tanto primarios (metálicos) como secundarios (admisión). La máxima presión diferencial de trabajo antes y después de los filtros en conjunto no debe ser mayor que 1.5 pulgadas de agua.

Figura N° 17.

Esquema de la casa de filtros de la planta UTI



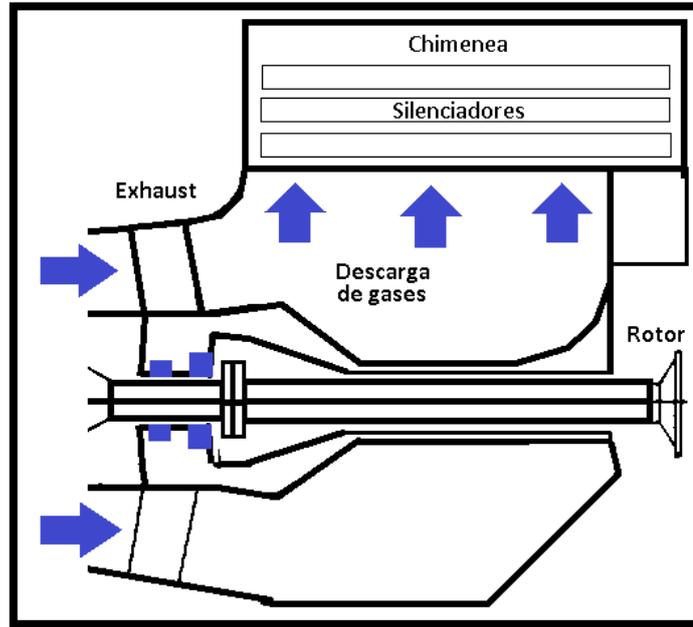
Nota. Se aprecia que el ingreso de aire es por los 4 lados y luego desciende para ingresar posteriormente al compresor.

Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.6. Sistema salida de gases exhaust (chimenea)

Se encarga de expulsar a la atmósfera los gases producidos durante la combustión de una manera segura y adecuada. Es importante tener en cuenta que la chimenea cuenta con 3 módulos de silenciadores rebatibles y que se pueden sacar caja por caja durante los mantenimientos.

Figura N° 18.
Esquema de la chimenea de la planta UTI

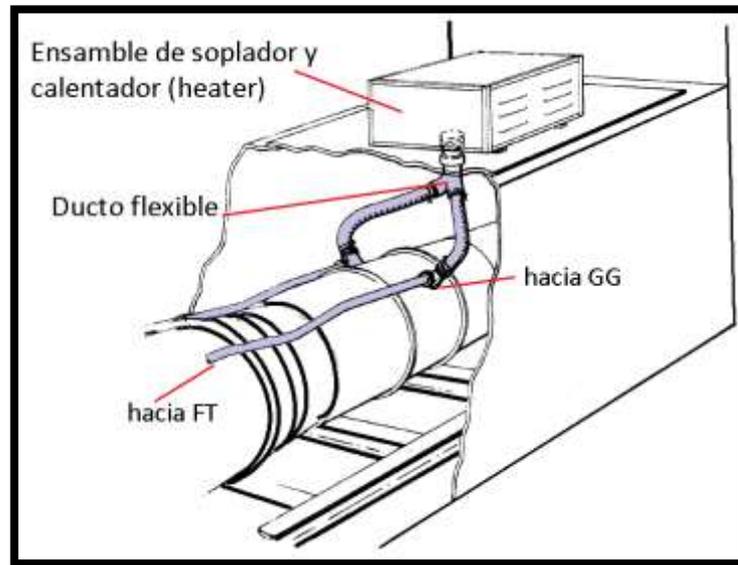


Nota. Se aprecia que la salida de los gases producto de la combustión.
Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y ve en campo.

3.5.7. Sistema de calefacción GG y FT “heater”

Se acciona el ventilador y la bobina de calentamiento solo cuando la máquina se encuentra parada.

Figura N° 19.
Esquema del sub-sistema de calefacción GG y FT.



Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

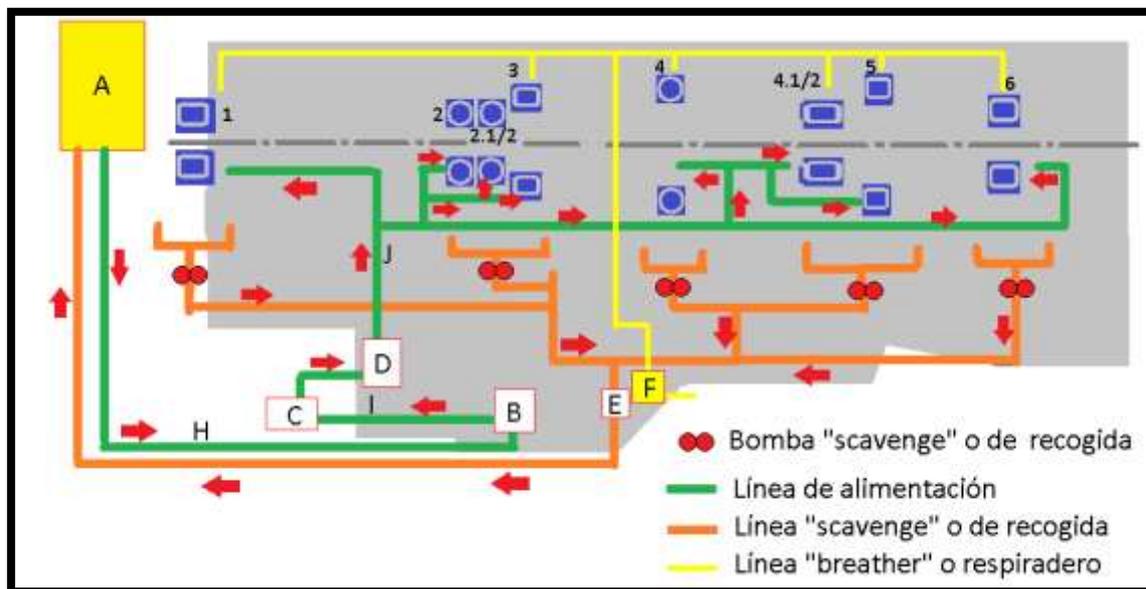
3.5.8. Sistema de lubricación electrobombas AC-DC

El sistema de aceite provee lubricación adecuada a los rodamientos principales y los del accionamiento de accesorios, tanto del generador de gases como de la turbina libre.

El sistema de aceite a presión enfría, filtra y entrega aceite a los rodamientos, engranajes y juntas de aceite del generador con la finalidad de una lubricación y enfriamiento necesario.

Se puede indicar que los cojinetes del generador de gases (#1, 2, 2.1/2, 3, 4, 4.1/2, 5 y 6) son lubricados por un conjunto de bombas y componentes instalados dentro del mismo generador de gases y de la caja intermedia, mientras que los cojinetes de la turbina libre (#7, 8 y 9) son lubricados por un conjunto de bombas y componentes ubicados externamente.

Figura N° 20. Esquema del sub-sistema de lubricación:



Nota. El aceite va del tanque (A) hacia la bomba "Booster" (B) que cuenta con una válvula reguladora y una válvula de seguridad, luego de salir de ahí, va a ingresar al "Cooler" (C) y luego pasa hacia la bomba principal interna (D) y luego se distribuye a todos los rodamientos del generador de gases (1, 2, 2.1/2, 3, 4, 4.1/2, 5 y 6). El retorno lo hace a través de una línea de recolección o "scavenge" que requieren de una bomba que ayude y que está ubicada al inicio de la línea de recolección (en total son 5 bombas "scavenge"), antes de ingresar al tanque (A), pasa por un detector de metales (E) o "chip detector". La línea de color verde es la línea de alimentación, donde la línea H se denomina línea de suministro de aceite, la línea I tiene la presión obtenida de la bomba "Booster" y la línea J finalmente sería la que sale de la bomba principal (D) y es a alta presión. La línea de color amarillo es la que sirve de respiradero en cada rodamiento que va hacia (F) que es una centrífuga de aire de ventilación.

Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.9. Sistema de soportes de turbina generador de gases GG turbina libre FT

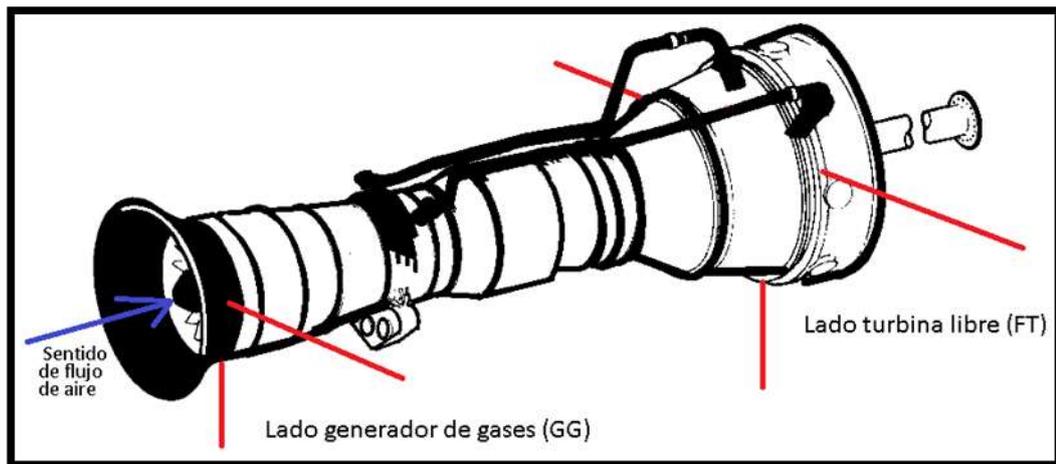
Está compuesto por:

- Soporte GG-FT (lado turbina y lado compresor)
- Varios soportes de turbina

El generador de gases está soportado sobre la caja de admisión en dos puntos de posición, si se mira en contra del sentido del flujo, estarían ubicados a las 6 y 9 horas. Estos puntos absorben la carga vertical y el momento de torsión producido por la máquina. El otro extremo del generador de gases está sostenido por la turbina libre.

La turbina libre está fijada en 3 puntos ubicados a las 3, 6 y 9 horas respecto a un reloj, en la caja de descarga. Estos soportes permiten el ajuste vertical y horizontal de la turbina libre.

Figura N° 21.
Ubicación de los soportes de la turbina



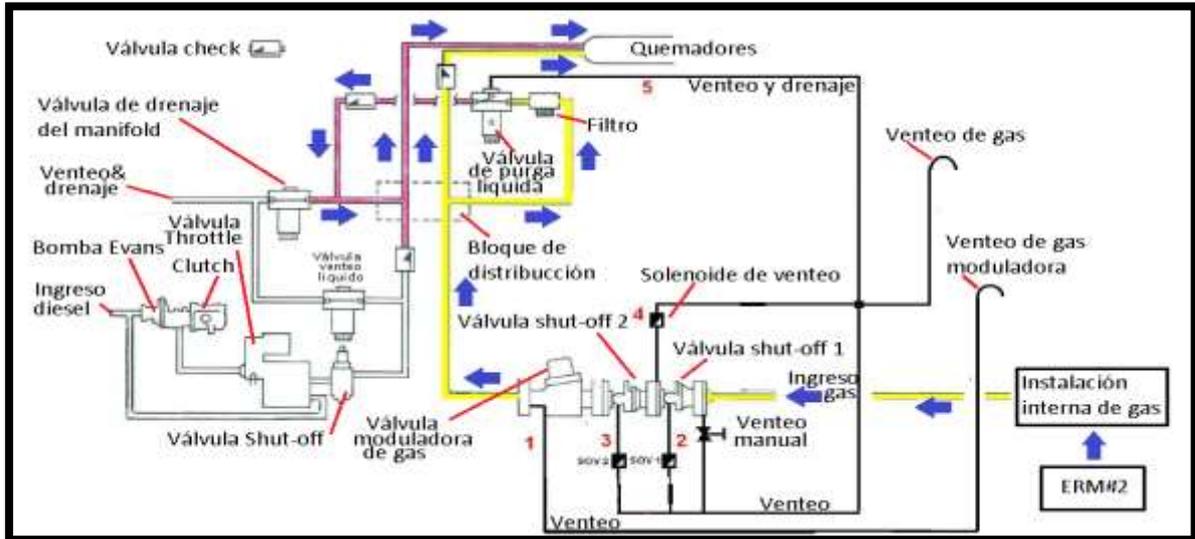
Nota. Ubicación de los soportes de la turbina, tanto en el lado GG como en el lado FT.
Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.10. Sistema de arranque y encendido de gas natural

Se encarga de llevar el gas natural desde la estación de regulación y medición (ERM#2) hasta la cámara de combustión, pasando la instalación interna, el filtro principal separador, las diversas válvulas manuales y la distribución de gas.

Figura N° 22.

El gas natural sale de la estación de regulación y medición (ERM#2),



Nota. Luego pasa por la instalación interna y finalmente ingresa a través de la válvula moduladora de gas que se encarga de enviar combustible a los quemadores (ver línea de color amarillo), una vez que llega al bloque de distribución, un porcentaje de gas (ver línea rosada) pasa constantemente por un tramo de tubería que pertenece al sistema de alimentación con diésel, de esta manera limpia constantemente esta línea.

Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.11. Subsistema del compresor arrancador neumático 05-06

El aire es comprimido y almacenado en dos tanques horizontales y sirve para arrancar el compresor de alta presión, a partir del accionamiento del paquete de válvula de arranque y el arrancador, acelerándolo a 3400 rpm.

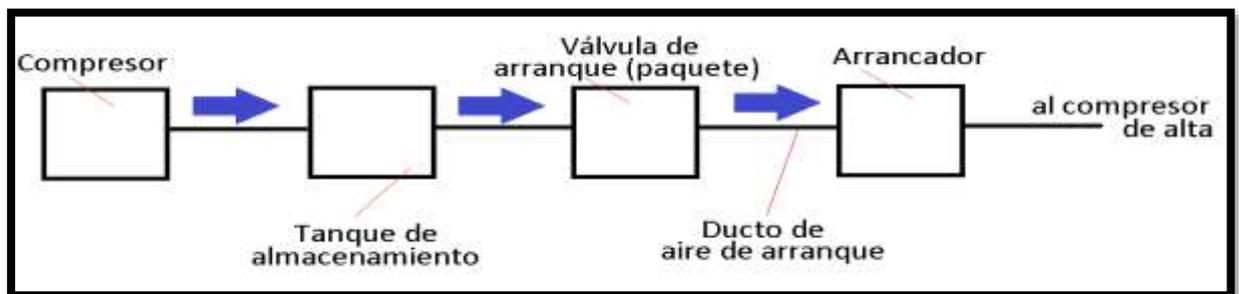
Está compuesto por:

- Skid compresor Ingersoll Rand (motor compresor, filtro separador de agua y filtro de aire de admisión) Vol 1C
- Válvulas de seguridad del arrancador y del compresor
- Tanques horizontales 1 y 2 por cada compresor.

- Tablero de control del compresor y arrancadores (incluye transformador)
- Tablero electrónico de control del compresor (incluye fuente de alimentación, plc y multímetro digital)
- Paquete de arrancador neumático (que incluye válvula de arranque, reguladora de aire V205, solenoide, strainer, etc.)
- Mangueras para aire comprimido
- Instrumentación
- Otros componentes menores

Figura N° 23.

Esquema simplificado del suministro de aire y del arrancador neumático para el generador de gases.



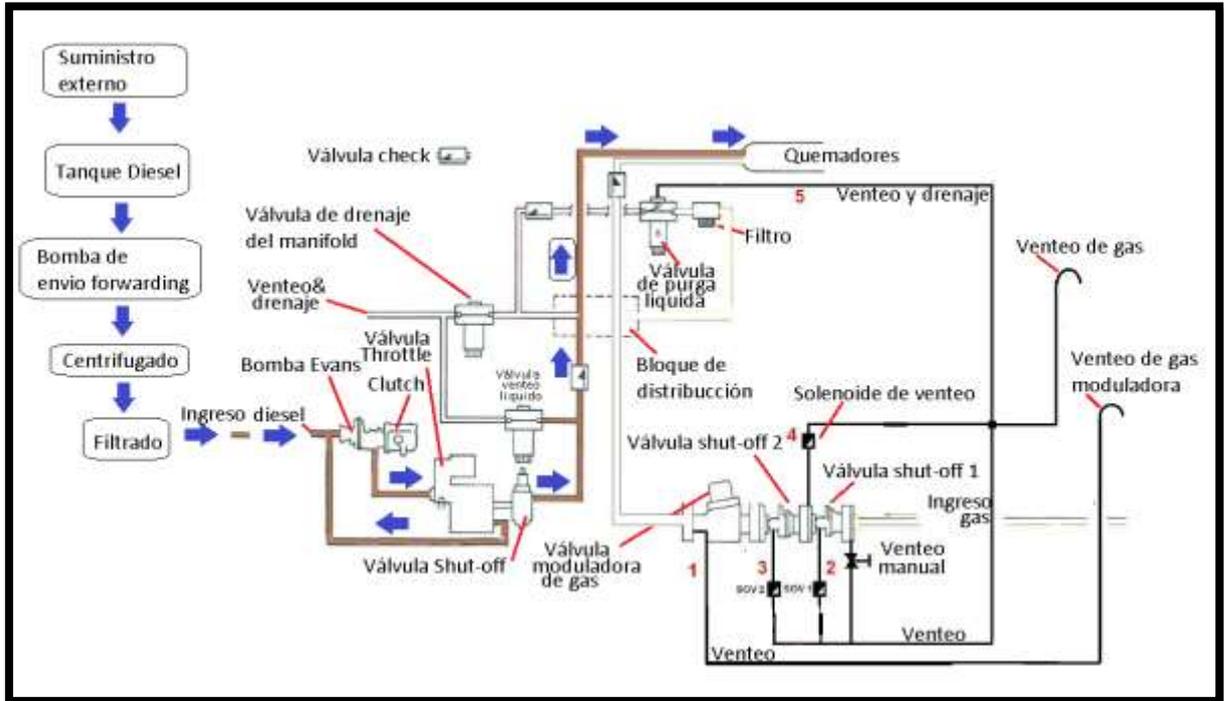
Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados y verificados en campo.

3.5.12. Sistema de diésel combustible centrifugas 1,2,3 bombas forwarding1-2

Se encarga de suministrar combustible diésel a los quemadores duales.

Figura N° 24.

Sistema de diésel combustible centrifugas 1,2,3 bombas forwarding1-2



Nota. El diésel es proporcionado a través de un suministro externo (cisternas con combustible) hacia un tanque Diésel, luego es succionado por las bombas de envío “forwarding” hacia el centrifugado y filtrado. Luego de todo este proceso, ingresa a la bomba Evans que es accionado por el mismo compresor de alta a través del clutch, que está acoplado a la caja de engranajes, y pasa por la válvula Throttle, para luego ingresar directamente a los quemadores.

Fuente: elaboración propia a partir de esquemas tomados en campo.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS

4.1. Análisis de criticidad

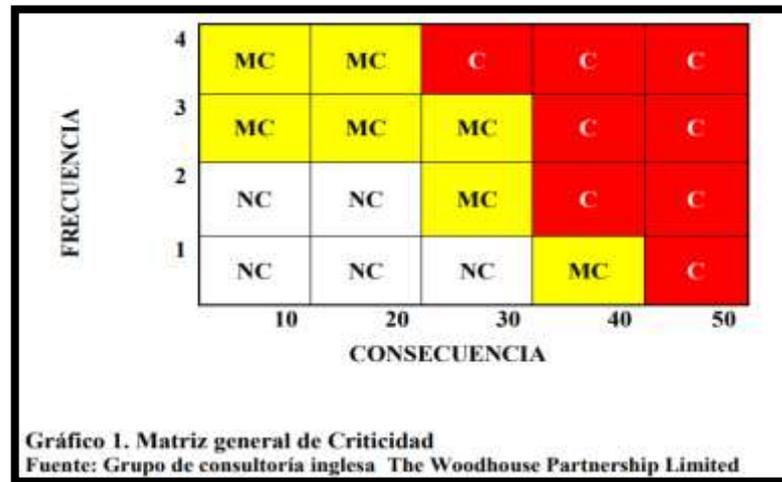
Es la metodología que nos permite establecer jerarquías entre: Instalaciones, sistemas, equipos, elementos de un equipo.

Además, apoyara a la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto, en la confiabilidad actual y en los riesgos.

Es la importancia que le asigna a cada equipo de una instalación, es la importancia que tiene en la operación debido a la función que cumple. La criticidad de un equipo está dada por la magnitud de las consecuencias del impacto y del efecto que una falla crítica o catastrófica provocaría en el entorno y también por su probabilidad de ocurrencia.

Esta evaluación está desarrollada en relación al inventario preliminar de los equipos, es decir se elaboró la criticidad de todos los equipos que están registrados en ese archivo; Actualmente con la información tenemos un 95% y seguimos en avance.

Figura N° 25.
Esquema análisis de criticidad



Fuente: Grupo de consultoría inglesa the woodhouse partnership limited

Matriz de criticidad

- Criticidad = Frecuencia x Consecuencia
- Criticidad = Frecuencia x [(Op + FOp) + SMA + COST]

Leyenda:

- Frec: Puntaje de frecuencia otorgado al equipo
- Op: Puntaje operacional otorgado al equipo
- FOp: Puntaje de flexibilidad operacional
- SMA: Puntaje de seguridad y medio ambiente
- COST: Puntaje de costo otorgado al equipo

Se usará el criterio de frecuencia por los registros de mantenimiento llevados en el año 2020.

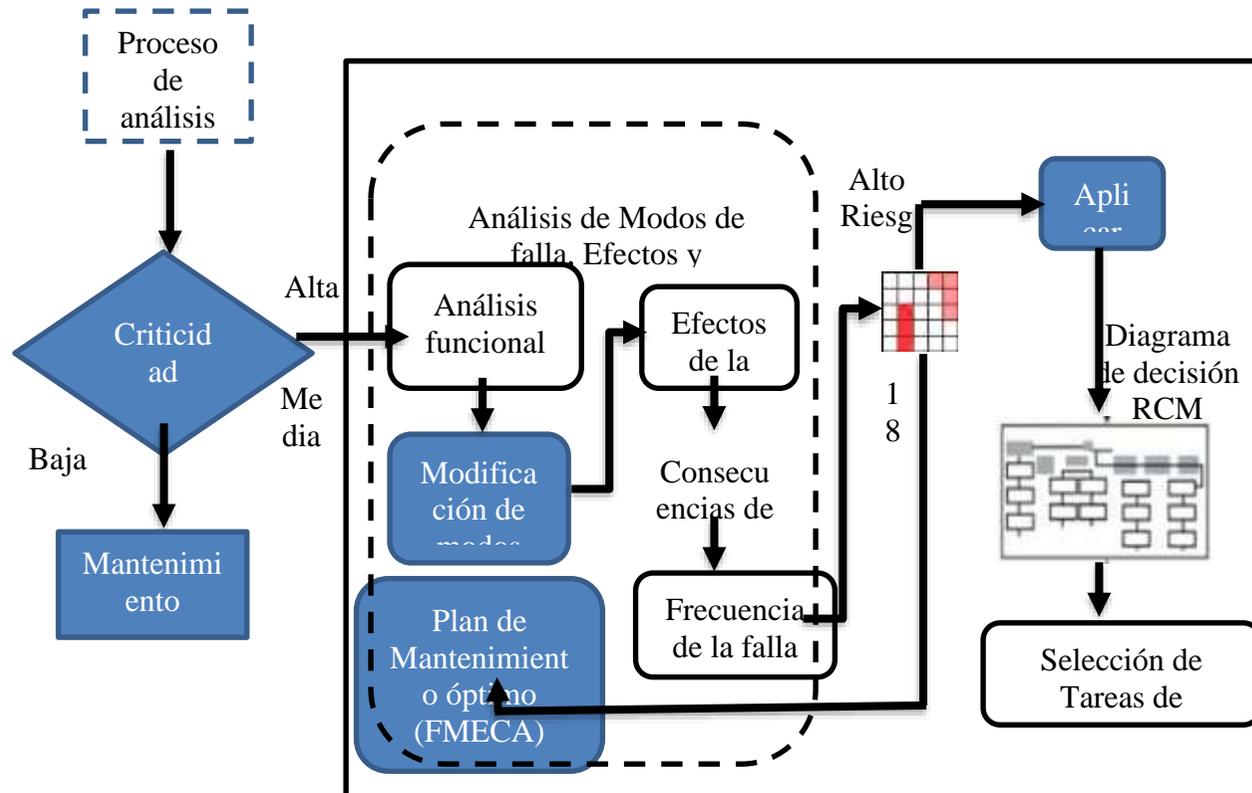
Tabla N° 8.
Puntaje asignado para frecuencia

Criterio de frecuencia	
Rango utilizado	Puntaje
0 - 0,1	1
0,1 - 0,2	3
0,3 a mas	5

Fuente: Elaboración propia.

El criterio para la realización de esta tabla referido a los costos, es en consideración a la cantidad aproximada que se invierte para la realización de los mantenimientos y a la cantidad de fallas que se presentaron en el periodo 2019.

Figura N° 26.
 Diagrama de flujo análisis de modos de falla, efectos y criticidad



Fuente: Tecnología ciencia, educación 25(1),15-26

Tabla N° 9.
Criterio asignado para los costos de mantenimiento

Criterio del Costo de mantenimiento	
Rango en UM\$	Puntaje
0 - 5000	1
5000 -10000	2
10000 – 15000	4
15000 – 25000	6
25000 – 40000	8
40000 a mas	10

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente criterio a utilizar es el riesgo y la severidad que la falla de algún elemento de los sistemas o subsistemas podría ocasionar tanto a la integridad de las personas de la central térmica como al medio ambiente.

Tabla N° 10.
Criterio asignado para la seguridad e impacto al medio ambiente

Impacto en Seguridad y medio ambiente	
Falla causara	Puntaje
Falla no genera un riesgo para la seguridad de los trabajadores y medio ambiente	2
Falla genera un riesgo menor controlable	4
Falla genera riesgo serio controlable	6
Falla genera riesgo incontrolable con los recursos actuales	8
Falla genera un riesgo incontrolable con desastres muy perjudiciales	10

Fuente: Elaboración propia

Estos detalles de puntaje fueron asignados en base a la experiencia y las conversaciones sostenidas con todo el personal involucrado; tantos operadores, personal de mantenimiento y área de seguridad ocupacional y medio ambiente

El criterio asignado para el impacto operacional es el siguiente:

Tabla N° 11.

Criterio asignado en tema del impacto operacional

Criterio de Impacto Operacional	
Falla causara	Puntaje
Efecto insignificante en la producción	1
Efecto menor en la producción	2
Restringe la producción por poco tiempo	4
Restringe la producción por tiempo prolongado	6
Parada de toda la planta poco tiempo	8
Parada de toda la planta prolongado	10

Fuente: Elaboración propia

Continuando con las tablas de los criterios utilizado para el análisis de criticidad se presenta el criterio de flexibilidad, que consiste básicamente en la cantidad de recursos, repuestos y socios estratégicos involucrados en las tareas de mantenimiento de la central térmica

Tabla N° 12.
Criterio asignado para calcular el puntaje de flexibilidad de los equipos

Criterio de Flexibilidad Operacional	
Opciones	Puntaje
Hay función de repuestos	1
Hay función de repuestos compartidos	2
No existe opción operacional ni de repuesto	4

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber elaborado nuestras tablas para la asignación de los puntajes de cada criterio confeccionamos la siguiente matriz de criticidad

4.1. Propuesta de soluciones a los equipos críticos.

Se desarrollará los cálculos matemáticos para definir los equipos críticos de la central térmica realizamos una reunión con todo el personal técnico para discutir los distintos modos de falla y las posibles soluciones para evitar que estos se materialicen.

4.2. Definición de Un plan de Mantenimiento para la planta central térmica

Después de haber de realizar un diagnóstico para los equipos críticos se separan según unidad de generación mediante un plan de la selección de equipos sistema y subsistemas

En las siguientes tablas se muestra la matriz y el criterio de los sistemas críticos de la planta UTI, WESTINGHOUSE, SIEMENS.

4.2.1. Matriz de Criticidad y Selección de equipos críticos

Sistema Principal UTI.

Tabla N° 13.

Análisis de criticidad para el sistema principal UTI

		ANALISIS MODELO DE CRITICIDAD PLANTA UTI							
CLIENTE: CENTRAL TÉRMICA				DENOMINACIÓN PRODUCTO: MODELO DE CRITICIDAD UTI 5-6					
PLANTA: UTI				REFERENCIA /S: SISTEMA Y SUBSISTEMA					
EMPRESA :STORK PERÚ				NIVEL DE MODIFICACIONES DE MANTENIMIENTO : CRITICIDAD ALTO					

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
TURBINA UTI	GENERADOR DE GASES TG 05-06	COJINETES GG, ESTATOR DE COMPRESOR, CAMARA DE COMBUSTION	4	10	4	2	8	50	200
	TURBINA LIBRE LIBRE TG05-06	ROTOR-ESTATOR FT, CILINDRO EXHAUST	4	10	4	2	8	50	200

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
ALTERNADOR UTI	ALTERNADOR UTI GE	REFRIGERACION DEL ALTERNADOR, EXITATRIZ	4	10	4	2	8	50	200
SISTEMAS AUXILIARES UTI	SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	SISTEMA CASA DE FILTROS	1	1	2	1	3	6	6
	SALIDA DE GASES	EXHAUST (CHIMENEA)	1	1	2	1	3	6	6
	SISTEMA DE CALEFACCION	CALEFACCION GG-FT " HEATER "	2	4	1	1	3	8	16
	SISTEMA DE LUBRICACION	ELECTROBOMBAS LUBRICACIONAC,DC	3	10	2	2	8	30	90

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
SISTEMAS AUXILIARES UTI	SISTEMA DE SOPORTES DE TURBINA	SUBSISTEMA SOPORTE GENERADOR DE GASES GG Y TURBINA LIBRE FT	2	2	2	1	1	6	12
	SISTEMA DE ARRANQUE Y ENCENDIDO DE GAS	SUBSISTEMA DE GAS NATURAL	4	2	2	1	1	6	24
	COMPRESOR DE RESERVA 5 Y 6	COMPRESOR ARRANCADOR NEUMATICO 05-06	4	10	4	2	8	50	200

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
SISTEMAS AUXILIARES UTI	SISTEMA DIESEL DE COMBUSTIBLE	CENTRIFUGAS 1,2,3,4 - ELECTROBOMBAS FORWARDING 1-2-DC	3	10	2	2	8	30	90

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Matriz de Criticidad y Selección de equipos críticos

Sistema Westinghouse.

Tabla N° 14.

Análisis de criticidad para el sistema principal Westinghouse

		ANALISIS MODELO DE CRITICIDAD PLANTA WESTINGHOUSE TG 07							
CLIENTE: CENTRAL TÉRMICA				DENOMINACIÓN PRODUCTO: MODELO DE CRITICIDAD TG 07					
PLANTA: WESTINGHOUSE TG 07				REFERENCIA /SISTEMA Y SUBSISTEMA					
EMPRESA: STORK PERÚ				NIVEL DE MODIFICACIONES DE MANTENIMIENTO CRITICIDAD MEDIO					

PLANTA WESTINGHOUSE	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
TURBINA TG 07	TURBINA	TURBINA DE COMBUSTION	2	10	4	2	8	50	100
	COMPRESOR	COMPRESOR DE TURBINA	2	10	4	2	8	50	100
GENERADOR	GENERADOR ELECTRICO	EXITATRIZ	2	10	4	2	8	50	100

PLANTA WESTINGHOUSE	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
SISTEMAS AUXILIARES TG 07	SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	SISTEMA CASA DE FILTROS	1	1	2	1	3	6	6
	SALIDA DE GASES	EXHAUST (CHIMENEA)	1	1	2	1	3	6	6
	SISTEMA DE VENTILACION CALEFACCION	VENTILADORES SECUNDARIOS 1,2,3,4 Y 5,6 CALEFACCION	2	4	1	1	3	8	16
	SISTEMA DE LUBRICACION	ELECTROBOMBAS LUBRICACION AC,DC	2	10	2	2	8	30	60
	SISTEMA DE SOPORTES DE TURBINA	SUBSISTEMA SOPORTE COMPRESOR Y TURBINA TRUNNIONS	2	2	2	1	1	6	12

PLANTA WESTINGHOUSE	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
	SISTEMA DE ARRANQUE Y ENCENDIDO DE GAS	SUBSISTEMA DE GAS NATURAL	4	2	2	1	1	6	24
	COMPRESOR DE RESERVA 1,2,3,4	COMPRESOR 1,2,3,4	2	10	4	2	8	50	100
	SISTEMA DIESEL DE COMBUSTIBLE	CENTRIFUGAS 4 - ELECTROBOMBAS FORWARDING 1-2	2	10	2	2	8	30	60

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Matriz de criticidad y selección de equipos criticos

Sistema siemens

Tabla N° 15. Análisis de criticidad para el sistema principal siemens

		ANALISIS MODELO DE CRITICIDAD PLANTA SIEMENS TG 08							
CLIENTE: CENTRAL TÉRMICA				DENOMINACIÓN PRODUCTO: MODELO DE CRITICIDAD TG 08					
PLANTA: SIEMENS TG 08				REFERENCIA /SISTEMAS Y SUBSISTEMAS					
EMPRESA :STORK				NIVEL DE MODIFICACIONES DE MANTENIMIENTO: CRITICIDAD MEDIO					

PLANTA SIEMENS TG 08	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
TURBINA TG 08	TURBINA	TURBINA DE COMBUSTION	1	10	4	2	8	50	50
	COMPRESOR	COMPRESOR DE TURBINA	1	10	4	2	8	50	50
GENERADOR	GENERADOR ELECTRICO	EXITATRIZ	1	10	4	2	8	50	50

PLANTA SIEMENS TG 08	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUEN CIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIO NAL	FLEXIBILID AD OPERACIO NAL	COSTO DE MANTENIMIE NTO	IMPACTO EN SEGURIDAD,AMB IENTE ,E HIGIENE (SAH)	CONSECUE NCIA	TOT AL
SISTEMA S AUXILIAR ES TG 08	SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	SISTEMA CASA DE FILTROS	1	1	2	1	3	6	6
	SALIDA DE GASES	EXHAUST (CHIMENEA)	1	1	2	1	3	6	6
	SISTEMA DE VENTILACI ON CALEFACC ION	VENTILADORES SECUNDARIOS 1,2,3,4 Y 5,6 CALEFACCION	2	4	1	1	3	8	16
	SISTEMA DE LUBRICACI ON	ELECTROBOMBAS LUBRICACION AC,DC	1	10	2	2	8	30	30
	SISTEMA DE SOPORTES DE TURBINA	SUBSISTEMA SOPORTE COMPRESOR Y TURBINA TRUNNIONS	2	2	2	1	1	6	12

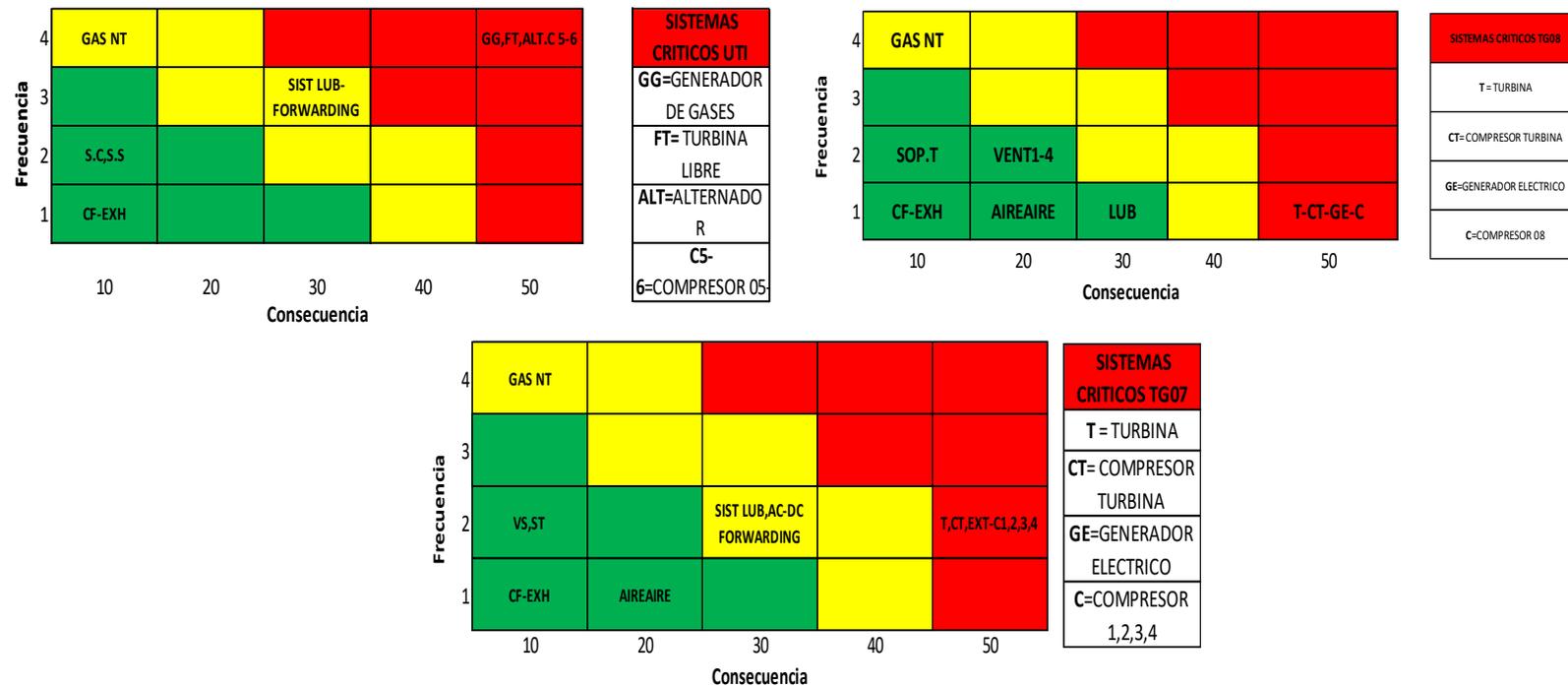
PLANTA SIEMENS TG 08	SISTEMA	SUBSISTEMAS	FRECUEN CIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIO NAL	FLEXIBILID AD OPERACIO NAL	COSTO DE MANTENIMIE NTO	IMPACTO EN SEGURIDAD,AMB IENTE ,E HIGIENE (SAH)	CONSECUE NCIA	TOT AL
	SISTEMA DE ARRANQU E Y ENCENDID O DE GAS	SUBSISTEMA DE GAS NATURAL	4	2	2	1	1	6	24
	COMPRES OR DE RESERVA 8	COMPRESOR 8	1	10	4	2	8	50	50
	SISTEMA AIRE ACEITE Y AIRE AIRE	ELECTROVENTILA DORES AIRE ACEITE Y AIRE AIRE	1	10	2	2	8	20	20

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Cuadros comparativos de los sistemas críticos afectados en la central termica

Figura N° 27.

Sistemas no críticos, semicríticos, críticos; latentes obtenidos en la planta UTI, siemens, Westinghouse.



Fuente elaboración propia

Figura N° 28.
 Representación de los símbolos de los sistemas y subsistemas equipos no críticos, semicríticos, críticos de la central térmica

Frecuencia	4	SC	SC	C	C	C
	3	NC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	SC	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Fuente: Elaboración propia

No Críticos (NC): ventilador secundario, soporte turbina, casa de filtro, chimenea exhaust, aire aire.

Semi Críticos (SC): gas natural, sistema de lubricación, forwarding.

Críticos (C): turbina, generador de gases, turbina libre, alternador, compresor.

4.3. Resumen de resultados

A continuación, mencionaremos el resumen de los equipos críticos hallados según el modelo presentado.

Tabla N° 16. Resumen

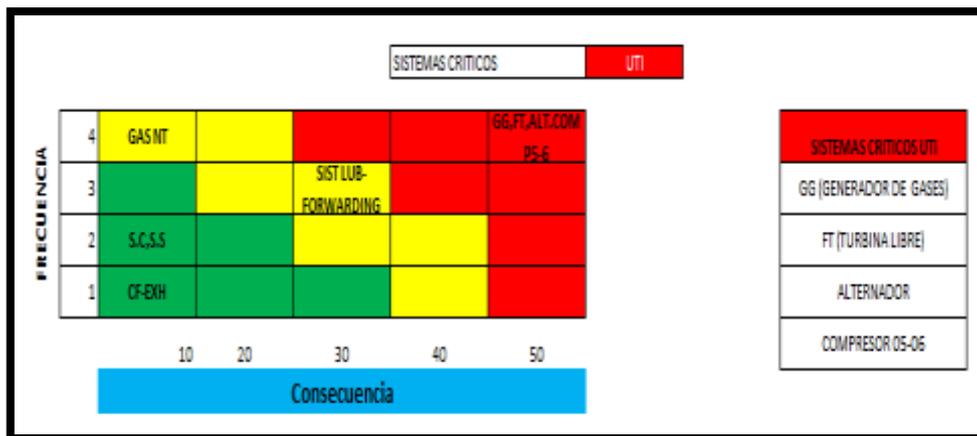
SISTEMA	SUB EQUIPO	PUNTAJE DE CRITICIDAD
UTI TG-05-06	GENERADOR DE GASES	200
	TURBINA LIBRE	200
	ALTERNADOR	200
UTI TG-05-06	COMPRESOR 05-06	100

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, después de haber analizado los hallazgos obtenidos, y en base a la experiencia adquirida en el presente estudio se escogieron los siguientes sistemas para proponer alternativas de solución en base a la gestión de su mantenimiento, que nos ayuden a minimizar los riesgos y así poder asegurar su confiabilidad; generador de gases, turbina libre, alternador, compresor.

Tabla N° 17.

Matriz de criticidad y criterio utilizado para efectuar el cálculo



Fuente. Elaboración propia

COMPARACION DE CRITICIDADES DE LAS UNIDADES UTI, TG 07, TG 08

Tabla N° 18.

Análisis de criticidad: UTI, TG 07, TG 08

SISTEMAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE, E HIGIENE (SAH)	CONSECUENCIA	TOTAL
PLANTA UTI TG05-06	4	10	4	2	8	50	200
PLANTA WESTINGHOUSE TG 07	2	10	4	2	8	50	100
PLANTA SIEMENS TG 08	1	10	4	2	8	50	50

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra las comparaciones de criticidad de los sistemas afectados;

Resultante de las fallas operativas de la central térmica siendo la de mayor riesgo la planta UTI afectando la producción de generación eléctrica.

4.4. Análisis de modo y efecto de falla amfe

Los subsistemas elegidos para el Proyecto del análisis AMEF son: sistema de la turbina UTI alternador UTI, sistemas auxiliares.

Para realizar este análisis se tomó en cuenta la identificación en base a sus funciones: falla funcional, modos y efectos de falla además se identificaron los modos de falla que posiblemente podrían ocurrir así mismo se determinó la severidad, ocurrencia y detección de cada una de ellas para hallar el IPR (índice de prioridad de riesgos) para determinar de ver la falla real ya sea mecánico eléctrico o de control.

De nuestro material de estudio, se consideró tomar una muestra de los equipos considerados críticos y los cuales vienen acarreado problemas, generando paradas imprevistas, correctivos y elevados costos de horas-hombre por parte de nuestro personal técnico.

Se elaboraron formatos de plantilla de inspección visual, para el llenado de información del estado y condición de los equipos que existen en la planta, se realizó en base al inventario que se trabajó anteriormente.

La inspección visual como se encuentran los equipos a simple vista sin intervención en ellos, de encontrarse anomalías se describe y presenta fotos, por ser un formato práctico del mantenimiento predictivo para su realización, la medición del estado de los equipos en el formato se da en respuestas cerradas (bueno – regular – malo – si – no).

4.4.1. Reporte de Fallas

Se registraron todos los avisos respectivos que se presenta en el servicio para efectuar mantenimientos correctivos o emergencias. El formato es propio de Stork y debe amoldarse

a la realidad del servicio y mantenimiento que se brinda al cliente, se deberá registrar mínimamente un periodo anterior a un año todos los avisos correctivos de las centrales. Esta

etapa se encontraba en inicio, modificación de formato y recopilación de los respectivos datos para obtener así el reporte de fallas.

Actualmente se tiene el modelo de formato a usar y se está recopilando información para el llenado de datos respectivos, la etapa continuará hasta donde logre una cantidad de datos que se pueda analizar para luego realizar la criticidad de equipos.

4.4.2. Identificación de Equipos para realiza el AMEF

Se realiza una confección de listados de equipos, cada archivo se divide en grupos, sistemas y subsistemas a los cuales pertenecen, adhiriendo sus respectivos detalles que se van llenando de forma periódica, en un formato por estandarizar para su respectivo uso continuo. La identificación de equipos se realiza con el fin de tener conocimiento de la cantidad de equipos al cual el servicio programa su desarrollo de mantenimiento, se consolide información base y se mantenga un orden de gestión en cuanto a mantenimiento, para luego proceder con los siguientes pasos de análisis:

Resumen del procedimiento a realizar:

- Confección del listado de equipos que se hace mantenimiento.
- División de los equipos e identificación de equipos.

EL modelo de gestión de mantenimiento para mejorar y asegurar la mantenibilidad de los equipos. Principalmente analizaremos el uso y la aplicación del análisis de criticidad, la cual es una metodología muy importante ya que nos permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto general, con el final de suministrar la toma de disposiciones. Esta técnica a su vez nos brinda una proyección en cuanto a las posibles soluciones de fallas y que es lo que debemos hacer para que esta no afecte a la producción determinando periodos de mantenimiento planificados y los repuestos que se van a utilizar. Así mismo analizaremos los resultados obtenidos de la metodología aplicada para proponer un plan en base a los equipos que alcanzaron un puntaje crítico.

4.5. Desarrollo de AMEF para la planta UTI

Desarrollaremos el análisis modal de efectos y fallos del equipo de mayor criticidad de la planta UTI en la cual esta herramienta determinaremos los errores potenciales que causan

los sistemas y subsistemas críticos relacionados con su efecto y falla así mismo plantearemos

los controles para cada sistema mediante su identificación:

1. Se lista las fases de proceso que serán desarrollados
2. Se lista los modos potenciales de error
3. Se identifican los efectos si los modos de falla ocurrieran
4. Se identifica cuáles son las causas que podrían originar los errores del proceso.
5. Para identificar las causas y efectos que verdaderamente se aplican en nuestro análisis.
6. Se manifiestan las mejoras y acciones recomendadas para cada sistema y sistema para la planta UTI.
7. Garantizar con esta herramienta el control adecuado y mejorar el rendimiento de la planta UTI en la central térmica.

Tabla N° 19. Análisis modal de fallos y efectos AMFE UTI

	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS A.M.F.E			CODIGO:2020
				EDICION: ACTUAL
				FECHA MAYO 2020
CLIENTE: CENTRAL TERMICA		DENOMINACION PRODUCTO: MODELO DE FALLOS Y EFECTOS AMFE UTI 5-6		
PLANTA: UTI 05 -06		REFERENCIA /S: SISTEMA Y SUBSISTEMA		
EMPRESA: STORK PERU		NIVEL DE MODIFICACIONES DE MANTENIMIENTO: MEJORA		

PLANTA UTI	SISTEM A	SUBSISTE MA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONA L	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDA D	OCURRENC IA	DETECCIO N	IPR
TURBINA UTI	Generador de gases GGTG 05 - 06	Cojinetes generadores de gases GG, estator de compresor, cámara de combustión	Generación de los gases calientes mediante el combustible aire, gas, diésel que va hacia los quemadores ubicados en la cámara de combustión con una aceleración hasta 7600 rpm.	Deficiente control de la temperatura en los combustores a bajas velocidades < menores a 7600 rpm revoluciones por minuto en el generador de gases .	Toberas de ingreso combustible presentan obstrucción en la zona caliente Fallos en los sensores de detección de flama.	Se desregula el control de caudal de combustible en la cámara de combustión elevando las vibraciones - varios arranques durante su encendido.	Cada vez que se presenta una falla.	10	8	5	400

PLANTA UTI	SISTEM A	SUBSISTE MA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONA L	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDA D	OCURRENC IA	DETECCIO N	IPR
	Turbina libre FT TG05-06	Rotor de turbina, estator turbina libre, cilindro Exhaust	Turbina libre convierte la energía procedente de la descarga del generador de gas en una fuerza de rotación hasta 3600 rpm y transmite esa fuerza al alternador convirtiéndolo en energía mecánica de rotación. El peso de la FT y el eje de salida es aproximadame nte 7.7 toneladas.	Bajas velocidades < menores a 3800 rpm revoluciones por minuto en la región de la turbina libre.	Desgaste de álabes por elemento extraño deteriora los álabes.	Desbalance del rotor de la turbina libre alto exprés (combustión inestable).	Cada vez que se presenta una falla.	10	8	5	400
ALTERNAD OR UTI	Alternado r uti GE	Refrigeración del alternador ,Excitatriz	Alternador eléctrico es una máquina rotativa capaz de producir energía eléctrica mediante la transformación de energía mecánica su potencia.	Baja generación de la electricidad < 50mw mega wattios afectando la tensión en el trasformador principal.	Desgaste prematuro del devanado del rotor alternador- daño de las escobillas de rotor.	Daños en cojinetes del alternador quiebre de barras anillos del rotor- disyuntor de rotor de generador disparo o un	Cada vez que se presenta una falla.	10	5	5	250

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	IPR
			Nominal 50 MW a una temperatura de 15°C. La tensión de fase es de 13.8 kV, trifásica y 60 hz (3600 rpm).			Fusible quemado.					
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de admisión de aire	Sistema casa de filtros	Garantizar el ingreso de aire limpio al interior de la turbina es aire filtrado, debe ser completamente seco al compresor con un diferencial de presión no mayor de 1,5 pulgadas de agua .	Incremento de diferencial de presión por encima de 1,5 pulgadas de agua -ingreso de aire húmedo a la turbina.	Saturación 1 20 filtros presencia de humedad .	Baja calidad de aire al compresor afectando la potencia generada en el sistema .	Cada vez que se saturan los filtros.	10	5	5	250
	Salida de gases	Exhaust chimenea	Tiene la finalidad de expulsar a la atmósfera los gases producidos durante la combustión hasta 700°C de una manera segura y adecuada..	Incremento de la temperatura > mayor a los 700°C salida de escape de los gases calientes de la chimenea afectando su estructura.	Desgaste de los silenciadores en el funcionamiento o- desprendimiento del material aislante en el interior del exhaust.	Elevación del (nox) óxido de nitrógeno y (co2) dióxido de carbono no permisible para el medio ambiente.	Cada vez que envía alarma según la señal de temperatura.	5	2	2	20

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION	IPR
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de calefacción	Calefacción GG-FT "heater "	Suministra aire caliente a la turbina durante los períodos de parada para eliminar la humedad, mantener el calentamiento de la turbina solo cuando la máquina se encuentra parada .	Disminución de la temperatura < menor a los 30°C para el ingreso de la calefacción aire calientes de la turbina.	Saturación del filtro del heater calentador - obstrucción por suciedad en la check de calefacción.	Daños internos de los alabes por falta de calefacción - cristalización por enfriamiento de partes móviles alabes.	Son revisados cuando resulta falla del equipo.	5	3	3	45
	Sistema de Lubricación	Electrobombas de lubricación AC, DC	El sistema de aceite provee lubricación adecuada a los rodamientos principales y los del accionamientos hasta una presión de 150 psi de accesorios, tanto del generador de gases como de la turbina libre.	Presiones axiales sobre los cojinetes. Potencia aceptable de 7 a 8% de la nominal. bajo nivel de aceite y alarma de temperatura > 80°.	Velocidades bajas de la turbina, excesivo vibración en el funcionamiento o- fugas de aceite en las líneas de lubricación durante el funcionamiento.	Reparación y cambio de las electrobombas.	Cada vez que se presenta una falla fugas visibles.	5	2	2	20

PLANTA UTI	SISTEM A	SUBSISTE MA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONA L	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDA D	OCURRENC IA	DETECCIO N	IPR
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de soportes de turbina	Subsistema soporte de generador de gases GG y turbina libre, FT	Son los soportes o puntos que absorben la carga vertical y el momento de torsión producido por la turbina durante su funcionamiento	Inestabilidad en el sostenimiento de su carga vertical en 90°grados sobre los soportes del generador de gases y la turbina libre.	Elevadas vibraciones de los soportes GG Y FT durante el funcionamient o.	Revisión para la lubricación del soporte de generador de gases GG y turbina libre, FT.	Cada vez que el sistema indica elevadas vibracione s.	10	8	8	640
	Sistema de arranque y encendido de gas	Subsistema de gas natural	Se encarga de llevar el gas natural desde la estación de regulación y medición (ERM) hasta la cámara de combustión, pasando la instalación interna, el filtro principal separador, las diversas válvulas manuales y la distribución de gas.	Baja presión de gas < a 30 bares ir regulación del control del caudal de combustible aire ,gas hacia los quemadores.	Saturación del filtro separador de gas -fuga de gas natural en tuberías de ingreso a cámara de combustión.	Paralización por protección automática de la turbina.	Son revisados cuando resulta falta del equipo fugas visibles.	5	4	2	40

PLANTA UTI	SISTEM A	SUBSISTE MA	FUNCION DEL EQUIPO	FALLA FUNCIONA L	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	COTROL ACTUAL	SEVERIDA D	OCURRENC IA	DETECCIO N	IPR
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Compreso r de reserva 5y 6	Compresor arrancador neumático 05-06	Comprimir el aire que sirve para arrancar el compresor de turbina hasta 90 psi con una aceleración de 3400 rpm de alta presión en el arranque.	Presión inestable < de 90 psi conduciendo una baja desale ración menor 3400 rpm el turbina durante su funcionamien to.	Bajo nivel de aceite, resultante de alarma durante el funcionamient o de la misma.	Ensuciamien to general, contaminació n del aceite y filtro aire.	Son revisados cuando resulta falla del equipo fugas visibles.	8	5	2	80
	Sistema combustib le diésel	Centrifugas 1,2,3,4 electrobomba s forwarding 1,2 dc	Suministrar combustible diésel a los quemadores duales hasta 120 psi con una densidad aproximada de 850 kg/m3 entregar el petróleo para el encendido de la turbina.	Combustible diésel con una baja de presión menores < de los 120 psi y una baja densidad de 850 kg/m3 al ser entregados en la cámara de combustión.	Desgaste de lóbulos, falla de rodamiento - saturación del filtro strainer de diésel -fuga de combustible diésel.	Desarme de las electrobomb as diésel baja presión de diésel de regulación- Contaminaci ón de diésel de reservorio.	Son revisados cuando resulta falla del equipo fugas visibles.	10	5	2	100

Fuente: Elaboración propia

4.6. Acciones A.M.F.E recomendadas para el plan de mejora de la planta UTI

Tabla N° 20. Acciones recomendadas del análisis modal de fallos y efectos A.M.F.E

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	Resultado de las acciones				
			Acciones recomendadas	área	supervisión	seguridad	riesgo
TURBINA UTI	Generador de gases GGTG 05 - 06	Cojinetes generador de gases GG, estator de compresor, cámara de combustión.	Inspección del generador de gases la verificación de los alabes fijos y móviles en el generador de gases -inspección de la zona caliente cámara de combustión inspección visual para el cambio de alabes fijos turbina alta con una frecuencia de revisión anual y trianual por parada.	Mantenimiento mecánico	Ingeniero mecánico-operador de campo	Alta	Incendio
	Turbina libre FT TG05-06	Rotor de turbina, estator turbina libre ,cilindro exhaust	Inspección boroscópica con (videocámara en el interior de la turbina libre para la inspección de alabes fijos y alabes móviles en la turbina de baja-inspección de los pernos clocking ring anillos del reloj con una frecuencia de revisión anual y trianual por parada.	Mantenimiento mecánico	Ingeniero mecánico-operador de campo	Alta	Explosión
ALTERNADOR UTI	Alternador UTI GE	Refrigeración del alternador Excitatriz	<p>Inspección del aire acondicionado, ventilación y/o calefacción: revisión general de ventiladores Inerciales alternador.</p> <p>Cambio total de los 32 elementos filtrantes de aire de ingreso alternador</p> <p>Cambio de las 2 columnas de filtros dúplex lubricación alternador -inspección de mangueras de lubricación del alternador con una frecuencia de revisión anual y trianual por parada.</p>	Mantenimiento eléctrico	Ingeniero eléctrico-operador de campo	Alta	Electrocución
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de admisión de aire	Sistema casa de filtros	Con una frecuencia de revisión periódica quincenal inspección visual, limpieza y revisión de parámetros operativos de casa de filtros.	Mantenimiento eléctrico	Ingeniero mecánico-operador de campo	Alta	Fuga de aire

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	Resultado de las acciones				
			Acciones recomendadas	área	supervisión	seguridad	riesgo
SISTEMAS AUXILIARES UTI			Cambio total de 120 filtros de admisión de aire.				
	Salida de gases	Exhaust chimenea	Con una frecuencia de revisión periódica trimestral y anual para las actividades de la apertura y cierre de Manhole para la inspección visual- de la chimenea y exhaust ,revisión y/o cambio de material aislante de la empaquetadura y pantalla térmica.	Mantenimiento mecánico	Ingeniero mecánico- operador de campo	Baja-medio	Quemaduras
	Sistema de calefacción	Calefacción GG- FT heater	Inspección de aire acondicionado, ventilación y/o calefacción- limpieza de filtros metálicos de calefacción - inspección del sistema heater , ventiladores, revisión de estructura y soporte de calefacción con una frecuencia de revisión periódica mensual.	Mantenimiento mecánico	Ingeniero mecánico- operador de campo	Media	Quemaduras
	Sistema de Lubricación	Electrobombas de lubricación AC,DC	Con una frecuencia de revisión periódica mensual para las actividades -análisis periódicos del aceite lubricante que cubran la viscosidad, la presencia de agua, el número total de acidez, la concentración de metales- inspección y/o sustitución de 04 elementos filtrantes dúplex- revisión y pruebas operativas de válvulas -revisión y limpieza de válvula check de electrobomba principal -inspección de mangueras de lubricación.-Revisión general de electrobomba de lubricación 1,2,dc - limpieza externa de panel de enfriamiento aire-aceite.	Mantenimiento mecánico y Mantenimiento básico operacional (mbo)	Ingeniero mecánico- operador de campo	Baja	Ninguno
	Sistema de soportes de turbina	Subsistema soporte generador de gases GG y turbina libre FT	Con una frecuencia de revisión periódica mensual para las actividades -inspección de los 4 soportes lado compresor y turbina libre : engrase y lubricación de soportes, trunions y puntos de apoyos deslizantes.	Mantenimiento mecánico y Mantenimiento básico operacional (mbo)	Ingeniero mecánico- operador de campo	Alta	Derrame fuga

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	Resultado de las acciones				
			Acciones recomendadas	área	supervisión	seguridad	riesgo
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de arranque y encendido de gas	Subsistema de gas natural	Con una frecuencia de revisión periódica quincenal y trimestral para las actividades - inspección visual de gaseoducto , ductos, válvulas , equipamiento inspección ,revisión y limpieza de válvulas check de las líneas de gas natural-- sustitución de los 02 elementos filtrantes de filtro separador o filtro primario de gas natural..	Mantenimiento mecánico	Ingeniero mecánico- operador de campo	Alta	Explosión
	Compresor de reserva 5y 6	Compresor arrancador neumático 05-06	Con una frecuencia de revisión periódica semanal y mensual para las actividades -inspección del compresor: revisión general, cambio de fajas , poleas,-cambio de aceite y filtros,-ajustes, alineamiento de fajas, revisión de válvulas de succión ,descarga y de purga.	Mantenimiento mecánico y Mantenimiento básico operacional (mbo)	Ingeniero mecánico	Alta	Fuga de aire
	Sistema combustible diésel	Centrifugas 1,2,3,4 electrobombas forwarding 1,2 dc	Con una frecuencia de revisión periódica semanal y trimensual para las actividades de inspección o sustitución de elementos filtrantes, revisión de strainer y revisión de válvulas del sistema comunes envío diésel inspección del Sistema Diésel generador de gases prueba hidráulica de tuberías de Manitol colector Inspección y/o sustitución de strainer, succión y revisión de válvulas check del sistema diésel.	Mantenimiento mecánico Mantenimiento básico operacional (mbo)	Ingeniero mecánico- operador de campo	Alta	Derrame

Fuente: Elaboración propia

4.7. Funciones de los sistemas y subsistemas de la planta UTI

Tabla N° 21. Funciones de los sistemas y subsistemas de la planta UTI

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
TURBINA UTI	Generador de gases GGTG 05 - 06	Cojinetes generadores de gases GG, estator de compresor, cámara de combustión	Generación de los gases calientes mediante el combustible aire, gas, diésel que va hacia los quemadores ubicados en la cámara de combustión con una aceleración hasta 7600 rpm.			CRITICO
	Turbina libre FT TG05-06	Rotor de turbina, estator turbina libre ,cilindro exhaust	Turbina libre convierte la energía procedente de la descarga del generador de gas en una fuerza de rotación hasta 3600 rpm y transmite esa fuerza al alternador convirtiéndolo en energía mecánica de rotación. El peso de la FT y el eje de salida es aproximadamente 7.7 toneladas.			CRITICO

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
ALTERNADOR UTI	Alternador UTI GE	Refrigeración del alternador, Excitatriz	Alternador eléctrico es una máquina rotativa capaz de producir energía eléctrica mediante la transformación de energía mecánica su potencia nominal 50 MW a una temperatura de 15°C. La tensión de fase es de 13.8 kV, trifásica y 60 Hz (3600 rpm).			CRITICO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de admisión de aire	Sistema casa de filtros	Garantizar el ingreso de aire limpio al interior de la turbina es aire filtrado, debe ser completamente seco al compresor con un diferencial de presión no mayor de 1,5 pulgadas de agua.			

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Salida de gases	Exhaust (chimenea)	Tiene la finalidad de expulsar a la atmósfera los gases producidos durante la combustión hasta 700°C de una manera segura y adecuada.			
	Sistema de calefacción	Calefacción GG-FT " Heater "	Suministra aire caliente a la turbina durante los períodos de parada para eliminar la humedad, mantener el calentamiento de la turbina solo cuando la máquina se encuentra parada.			

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de Lubricación	Electrobombas de lubricación AC, DC,	El sistema de aceite provee lubricación adecuada a los rodamientos principales y los del accionamiento hasta una presión de 150 psi de accesorios, tanto del generador de gases como de la turbina libre.			
	Sistema de soportes de turbina	Subsistema soporte generador de gases GG y turbina libre ,FT	Son los soportes o puntos que absorben la carga vertical y el momento de torsión producido por la turbina durante su funcionamiento.			

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema de arranque y encendido de gas	Subsistema de gas natural	Se encarga de llevar el gas natural desde la estación de regulación y medición (ERM) hasta la cámara de combustión, pasando la instalación interna, el filtro principal separador, las diversas válvulas manuales y la distribución de gas.			

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Compresor de reserva 5y 6	Compresor arrancador neumático 05- 06	Comprimir el aire que sirve para arrancar el compresor de turbina hasta 90 psi con una aceleración de 3400 rpm de alta presión en el arranque.			CRITICO

PLANTA UTI	SISTEMA	SUBSISTEMA	FUNCION DEL EQUIPO	IMAGEN 1	IMAGEN 2	ESTADO
SISTEMAS AUXILIARES UTI	Sistema combustible diésel	Centrifugas 1,2,3,4 electrobombas forwarding 1,2 DC	Suministrar combustible diésel a los quemadores duales hasta 120 psi con una densidad aproximada de 850 kg/m3 entregar el petróleo destilado y almacenado en los tanques, para el combustible y encendido de la turbina.			

Fuente elaboración propia

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la mejora implementada del RCM se demuestra que el proyecto es atractivo, ya que representa grandes beneficios y ahorro de tiempo; garantizando el funcionamiento adecuado de los sistemas y subsistemas de equipos de la central térmica;

Beneficios logrados del mantenimiento después de nuestra implementación del RCM.

1. Mejoro la máxima vida útil de los componentes del sistema, subsistemas de equipos varios.
2. Mejoro notablemente de mantenimiento preventivo y redujo el mantenimiento correctivo.
3. Redujo las pérdidas de producción durante el funcionamiento de las turbinas.
4. Elimino las necesidades de una inspección visual periódica programada para el equipo.
5. Amplio las horas de disponibilidad del mantenimiento general.
6. Se encontró los previstos serios problemas a tiempos reales aplicados a esta mejora
7. Redujo las paradas imprevistas.
8. Se conoció con precisión cuando y que debe ser cambiado en los equipos de la instalación.
9. Aumento la confiabilidad y disponibilidad de los equipos en los sistemas de la turbina.
10. Esta metodología del RCM favoreció notablemente en los equipos reduciendo los fallos en los sistemas y subsistema de la planta UTI.

Con esta investigación se demostró que si no se tiene un control de actividades no se podrán detectar los errores potenciales que se pueden producir en el funcionamiento de los sistemas para ello es importante la identificación de las causas efectos detectados en el proceso de la producción energética.

Con la implementación de esta mejora mediante la estrategia del RCM en la central térmica ubicada en la ciudad de lima se pudo reducir las falla y paradas del mantenimiento en los equipos criticos : generador de gases,turbina libre, alternador ,compresor y aumentar la confiabilidad de los equipos al localizar los problemas antes de que se produzca una avería, reduciendo significativamente las salidas de servicio y los cortes no programados, y los daños a los sistemas y subsistemas , mejoras directamente relacionadas a los recursos y su reducción, logrando incrementar la productividad energetica de la central termica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir con la técnica del AMEF (análisis de modo de efectos y fallas) para realizar un mantenimiento adecuado de los sistemas y subsistemas de la central térmica lo cual implicaría reducir total o parcial la falla durante los periodos de funcionamiento de los generadores en la central térmica.
2. Se recomienda monitorear las inspecciones de los sistemas criticos del generador de gases ,turbina libre,alternador, compresor identificando que los estandares de frecuencia de parametros de vibraciones y temperatura funcionen con los controles establecidos garantizando la produccion energetica.
3. Se recomienda la reducion del riesgo inaceptable del sistema de turbinas de todos los generadores de gases de la central termica , para evitar paradas por fallas funciones en la puesta en servicio.
4. Se recomienda realizar el correcto de esta metodologia AMEF para los demas subsistemas de transformacion y generacion para un mejor control del mantenimiento de toda la central termica.
5. Se recomienda seguir efectivamente los resultados de las acciones realizadas para cada sistema y subsistema implantados en la planta UTI mediante el RCM teniendo resultados optimos de esta manera garantizar la confiabilidad de los equipos de los demas sistemas de la turbina gas SIEMENS Y WESTINHOUSE.

REFERENCIAS

- Cruz, R. L. (2016). Diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad en las maquinas circulares de la empresa textil WG SAC- LIMA.". (*Tesis de licenciatura*). Universidad cesar vallejo, Trujillo.
- García Cabello, G. A. (2018). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12015>
- García Esparza, C. (2015). Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar la calidad en el servicio en el departamento de alta tensión de STC metro de la ciudad de México. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <https://docplayer.es/51084249-Instituto-politecnico-nacional-unidad-profesional-interdisciplinaria-de-ingenieria-y-ciencias-sociales-y-administrativas.html>
- García, c. g. (2018). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM). (*Tesis de licenciatura*). Universidad Católica del Perú, Lima.
- Huerta, p. e. (2007). Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón. (*tesis de licenciatura*). escuela superior politecnica del litoral, guayaquil - ecuador.

Mejia, C. R. (2017). Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la Empresa Ersas Transportes y Servicios S.R.L. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/912>

Ordoñez, F. J. (2016). Propuesta de implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para optimización de los planes de mantenimiento en una central hidroeléctrica. (*tesis de licenciatura*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima.

Parra, C., & Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. . INGECON. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8xsnQ1aMg2gC&oi=fnd&pg=PR20&dq=Ingenier%C3%ADa+de+Mantenimiento+y+Fiabilidad+aplicada+a+la+Gesti%C3%B3n+de+Activos&ots=l_R_idY-21&sig=FK1zdxANbqFOh5yE7AuqtUk4xA#v=onepage&q=Ingenier%C3%ADa%20de%20Mantenimiento%2

Rodríguez, D. a. (2012). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de los equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca. (*tesis de licenciatura*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú .

Sanzol Iribarren, L. (2010). Implantación de plan mantenimiento TPM en planta de cogeneración. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/577191.pdf?sequence=1>

Villegas Arenas, J. C. (2016). Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa Manfer S.R.L. Contratistas Generales, Arequipa 2016. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/15234>

ANEXOS

Anexo 1. Fotos de central térmica santa rosa

Figura N° 29.

Turbogenerador dual Westinghouse 120MV



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 02.

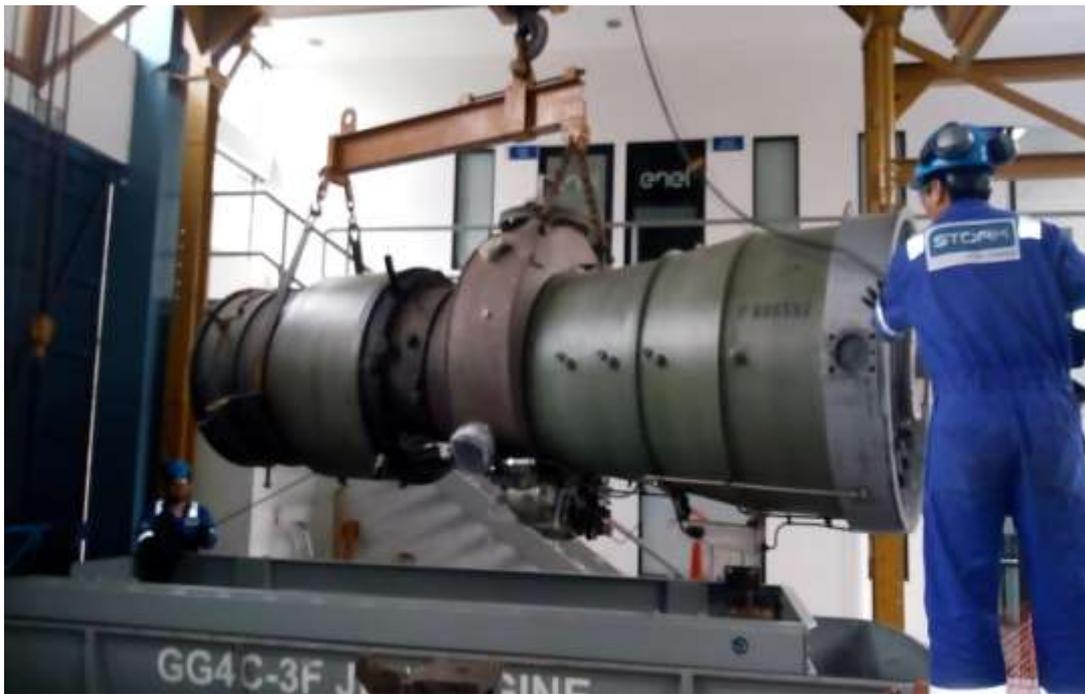
Figura N° 30.
Turbogenerador a gas siemens 160MV



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 03.

Figura N° 31.
Turbo generador Aero derivador 50MV



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 04

Figura N° 32. Planta generadora termo eléctrica 458 mv



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 05

Figura N° 33. Mantenimientos preventivos en turbo generadores Aero derivadores de 50mw



Fuente: Elaboración Propia