

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.”

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la T.S.U Borbón C., Yolanda I.
Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2008.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.”

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José Perera.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Alberto Hung.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la T.S.U Borbón C., Yolanda I.
Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2008.



Caracas, 19 de noviembre de 2.008

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la bachiller:

YOLANDA BORBON

Titulado:

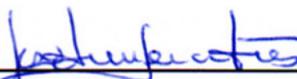
“APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Alberto Fuentes
Jurado




Prof. Alfonso Quiroga
Jurado


Prof. José Luis Perera
Tutor

“NÚCLEO DE INGENIERIA “ARMANDO MENDOZA” HACIA EL 30º ANIVERSARIO”

Borbón C. Yolanda I.

**APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO
EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA
TURBINA A GAS W501D5.**

Tutor Académico: Prof. José L. Perera. Tutor industrial: Ing. Alberto Hung.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Mecánica.

2008, N° Pág 186.

Mantenimiento, Criticidad, Confiabilidad, SAP.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de grado es la aplicación un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistemas auxiliares (sistema de aceite lubricante, sistema de aire de instrumentación, sistema de aceite para el levantamiento del generador y sistema de enfriamiento del rotor) de la unidad turbogeneradora W501D5, para la Electricidad de Caracas Planta Oscar Augusto Machado. Se aplicó la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para establecer las rutinas de mantenimiento basado en 5 aspectos (Preanálisis, definición de sistemas y subsistemas, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de falla y la selección de tareas). Se estableció la estructura de la gestión de mantenimiento que debe ser empleada por la empresa para las actividades de mantenimiento, con lo cual se puede realizar el seguimiento y control de los equipos.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo.

A mi nena Hanna Camila

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Alberto Hung, Tutor Industrial. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo y guiarme en su elaboración.
- Al Profesor Perera, por brindarme su apoyo para realizar este trabajo y guiarme en su elaboración.
- A la Electricidad de Caracas, Planta O.A.M. Por haberme brindado esta valiosa oportunidad.
- A los compañeros de trabajo, ingenieros, técnicos, mecánicos, operadores y demás empleados de la planta O.A.M, por su disposición y colaboración durante la elaboración de este proyecto.
- A José González por estar y brindarme su apoyo.
- A mis compañeros de clases, amigos de la Universidad y Amigos de siempre.
- A la Universidad Central de Venezuela. Por su formación como profesional íntegro y competitivo.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL.	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.	ix
ÍNDICE DE TABLAS.	xi
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	6
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4 ALCANCES	10
1.5 LIMITACIONES.	10
CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	11
2.1 RESEÑA HISTÓRICA.	11
2.2 MISIÓN.	13
2.3 VISIÓN.	13
2.4 VALORES.	14
2.5 ORGANIZACIÓN.	15
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD TURBOGENERADORA	17
3.1 TURBINA A GAS WESTINGHOUSE W501D5. ECONOPAC.	17

3.1.1 LA UNIDAD TURBOGENERADORA: COMPRESOR, CÁMARA DE COMBUSTIÓN, TURBINA.	20
3.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.	21
3.1.2 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES W501D5.	24
CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.	25
4.1 SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTACIÓN.	26
4.2 SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN.	28
4.3 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DEL GENERADOR.	30
4.4 SISTEMA DE AIRE DE ENFRIAMIENTO DE LA TURBINA.	31
4.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO CRITICOS	33
CAPITULO V. MARCO TEORICO.	35
5.1. CICLO BRAYTON.	35
5.1.1 CICLO TEORICO	36
5.1.2. CICLO REAL.	39
5.2 DESCRIPCIÓN DE UNA TURBINA A GAS.	39
5.3 MANTENIMIENTO.	41
5.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO.	41
5.5 MODELOS DE MANTENIMIENTO.	43
5.6 ACTIVIDADES EN EL MANTENIMIENTO.	45
5.7 CONFIABILIDAD OPERACIONAL.	45
5.7.1. TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.	45
5.8 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD. (MCC).	46
5.8.1 IMPLEMENTACIÓN DEL MCC.	47
5.8.2. ANÁLISIS DE UNA PLANTA.	48
5.8.2.1. JERARQUIZAR LA PLANTA.	48
5.8.2.2. ANÁLISIS FUNCIONAL.	49
5.8.2.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	49

5.8.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).	51
5.8.4 CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.	53
5.8.5 ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES.	53
5.8.6 SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO.	55
5.8.6.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO.	55
5.8.6.2 REDACCIÓN DE TAREAS.	57
5.8.6.3 ANÁLISIS DE LAS TAREAS.	57
5.8.6.4 PLANIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO	57
5.8.7 PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN EL MANTENIMIENTO	57
5.9 SAP (SYSTEM APPLICATIONS AND PRODUCTS).	58
5.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.	58
5.9.2 MÓDULOS DEL SAP.	59
5.9.2.1 ÁREA DE FINANZAS.	61
5.9.2.2 ÁREA LOGÍSTICA.	63
5.9.2.3 ÁREA DE GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS.	65
5.9.2.4 ÁREA DE FUNCIONES DE MÚLTIPLES APLICACIONES.	66
CAPITULO 6. MARCO METODOLÓGICO	67
6.1. ETAPAS DEL PROYECTO.	68
CAPITULO 7. APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.	71
7.1 PREANÁLISIS.	71
7.1.2 EQUIPO DE TRABAJO.	72
7.2 DEFINICIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.	72
7.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	76
7.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF).	80
7.5. SELECCIÓN DE TAREAS.	81

7.5.1 RECOMENDACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.	85
7.6 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL MODULO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE SAP.	91
7.6.1 GESTIÓN DE OBJETOS TÉCNICOS	95
7.6.2 PLANES DE MANTENIMIENTO	98
7.6.2.1. AVISO DE MANTENIMIENTO.	99
7.6.2.2. ORDEN DE MANTENIMIENTO	102
7.6.2.3. HISTORIAL DE MANTENIMIENTO.	106
7.6.3 GESTIÓN DE ÓRDENES	106
7.6.3.1. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. VISUALIZAR.	107
7.6.3.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO. HOJAS DE RUTA.	109
7.6.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN	111
7.7. CRITERIOS DE MEDICIÓN DE DISPONIBILIDAD.	112
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121
GLOSARIO	122
ANEXOS	124
ANEXO A. UNIDAD W501D5.	124
ANEXO B. SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACION.	125
ANEXO C. SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DEL GENERADOR.	126
ANEXO D. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL ROTOR.	127
ANEXO E. SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTACION.	128
ANEXO F. DIAGRAMA FUNCIONAL, DIAGRAMA EPS.	129
ANEXO G. ANALISIS FUNCIONAL	136

ANEXO H. NIVEL DE CRITICIDAD.	156
ANEXO I. ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).	158
ANEXO J. REGISTRO DE TAREAS.	167
ANEXO K. CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.	176
ANEXO L. FORMATO DE INSPECCION.	181
ANEXO M. DIAGRAMA DE LA UNIDAD W501D5	182

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de la turbina W501D5 ECONOPAC.	6
Figura 2. Diagrama del sistema de aceite de lubricación.	7
Figura 3. Diagrama del sistema de aire de instrumentación	7
Figura 4. Diagrama del sistema de levantamiento del generador.	8
Figura 5. Diagrama del sistema de aire de enfriamiento del rotor.	8
Figura 6. Organización.	15
Figura 7. Vista de la planta Oscar Augusto Machado. Electricidad de Caracas.	16
Figura 8. Turbina WESTINGHOUSE W501D5 ECONOPAC.	17
Figura 9. Componentes de una turbina W501D5 ECONOPAC.	18
Figura 10. Aislamiento térmico Desmontable y reutilizable	19
Figura 11. Turbina W501D5.	20
Figura 12. Turbina W501D5. Componentes.	22
Figura 13. Diagrama simplificado sistema aire de instrumentación.	26
Figura 14. Diagrama simplificado sistema aceite de lubricación.	28
Figura 15. Diagrama simplificado sistema levantamiento del rotor.	30
Figura 16. Diagrama simplificado sistema enfriamiento del rotor.	31
Figura 18. Ciclo Brayton. Diagrama T-s.	36
Figura 19. Ciclo Brayton Real. Diagrama T-s.	38
Figura 20. Equipo de trabajo.	50
Figura 21. Jerarquización de una planta.	52
Figura 22. Modelo de aplicación del análisis de criticidad.	56
Figura 23. Árbol lógico de decisiones.	61
Figura 24. Módulos del SAP.	61
Figura 25. Análisis funcional por sistema.	76
Figura 26. Análisis funcional por subsistema.	77
Figura 27. Diagrama funcional. Sistema de aire de instrumentación.	78
Figura 28. Diagrama Entrada-Proceso-Salida. Sistema de aire de instrumentación.	
Figura 29. Encuesta aplicada para evaluación de criticidad.	80
Figura 30. Guía de parámetros de criticidad.	81
Figura 31. Pantalla menú SAP.	95
Figura 32. Pantalla, crear ubicación técnica.	97
Figura 33. Visualizar equipo acceso.	98
Figura 34. Visualización de datos generales de un objeto técnico.	99
Figura 35. Visualización de los datos de emplazamiento de un objeto técnico.	100
Figura 36. Visualización de la organización de un objeto técnico.	101
Figura 37. Visualizar ubicación técnica: Datos maestros.	102
Figura 38. Gestión de mantenimiento.	102
Figura 39. Menú SAP, Crear Aviso.	102
Figura 40. Clase de aviso.	103
Figura 41. Crear aviso de mantenimiento.	104
Figura 42. Visualizar aviso de mantenimiento. Aviso.	104
Figura 43. Visualizar aviso de mantenimiento. Disponibilidad de la unidad.	105
Figura 44. Visualizar aviso de mantenimiento. Resumen de programación de mantenimiento.	105
Figura 45. Orden de mantenimiento	106
Figura 46. Crear orden. Acceso	107

Figura 47. Crear orden de mantenimiento.	108
Figura 48. Historial de mantenimiento ordenes.	108
Figura 49. Menú SAP. Mantenimiento planificado.	109
Figura 50. Mantenimiento planificado. Categorías.	109
Figura 51. Hojas de ruta. Menú SAP.	110
Figura 52. Crear hoja de ruta para equipo. Vista general	113
Figura 53. Crear hoja de ruta para equipo. Resumen de operaciones.	113
Figura 54. Proyecciones EFOR.	120
Figura 55. Proyecciones EAF	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulos y subdivisiones del SAP.	63
Tabla 2. Etapas del desarrollo del proyecto.	71
Tabla 3. Resultado de la encuesta.	82
Tabla 4. Nivel de criticidad.	83
Tabla 5. Hoja de registro AMEF.	84
Tabla 6. Hoja de registro de las tareas propuestas a partir del árbol lógico de decisiones.	85
Tabla 7. Cronograma de actividades de mantenimiento. Pagina 1 de 5.	87
Tabla 8. Resumen mensual de la unidad 09 Planta O.A.M Año 2001.	119
Tabla 9. Indicadores de mantenimiento.	120

INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido a los exigentes niveles de producción y la rigurosa normativa en seguridad y ambiente, se busca producir bienes o servicios con alta calidad reduciendo los costos asociados a la producción para obtener una alta rentabilidad de la unidad de negocio.

La aparición de fallas y averías en equipo o sistemas provocará una disminución en la disponibilidad pudiendo originar un accidente con consecuencias negativas a personas, equipos o ambiente. Es por esta razón que las unidades de mantenimiento son de gran importancia en cualquier empresa porque deben organizar medidas para disminuir las ocurrencias de fallas a través de rutinas de mantenimiento apropiadas a cada equipo, minimizando los tiempos de parada. Otra función importante de las unidades de mantenimiento es reducir los costos tanto de los mantenimientos programados como los asociados a indisponibilidades como lucro cesante, penalizaciones entre otros.

Las estrategias de mantenimiento deben estar orientadas a obtener alta disponibilidad de las unidades con un bajo índice de paradas forzadas.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad busca asegurar el cumplimiento de la función de un equipo, sistema o unidad a través de una serie de preguntas básicas a cerca de las funciones, manera de falla de función, causas de estas fallas, consecuencias e importancia de las fallas, medidas para prevenir estas fallas y que debe hacerse si no se encuentra una tarea preactiva adecuada.

El presente trabajo tiene como propósito la aplicación de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistema auxiliares de la turbina a gas W501D5 de la planta O.A.M de la Electricidad de Caracas, el cual presento algunas limitaciones en cuanto a: 1- indisponibilidad de documentación relativa a historiales de falla y costos de mantenimiento de subsistemas y equipos,

lo cual dificulta la obtención de datos para el análisis de criticidad y para la elaboración de los análisis de modos y efectos de falla y 2- En el sistema SAP la carga de data , la configuración de los programas de mantenimiento y la manipulación de esta data en el ambiente de carga solo puede ser realizada por personal autorizado, lo que imposibilita la simulación del modelo de gestión asociada estos equipos para efectos de la documentación en este trabajo.

El trabajo se dividió en 7 capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el Capítulo 1 se realiza el planteamiento del problema, los objetivos general y específicos, los alcances y las limitaciones para realizar el trabajo. En el Capítulo 2 se hace una descripción de la reseña histórica de la empresa, misión, visión, valores y su organización.

El capítulo 3 Se describe a la unidad turbogeneradora W501D5, sus componentes, funcionamiento y sus sistemas. El Capítulo 4 presenta la descripción general de los sistemas auxiliares de la turbina y en especial los del objeto de estudio los sistemas de aceite de lubricación, aire de instrumentación, enfriamiento del rotor y levantamiento del generador.

El Capítulo 5 contiene el marco teórico, se abordan temas como el funcionamiento de una turbina a gas, el ciclo Brayton, el mantenimiento con sus tipos, modelos y actividades relacionadas en él, la confiabilidad operacional, el mantenimiento centrado en la confiabilidad, y el sistema SAP (system applications and products) describiendo los módulos que lo conforman.

El Capítulo 6 Presenta el marco metodológico para la realización del trabajo, las etapas en que fue estructurada la aplicación de la metodología.

En el Capítulo 7 Se hace la aplicación de la metodología del plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los sistema auxiliares estudiados a través de una serie de etapas de desarrollo (preanálisis, definición de

sistemas y subsistemas, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de falla, selección de tareas), luego se hace una descripción de las actividades del modulo de gestión de mantenimiento del sistema SAP y se expone los criterios para medir los indicadores de gestión de mantenimiento en empresas de generación eléctrica, para finalizar con la generación de conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Los proyectos que se nombran a continuación están relacionados con el tema que se desarrolló en este trabajo:

- ✓ **Álvarez Manuel y Salas Juan (2003):** Realizaron un estudio para la aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de una planta de pasta alimenticia, el objetivo era reducir costos de mantenimiento enfocándose en las funciones más importantes de los sistemas, se hizo un análisis de criticidad y de modos y efectos de fallas para seleccionar las tareas a realizar. Este análisis contribuyó a detectar deficiencias de diseño en cada uno de los sistemas estudiados, lo que permitiría tomar acciones futuras para mejorar el desempeño de los equipos. Con la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se mejoran los procedimientos de reparación de los equipos logrando eficacia y rapidez.
- ✓ **Bastidas Jeison y Marino Jorge (2003):** Realizaron un estudio para el desarrollo de un plan de mantenimiento en una planta torrefactora de café bajo la filosofía de confiabilidad operacional, hicieron actividades para el mantenimiento bajo el mantenimiento centrado en la confiabilidad y análisis de criticidad, donde se jerarquizó los equipos de la planta evaluando confiabilidad, analizando fallas para terminar con una asignación de tareas. En este trabajo se empleó la ayuda de un programa computacional llamado RELEST realibity estimation, para obtener una distribución probabilística de las fallas. Con el desarrollo de este plan de mantenimiento se busca tener un control planificado de rutinas de mantenimiento e incrementar el tiempo entre las paradas, reduciendo los costos no operacionales (reparaciones).

- ✓ **González Ninoska (2005):** Realizó un estudio sobre el diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para las cavas de refrigeración de productos EFE, mediante la implementación del SAP. En este proyecto se aplicó la norma COVENIN 2500-1993 para evaluar los sistemas de mantenimiento y determinar su capacidad de gestión, se hizo un análisis de criticidad, se utilizó la distribución de Weibull para el cálculo de la confiabilidad y con la ayuda de la distribución de Grumbel se calculó la mantenibilidad, confiabilidad y el tiempo fuera de servicio. Luego con esto se diseñó el plan de mantenimiento y los formatos de inspección. El uso del SAP permite sustituir un gran número de sistemas independientes lo que permite la uniformidad de la empresa facilitando las transacciones, el manejo de la información y la planificación de una maniobra de mantenimiento.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el trabajo se realizará un estudio para la aplicación de un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos críticos de los sistemas auxiliares (sistema de aceite lubricante, sistema de aire de instrumentación, sistema de aceite para el levantamiento del generador y sistema de enfriamiento del rotor) de la unidad de turbina a gas W501D5, ya que en estas unidades de generación se consideran críticos estos sistemas de equipos auxiliares, pues cualquier fallo en estos sistemas inciden directamente en el funcionamiento de la unidad provocando paradas forzadas, a demás de los costos que esto representa; por supuesto el costo de la estrategia de mantenimiento preventivo no debe superar el costo de una maniobra de mantenimiento correctivo.

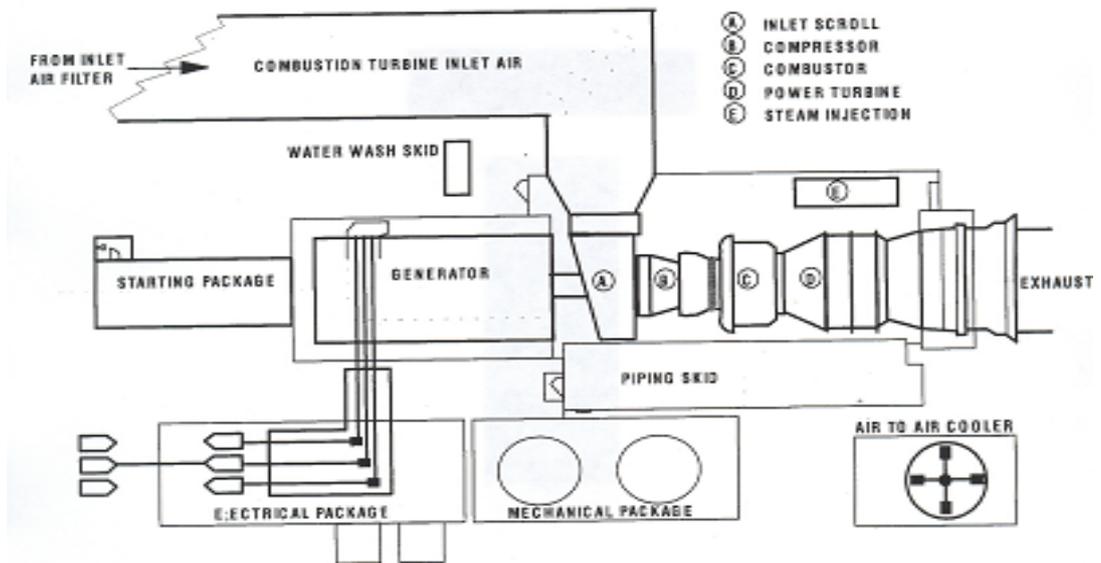
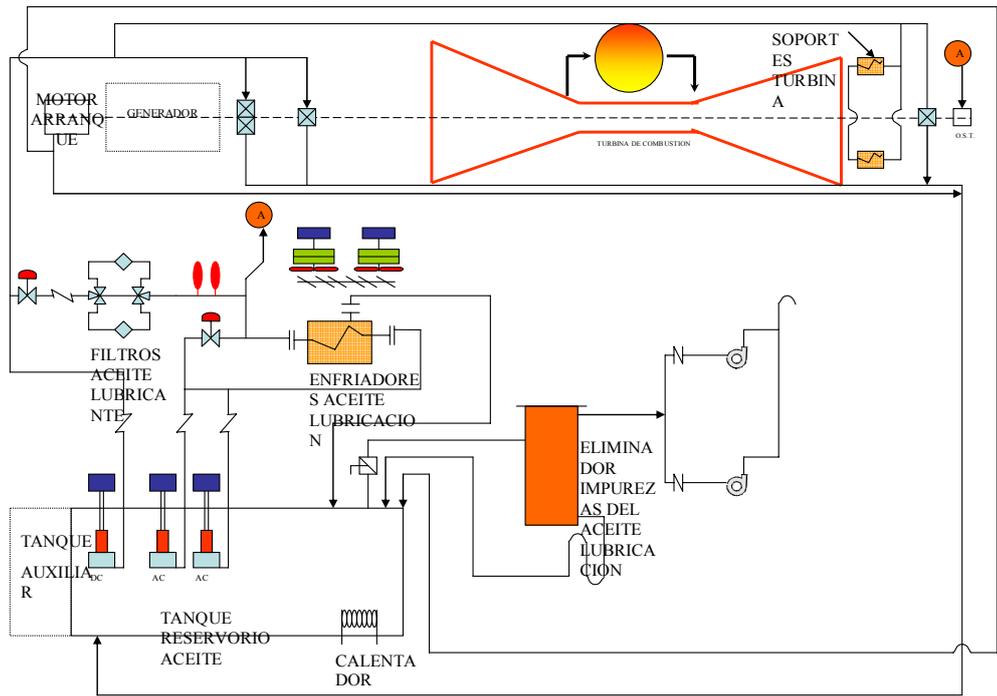


Figura 1. Componentes de la turbina W501D5 ECONOPAC.

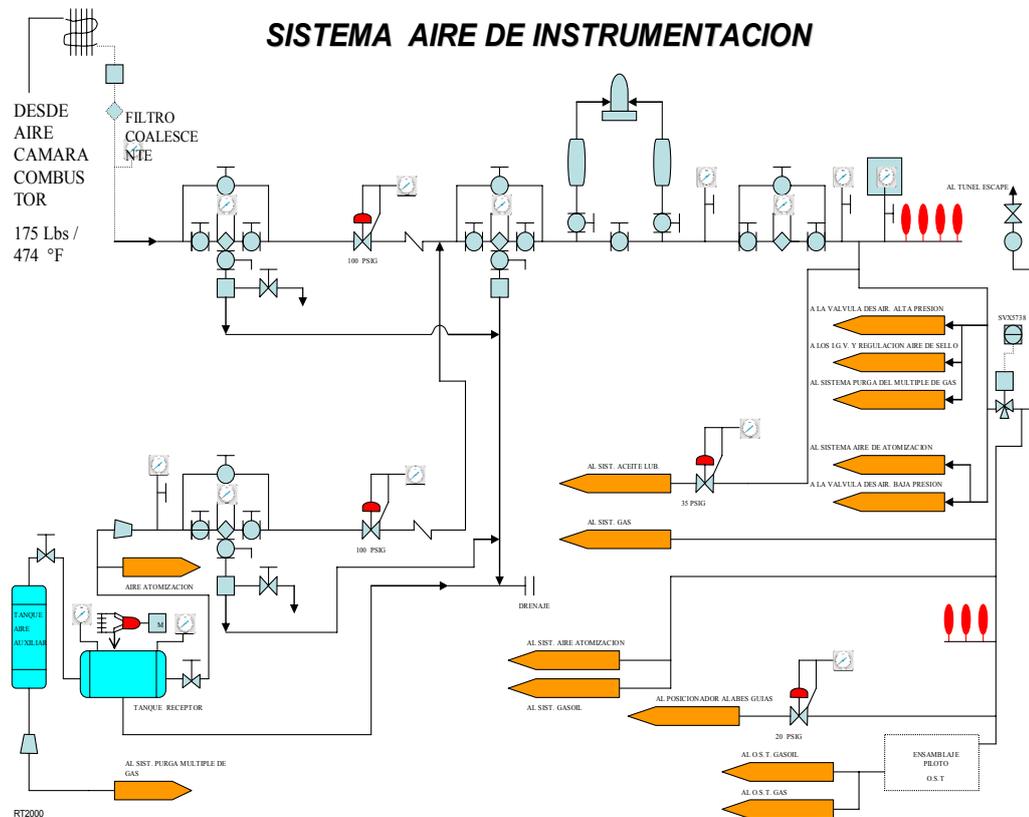
SISTEMA ACEITE LUBRICACION



RT2000

Figura 2. Diagrama del sistema de aceite de lubricación.

SISTEMA AIRE DE INSTRUMENTACION



RT2000

Figura 3. Diagrama del sistema de aire de instrumentación.

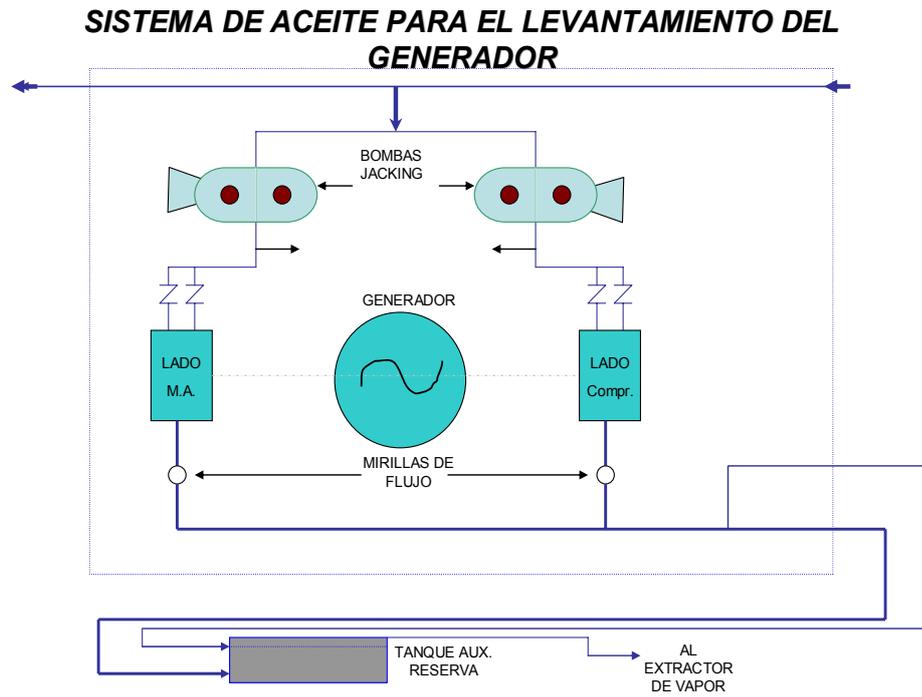


Figura 4. Diagrama del sistema de levantamiento del generador.

SISTEMA AIRE ENFRIAMIENTO DEL ROTOR

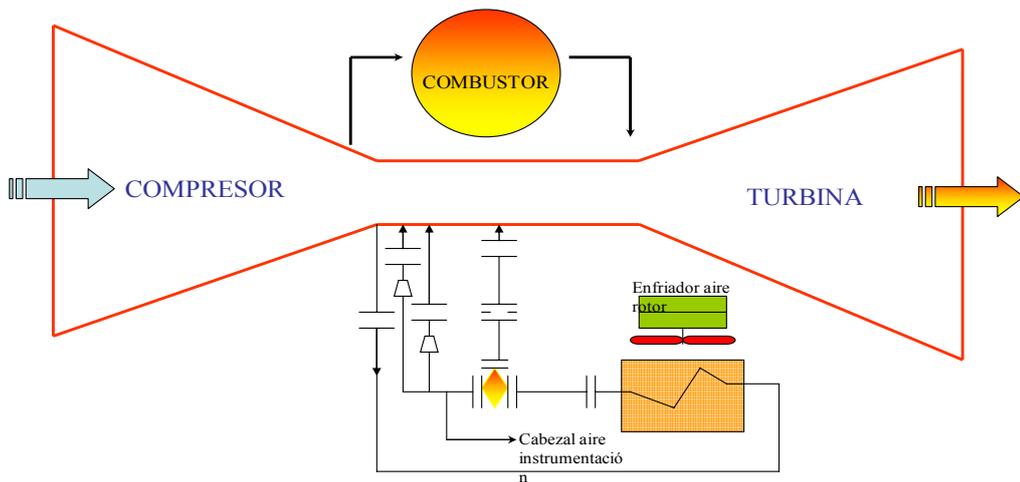


Figura 5. Diagrama del sistema de aire de enfriamiento del rotor.

La aplicación del programa de mantenimiento preventivo de los equipos auxiliares se desarrollará bajo la filosofía de la confiabilidad operacional, mantenimiento centrado en la confiabilidad, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de falla ,que son estrategias utilizadas para evaluar las necesidades de mantenimiento analizando los modos y efectos de las fallas de los equipos críticos, disminuyendo el índice de fallas, para poder obtener un aumento en la confiabilidad y la disponibilidad. Se hará uso del sistema SAP para el control de las acciones de mantenimiento (punto de pedido mínimo, inventario, etc.) para disponer de todos los elementos para el desarrollo de la maniobra de mantenimiento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los sistemas auxiliares (sistema de aceite lubricante, sistema de aire de instrumentación, sistema de aceite para el levantamiento del generador y sistema de enfriamiento del rotor) de la unidad turbogeneradora W501D5.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Elaborar las especificaciones técnicas de los equipos de los sistemas auxiliares.
- ✓ Analizar los modos y efectos de fallas para los equipos de los sistemas auxiliares.
- ✓ Describir y estandarizar las actividades del plan de mantenimiento preventivo y el tiempo que se requiere en cada actividad así como la periodicidad del mismo, basados en el análisis de modos y efectos de fallas.

1.4 ALCANCES

- ✓ Describir la planta y los sistemas auxiliares.
- ✓ Realizar las especificaciones técnicas de los equipos de los sistemas auxiliares, ya que no se cuenta con esta información.
- ✓ Analizar los modos y efectos de fallas para los equipos críticos del sistema.
- ✓ Analizar los equipos críticos con el método de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- ✓ Aplicar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos de los sistemas auxiliares.
- ✓ Generación de recomendaciones y conclusiones.

1.5 LIMITACIONES.

- ✓ Indisponibilidad de documentación relativa a historiales de falla y costos de mantenimiento de subsistemas y equipos, debido a que es información confidencial, con lo cual se dificulta la obtención de datos para el análisis de criticidad y para la elaboración de los análisis de modos y efectos de falla.
- ✓ La carga de data en SAP relativa a los equipos, la configuración de los programas de mantenimiento de los mismos y la manipulación de esta data en el ambiente de carga solo puede ser realizada por personal autorizado, lo que imposibilita la simulación del modelo de gestión asociada estos equipos para efectos de la documentación en este trabajo.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA.

C.A. La Electricidad de Caracas, inicia sus actividades en septiembre de 1895, cuando su fundador el Sr. Ricardo Zuloaga, firma el proyecto inicial en el cual propone la formación de una compañía anónima con el objeto de vender y utilizar energía eléctrica en Caracas; luego de este proyecto. El 25 de octubre de ese mismo año se reúne con los señores Alberto Smith, José Antonio Mosquera y Eduardo Montalbán, quienes convienen en formar la compañía.

En el año 1968, se concluyó que las instalaciones que poseía C.A La Electricidad de Caracas, no tenían la suficiente capacidad para soportar cargas en horas pico, por lo que se decidió instalar una unidad de 60MW, accionadas por 4 turbinas Jet; producto de ello, surge la planta “OSCAR AUGUSTO MACHADO”. OAM.

El lugar que se escogió para el asentamiento de esta planta, fue el sector denominado Santa Cruz de Caricuao, el cual se ubica en el kilómetro 8 de la carretera Panamericana cerca de la ciudad de Caracas. Se escogió este lugar debido a que las turbinas a gas consumen grandes cantidades de aire atmosférico, siendo este el más conveniente desde el punto de vista de eficiencia.

La planta contaba con ocho unidades turbo-generadores. La unidad O.A.M. 1 fue puesta en servicio en 1969 y la formaban cuatro turbo jet marca Pratt & Whitney, que quemaban gas natural con capacidad para generar 60 MW. Las Unidades O.A.M. 2,3,4,5 y 6 de fabricación suiza, marca Brown Boveri, diseñadas para producir 20MW, fueron puestas en servicio en 1973 con la excepción de la O.A.M 6 que fue puesta en servicio en 1974.

Por último las unidades 7 y 8 de la empresa fabricante Japonesa Hitachi, fueron instaladas y puestas en servicio en el año 1978, con capacidad de 22 MW, cada una.

Luego, para el año 1992 se da inicio al proyecto de ampliación de la planta O.A.M., en el cual se instalaron cuatro unidades turbo-generadoras de la empresa Westinghouse modelo W501D5, de capacidad nominal de 100 MW cada una, denominadas O.A.M.9,10,11,12. las unidades funcionan tanto a gas natural como a gasoil (fuel oil #2). Las unidades pueden ser operadas a panel de control desde operaciones o local por un sistema denominado WDPF, puestas en servicio a plena carga en un periodo muy corto.

En el mes de noviembre del año 2000, se terminó la instalación de la unidad O.A.M. 13 de la marca Siemens-Westinghouse modelo W501D5, la cual se encuentra actualmente en servicio. Con esta nueva unidad la capacidad instalada de la planta O.A.M se incrementa hasta 500 MW.

En el 2003 Se aprueba la Fusión por Absorción de la Corporación EDC, por parte de la EDC, a los fines de concentrar y fortalecer la operación del negocio alrededor del servicio eléctrico. El 30 de diciembre de 2004 se hizo efectiva la fusión de CALEV y ELEGGUA con la EDC, en consideración al Plan de Separación de actividades presentado al Ministerio de Energía y Minas para dar cumplimiento a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Servicio Eléctrico (LOSE). Desde el 14 de junio de 2007, La Electricidad de Caracas es una empresa del Estado venezolano, lo que representa un paso más dentro del proceso de recuperación de la soberanía energética del país.

La Nueva Electricidad de Caracas, con más de 110 años de experiencia, provee de servicio eléctrico a más de un millón de clientes y cuatro millones y medio de usuarios, cubriendo una extensión de 5200 Km², distribuidos entre la Gran Caracas (Vargas, Guatire, Guarenas, Los Teques) y San Felipe en el Estado Yaracuy.

En la EDC prestamos servicios en las áreas de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización, con una capacidad instalada de 2.316 Megavatios, para satisfacer la demanda de energía eléctrica de nuestras áreas servidas.

El 100% de la energía que distribuimos es generada en nuestras cinco plantas termoeléctricas, que utilizan como combustible gas y fuel oil.

Las funciones básicas de C.A La Electricidad de Caracas las constituyen el proceso básico del tratamiento de energía eléctrica; este con la generación y la transmisión de las mismas a todas las estructuras físicas, tales como las plantas, estaciones y demás subestaciones de la electrificación y termina con la distribución de cargas producidas a todas las personas suscritas al servicio eléctrico que brinda la empresa.

2.2 MISIÓN.

Proveer servicios de energía, realizar actividades afines y complementarias con ellos, que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida y al progreso de Venezuela, Latinoamérica y el Caribe.

2.3 VISIÓN.

Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente como líder innovador, proveedora de un servicio eléctrico de alta calidad, con personal y tecnologías excelentes, financieramente sólida y factor fundamental del sector eléctrico venezolano.

2.4 VALORES.

Los trabajadores y trabajadoras de la EDC:

- Ponen la seguridad primero. La seguridad siempre está primero, para nuestra gente, los contratistas y las comunidades.
- Actúan con integridad. Ser honestos, dignos de confianza y responsables. La Integridad es la esencia en todo lo que se hace, en la forma que se conduce y en la manera de relacionarse los unos con los otros.
- Honran los compromisos con nuestros clientes, compañeros, comunidades, accionistas, proveedores y socios. Queremos que nuestro negocio, en general, sea una contribución positiva a la sociedad.
- Se esfuerzan por la excelencia, para ser los mejores en todo lo que hacemos y para operar con niveles de clase mundial.
- Disfrutan su trabajo. El trabajo puede ser divertido, gratificante y emocionante. Disfrutamos de nuestro trabajo y apreciamos la satisfacción de ser parte de un equipo que está marcando una diferencia. Y cuando deje de ser de esa manera, cambiaremos lo que hacemos o cómo hacemos las cosas.

2.5 ORGANIZACIÓN.

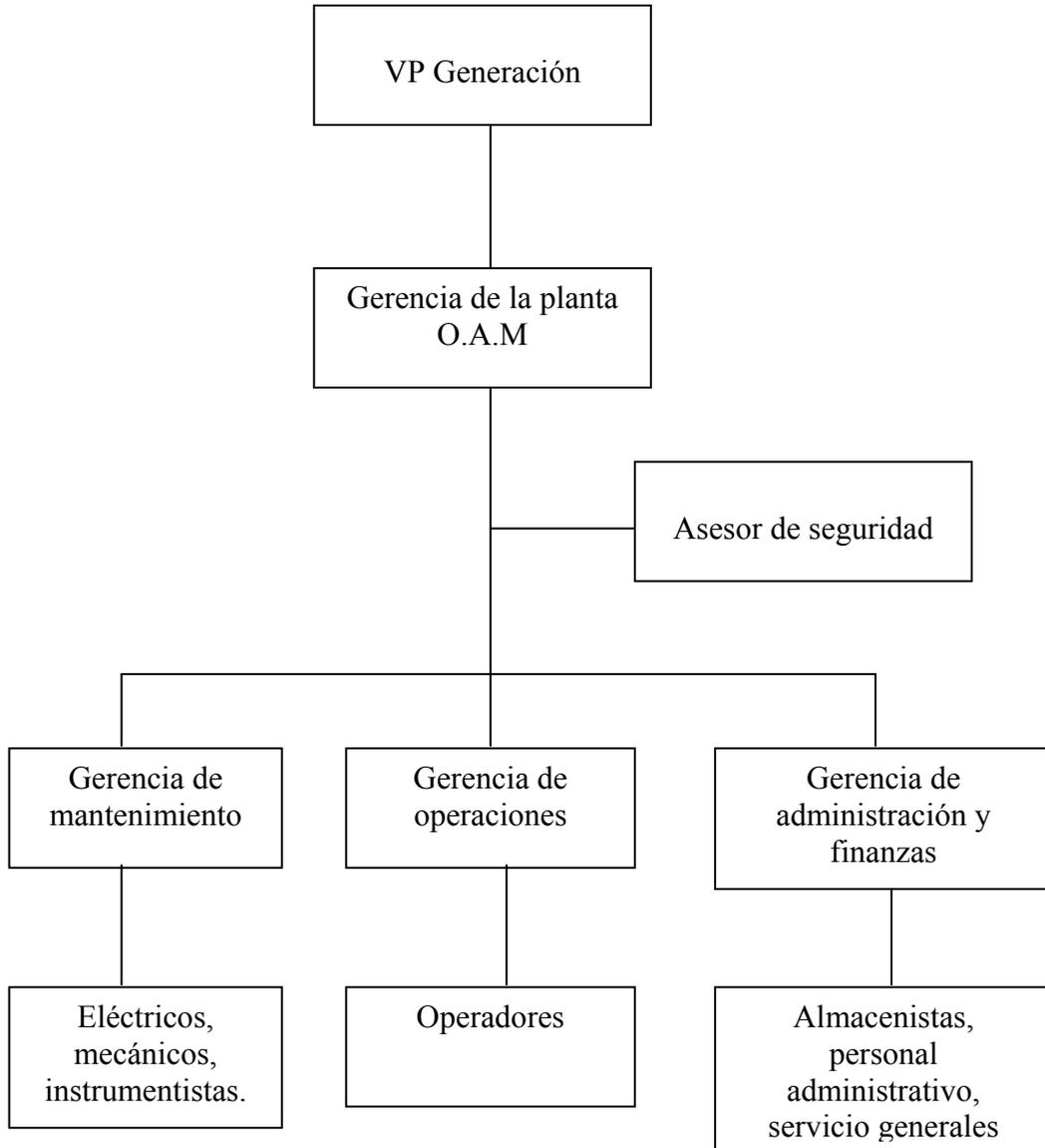


Figura 6 . Organización.

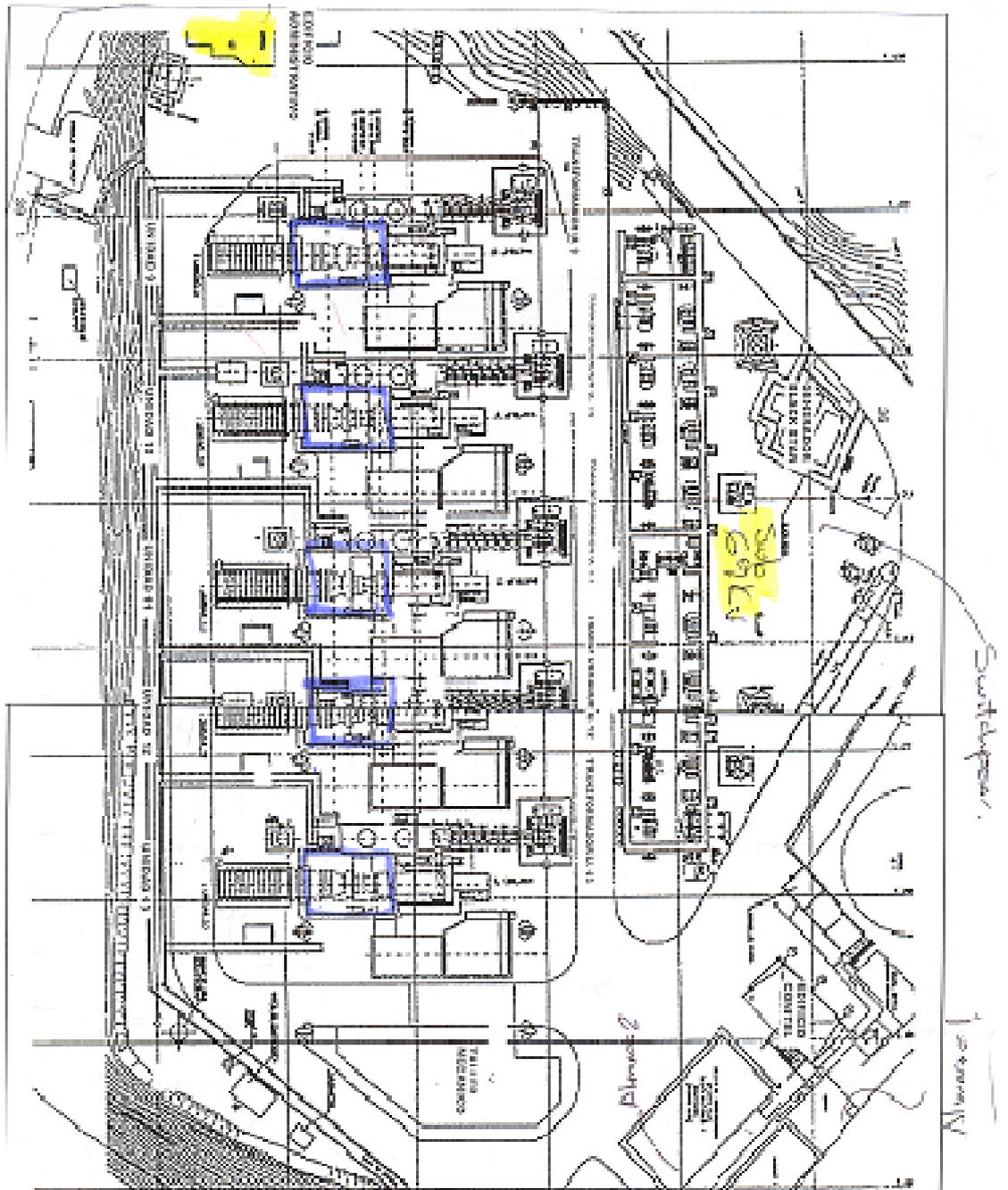


Figura 7. Vista de la planta Oscar Augusto Machado. Electricidad de Caracas.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD TURBOGENERADORA

3.1 TURBINA A GAS WESTINGHOUSE W501D5. ECONOPAC.

La turbina WESTINGHOUSE W501D5 ECONOPAC es un sistema autónomo de generación de potencia eléctrica cuyo diseño tiene como desarrollo con más de 40 años de experiencia, incluyendo ciertas aplicaciones, desde turbinas de 30 Mw. y 25% de eficiencia, hasta el presente el modelo W501D5 de 104,54 Mw. y 33.2% de eficiencia.

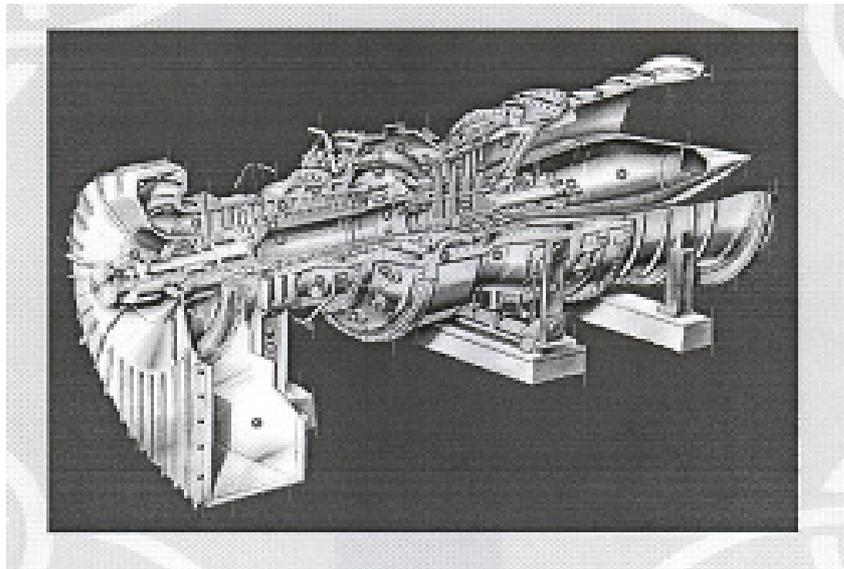


Figura 8. Turbina WESTINGHOUSE W501D5 ECONOPAC.

Cada unidad es construida por conjuntos o sistemas preensamblados hasta los máximos límites del transporte, que una vez instalados conforman la unidad, capaz de proporcionar 104,4 Mw. en condiciones ISO 15 C, 101.35 KPa, 60 % de humedad relativa (59°F, 14.7 Psi, 60% de humedad relativa), mientras se mantenga un consumo específico de calor de 10290 BTU/Kwh y una eficiencia neta de 33.2% si trabaja con gas natural a una velocidad de 3600 r.p.m.

El aumento del rendimiento en estos modelos se debe a mejoras en los materiales de fabricación, la velocidad de giro, el flujo de enfriamiento y disminución de pérdidas en las tuberías.

Diseñada para ciclos simples y combinados, la W501D5 puede operar con combustibles convencionales de bajo y medio poder calorífico como el carbón u otros combustibles como el gasoil.

Este modelo presenta una innovación como lo es la facilidad para efectuarle mantenimiento. Algunas inspecciones no requieren remover el aislamiento de la turbina.

A fin de cumplir con esta función, cada unidad contiene los siguientes conjuntos y sistemas: Turbina, Generador/ Excitatriz, Conjunto de arranque. (Starting Package), Sistema de admisión de aire. (Inlet air filter), Sistema de escape. (Exhaust), Sistema eléctrico. (Electrical Package), Conjunto mecánico.(Mechanical package), Sistema de tuberías.

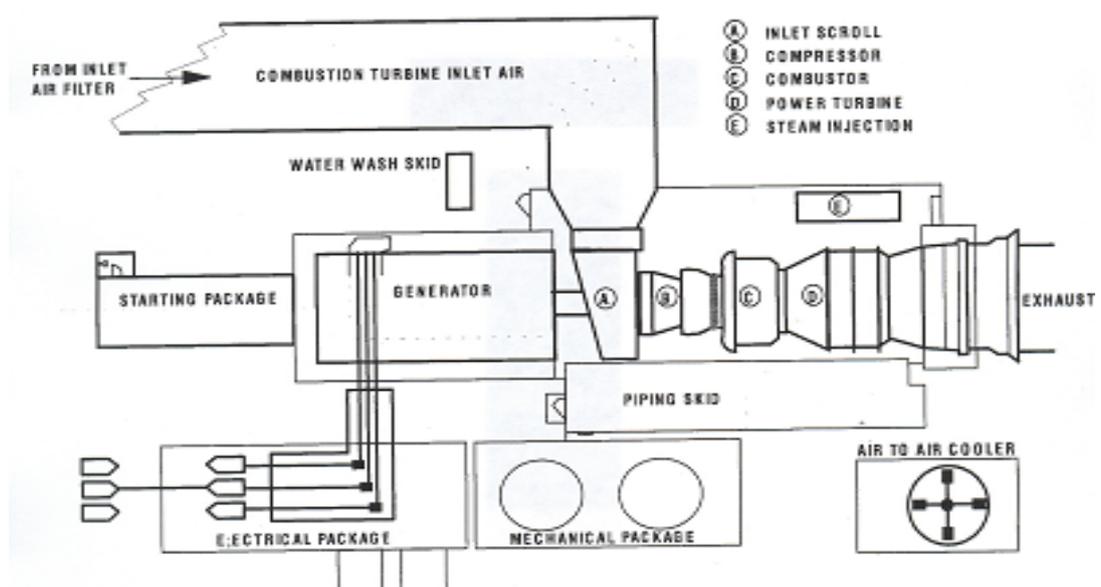


Figura 9. Componentes de una turbina W501D5 ECONOPAC.

El aislamiento térmico consta de varias secciones removibles independientes que permite un fácil acceso al interior del turbogenerador. El techo de la unidad de tipo corredizo, de manera que cuando se necesite su remoción para alguna operación de mantenimiento puede hacerse de forma rápida.



Figura 10. Aislamiento térmico Desmontable y reutilizable

Los álabes de la turbina y el compresor pueden ser removidos y reemplazados sin extraer el rotor, al igual que los cojinetes radiales y axiales.

3.1.1 LA UNIDAD TURBOGENERADORA: COMPRESOR, CÁMARA DE COMBUSTIÓN, TURBINA.

La unidad turbogeneradora está formada por tres elementos básicos: el compresor axial, la cámara de combustión y la turbina de potencia. El compresor axial es de 19 etapas, capaz de suplir 359Kg/s (791 Lb/s) de aire con una relación de compresión de 14:1. La combustión tiene lugar dentro de la cámara de combustión, la cual está constituida por 14 cestos combustores colocados circunferencialmente alrededor del eje de la maquina.

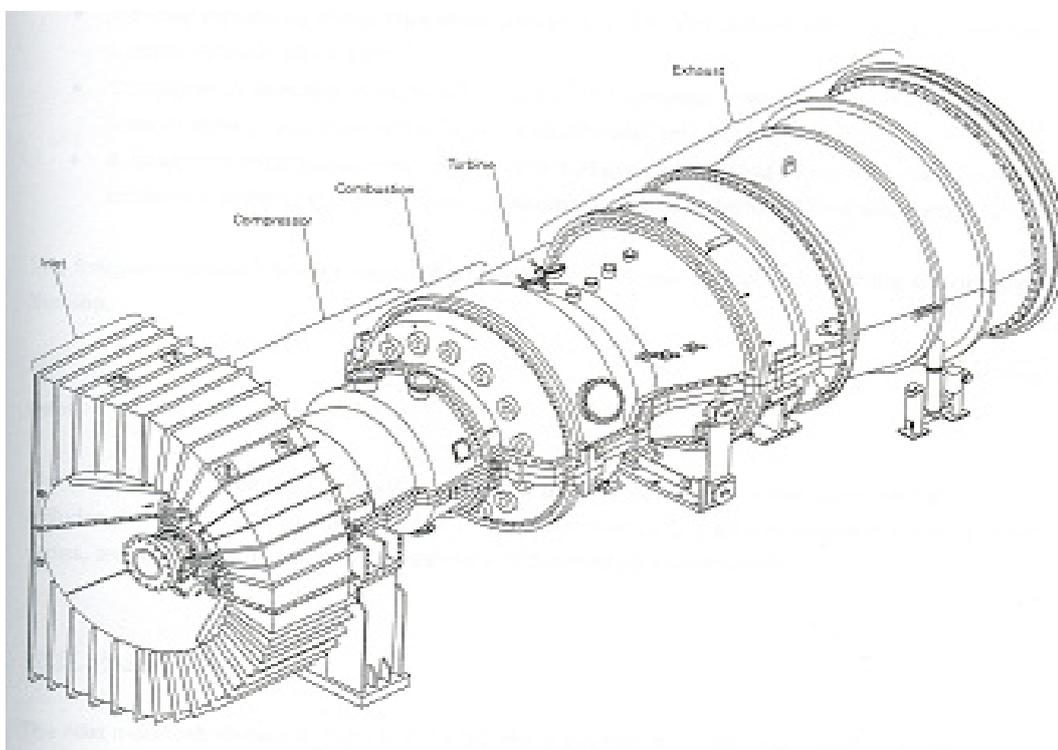


Figura 11. Turbina W501D5.

El combustible mezclado con el aire proveído por el compresor, forma el medio de conversión de energía en la turbina. Cada cesto combustor cilíndrico es fabricado en una aleación de níquel y cromo que se caracteriza por una elevada capacidad para soportar esfuerzos y gran resistencia a las altas temperaturas. El combustible es inyectado dentro del cesto combustor a través de boquillas de los

quemadores localizadas en un extremo de cada cesto. Los cestos combustores están diseñados para inducir turbulencia, con el fin de asegurar una buena mezcla de aire combustible y para adicionar el aire secundario.

El propagador de llamas (tubos cruza llama) provee la conexión entre todos los cestos combustores adyacentes, asegurando el encendido en toda la cámara de combustión. Dos detectores de llama están encargados de confirmar el encendido en el arranque.

3.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.

El aire atmosférico entra en la carcasa de admisión del compresor axial a una presión de 86.43 kPa (12.54 Psi), una temperatura de 23 C (72 °F), flujo másico de aire igual a 359Kg/s (791 Lb/s). Este aire es pasado por unos filtros, luego atraviesa consecutivamente las 19 etapas del compresor axial, de allí se dirige hacia la cámara de combustión formada por 14 cestos combustores y un número igual de cilindros y piezas de transición a una presión de 1179 kPa (171 psi) y una temperatura de 398 C (747 °F).

En dichas cámaras, el combustible gaseoso (GAS) entra a una presión de 187 psi mezclándose con el aire y mediante los elementos de ignición se produce la combustión, dirigiéndose los productos finales a la sección de la turbina a una presión de 1179 kPa (171 psi) y una temperatura de 1133 C (2070 °F), donde se expande a través de las cuatro etapas de potencia.

La conversión de energía cinética a calórica en mecánica permite el movimiento del eje del turbogenerador. En el generador se transforma esta energía mecánica en eléctrica. Finalmente los productos de la combustión son descargados a la atmósfera a través de una chimenea a una temperatura de 528 C (981°F).

El exceso de aire enfría la cámara de combustión y para el enfriamiento de las etapas de la turbina. El aire de enfriamiento mantiene la temperatura del metal, tanto en la cámara de combustión como en la sección de la turbina, dentro de los niveles indicados por el fabricante para cumplir con su vida útil.

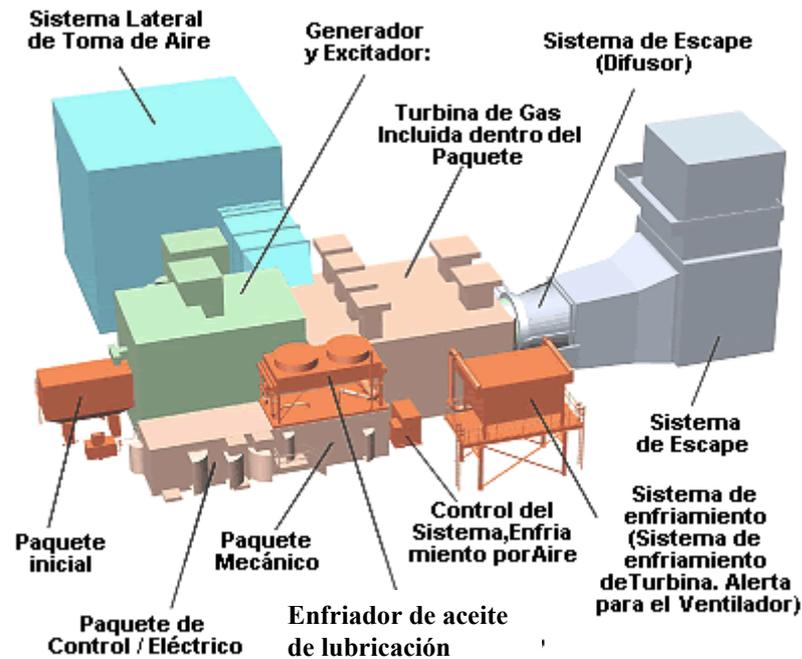


Figura 12. Turbina W501D5. Componentes.

GENERADOR / EXCITATRIZ: La función del generador es convertir toda la potencia disponible de la turbina en energía eléctrica, mientras que la función de la excitatriz es proveer un campo de excitación al rotor del generador. El generador está diseñado para operar en cualquiera de las dos modalidades: intermitente o continua. El modo intermitente permite dos arranques diarios acumulado hasta 1000-2000 horas de operación por año a máxima carga, y el modo continuo permite más de 100 horas de operación continua por arranque y hasta 8500 horas por año a máxima carga.

CONJUNTO DE ARRANQUE: El conjunto de arranque comprende del motor de arranque, turning gear y el convertidor de torque. Todos estos equipos proveen el torque necesario para la aceleración del rotor turbina-generator. El ciclo de arranque concerniente al paquete consiste en aproximadamente 90 segundos de aceleración hasta la velocidad de ignición. Cuando la ignición se logra, la aceleración de la turbina continúa hasta 2304 r.p.m con la ayuda del motor de arranque, el cual es desconectado al alcanzar esta velocidad. La unidad debe mantenerse en rotación lenta durante 24 horas antes del arranque y 48 horas antes de la parada absoluta para evitar deformaciones del eje por cambios bruscos de temperatura.

SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE: El sistema de admisión de aire es capaz de descargar 6000000 lb/h de aire laminar a la entrada del compresor, y comprende el sistema de filtros, silenciadores y regulación de las paletas directrices, que conducen el aire aspirado del medio ambiente hasta la primera etapa del compresor axial. El prefiltro y el filtro final remueven las finas partículas presentes en el aire, y un papel acústico formado por placas paralelas actúa como un silenciador atenuado el nivel de ruido. Además con la ayuda de las paletas directrices, el aire es conducido hasta el compresor con la mínima turbulencia.

SISTEMA DE GASES DE ESCAPE: El colector de salida consta del múltiple de escape y de la junta de expansión. El primero es una extensión del difusor de escape, el cual disminuye la turbulencia del flujo. La estabilización del flujo a través del difusor mejora el desempeño de la unidad turbogeneradora, y sirve de transición aerodinámica del sistema de escape. El múltiple se une a la chimenea mediante la junta de expansión, la cual es de un material flexible y resistente a altas temperaturas. Su función es adecuar la dilatación axial de la unidad debido a la expansión térmica.

SISTEMA ELÉCTRICO: Contiene los instrumentos necesarios para la secuencia, control y monitoreo del generador y la turbina. Está dividido en dos paquetes: el primero es el paquete eléctrico propiamente dicho que encierra el centro de control local de la turbina y el segundo es el paquete de transformadores de potencia que monitorea el generador y el sistema de seguridad.

CONJUNTO MECÁNICO: Este conjunto encierra el sistema de lubricación y su correspondiente reservorio de aceite para la turbina y el generador, además contiene el compresor y todos los accesorios del sistema de aire de instrumentación.

SISTEMA DE TUBERÍA: Este proporciona todas las conexiones entre los sistemas antes descritos y la unidad turbogeneradora. En el se encuentran los ductos de los sistemas de lubricación por aceite, de enfriamiento del rotor, de aire de instrumentación, del aire de atomización.

3.1.2 OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES W501D5.

1. Cubiertas horizontales divididas.
2. Descarga axial.
3. Acceso a partes calientes sin levantar cubierta.
4. Todos los componentes en dirección del flujo pueden ser removidos sin levantar el rotor.
5. Amplios espacios alrededor del entorno de la turbina y paquetes auxiliares.
6. Unidad de control basada en el microprocesador Powerlogic II, utilizando tecnología altamente exitosa del sistema de control distribuido WDPF.
7. Sistema de arranque por medio de un motor eléctrico altamente confiable.
8. Sistema de planta auxiliar.

CAPITULO IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.

La unidad turbogeneradora se cuenta con una serie de sistemas auxiliares, con la acción conjunta de estos sistemas permite la operación confiable y eficiente de la unidad. Estos sistemas son:

- Sistema de aceite de lubricación.
- Sistema de combustible liquido.
- Sistema de combustible a gas.
- Sistema de aire de enfriamiento de la turbina.
- Sistema de aire de instrumentación.
- Sistema de aire de atomización.
- Sistema de arranque.
- Sistema de protección contra incendio
- Sistema de lavado del compresor.
- Sistema de escape.
- Sistema de admisión de aire
- Sistema de levantamiento del generador.
- Sistema de ignición.

En el presente trabajo se analizarán los siguientes sistemas:

- Sistema de aire de instrumentación. Ver figura 13.
- Sistema de aceite de lubricación. Ver figura 14.
- Sistema de levantamiento del generador. Ver figura 15.
- Sistema de aire de enfriamiento de la turbina. Ver figura 16.

coalescente (F2) que se encarga de eliminar la humedad contenida en el aire, seguidamente se encuentra una válvula reguladora de presión para regular la presión de trabajo a 689.48kPa (100 psi) y una válvula de retención (válvula check) para evitar el retorno, paralelamente se cuenta con una compresor auxiliar de pistón de 2 etapas impulsado por una motor eléctrico para proporcionar el aire de instrumentación en momento que se arranca la unidad o se tiene en rotación lenta, este compresor suministra aire a un tanque cuando este tanque disminuye la presión por debajo de 1.3 MPa (190 psi) se acciona el compresor auxiliar; luego el aire proveniente del compresor auxiliar es pasado por un filtro coalescente (F1) para eliminar humedad o aceite contenido en al aire, posteriormente pasa por una válvula reguladora de presión que se encarga de mantener la presión a 655 kPa (95 psi) y una válvula check para evitar el retorno.

El aire de instrumentación (Compresor principal o compresor auxiliar) pasa por un filtro de partículas (F3) para remover cualquier elemento de polvo o partículas metálicas, seguidamente se pasa el aire a través de un secador desecante regenerativo el cual se encarga de proveer el aire extremadamente seco y posteriormente se pasa por una filtro de partículas (F4) para retener cualquier partícula del desecante que pudiese haber salido del secador, también se encuentra con unos acumuladores que se usa como elemento de amortiguación para cuando se producen picos de presión entran en funcionamiento cuando la presión de línea disminuye de 586 kPa (80 Psi) , a continuación se distribuye aire de instrumentación a todos los sistemas algunos se regula nuevamente la presión de aire, también es distribuido a una válvula que se encarga de drenar la línea cuando se detiene la unidad.

4.2 SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACIÓN.

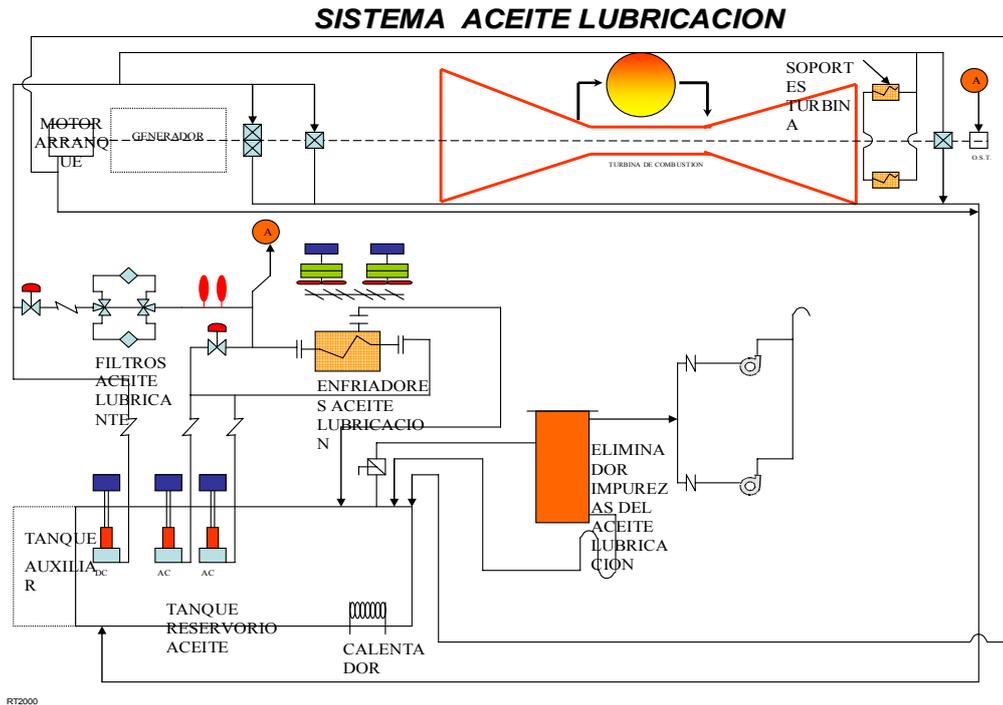


Figura 14. Diagrama simplificado sistema aceite de lubricación.

Diagrama completo ver ANEXO B.

Este sistema se encarga de suministrar aceite a la presión y temperatura requerida, de acuerdo a las necesidades de lubricación de la unidad turbogeneradora, siendo imprescindible en el generador, en la turbina y en el motor de arranque.

El aceite lubricante es almacenado en un reservorio que consta de un tanque provisto de una resistencia eléctrica o calentador de aceite, que evita que la temperatura del aceite descienda por debajo de 26C (78°F), el tanque de aceite cuenta con un eliminador de vapores de aceite y dos extractores de vapores de aceite. El aceite que se va a suministrar al generador, al sistema de arranque, cojinetes de la turbina y demás componentes se le aumenta la presión hasta 931 ± 69 kPa (135 ± 10 psi) mediante la acción de una bomba centrífuga vertical sumergible, se cuenta con una bomba de respaldo en el momento que haya un descenso en la presión de descarga para así mantener la presión del sistema. Si

esta presión desciende de 138kPa (20 psi) se encenderá una alarma y se accionara la bomba de emergencia, que mantendrá la presión de aceite a 89.63kPa (13±2 psi), la cual suministrará aceite directamente a los cojinetes sin pasar por los filtros. En funcionamiento normal, es decir, cuando se encuentra en funcionamiento la bomba principal o de respaldo el aceite es conducido por las tuberías hacia una válvula que se va a encargar de controlar la temperatura del aceite haciéndolo pasar o no por el enfriador de aceite, donde se encuentran se encuentran 2 ventiladores, si la temperatura de aceite llega a 49C (120°F) se accionará el primero y si esta temperatura sobrepasa los 60C (140°F) entraría en funcionamiento el segundo. Luego el aceite pasa por un filtro (duplex) para eliminar cualquier partícula que pueda ocasionar daño a los cojinetes. A continuación se encuentra una válvula reguladora de presión que se va a encargar de regular la presión de la línea a 117.2 kPa (17±3 psi). Seguidamente el aceite es distribuido a: el sistema de levantamiento del rotor, el sistema de arranque, los cojinetes y soportes de la turbina y al dispositivo de sobre velocidad y luego retorna nuevamente al tanque reservorio de aceite.

4.3 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DEL GENERADOR.

En este sistema se utiliza el aceite de lubricación como fluido de trabajo. El sistema provee aceite para la lubricación de los cojinetes del generador y para el levantamiento del eje en rotación lenta y el arranque. El sistema de levantamiento del eje es activado cuando la presión de aceite disminuye de 55Kpa (8 psi). El aceite es filtrado y luego se aumenta la presión hasta 3.5 ± 0.3 MPa (500 ± 50 psi) de manera de suplir aceite para levantar el eje del generador para evitar su desgaste reduciendo el torque requerido para la rotación lenta. Dichas bombas entran en operación cuando la turbina alcanza una velocidad de 225 rpm en la parada de la misma y salen de operación cuando alcanzan el mismo valor en el momento del arranque. Seguidamente el aceite retorna al tanque reservorio de aceite.

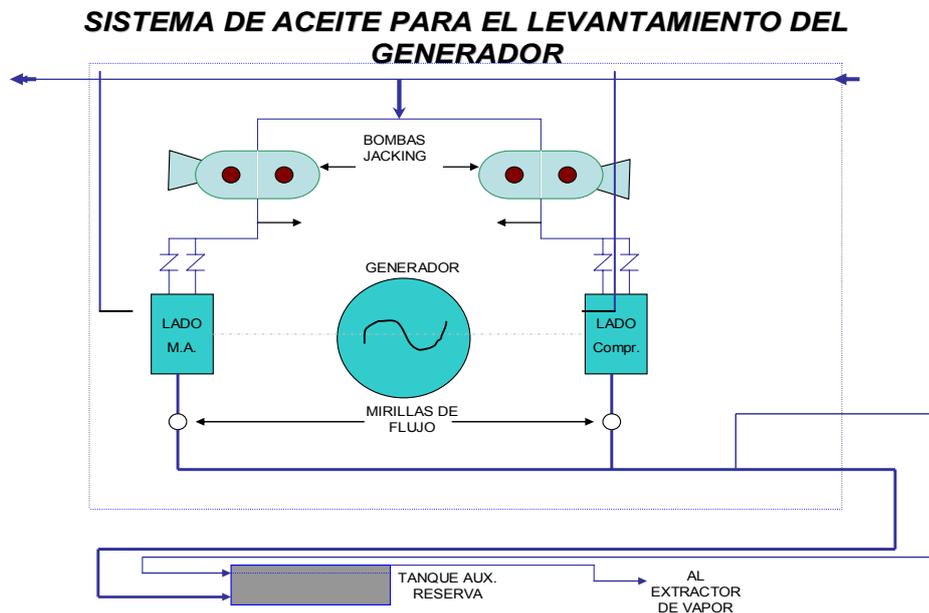


Figura 15. Diagrama simplificado sistema levantamiento del generador.

Diagrama completo ver ANEXO C.

4.4 SISTEMA DE AIRE DE ENFRIAMIENTO DE LA TURBINA.

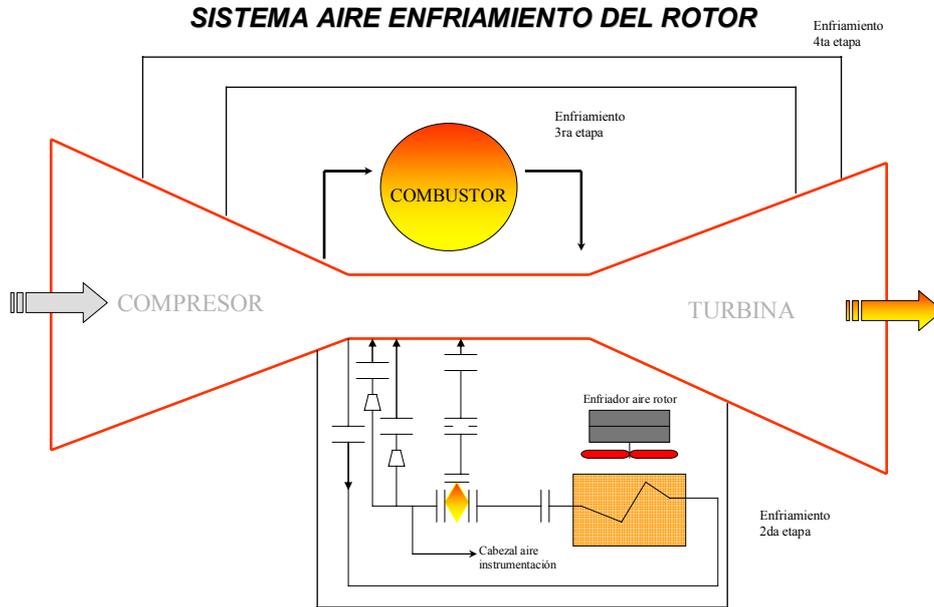


Figura 16. Diagrama simplificado sistema enfriamiento del rotor.

Diagrama completo ver ANEXO D.

Tiene como función principal realizar el enfriamiento directo de los componentes de la unidad, expuestos a las altas temperaturas de los gases; ya que estas se acercan al límite de resistencia de temperatura de los materiales. Además, un gran porcentaje de aire de enfriamiento es utilizado para crear un flujo positivo en el paso de los gases, y así satisfacer los requerimientos de aire de sello, al evitar posibles acumulaciones y fugas de los gases entre las etapas de la turbina.

El rotor y los álabes fijos de la turbina se enfrían de diferentes formas: Bajo condiciones normales de operación, el aire comprimido caliente proveniente de la cámara del combustor a 427C (800°F) aproximadamente es enfriado por el ventilador aire-aire del rotor a una temperatura aproximada de 204C (400°F) y luego es utilizado para enfriamiento del rotor.

El ajuste del ventilador es en baja a 246C (475°F) y 263C (505°F) para alta velocidad. Los álabes de la 1ra. Etapa utilizan aire extraído de la descarga del compresor, después de ser conducido por el enfriador aire-aire, que es dirigido internamente hacia el anillo externo y se introduce en el canal interior de los álabes, para luego, salir por los orificios de enfriamiento, ubicados radialmente. Los álabes de la 2da. etapa usan una extracción de la 14va. Etapa del compresor axial que es conducida a través de una tubería externa, a la sección de la turbina correspondiente, el aire circula por los álabes desde el anillo externo hacia el interno y a los orificios radiales de enfriamiento. Los álabes de la 3ra. Y 4ta. Etapa reciben el aire de enfriamiento, por medio de tuberías externas, de la 11va. Y 6ta. Etapa del compresor axial respectivamente. El aire pasa radialmente a través de los álabes desde el anillo externo al interno.

También es función del sistema de enfriamiento mantener una determinada temperatura a los alrededores de la turbina.

Componentes del sistema:

- Enfriador aire-aire: Este consta con una superficie de enfriamiento de 2401.3 m² (25847 pie²) y una capacidad de intercambio de 60959 J/s (208000 Btu/Hr). El motor del ventilador es de dos velocidades (baja/alta).
- Filtro de aire de enfriamiento: Este es un separador integral de partículas diseñado para suministrar aire limpio a la base de las paletas para su enfriamiento.

4.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO CRITICOS

EQUIPO	ESPECIFICACIONES
Bomba centrifuga de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba vertical sumergible de 1 etapa Flujo: $11.4 \text{ m}^3 / \text{s}$, Presión máxima: 300 Psi, • Motor 7.5 Hp, 3500 rpm, 125V DC.
Enfriador de aceite.	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador axial de aluminio, diámetro 9 pulgadas, 12 paletas, 95400 CFM, 2134 rpm. • Motor 20 Hp, 1800 rpm, 460V/3 f/60/Hz.
Valvula TV15209.	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de compuerta reguladora de presión 90 Psi, 4 pulgadas
Válvula PV15207	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de compuerta reguladora de presión 17 ± 3, 6 pulgadas.
Filtro sistema de levantamiento del generador.	<ul style="list-style-type: none"> • Media filtrante de micro vidrio intercalada entre dos capas de nylon y soportadas con una cubierta de acero. Temperatura máxima: 150°F, presión máxima: 100 psi. Medidas: 45 cm. alto, 15.5 cm. diámetro externo, 6.9 cm. diámetro interno.
Bomba de levantamiento del generador.	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de tipo engranaje, Presión máxima: 3000 Psi, 1500 rpm, 8.2 CC/rev. • Motor 12 Hp, 1160 rpm, 460V/3f/60 Hz.
Enfriador aire-aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Motor 7.5 Hp, 900 rpm, 460V/3f/60 Hz. Ventilador axial 4.8 Hp, diámetro 7 pies, 318 rpm, 6 paletas.

Secador de aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Pneumatics products, modelo LHA-25 W5, 120 V /1 f/60 Hz. , 18.9 W,0.32 Amp.
Filtro F4.	<ul style="list-style-type: none"> • Material de la malla: tamiz metálico de acero al carbono, media filtrante fibra de vidrio, temperatura máxima de trabajo 200 °F, Presión máxima 200 Psi. Medidas : 25 cm. longitud, 69 cm. diámetro externo, 30 cm. diámetro interno.
Compresor auxiliar.	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de pistón de 2 etapas , Presión máxima 10 bar. • Motor 10 Hp, 1750 rpm, 460V/3f/60 Hz.

CAPITULO V

MARCO TEORICO

5.1.CICLO BRAYTON.

5.1.1. CICLO TEORICO.

El ciclo Brayton se utiliza en turbinas a gas .Las turbinas a gas pueden operar en ciclo abierto o cerrado.

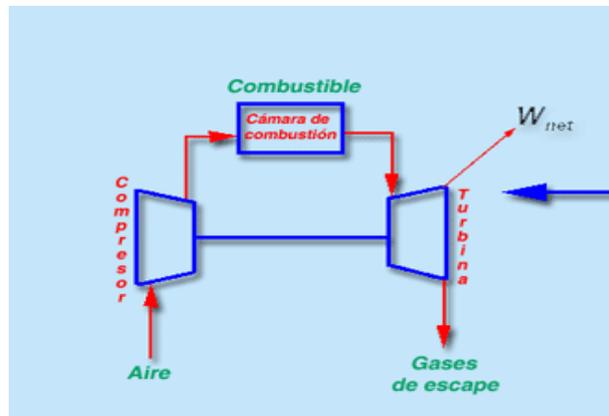


Figura 17. Ciclo Brayton.

Las turbinas de gas de ciclo abierto simple utilizan una cámara de combustión interna para suministrar calor al fluido de trabajo y las turbinas de gas de ciclo cerrado simple utilizan un proceso de transferencia para agregar o remover calor del fluido de trabajo.

El ciclo básico de Brayton en condiciones ideales está compuesto por cuatro procesos:

1-2. Compresión isentrópica en un compresor. 2-3. Adición de calor al fluido de trabajo a presión constante en un intercambiador de calor o una cámara de combustión. 3-4. Expansión isentrópica en una turbina. 4-5. Remoción de calor del fluido de trabajo a presión constante en un intercambiador de calor o en la atmósfera.

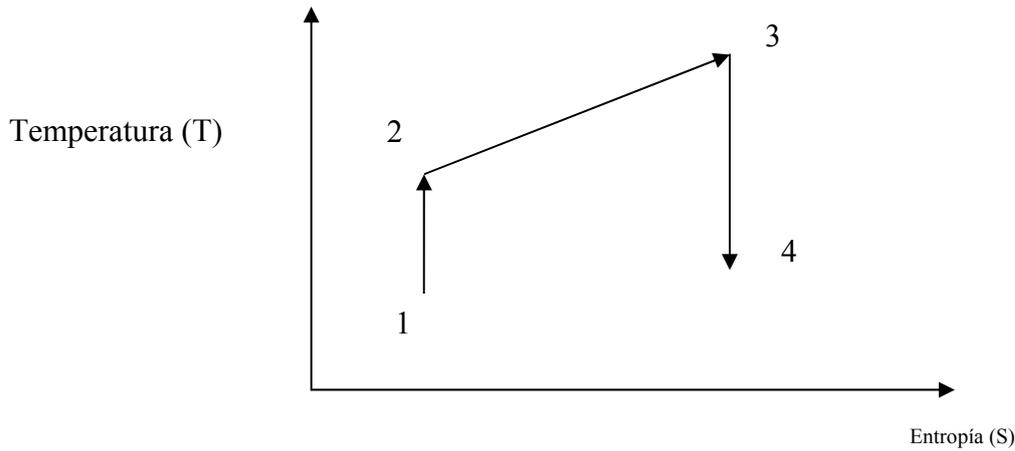


Figura 18. Ciclo Brayton. Diagrama T-s.

En el ciclo Brayton, el trabajo neto realizado por unidad de masa es la diferencia entre el trabajo obtenido en la expansión y el trabajo invertido en la compresión, es decir: $W_{net} = W_t - W_c$

Para un gas ideal, el trabajo neto puede escribirse como:

$$W_{net} = W_t - W_c$$

$$W_{net} = \dot{m}C_{p_g}(T_3 - T_4) - \dot{m}C_{p_a}(T_2 - T_1)$$

Y el calor de adición por unidad de masa será:

$$q_A = \dot{m}C_{p_g}(T_3 - T_2)$$

Al igual que en el ciclo Rankine, la eficiencia térmica del ciclo Brayton es la relación entre el trabajo neto desarrollado y el calor adicionado:

$$\eta_{ter} = \frac{W_{net}}{q_A}$$

La eficiencia térmica del ciclo Brayton para un gas ideal puede escribirse como:

$$\eta_{ter} = \frac{\dot{m}C_{p_g}(T_3 - T_4) - \dot{m}C_{p_a}(T_2 - T_1)}{\dot{m}C_{p_g}(T_3 - T_2)}$$

5.1.2. CICLO REAL.

Los ciclos de turbina de gases reales difieren del ciclo Brayton ideal por varias razones. Por un lado, es inevitable cierta disminución de presión durante los procesos de adición y liberación de calor. La entrada de trabajo real al compresor será mayor y la salida de trabajo real de la turbina será menor debido a las irreversibilidades como la fricción y las condiciones de operación. Sin embargo, la desviación del comportamiento real del compresor y la turbina respecto del comportamiento isentrópico idealizado puede explicarse con precisión, si se utilizan las eficiencias adiabáticas de la turbina y el compresor, definidas como:

$$\eta_c = \frac{\omega_s}{\omega_a} \cong \frac{h_1 - h_{2s}}{h_1 - h_{2a}}$$

$$\eta_T = \frac{\omega_a}{\omega_s} \cong \frac{h_3 - h_{4a}}{h_3 - h_{4s}}$$

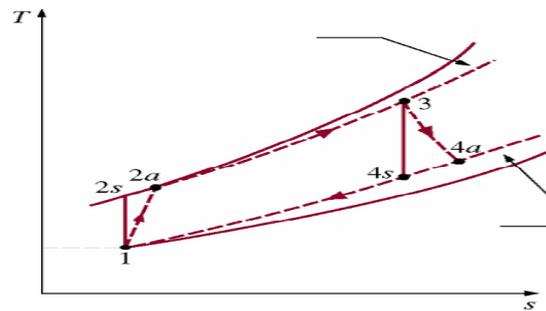


Figura 18A. Ciclo Brayton Real. Diagrama T-s.

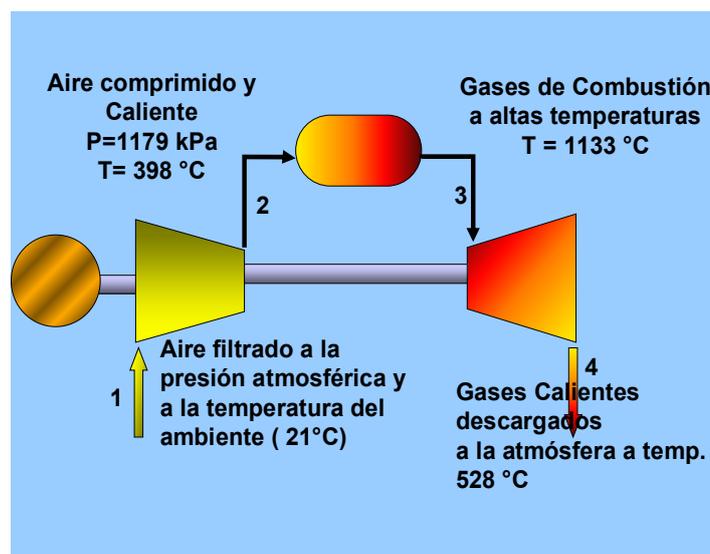


Figura 18B. Ciclo de la turbina W501D5.

5.2. DESCRIPCIÓN DE UNA TURBINA A GAS.

Una turbina es una maquina motriz de flujo continuo, que transforma la energía (potencial, térmica, cinética, etc.) del fluido de trabajo en energía mecánica sobre un eje rotativo. Es una maquina constituida por una o varias etapas en nuestro caso 4 etapas.

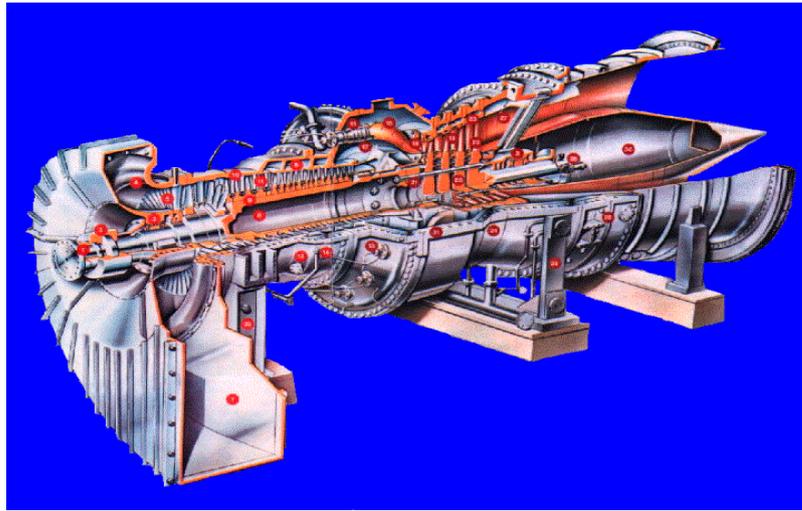


Figura 19 . Modelo de turbina a gas.

En todas las turbinas el fluido de trabajo es dirigido a través de álabes fijos de un elemento fijo llamado distribuidor, hacia los álabes de un elemento móvil llamado rodete. Según las características dinámicas, las turbinas pueden ser de acción o reacción: en la de acción el fluido no llena el espacio entre el elemento fijo y el elemento móvil y solamente empuja a éste en razón de su fuerza cinética, es decir que el fluido a elevada velocidad actúa por choque directo sobre los álabes del rodete; En las de reacción el fluido que llena el referido espacio, actúa a la vez por su energía y por la presión que ejerce sobre los dos elementos de la turbina, o sea el fluido antes de chocar con las paletas móviles atraviesa las paletas del distribuidor y por efecto de la reacción en dicha transferencia la presión se transforma en un aumento de la velocidad del fluido.

En las turbinas a gas, el fluido de trabajo se halla constituido por los gases a elevada temperatura y presión producidos por la combustión, en la cámara de combustión, donde se queman combustibles que pueden ser gaseosos, líquidos o sólidos. Las turbinas a gas constan de los siguientes elementos principales:

1. Un Compresor Axial que suministra el aire comprimido para alimentar la combustión.
2. Una cámara de combustión en la cual se inyecta el combustible y el aire comprimido, cuya mezcla inflamada, suministra el flujo de aires calientes.
3. La turbina propiamente dicha, constituida alternativamente por coronas directrices y rueda de álabes puestas éstas en movimiento por el paso de los gases calientes.

Una parte de la energía que se obtiene en la turbina sirve para mover el compresor y el resto para generar energía eléctrica al acoplar el eje a un generador. El ciclo termodinámico descrito por el fluido de trabajo es el ciclo Brayton.

La ventaja de estas turbinas en una central de generación de energía eléctrica, estriba en la comodidad que presenta ponerlas en servicio instantáneamente, cosa que es imposible con las turbinas a vapor (a menos que mantenga los generadores de vapor encendidos).

5.3. MANTENIMIENTO.

El mantenimiento se puede definir como un conjunto de técnicas y métodos que permiten prevenir las averías, efectuar revisiones y reparaciones eficaces, dando a la vez pautas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus mantenedores, contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es una sección de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida de forma rentable. Asegurando la disponibilidad y alta confiabilidad de las maquinas, cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad de la empresa, con todas las normas de seguridad y medio ambiente.

5.4.TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Usualmente, se han reconocido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por la forma de las tareas que encierran:

- **Mantenimiento Correctivo.**

Es el conjunto de tareas orientadas a corregir los desperfectos que se van presentando en los distintos equipos y luego son comunicados a la gerencia de mantenimiento por los mantenedores o usuarios de los mismos.

- **Mantenimiento Preventivo.**

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, disponiendo las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más adecuado. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener algún problema.

- **Mantenimiento Predictivo.**

Es el que busca conocer e advertir permanentemente del estado y operatividad de los equipos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es

necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

- **Mantenimiento Cero Horas (Overhaul).**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los componentes a intervalos programados antes de que aparezca alguna falla, para hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se busca asegurar un tiempo de buen funcionamiento.

- **Mantenimiento En Uso.**

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos).

Ahora bien debido a la complejidad de los equipos no se debería hablar de tipos de mantenimiento sino de estrategias de mantenimiento. Una estrategia de Mantenimiento es una mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas, y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Pueden identificarse claramente 4 de estas mezclas, complementadas con otros dos tipos de tareas adicionales.

5.5. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO.

Cada uno de los modelos incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción adecuada. Asimismo, todos ellos contienen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación. Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Inclusive en el modelo más sencillo (Estrategia Correctiva).

A. Estrategia Correctiva.

Este modelo incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionadas anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico.

B. Estrategia Condicional

Incluye la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, se programará una intervención; si por el contrario, todo se encuentra dentro de los parámetros indicados, no se tomaran acciones sobre el equipo.

Esta estrategia de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de falla es baja.

C. Estrategia Sistemática.

Esta estrategia incluye un conjunto de tareas que se realizará sin importar cual es la condición del equipo; se ejecutarán, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si se realiza otras tareas de mayor relevancia; y por ultimo, se resolverán las fallas que surjan. Es una estrategia de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunas perturbaciones. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas

con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de falla.

D. Estrategia de Mantenimiento de Alta Disponibilidad.

Es la estrategia más exigente y exhaustiva de todas. Se aplica en aquellos equipos que no pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 99%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene porqué ser exactamente iguales año tras año. El objetivo que se busca en este equipo es cero averías, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año.

5.6. ACTIVIDADES EN EL MANTENIMIENTO.

Calibración

La calibración consiste en realizar los correctivos de funcionamiento y poner a los equipos en las condiciones iniciales de operación, mediante el análisis de sus partes o componentes, actividad que se hace a través de equipos, instrumentos, patrones o estándares. Es la verificación de dimensiones y condiciones operativas estándar.

Inspección

Consiste en hacer un examen minucioso en forma visual y mediante elementos de medición de cada una de las partes y componentes del equipo, con el fin de comprobar que el estado de funcionamiento es el óptimo dadas y que está de acuerdo con las características y condiciones de construcción y operación dadas por los fabricantes de los equipos. La inspección puede clasificarse en tres tipos:

Evaluación

Cada uno de los equipos debe ser evaluado en su estado físico y funcional por el servicio de mantenimiento, antes de ser sometido a cualquier acción de mantenimiento.

Limpieza.

Consiste en la remoción de elementos extraños o nocivos a la estructura de los equipos.

Lubricación

Es la acción por medio de la cual se aplica un elemento viscoso entre cuerpos rígidos y móviles, con el fin de reducir la fricción y el desgaste de las partes.

Pruebas de Funcionamiento

Son pruebas que se efectúan a cada equipo, para determinar si el funcionamiento de este, está de acuerdo con las características de rendimiento y seguridad establecidas en el diseño y fabricación de estos. Los equipos que no reúnen estas exigencias se consideran no aptos para la prestación del servicio. Las pruebas deben realizarlas el personal técnico capacitado en cada uno de los diferentes equipos.

5.7. CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

Es la capacidad de un sistema (integrado por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

5.7.1. TÉCNICAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permiten evaluar el comportamiento del componente de una forma sistemática a fin de poder determinar el poder de operabilidad, la magnitud del riesgo y las acciones de mitigación y de mantenimiento que requiere el mismo para asegurar al custodio o dueño del activo su integridad y continuidad operacional. Las herramientas en cuestión están basadas sobre una plataforma de cálculo de probabilidades estadísticas y ponderaciones relativas de los elementos financieros, operacionales, históricos y de seguridad. Existe un extenso número de herramientas de confiabilidad a nivel mundial, estas son:

Análisis de Criticidad (AC): Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos). El AC es una herramienta que agrega vital información a cualquier programa de mantenimiento, facilitando así la toma de decisiones en el mismo.

Análisis Causa – Raíz (ACR): Es una metodología empleada para investigar y reconocer las causas que originan las fallas en una instalación, sistema o equipo; las cuales al ser rectificadas evitarán el acontecimiento de estas. Éste es aplicable cuando se requiere de análisis de fallas repetitivas de equipos, análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de métodos y su supervisión.

Análisis de Costo Riesgo Beneficio (ACRB): Mediante esta metodología se identifica la frecuencia óptima de actividades de mantenimiento preventivo, fundamentándose en el costo total óptimo que origina. Esto es posible gracias al balance de los costos – riesgos asociados a dichas actividades y los beneficios que genera. Ésta herramienta se puede emplear calculando el riesgo antes del estudio y luego de la implantación de nuevas estrategias, lo que requiere de un amplio lapso de tiempo para su realización.

Inspección Basada en Riesgos (IBR): Es una herramienta que permite precisar la probabilidad de fallas en equipos que transportan y/o almacenan fluidos y las consecuencias que estas fallas pudieran originar sobre los operarios, el ambiente y el proceso productivo. El IBR se utiliza en el momento que se desea evaluar y/o fijar frecuencias de inspección, cuando se quiere optimizar costos de inspección, cuantificar y/o variar niveles de riesgos y especialmente cuando se necesite mejorar la productividad y rentabilidad.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC): Es una herramienta de análisis sistemático, objetivo y documentado, utilizada para indicar las tareas de mantenimiento en los equipos, bajo su contexto operacional y en función de su criticidad, de cualquier instalación industrial. Con esto se obtienen mejoras en cuanto a la confiabilidad operacional de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos (considerando la seguridad, ambiente y operaciones) y minimizando el costo de mantenimiento.

5.8. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD. (MCC).

Se puede definir como una metodología para identificar políticas de mantenimiento para el cumplimiento de los estándares de producción. Demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las fallas de función y sus causas, las consecuencias y sus tareas de mantenimiento.

El MCC tiene como filosofía el mantenimiento prioritario de equipos y sistemas que son considerados críticos para el cumplimiento de la función de producción, aplicando mantenimiento correctivo a los elementos considerados no críticos.

El MCC ofrece un método estructurado para el análisis de una planta y aportar una respuesta a los requerimientos de mantenimiento. Se debe responder a las siguientes preguntas:

√ ¿Cuál es la función de la planta? (**Análisis funcional**).

√ ¿Cómo puede perder la función? (**Falla de función**).

√ ¿Cuáles son las causas posibles de la pérdida de la función? (**Modo de falla**).

√ ¿Qué ocurre cuando pierde la función? (**Efecto de falla**).

√ ¿Es importante si el equipo pierde la función? (**Consecuencias de falla**).

√ ¿Qué puede hacerse para prevenir los efectos de esta pérdida de función? (**Tareas preventivas**).

√ ¿Qué se puede hacer si no se puede prevenir la falla? (**Tareas reactivas**).

Entre las herramientas más usadas para dar respuestas a estas preguntas, la metodología puede utilizar un Análisis de Criticidad (AC) para identificar los sistemas, equipos o componentes críticos a los cuales se le realizará el estudio, un

análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y finalmente la toma de decisión, que da respuesta a las dos últimas preguntas por medio de la aplicación del árbol lógico de decisión.

5.8.1. IMPLEMENTACIÓN DEL MCC.

Para obtener los mejores resultados de esta metodología se debe formar un equipo de trabajo, con personas que puedan cooperar en el proceso. Este equipo se encuentra conformado por ingenieros, especialistas, operadores, mantenedores; los cuales deben recibir una formación sobre el proceso del MCC para entender su lógica. Se debe tener el número de sesiones para discutir cualquier punto referente al funcionamiento de la planta.



Figura 20. Equipo de trabajo.

5.8.2. ANÁLISIS DE UNA PLANTA.

Para analizar una planta de gran magnitud se deben jerarquizar los elementos en agrupaciones principales que estarán conformadas por agrupaciones secundarias para dividir toda la planta en grupos constitutivos.

5.8.2.1. JERARQUIZAR LA PLANTA.

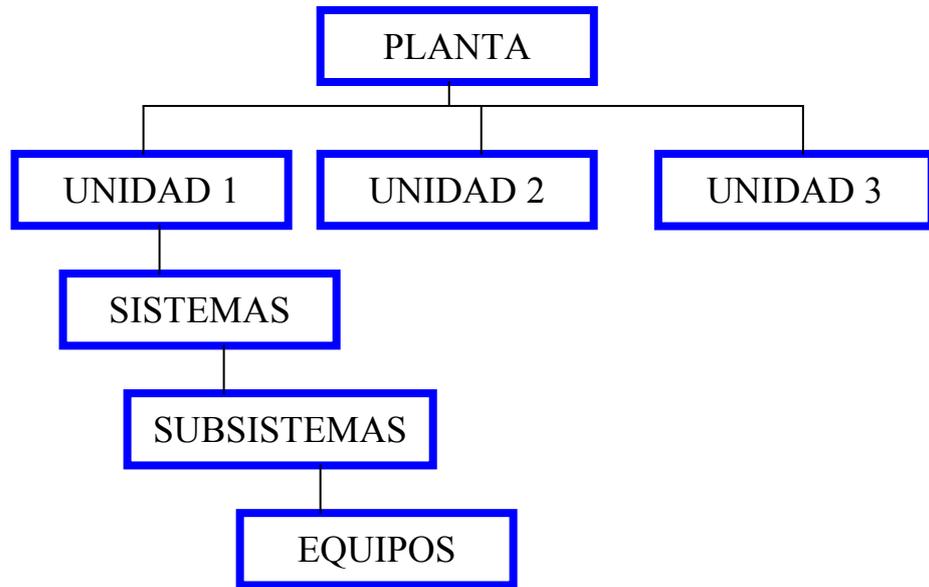


Figura 21. Jerarquización de una planta.

√ Unidades de proceso: Reúnen a todas las líneas de producción por separado.

√ Sistemas: Agrupación de subsistemas que actúan en conjunto para realizar una función principal.

√ Subsistemas: Agrupación de equipos que realizan una etapa de la función del sistema.

√ Equipos: Conjunto de elementos que conforman el subsistema (bombas, válvulas, etc.)

5.8.2.2. ANÁLISIS FUNCIONAL.

Una vez escogido el sistema se debe analizar paso a paso el funcionamiento del sistema y saber cual es su función principal, luego clasificar los subsistemas y equipos que lo conforman. Para realizar este análisis funcional se debe hacer un diagrama entrada-proceso-salida y a continuación un diagrama funcional del sistema estudiado.

- √Las entradas serian los insumos (aire, aceite, señales de control, etc).
- √El proceso es la descripción de la acción, la función que se esta ejecutando.
- √Las salidas son los resultados del sistema (productos, señales de control, etc.).

5.8.2.3.ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

Es una herramienta muy útil que aporta al MCC un punto de partida para jerarquizar sistemas, subsistemas y equipos en función del impacto global sobre la producción, es decir, evaluar su criticidad (crítico, semi crítico, no crítico) . El nivel de criticidad permitirá establecer líneas prioritarias para solventar problemas de mantenimiento en sistemas complejos.

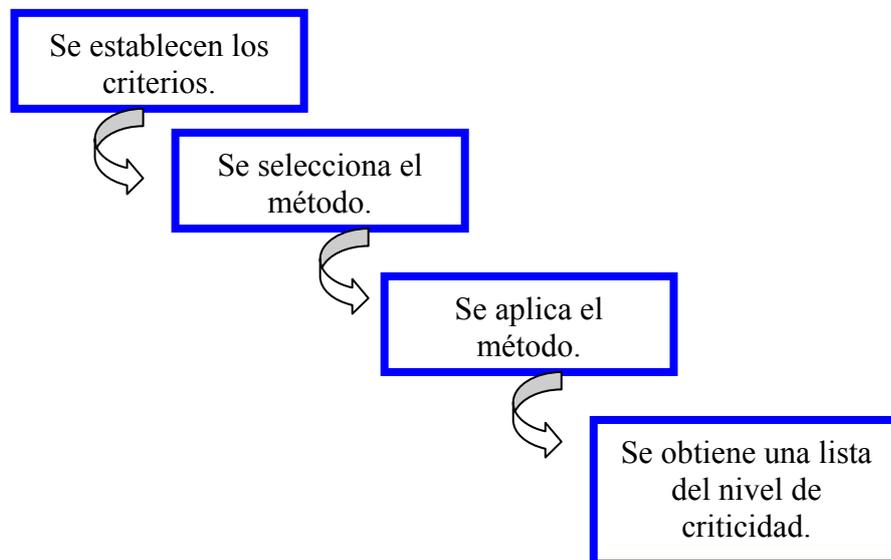


Figura 22. Modelo de aplicación del análisis de criticidad.

Siendo los criterios típicos:

- √ Impacto en salud, higiene y seguridad.
- √ Impacto operacional.
- √ Costos de mantenimiento.
- √ Flexibilidad operacional.
- √ Frecuencia de fallas, entre otros.

La selección de estos criterios va a depender de las directrices que tome el equipo de trabajo. En la selección de método se establece cual va a ser la mejor forma para evaluar la criticidad, puede ser por el historial de fallas o a través de encuestas. Luego es evaluada la criticidad de los equipos a través de una expresión matemática:

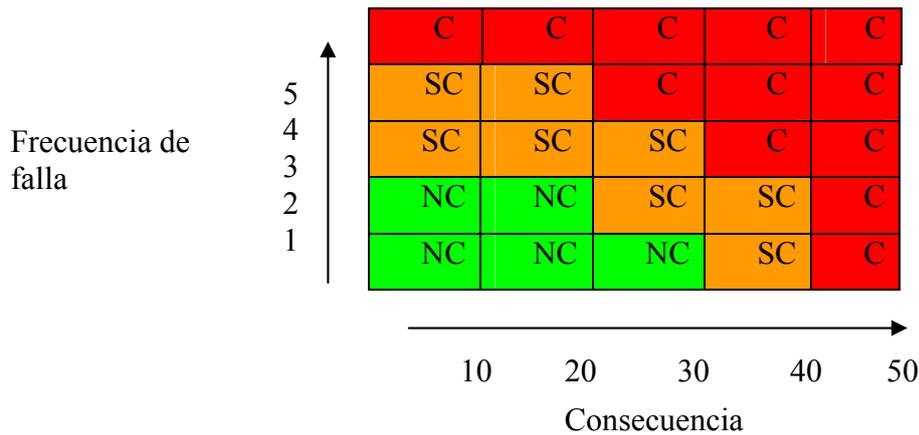
$$\boxed{\text{CRITICIDAD}} = \boxed{\text{FRECUENCIA DE FALLA}} \times \boxed{\text{CONSECUENCIA DE FALLA}}$$

Donde:

√ Frecuencia de falla: es el número de veces que falla el equipo o subsistema en un tiempo establecido.

√ Consecuencia de falla: Es una relación entre los criterios establecidos en la primera etapa del análisis de criticidad.

Luego se obtiene una matriz de criticidad donde se ubica el subsistema o equipo dentro de esta matriz y se puede establecer el nivel de criticidad.



Donde: NC: No Critico.
 SC: Semi Critico.
 C: Critico.

Luego de establecidos la criticidad de los sistemas, subsistemas y/o equipos, se realiza un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).

5.8.3. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).

El análisis de modos y efectos de fallas es una metodología que se usa para analizar la operación de los sistemas, subsistemas y/o equipos que conforman una unidad, para identificar las posibles fallas que se pueden presentar. Proporciona un punto de partida para establecer que tipo de mantenimiento se debe aplicar.

Para la aplicación de esta metodología se deben considerar los siguientes puntos:

√Función del subsistema o equipo (F): Propósito del subsistema o equipo, la razón de ser.

√Falla de función (FF): No cumple con..., es decir, falta en el cumplimiento de su objetivo o propósito.

√Modos de falla (MF): Razones por las cuales deja de cumplirse la función.

√Efectos de falla (EF): Efecto que tendrá sobre el elemento estudiado, como afectará el cumplimiento de la función.

Estos puntos deben ser plasmados en un formato para facilitar el entendimiento del proceso, ejemplo:

Sistema o equipo:		Grupo de análisis:		Fecha:	Página:		
Subsistema:		Grupo de verificación:		Fecha:	De:		
FUNCIÓN (F)		FALLA DE FUNCIÓN (FF)		MODO DE FALLA (MF)		EFECTOS DE FALLA (EF)	
1		A		1			
↑		↑		↑			
Número		Letra		Número			

5.8.4. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.

Son los efectos que se tienen a raíz de la falla de la función, estas pueden clasificarse de la siguiente manera:

√Consecuencias durmientes: No se observará el efecto sobre la producción a menos que falle otro equipo.

√Consecuencias en seguridad salud y ambiente: Puede generar daños a secundarios, tanto a personas como al medio ambiente.

√Consecuencias operacionales: Reducirá la capacidad de la planta, incrementando costos y/o tiempos de entrega.

√Consecuencias no operacionales: Estaremos en presencia de una consecuencia no operacional si tenemos una consecuencia que no puede ser clasificada en las consecuencias descritas anteriormente.

5.8.5. ÁRBOL LÓGICO DE DECISIONES.

Es un proceso que se utiliza para la selección de procedimientos de mantenimiento, cuya finalidad será prevenir la causa que provoca la falla de función del sistema, subsistema y/o equipo .

Mediante el árbol lógico de decisiones podemos observar en forma gráfica la relación lógica entre un modo de falla y la causa primordial de falla. Luego de realizado el árbol lógico de fallas, se procede a calcular la probabilidad de falla del sistema.

ARBOL LOGICO DE DECISIONES

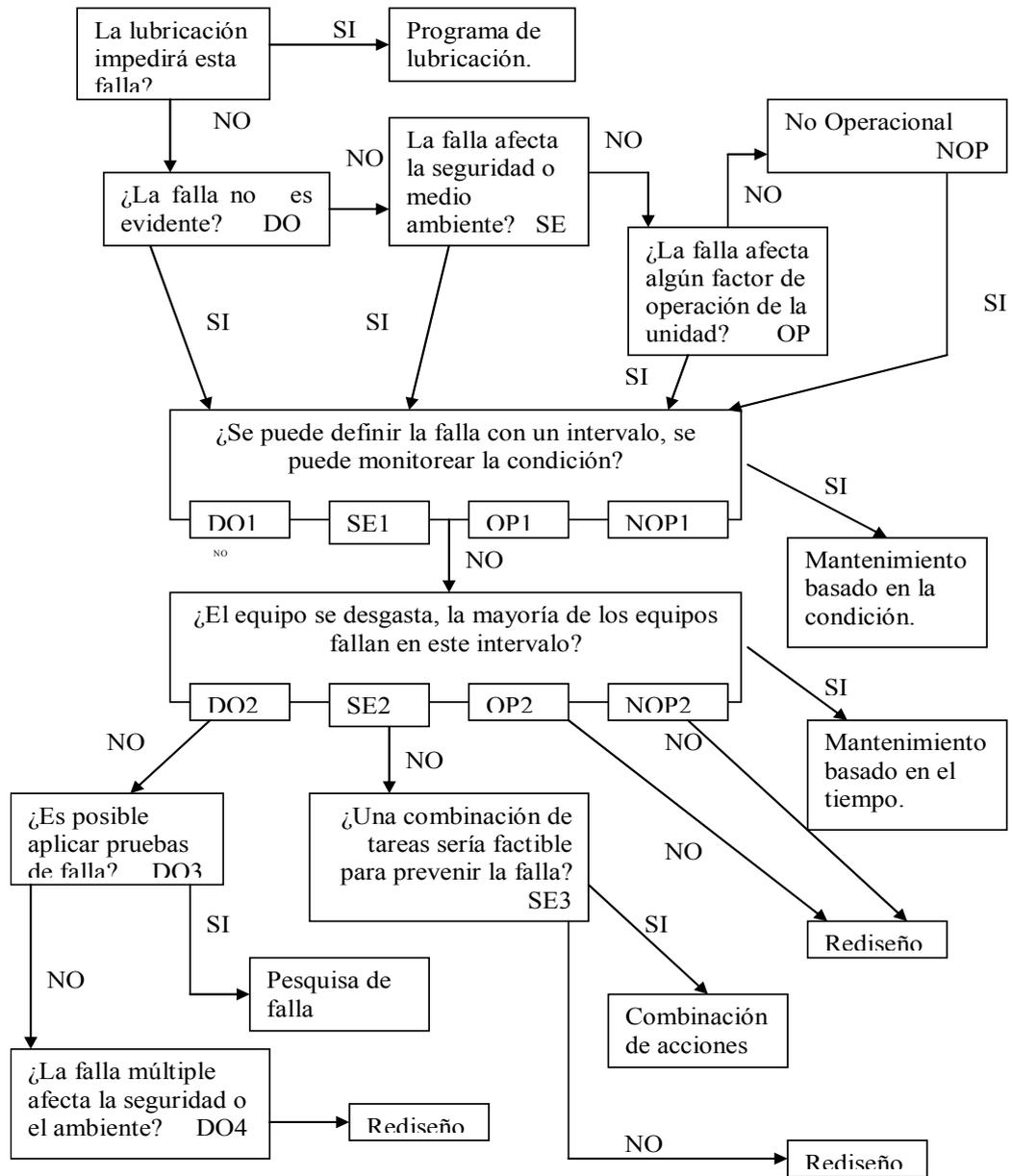


Figura 23. Árbol lógico de decisiones.

5.8.6. SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO.

La selección de una tarea o actividad de mantenimiento se usan para prevenir las consecuencias de una falla y dependerá si:

- √ Existe o no una tarea factible técnicamente.
- √ Es posible realizar esta tarea.
- √ Se justifica la realización de esta tarea.

Estas tareas pueden ser:

- √ Programas de lubricación.
- √ Aplicación de tareas preventivas en un tiempo específico (mantenimiento basado en el tiempo).
- √ Inspeccionar el equipo para determinar si la falla ocurriría si sigue en uso (mantenimiento basado en la condición).
- √ Realizar ensayos a los equipos que han fallado sin afectar la producción (pesquisa de falla).
- √ Realizar cambios en los equipos (rediseño).

5.8.6.1 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO.

Estrategias proactivas

Buscan evitar las consecuencias de la ocurrencia de fallas funcionales, bien sea mejorando la confiabilidad de los sistemas o mediante la detección temprana de las fallas. Estas se clasifican en:

- Tareas de Prolongación: buscan la eliminación de raíz de las posibles causas de fallas o una disminución de la frecuencia de las mismas. Se orienta a la revisión de tareas de lubricación, entonación, ajustes, balanceo, alineación, entre otras. Incluye la revisión y actualización de tecnologías, procedimientos, materiales.

- Tareas Preventivas: para elegir este tipo de tarea es obligatorio conocer la relación entre la edad del equipo y la probabilidad de falla. Se trata de tareas ejecutadas con una frecuencia fija. Es decir, los equipos están sometidos a envejecimiento.

La tarea se ejecuta sin importar el estado físico del equipo. Éstas son:

- a. Restauración Preventiva Programada: el equipo es reconstruido, buscando dejarlo como nuevo.
- b. Reemplazo Preventivo Programado: al no poder ser reconstruido en sitio o no es económico realizarlo, otra opción es su reemplazo por uno nuevo (o reconstruido), una vez cumplido cierto uso.
- c. Tareas Predictivas: el tiempo no aporta información sobre la probabilidad de ocurrencia de una falla, sin embargo hay un tipo de fallas diverso donde existe un parámetro físico mensurable, relacionado con su desarrollo estableciéndose un punto de falla potencial.

Estas tareas son aplicables si el intervalo de falla potencial (PF, intervalo de tiempo entre el punto donde la falla potencial es detectable y el punto donde la falla funcional se desarrolla) es bien conocido y no es variable. El intervalo PF debe ser lo suficientemente grande para permitir tomar acciones contra la falla potencial.

5.8.6.2 REDACCIÓN DE TAREAS.

Estas son analizadas con el objeto de determinar los recursos requeridos para llevarlas a cabo, tras lo cual podrán ser agrupadas para conformar cronogramas de mantenimiento.

5.8.6.3 ANÁLISIS DE LAS TAREAS.

Una vez redactadas, las tareas deben ser analizadas para determinar el tipo de recursos que se requieren para ejecutarlas, los niveles de destrezas que se necesitan para cada tarea, las herramientas y repuestos requeridos para garantizar la adquisición de tales recursos y el tiempo requerido para llevarlas a cabo.

5.8.6.4. PLANIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

Programas de Baja Frecuencia: Deben ser definidos detalladamente cada vez que se planifican, ya que los intervalos de ejecución son inferiores a una vez por semana.

Programas de Alta Frecuencia: Se debe incorporar estas actividades a una serie de procedimientos operativos que conformen una rutina. Los intervalos de ejecución son superiores a una vez por semana.

5.8.7 PARÁMETROS INVOLUCRADOS EN EL MANTENIMIENTO

Dentro de los términos y parámetros que se deben tomar en cuenta a la hora de elaborar e implementar un plan de mantenimiento, están:

✓ **Confiability:** expresa el porcentaje de probabilidad de que no fallen mientras se usan. Para aumentar este índice se debe incrementar el mantenimiento planificado y preventivo

✓ **Maintenibilidad:** es la característica inherente de un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria; en otras palabras, es un indicador de la probabilidad de que un equipo o sistema no presente fallas luego de haber sido reparado.

✓ **Disponibilidad:** El porcentaje de probabilidad de tener los equipos operativos cuando se necesiten, para mejorar la disponibilidad se debe disminuir el tiempo por reparaciones y el de retardo logístico.

5.9 SAP (SYSTEM APPLICATIONS AND PRODUCTS).

5.9.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

El SAP es un sistema integrado con aplicaciones en tiempo real ofreciendo una combinación de funciones que permiten a las empresas responder a los cambios en forma dinámica y oportuna.

El sistema SAP, comprende muchos módulos completamente integrados, que abarcan prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial.

Cada módulo realiza una función diferente, pero esta diseñado para trabajar en conjunto con los demás módulos.

Las principales características de SAP son:

✓ Información "on-line": significa que la información se encuentra disponible al momento, sin necesidad de esperar largos procesos de actualización y procesamiento habituales en otros sistemas.

✓ Jerarquía de la información: la forma de organizar la información permite obtener informes desde diferentes vistas.

✓ Integración: esta es la característica más destacable de SAP y significa que la información se comparte entre todos los módulos de SAP que la necesiten y que pueden tener acceso a ella. La información se comparte, dependiendo de los módulos que se utilicen o de las áreas a que lo requieran.

5.9.2 MÓDULOS DEL SAP.

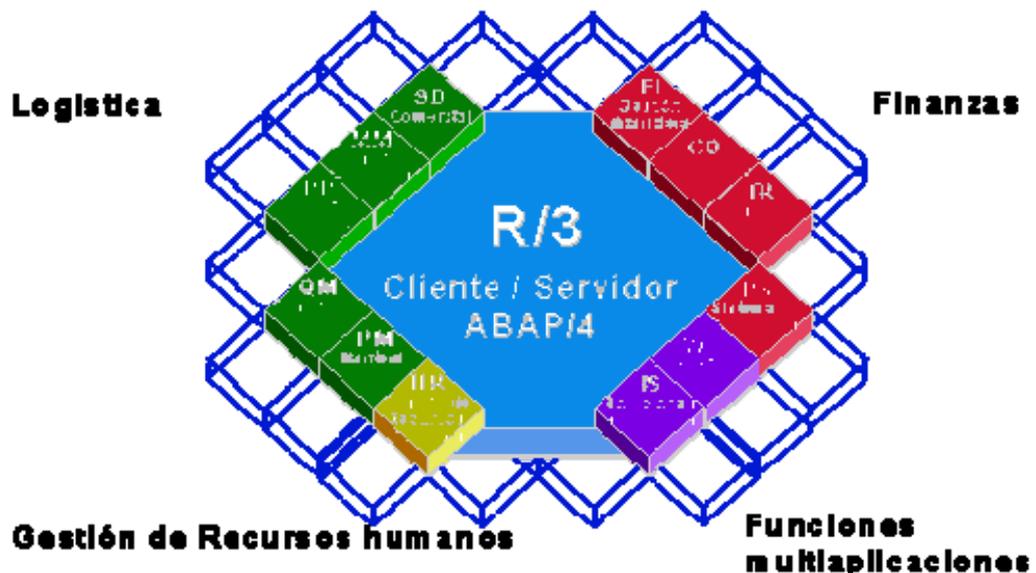


Figura 24. Módulos del SAP.

La integración en SAP se logra a través de la puesta en común de la información de cada uno de los módulos y por la alimentación de una base de datos común. El sistema SAP está compuesto de una serie de módulos funcionales que responden de forma completa a los procesos operativos de las compañías.

FI	CONTABILIDAD FINANCIERA	MM	GESTION DE MATERIALES
FI-GL	Cuentas de Mayor	MM – MRP	Planificación Necesidades Materiales
FI-LC	Consolidación Sociedades	MM-PUR	Gestión de Compras
FI-AR	Cuentas a Cobrar	MM-IM	Gestión de Inventarios
FI-AP	Cuentas a Pagar	MM-WM	Gestión de Almacenes
FI-AA	Gestión de Activos	MM-IV	Verificación de Facturas
FI-SL	Special Ledger	MM-IS	Sistema de Información
	Cierres	MM-EDI	Intercambio Electrónico de Datos
		QM	CALIDAD
TR	TESORERÍA	QM-PT	Herramientas de planificación
	Programa Conciliación	QM-IM	Proceso de Inspección
	Provisiones Posicionamientos	QM-QC	Control de Calidad
	Control de Fondos	QM-CA	Certificados de Calidad
		QM-QN	Notificaciones de Calidad
CO	CONTROLLING	PP	DISTRIBUCION
CO-CCA	Contabilidad por Centros Coste	PP-BD	Datos Básicos
	Contabilidad Presupuestaria	PP-SOP	Gestión de la Demanda
CO-PC	Control de Costes del Producto	PP-MP	Plan Maestro
CO-PA	análisis de Rentabilidad	PP-CRP	Plan de Capacidades
CO-OPA	Ordenes Internas	PP-MRP	Plan de Materiales
CO-ABC	Costes Basados en Actividades	PP-SFC	Ordenes de Fabricación
		PP-PC	Costes de producto
LO	GESTION DATOS GENERALES DE LOGÍSTICA	PP-IS	Sistema de Información
LO-MD	Datos Básicos	PP-PI	Industria de procesos
LO-VC	Gestión Variantes de Productos	PP-CFG	Configuración de Producto
LO-PR	Modelos Previsión y Comportamientos		
LO-ECH	Cambios Ingeniería Objetos SAP	HR	GESTION DEL PERSONAL
		HR-PA-EMP	Datos Maestros de Personal
		HR-PA-PAY	Nómina
EC	ENTERPRISE CONTROLLING	HR-PA-TRV	Gastos de Viaje
EC-PCA	Contabilidad Centros Beneficio	HR-PD-OM	Organización y Planificación
EC-BP	Planificación del Negocio	HR-PD-PD	Desarrollo de Personal
EC-MC	Consolidación a Nivel Directivo	HR-PD-SCM	Gestión de la Formación
EC-EIS	Executive Information System	HR-PA-APP	Selección de Personal
		HR-PA-TIM	Gestión de Tiempos
SD	VENTAS Y DISTRIBUCIÓN		
SD – MD	Datos maestros	IS-R	INDUSTRY SOLUTION RETAIL
SD-SLS	Gestión de Ventas	IS-R	Planificación de Surtidos
SD-GF	Gestión tarifas y Condiciones de Precio	IS-R	Reaprovisionamiento
SD-SHP	Gestión de Expediciones	IS-R	Formatos de presentación
SD-BIL	Facturación	IS-R	Sales Retail
SD-IS	Sistemas de Información	CP	Inventario de proveedores
SD-EDI	Intercambio Electrónico de Datos	MM	Compras Retail
		SD	Transporte
PS	GESTION DE PROYECTOS	RIS	Sistema de Información Retail
PS-BD	Datos Básicos		
PS-OS	Planificación del proyecto	PM	GESTION DEL MANTENIMIENTO
PS-PLN	Plan de Costes	PM-EQM	Identificación Descripción
PS-APM	Proceso de Aprobación	PM-PRM	Mantenimiento Preventivo
PS-EXE	Seguimiento y Progreso del Proyecto	PM-WOC	Ordenes de Mantenimiento
PS-IS	Sistema de Información	PM-PRO	Proyectos de Mantenimiento
		PM-SM	Gestión del Servicio

Tabla 1.Módulos y subdivisiones del SAP.

5.9.2.1 ÁREA DE FINANZAS.

El área de finanzas está conformada por varios módulos. Estos módulos presentan una visión completa de las funciones contables y financieras; además de disponer de un amplio sistema de información que facilita a los directivos la toma de decisiones rápidas. Una de las ventajas que ofrece esta área es que sus aplicaciones están creadas de tal modo que pueden ser utilizadas por todo tipo de empresas, desde las más pequeñas hasta las grandes multinacionales

Módulos del área de finanzas:

√ El Módulo Gestión Financiera - FI (Financial Accounting), proporciona las funciones que controlan el aspecto operativo de la contabilidad y de la información financiera de la empresa.

√ El Módulo Contabilidad de Costos - CO (Controlling), es un sistema integral para el control de los gastos generales. Ofrece la funcionalidad que se necesita para capturar la estructura de una compañía, en la forma de un plan amplio de centros de costos que defina claramente su organigrama de responsabilidades. Básicamente, las funciones que se aplican en este módulo, permiten determinar los costes de fabricación, así como simular cambios en los métodos de producción y su repercusión en los márgenes.

√ Módulo Tesorería - TR (Treasury) el objetivo principal es integrar la administración del efectivo y la previsión de liquidez con las actividades logísticas de la empresa y con las transacciones financieras. Además, incluye herramientas para analizar los mercados de dinero, garantías y derivados. Dentro de las funciones que pueden emplearse en este módulo, está la capacitación para aplicar las herramientas del presupuesto de efectivo y los métodos de contabilidad que toman en consideración la asignación de responsabilidades. Estos métodos

consideran las posiciones presupuestarias corrientes y las fuentes de los fondos pertinentes para permitir un control y seguimiento más sutiles.

✓ Módulo Sistema de Proyectos - PS (Project System), Las funciones o aplicaciones del pueden englobarse en cinco grupos de tareas: Planificación aproximada inicial, con tiempos y valores establecidos desde un desglose de la estructura de trabajo o, al menos, desde un listado de los trabajos que hay que hacer; Planificación ajustada, que puede utilizar elementos de costo o métodos de cálculo de costos unitarios e implicar la inserción manual de fechas críticas, detalles de las actividades, programación automática con R/3 y la identificación de las actividades del camino crítico; Coordinación de los recursos a través de requisiciones de compras automáticas y planes de reserva de materiales, control de inventario de existencia, planificación en red del equipo de personas, capacidades, materiales, recursos operativos y servicios; Seguimiento de los materiales, capacidades y fondos, cuando el proyecto se aprueba y ejecuta utilizando la administración de presupuestos, la reserva y asignación de fondos, comprobando su disponibilidad, así como la de los materiales y capacidades, con una alarma a la dirección del proyecto en caso de exceder ciertos límites; Finalización del proyecto, con análisis de los resultados y cancelación.

5.9.2.2 ÁREA LOGÍSTICA.

El área de logística proporciona las herramientas necesarias para analizar y gestionar el estado de la logística de la empresa y realizar previsiones en la cadena de suministro (desde la compra de la materia prima hasta la entrega al cliente y su facturación). Cubre numerosos procesos de negocio que incluyen herramientas para sistemas con fabricación flexible y gran cantidad de herramientas e informes predefinidos para ayudar en la toma de decisiones.

Módulos del área de logística:

✓ Módulo Ventas y Distribución - SD (Sales and Distribution) hace hincapié en el uso de una estrategia de ventas que responda a las condiciones del mercado. Al personalizar el sistema, una de las prioridades debe ser desarrollar una estructura de datos que pueda registrar, analizar y controlar las actividades que satisfagan a los clientes y que reporten un beneficio adecuado en el siguiente ejercicio contable en el futuro. Este módulo proporciona un conjunto de registros maestros de datos y un sistema de transacciones comerciales documentadas. Con el módulo SD se puede definir y controlar las estructuras de precios y, junto con la conexión con el módulo Contabilidad de Costes, las cuentas a cobrar y la facturación son actualizadas de forma inmediata. Los distintos componentes del módulo SD permiten gestionar todos los aspectos de las actividades comerciales de ventas: pedidos, promociones, competencia, ofertas, seguimiento de llamadas, planificación, campañas, etc.

✓ Módulo Administración de Materiales - MM (Materials Management), El objetivo principal es proporcionar un soporte detallado de las actividades diarias para todo tipo de empresa que consuman materiales en sus procesos de producción, incluidos la energía y los servicios. Este módulo comprende todas las actividades y funciones logísticas relacionadas con la adquisición (compras) y el control (inventario) de la cadena de suministros.

✓ Módulo Planificación y Control de la Producción - PP (Production Planning and Control), ha sido diseñado para ser utilizado en cualquier sector industrial. Provee procesos comprensivos para todo tipo de manufactura. El enfoque clásico de la planificación de los requisitos de material, parte de la planificación de las operaciones que debe llevarse a cabo, tanto en el área de ventas o pedidos, como en la de proyectos. A partir de esta fase inicial el sistema ofrece métodos aceptados de planificación y control de los materiales hasta la entrega misma de los productos. La administración integrada de la cadena de suministro es el

método que utiliza SAP para construir y soportar la planificación y el control de la producción.

✓ Módulo Administración de la Calidad - QM (Quality Management) tiene como función monitorear, capturar y manejar todos los procesos relevantes relacionados con el mantenimiento de la calidad a lo largo de la cadena de suministros. Además, coordina la inspección de los procesos e inicia la corrección de medidas e integra laboratorios de sistemas de información. Los componentes de este módulo se encargan de realizar todas aquellas tareas que implican la planificación de la calidad, el control, las inspecciones y el cumplimiento de los estándares de calidad normalizados internacionalmente.

✓ Módulo Mantenimiento de Planta - PM (Plant Maintenance) provee una planeación y el control del mantenimiento de la planta a través de la programación de un cronograma, así como las inspecciones, mantenimiento de daños y administración de servicios para asegurar la disponibilidad de los sistemas operacionales, incluyendo plantas y equipos entregados a los clientes. El módulo PM brinda soporte para disponer de representaciones gráficas de las plantas de producción y se puede conectar con sistemas de información geográfica (GIS) y contener diagramas detallados. Además, soporta la gestión de problemas operativos y de mantenimiento, de los equipos, de los costes y de las solicitudes de pedidos de compras Su completo sistema de información, permite identificar rápidamente los puntos débiles y planificar el mantenimiento preventivo.

5.9.2.3 ÁREA DE GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS.

El área de Gestión de Recursos Humanos, incluye todos los procesos de negocio necesarios para controlar y gestionar de una manera eficaz las necesidades de recursos humanos de las empresas: desde gestión de candidatos a puestos de trabajo a la elaboración de nóminas o al desarrollo de personal, así como al control de tiempos. Está compuesto por un único módulo llamado Recursos Humanos.

El objetivo del Módulo Recursos Humanos - HR (Human Resources) es que los usuarios introduzcan los datos una única vez, con lo que estarán disponibles de forma inmediata para cualquier otra aplicación relacionada, como la contabilidad, el mantenimiento de planta, el sistema de proyectos o el workflow

La mayoría de los componentes del módulo HR, pueden implementarse de forma gradual según se vaya necesitando. Algunos pueden configurarse como sistemas autónomos, como una etapa de transición antes de tener una instalación totalmente integrada a SAP. Los módulos constituyentes de la aplicación HR de Recursos Humanos han sido diseñados para cubrir dos apartados importantes de la empresa, el financiero y el relativo a las calificaciones de los trabajadores.

El módulo de HR y todos los procesos de negocio asociados están en relación directa con los países específicos, dado que el software debe ser compatible con las leyes de cada país en materia laboral, impuestos, beneficios sociales, etc. Por este motivo SAP incluye procedimientos, transacciones y variables que varían para los distintos países. Los componentes de este módulo abarcan totalmente la administración de salarios y nóminas, modelos de turnos, planificación de trabajo, gestión de gastos de viajes, etc.

5.9.2.4 ÁREA DE FUNCIONES DE MÚLTIPLES APLICACIONES.

Para complementar el extenso conjunto de funciones y modelos de procesos de negocios que incluye el sistema R/3, SAP también ha desarrollado los Módulos Soluciones Industriales y Workflow.

El Módulo Soluciones Industriales - IS (Industry Solutions) es un conjunto de transacciones, programas, pantallas y documentaciones que se instala como un paquete adicional (ADD-ON) y que funciona perfectamente integrado con el resto de las aplicaciones de R/3. Así, por ejemplo, hay módulos destinados a la banca, a la industria del automóvil, a petroleras, a la gestión de hospitales, a constructoras de ingeniería, etc.

El Módulo Workflow – WF es una herramienta usada para controlar, procesar y optimizar automáticamente procesos de aplicaciones vinculadas entre sí, al planificar y realizar tareas del mantenimiento.

CAPITULO 6

MARCO METODOLÓGICO

6.1. ETAPAS DEL PROYECTO.

Para la realización del presente trabajo se siguieron una serie de etapas las cuales se exponen a continuación:

ETAPAS	ACTIVIDADES
Preanálisis	Levantamiento de la información, consulta bibliográfica, establecimiento del equipo de trabajo.
Definición de sistemas y subsistemas.	Revisión de planos, revisión de componentes en el sitio, jerarquización de los sistemas a fin de establecer subsistemas y componentes de cada sistema estudiado. Análisis funcional, elaboración de formatos de diagramas entrada-proceso-salida y diagramas funcionales.
Análisis de criticidad.	Debido a que no se contaban con datos precisos para determinar la criticidad de los equipos que componen los sistemas estudiados, se procedió a evaluar la criticidad por medio de una encuesta a mantenedores y operadores de las unidades. Los criterios evaluados en el análisis de criticidad fueron:

	<ul style="list-style-type: none"> •Frecuencia de falla (FF): Son las veces que falla un equipo en un determinado intervalo de tiempo. •Tiempo promedio para reparar (TPPR): Relacionado con el tiempo necesario en la realización de las tareas de mantenimiento. •Impacto operacional (IO): Nivel de producción y/o operación que se vera afectado a causa de la falla. •Impacto en salud y seguridad del personal (ISSP): Relacionado con eventos que afecten la integridad de los trabajadores. •El mal funcionamiento de este equipo afecta el desempeño de otros equipos (ISOE): tiene que ver con la influencia sobre el funcionamiento de otros equipos. <p>La criticidad se define como el producto de la frecuencia de fallas y su consecuencia. La consecuencia de falla es la suma de: el tiempo promedio para reparar, el impacto operacional, el impacto en salud y seguridad del personal y e la influencia de una falla sobre el funcionamiento del sistema, es decir,</p> <p>Consecuencia: TPPR+IO+ISSP+ISOE.</p> <p>CRITICIDAD= FRECUENCIA DE FALLA X CONSECUENCIA DE FALLA</p>
<p>Análisis de modos y efectos de fallas.</p>	<p>Luego de establecidos cuales eran los equipos críticos y semicriticos de cada sistema se procedió al análisis de cual eran las fallas mas comunes y cuales eran sus consecuencias en el funcionamiento de la unidad, esto se hizo a través de el análisis de modos y efectos de falla (AMEF).</p>

<p>Árbol lógico de decisiones. Selección de tareas.</p>	<p>Para ello se consultaron los manuales de los equipos y se realizaron entrevistas con los mantenedores y operadores para establecer cuales eran las tareas de mantenimiento aplicadas a cada equipo, para ello también se utilizó el árbol lógico de decisiones, luego estas tareas se registraron en hojas de registro de tareas, indicando la persona encargada de hacer el mantenimiento y su frecuencia, para establecer un cronograma de actividades de mantenimiento, además se hizo una serie de recomendaciones para realizar algunas de las tareas de mantenimiento.</p>
<p>Sistema computarizado para la administración de la gestión de mantenimiento. SAP.</p>	<p>En esta etapa se realiza una explicación de cuales son los datos a cargar para los objetos técnicos y ubicaciones técnicas y también se expone como es la carga de información en los programas de mantenimiento (Avisos, ordenes y mantenimiento por hojas de ruta).</p>

Tabla 2. Etapas del desarrollo del proyecto.

CAPITULO 7

APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS SISTEMAS AUXILIARES DE LA TURBINA A GAS W501D5.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) es una metodología que permite a las empresas evaluar de forma sistemática sus necesidades de mantenimiento, a partir de la comprensión de funciones de los equipos y las consecuencias que genera la pérdida de función dentro del contexto operacional.

Para cumplir con los objetivos de MCC se deben seguir unos series de pasos como son: Preanálisis, definición de sistemas y subsistemas, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de falla y la selección de tareas.

7.1 PREANALISIS.

En esta primera etapa se procedió a recopilar toda la información necesaria tales como planos y manuales, se estableció el equipo de trabajo y se realizó la jerarquización de la planta.

7.1.2 EQUIPO DE TRABAJO.

Para el estudio se requirió la formación de un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por operarios, supervisores, personal y gerencia de mantenimiento, entre los cuales se asignó un líder de MCC encargado de dirigir y manejar las reuniones pertinentes para poder llevar a cabo la elaboración y desarrollo del plan de mantenimiento.

- Ing. Alberto Hung, Gerente de mantenimiento.
- TSU. José Patiño, TSU Carlos Mendoza, Técnico electricista Manuel Martínez, Mecánico Mayor Rafael De Phino; personal de mantenimiento.
- TSU Yolanda Borbón, Tesista.

7.2 DEFINICIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS.

El MCC se basa en las funciones de los sistemas y subsistemas para la generación de estrategias de mantenimiento, teniendo como objetivo para cualquier componente asegurar que este cumpla con su función. El proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad comienza al identificar las funciones de los sistemas, las entradas y salidas de los sistemas y también se establecen los subsistemas y componentes que los conforman.

El conjunto de sistemas auxiliares de la turbina permiten la operación confiable y eficiente de la unidad. En el presente trabajo se estarán analizando los siguientes sistemas: sistema de levantamiento del generador, sistema de aire de enfriamiento del rotor turbina, sistema de aire de instrumentación y el sistema de aceite de lubricación.

Se realizó un análisis funcional por sistema donde se pueden apreciar los subsistemas que lo componen y luego por subsistema, donde se observa su función, componentes identificables, entradas y salidas.

Por sistema:

SISTEMA: AIRE DE INSTRUMENTACIÓN.

FUNCION: Proporcionar el aire requerido para la operación de válvulas neumáticas, reguladoras, interruptores y otros mecanismos de control.

SUBSISTEMAS IDENTIFICABLES:

- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F2.
- Regulación de presión de aire de instrumentación.
- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F3.
- Secador de aire de instrumentación.
- Filtrado de aire de instrumentación. F4.
- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F1.
- Acumuladores.
- Regulación de presión de aire de instrumentación, compresor auxiliar.
- Filtrado del compresor auxiliar.
- Sistema de compresión del aire, auxiliar.
- Aliviadero de la línea de aire de instrumentación.
- Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de lubricación. PR15714.
- Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de combustible líquido. PV15515.

Figura 25. Análisis funcional por sistema.

Por subsistema:

SUBSISTEMA: Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F2.

FUNCION: Remover la humedad, del aire proveniente del sistema enfriador de aire, Con un diferencial de presión de 5 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro coalescente.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de mariposa.
- Dispositivo medidor de presión.
- Drenaje del filtro.

ENTRADA

- Aire del compresor de la unidad a 1724 kPa (250 psi.).

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.
- Drenaje del filtro

Figura 26. Análisis funcional por subsistema.

Ver ANEXO G. Análisis funcional por sistemas y subsistemas.

Diagrama funcional. Sistema de Aire de Instrumentación.

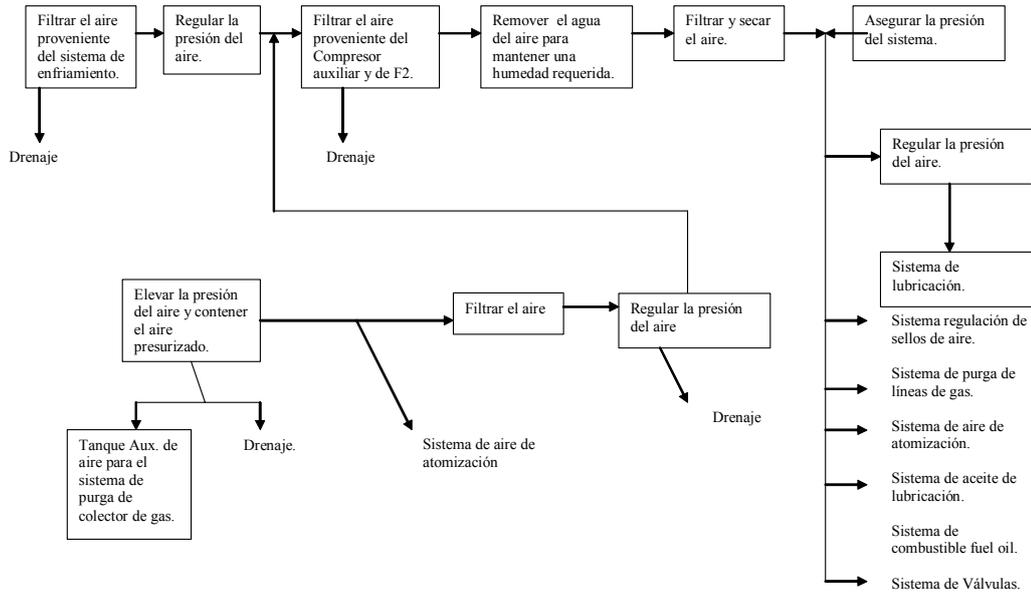


Figura 27. Diagrama funcional. Sistema de aire de instrumentación. Ver ANEXO F.

Diagrama EPS. Sistema de Aire de Instrumentación.

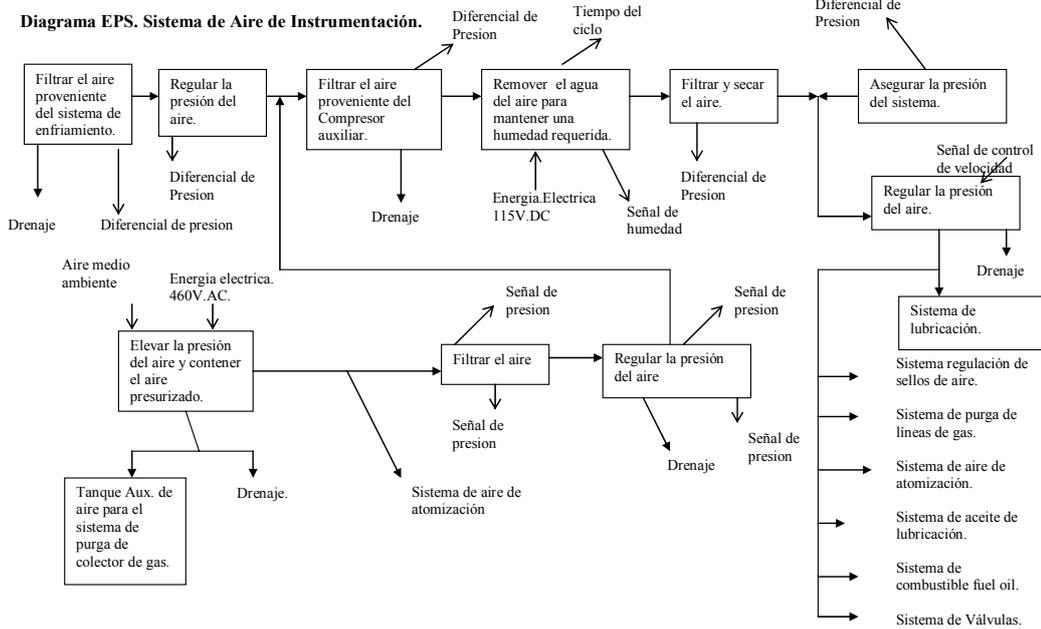


Figura 28. Diagrama Entrada-Proceso-Salida. Sistema de aire de instrumentación.

Ver ANEXO F.

7.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

El análisis de criticidad proporciona un punto de partida para jerarquizar equipos en función al impacto global sobre la sección de estudio. Una vez definidos los sistemas y subsistemas se establecen una serie de criterios para determinar el nivel de criticidad de los equipos, a través de encuestas a mantenedores, operadores y gerentes.

Los criterios evaluados en el análisis de criticidad fueron:

- Frecuencia de falla (FF).
- Tiempo promedio para reparar (TPPR).
- Impacto operacional (IO).
- Impacto en salud y seguridad del personal (ISSP).
- El mal funcionamiento de este equipo afecta el desempeño de otros equipos (ISOE).

A partir de estos criterios se construyó una tabla para la evaluación de la criticidad de los equipos. La criticidad se define como el producto de la frecuencia de fallas y su consecuencia. La consecuencia de falla es la suma de: el tiempo promedio para reparar, el impacto operacional, el impacto en salud y seguridad del personal y e la influencia de una falla sobre el funcionamiento del sistema, es decir,

Consecuencia: $TPPR+IO+ISSP+ISOE$.

 <p>CORPOELEC CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL</p>	 <p>La Nueva Electricidad de Caracas <i>Iluminando el Camino al Socialismo</i> Rif: J-00021243-0</p> <p>PLANTA O.A.M</p> <p>GERENCIA DE MANTENIMIENTO CONFIABILIDAD OPERACIONAL EVALUACIÓN DE CRITICIDAD</p>
Persona entrevistada:	Propósito: Determinar el nivel de criticidad de los equipos que conforman los sistemas auxiliares de la turbina W501D5.
Fecha:	
Sistema:	
Equipo:	
FRECUENCIA DE FALLA.	
	No más de 1 por año.
	Entre 2 y 3 por año.
	Entre 4 y 5 por año.
	Entre 6 y 7 por año.
	Más de 7 por año.
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR.	
	Menos de 4 horas.
	Entre 4 y 8 horas.
	Entre 8 y 12 horas.
	Entre 12 y 16 horas.
	Más de 16 horas.
IMPACTO OPERACIONAL.	
	No afecta la producción (0 % de impacto).
	Afecta toda la producción (100% de impacto).
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DEL PERSONAL.	
	Sí.
	No.
EL MAL FUNCIONAMIENTO DE ESTE EQUIPO AFECTA EL DESEMPEÑO DE OTROS EQUIPOS.	
	Sí.
	No.

Figura 29. Encuesta aplicada para evaluación de criticidad.

	 <p>Rif: J-00021243-0</p> <p>PLANTA O.A.M</p>
PARÁMETROS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	
FRECUENCIA DE FALLA.	Puntaje
No más de 1 por año.	1
Entre 2 y 3 por año.	2
Entre 4 y 5 por año.	3
Entre 6 y 7 por año.	4
Más de 7 por año.	5
IMPACTO OPERACIONAL.	Puntaje
No afecta la producción.	0
Impacto total.	10
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR.	Puntaje
Menos de 4 horas.	1
Entre 4 y 8 horas.	2
Entre 8 y 12 horas.	3
Entre 12 y 16 horas.	4
Más de 16 horas.	5
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD DEL PERSONAL.	Puntaje
Si.	5 * (35)
No.	0
EL MAL FUNCIONAMIENTO DE ESTE EQUIPO AFECTA EL DESEMPEÑO DE OTROS EQUIPOS.	Puntaje
Si.	10
No.	0

Figura 30. Guía de parámetros de criticidad.

*(35), según los parámetros de PDVSA.

Luego de aplicada la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados, mostrados por sistema:

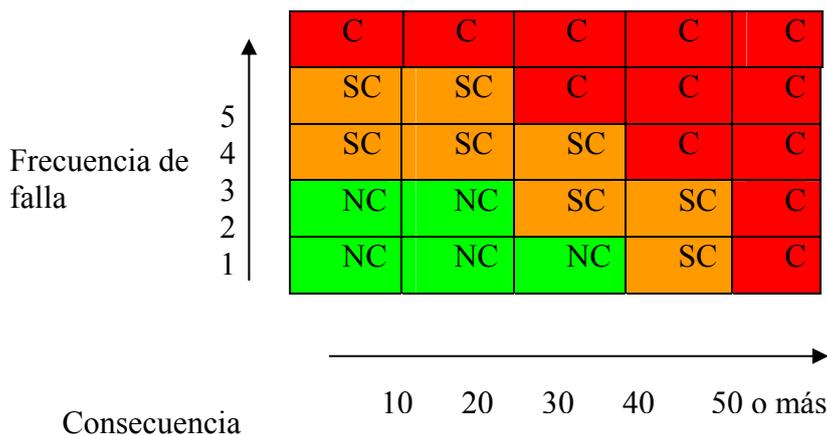
Sistema de Aire de instrumentación:

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia
Filtro F2	2	1	5	3	0	8
VRP-PR15703	2	2	8	1	0	9
Filtro F3	2	1	5	3	0	8
Secador	3	3	10	5	0	15
Filtro F4	4	1	8	5	0	13
Filtro F1	2	1	5	4	0	9
VRP-PR15701	2	1	8	0	0	8
Filtro aire compresor	2	1	10	0	0	10
Compresor auxiliar	2	4	8	3	10	53
V. SV15738	1	3	0	0	0	0

Tabla 3. Resultado de la encuesta.

Ver anexo H. Resultado de la encuesta de los sistemas.

Luego con la matriz de criticidad se ubica el subsistema o equipo dentro de esta matriz y se puede establecer el nivel de criticidad.



Donde: NC: No Crítico. SC: Semi Crítico. C: Crítico.

Dando como resultado el nivel de criticidad de los equipos estudiados, como se muestra a continuación:

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia	Criticidad	Nivel de criticidad
Filtro F2	2	1	5	3	0	8	15	NC
VRP-PR15703	2	2	8	1	0	9	18	NC
Filtro F3	2	1	5	3	0	8	15	NC
Secador	3	3	10	5	0	15	38	SC
Filtro F4	4	1	8	5	0	13	44	SC
Filtro F1	2	1	5	4	0	9	18	NC
VRP-PR15701	2	1	8	0	0	8	17	NC
Filtro aire compresor	2	1	10	0	0	10	20	NC
Compresor auxiliar	2	4	8	3	10	53	92	C
V. SV15738	1	3	0	0	0	0	0	NC

Tabla 4. Nivel de criticidad.

Ver anexos H. Nivel de criticidad.

Una vez establecido el nivel de criticidad de los equipos, se procedió a realizar el análisis de modos y efectos de fallas. Cabe destacar que para la aplicación de este método se tomaron en cuenta los equipos críticos y semicríticos debido a la importancia de mantener la disponibilidad de las unidades de generación.

7.4 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF).

El análisis de modos y efectos de falla permite identificar las fallas que pudieran presentarse y sus efectos, para poder crear medidas preventivas.

Ya que no se contaba con una data de fallas precisa, se inició determinando las causas y frecuencia de las fallas más comunes para cada uno de los sistemas realizado entrevistas a los operadores y consultando los manuales de los equipos.

Esta información se plasmó en hojas de registro de AMEF, a continuación se puede observar una hoja de registro de AMEF.

		SISTEMA Aire de instrumentación		GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC		FECHA 12/08/2008	
		SUBSISTEMA Filtrado de aire de instrumentación.		GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC		FECHA 19/08/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Filtro F4					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCION		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE LA FALLA	
1	Diferencial de presión máximo de 5 psi.	A	Diferencial de presión mayor a 5 psi.	1	Filtro saturado de partículas	Se observara un aumento en el diferencial de presión del filtro, la presión de línea será baja. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass). Se cambia 2 veces al año. Tiempo de revisión:15 min. Tiempo de cambio :1 hora.	
2	Filtrar el aire para que se encuentre libre de partículas mayores a 0.3 micrones.	A	Presencia de partículas mayores a 0.3 micrones	1	Elemento de filtro suelto.	Ocasiona que el aire pase sin filtrar las posibles partículas del desecante. Se observará un diferencial de presión igual a cero. Tiempo de revisión y reparación 30 min. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).	

Tabla 5. Hoja de registro AMEF.

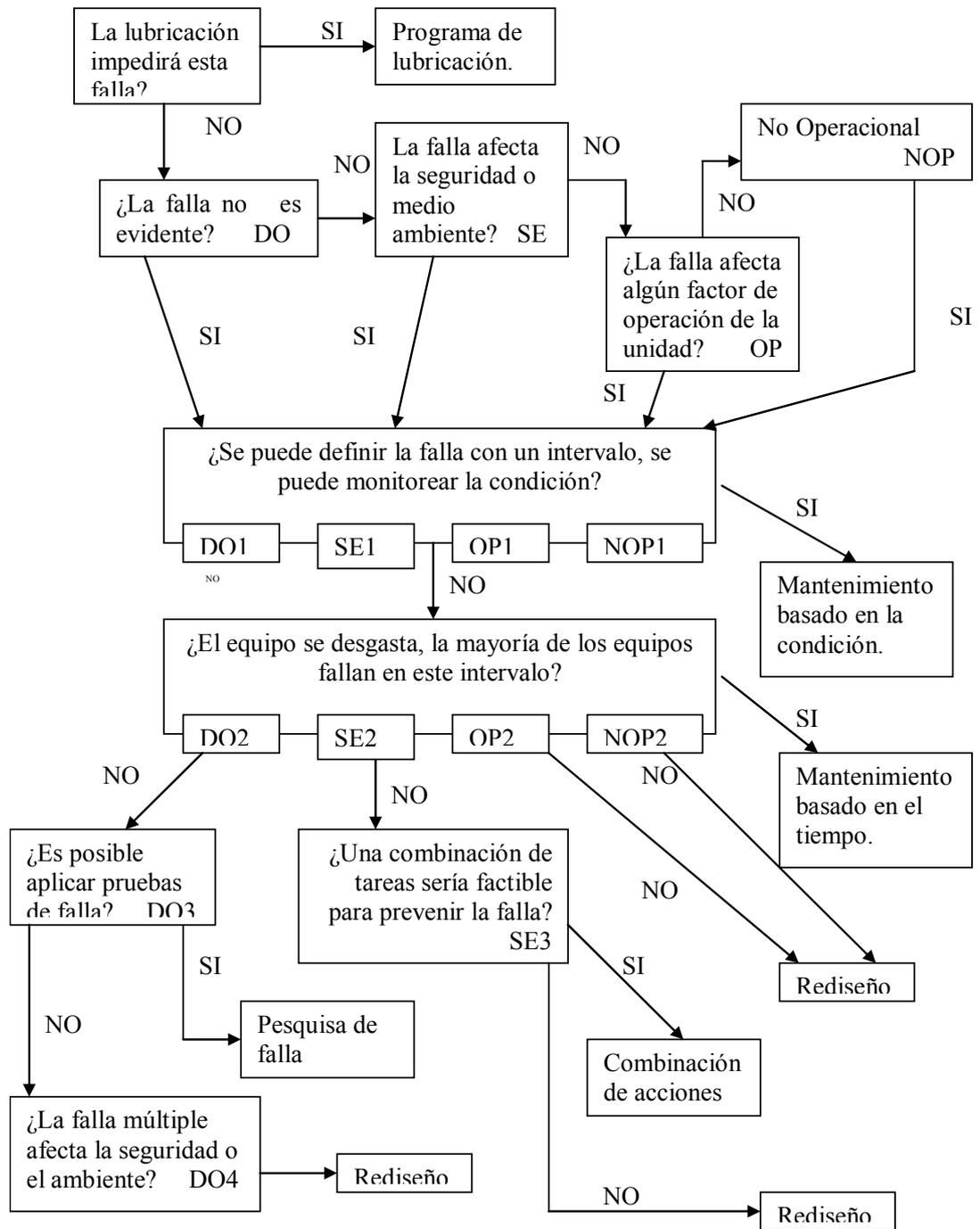
Ver anexo I. AMEF de los sistemas críticos y semi críticos.

7.5. SELECCIÓN DE TAREAS.

Las recomendaciones de mantenimiento del fabricante, a través de los manuales de los equipos, deben ser consideradas durante la selección de la tarea, porque son los que mejor conocen el equipo. Sin embargo, ellos también pueden recomendar un “exceso” de mantenimiento. Por lo que se debe tomar en cuenta la experiencia de los mantenedores sobre la frecuencia de presencia de fallas en los equipos.

Para la selección de las tareas de mantenimiento se utilizó el árbol lógico de decisiones, que se presenta a continuación:

ARBOL LOGICO DE DECISIONES



Veamos un ejemplo de cómo se selecciona las tareas de mantenimiento a partir de este árbol lógico de decisiones.

- Modo de fallas: Filtro saturado.

Pregunta 1: ¿La lubricación impedirá esta falla?

Respuesta 1: No, la solución de que el filtro se encuentre saturado no es la lubricación.

Pregunta 2: ¿La falla no es evidente?

Respuesta 2: Si, entonces la falla es durmiente. Porque la saturación del filtro va a significar una caída de presión en el sistema, sin embargo se debe presentar otra falla que provoque una caída de presión considerable, como para que se provoque una señal de alarma.

Pregunta 3: ¿Se puede definir la falla con un intervalo, se puede monitorear la condición?

Respuesta 3: Si, **Mantenimiento basado en la condición**, se asigna una tarea. Chequear el diferencial de presión en el filtro, en caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar el elemento filtrante.

La informa obtenida con la aplicación del árbol lógico de decisiones se carga en una hojas de registro, donde se indica la tarea propuesta, su frecuencia y quien es la persona encargada de realizar dicha labor.

			SISTEMA				GRUPO DE ANÁLISIS				FECHA		PAGINA		
			Aire de instrumentación				Grupo MCC				9/9/2008		1		
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN				FECHA		DE		
			Filtrado de aire de instrumentación.				Grupo MCC				10/09/2008		1		
SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO												
			Filtro de aire. F4.												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS				TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	REALIZADA POR:	
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LUB	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3					DO4 SE3
1	A	1	S				N	S					Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión en el filtro, en caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar elemento filtrante.	Mensual.	Técnico electricista.
2	A	1	S				N	S					Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función.	Mensual.	Técnico electricista.

Tabla 6. Hoja de registro de las tareas propuestas a partir del árbol lógico de decisiones.

Ver anexo J. Hoja de registro de selección de tareas.

Luego que se aplicó esta metodología a todos los equipos, se procedió a agrupar todas las actividades en una hoja de cronograma de actividades, donde se puede observar claramente el sistema al que pertenece el equipo, el nombre del equipo, cual es la estrategia de mantenimiento, la tarea propuesta y la frecuencia de dichas tareas. Cabe destacar que la estrategia de mantenimiento basado en el tiempo deben ser realizadas en el ciclo recomendado y las estrategia basada en la condición no necesariamente tiene que ser el tiempo indicado, de igual manera se sugiere realizar la actividad en el tiempo indicado.

SISTEMA	EQUIPO	ESTRATEGIA	ACTIVIDAD A REALIZAR	FRECUENCIA
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión PR15207.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas.	Diario.
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión TV15209.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas.	Diario.
Aire de instrumentación.	Secador.	Mantenimiento basado en la condición.	Observar diferencial de presión.	Diario.
Levantamiento del generador	Filtro de aceite.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión en el filtro.	Diario.
Levantamiento del generador	Filtro de aceite.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión . Si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función. Chequear el elemento filtrante y en caso de estar muy deteriorado reemplazarlo.	Diario.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.
Aceite de lubricación.	Enfriador de aceite de lubricación.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el rotor y chequear si es producido por un desbalanceamiento, Balancear el rotor de ser necesario.	Mensual.

Tabla 7. Cronograma de actividades de mantenimiento. Pagina 1 de 5.

Ver anexo . Cronograma de actividades de mantenimiento.

7.5.1 RECOMENDACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

- Lubricar los rodamientos de la bomba de emergencia y de levantamiento del generador. Tiempo aproximado 30 min.

Procedimiento:

1. Coloque el interruptor de la bomba ubicado en el paquete eléctrico, en la posición Manual, posteriormente apague la bomba.
2. Remueva el tapón de llenado y agregue aceite por la tubería hasta que este comience a fluir por el orificio exterior.
3. Gire el eje varias veces para asegurarse de que no este atascado.
4. Retorne el interruptor a la posición AUTO.

- Alineación y tensión de la correa.

Procedimiento:

- 1 Verificar el estado físico de las correas buscando síntomas de deshilachamiento de las fibras y desgaste.
- 2 Verificar si las poleas de las correas están paralelas.
- 3 Acomodar la correa en las poleas, con el dedo índice haga presión en el punto medio de la correa hasta producir una deflexión igual al ancho de la correa asegurando el motor con los carriles tensores. Hágalas funcionar durante 15 minutos para asentarlas.

- Chequear vibración en equipos rotativos. Tiempo aproximado 20 min.

Procedimiento:

1. Chequear el nivel de vibraciones con un medidor de vibraciones, si esta por encima de o normal puede ser por:

Desalineación de los rodamientos o del rotor.

Desbalanceo eléctrico. (Problemas en el embobinado del estator).

2. Si se presentan niveles excesivos de vibraciones o ruidos, debe localizarse inmediatamente su procedencia, y ser eliminada tan pronto como sea posible.

- Chequear alineación de eje de la bomba con su impulsor. Tiempo aproximado 1 hora.

Procedimiento:

Con el comparador de alineación, ver la alineación entre los ejes, esta no debe superar los 0.004 Pulgadas.

- Chequear las válvulas solenoides. Tiempo aproximado 3 horas.

Procedimiento:

1. Desconectar el suministro de aire y el suministro eléctrico.
2. Remover la válvula de la línea.
3. Limpiar la válvula utilizando aire comprimido, a una presión que no exceda los 30 psig.
4. Limpiar el filtro de la válvula.
5. Inspeccionar los componentes de la válvula para asegurarse de que este en buen estado, de lo contrario debe cambiarse o reemplazar completamente la válvula.
6. Instalar la válvula en la línea y energizarla.

- Chequear fugas en las válvulas. Tiempo aproximado 1 hora.

Procedimiento:

1. Si existen fugas a través de las válvulas se debe:
 - 1.1 Desconectar las líneas de suministro de la válvula y removerla.
 - 1.2 Separar el alojamiento del sello del cuerpo de la válvula.
 - 1.3 Reemplazar el sello defectuoso.
 - 1.4 Limpiar las ranuras donde se alojan dichos sellos.
 - 1.5 Reponer el alojamiento del sello en el cuerpo de la válvula.
 - 1.6 Reponer la válvula a la línea.

- Chequear ajuste y calibración de la válvula reguladora. Tiempo aproximado 4 horas.

Procedimiento:

- 1 Conecte la tubería de suministro de aire al actuador.
- 2 Remover las tapas frontal y trasera, quitando los tornillos.
- 3 Aplique suficiente presión de aire al actuador para remover la palanca a una posición intermedia.
- 4 Remover la arandela de sujeción y el pasador.
- 5 Coloque el vástago del actuador en la posición completamente retraída.
- 6 Mueva la palanca a la posición de cerrado.
- 7 Luego pase el vástago por la posición intermedia y abierta y mueva la palanca.
- 8 Inserte el pasador.
- 9 Reponga las arandelas.
- 10 Apriete la contratuerca.
- 11 Reponga el indicador.
- 12 Reponga las tapas frontal y trasera.
- 13 Coloque la válvula en servicio.

- Reemplazar diafragma del actuador de la válvula. Tiempo aproximado 6 horas.

Procedimiento:

- 1 Haga un By pass de la válvula, pare la válvula y aíslala neúmicamente.
- 2 Corte y desconecte la tubería de suministro de aire del actuador.
- 3 Remueva los tapones de la cubierta del diafragma y quite la cubierta.
- 4 Remueva el diafragma.
- 5 Remueva el adhesivo de la goma de pistón y limpie bien.
- 6 Limpie la cubierta del diafragma y el cilindro del resorte.
- 7 Aplique teipe adhesivo o cemento a la parte superior del pistón.
- 8 Aplique teipe adhesivo o cemento a la parte del diafragma.
- 9 Centralice y adhiera el diafragma al pistón.
- 10 Ruede el diafragma dentro del cilindro hasta que el reborde sobre el diafragma este levemente sobre el pistón.
- 11 Coloque el reborde del diafragma sobre la boquilla de la cubierta del diafragma y deslice cuidadosamente la cubierta hacia abajo sobre el pistón hasta que este asiente en el cilindro del resorte.
- 12 Asegúrese de que la cubierta del diafragma este asentada adecuadamente sobre el cilindro del resorte e inserte los tapones.
- 13 Conecte el suministro de aire de la cubierta del diafragma.
- 14 Active el suministro de aire y chequee si existen pérdidas.

- Chequear la caída de presión en un filtro y cambio de filtros. Tiempo aproximado 10 min., Si debe cambiarse el filtro 1 hora.

Procedimiento:

- 1 Aislar el filtro de la línea que está instalado, cerrando las válvulas de aislamiento.
- 2 Purgar el filtro.
- 3 Remueva la cubierta del filtro.
- 4 Reemplace el cartucho tapado y el empaque de la cubierta.
- 5 Reponga cuidadosamente la tapa de la cubierta.
- 6 Abra las válvulas de aislamiento ubicada en la entrada y salida del filtro.
- 7 Chequee si existen fugas a través del sello de la cubierta.

- Arreglo de tuberías, inspección y limpieza. Tiempo aproximado 24 horas.

Procedimiento:

- 1 Destapar el banco de tubos.
- 2 Limpiar la superficie interior y exterior de los tubos utilizando el compresor para remover toda partícula e incrustación adherida a los tubos.
- 3 Si la superficie de los tubos se encuentra muy sucia, puede ser lavada con agua y jabón.

Nota: No rociar la superficie de los tubos cuando estén calientes, porque puede producir un choque térmico causando agrietamientos, flexión.

- Motores de inducción, limpieza externa. Tiempo aproximado 1 hora.

Procedimientos:

- 1 Coloque los interruptores de los motores en la posición Manual.
- 2 Para el motor y deenergízalo.
- 3 Limpie la carcasa del motor de cualquier residuo de aceite, polvo, agua, químicos y cualquier otra sustancia o elemento extraño, que pueda bloquear las entradas y salidas de aire del motor.
- 4 Energice nuevamente los motores y coloque sus interruptores en la posición Auto.

7.6. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL MODULO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE SAP.

El SAP es un sistema integrado con aplicaciones en tiempo real, cuyo empleo incorpora mejores prácticas que permiten a la empresa responder en forma dinámica y oportuna. El modulo PM abarca los cuatros procesos del modelo de negocio corporativo, (mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, paradas de planta y proyectos de mejoras de mantenimiento), todo esto para garantizar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de las instalaciones de negocio.

El módulo de gestión de mantenimiento contempla funcionalidades que le atribuyen gran diversidad y cubrimiento de todas las actividades relacionadas. Tenemos:

- **GESTIÓN DE OBJETOS TÉCNICOS:**
Manejo y estructuración para el maestro de equipos.
- **GESTIÓN DE ORDENES:**
Solicitudes de mantenimiento mediante avisos y órdenes de mantenimiento.
- **PLANES DE MANTENIMIENTO:**
Actividades de planificación y programación de planes de mantenimiento preventivo.
- **SISTEMA DE INFORMACIÓN:**
Emisión de reportes e información consolidada para el análisis de gestión de mantenimiento.

Al ingresar al sap nos encontramos con un primer Menú “Menú SAP”.

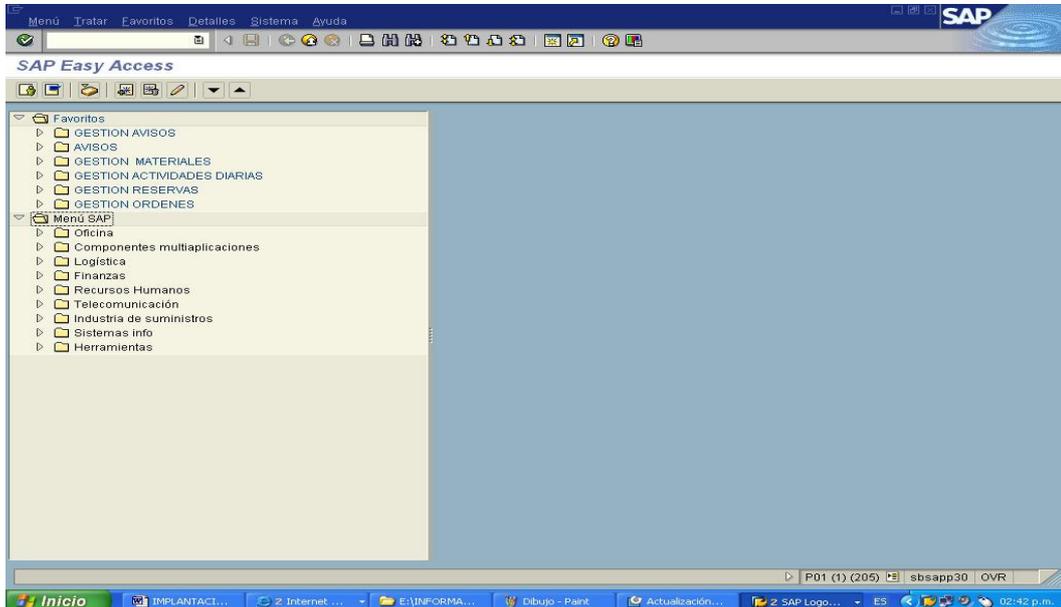


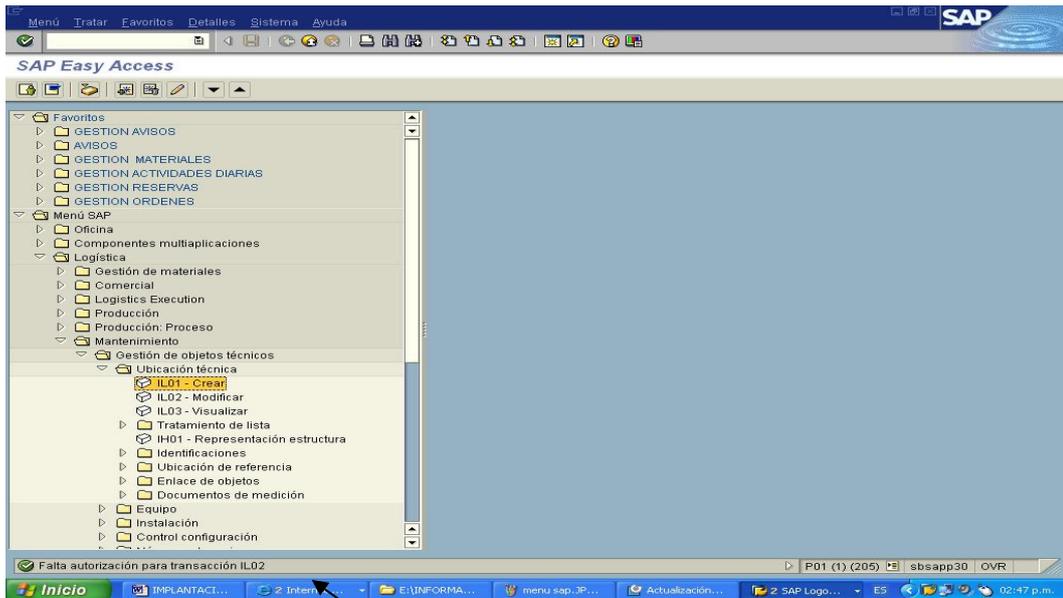
Figura 31. Pantalla menú SAP.

La carga de información y especificaciones de los objetos o equipos, es clave para realizar la gestión de mantenimiento preventivo, dándole una ubicación en el software para tener acceso a él. La carga de datos se realiza en un ambiente de desarrollo y una vez terminada la carga de datos, se pasa a un ambiente donde se verifica la calidad de la información de los equipos. A continuación se indican los datos para la creación de un objeto técnico.

1. Tipo de equipo: Clasificación que se le da al equipo dentro de la empresa.
2. Denominación del equipo: Descripción técnica del equipo.
3. Clase de objeto: Clasificación del objeto según el tipo de actividad para la cual está destinado.
4. Grupo de autorización para el objeto técnico: Se refiere al grupo responsable de la integridad del objeto técnico.
5. Centro de emplazamiento: Espacio físico donde se instalan los almacenes de suministro, las estructuras técnicas.

6. Área de la empresa: Subdivisión del centro de emplazamiento donde se considera la organización o los procesos de negocio.
7. Puesto de trabajo: Unidad o cuadrilla que ejecuta los trabajos de mantenimiento dentro de un centro de planificación.
8. Indicador de criticidad del objeto técnico: Criticidad asignada al equipo.
9. División: Unidad donde puede generarse balance de ganancias y pérdidas.
10. Centro de costos: Ente encargado de pagar los costos asociados al mantenimiento del objeto técnico.
11. Centro de planificación de mantenimiento: Unidad donde se planifican los requerimientos de mantenimiento.
12. Grupo planificador del mantenimiento: Organización responsable de planificar y programar los trabajos de mantenimiento dentro de un centro de planificación.
13. Puesto de trabajo responsable en las medidas de mantenimiento: Supervisor responsable.
14. Ubicación técnica: Serial que identifica el lugar donde se ubica a un objeto técnico.
15. Numero de identificación técnica: número de identificación asignado al equipo.

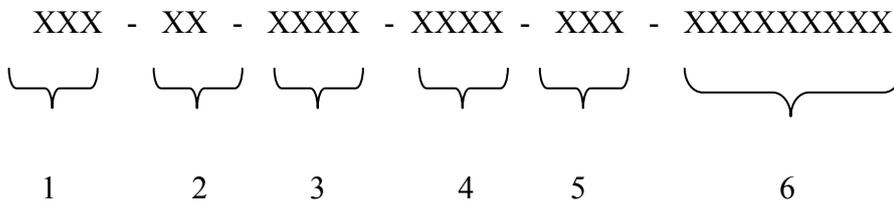
Una división que se encarga de la creación de objetos técnicos. Toda la información del equipo con sus especificaciones y los datos requeridos para la creación del objeto técnico como para su ubicación son enviados a esta división, luego esta le asigna una ubicación técnica y una identificación técnica.



Se observa un alerta de falta de autorización.

Figura 32. Pantalla, crear ubicación técnica.

La codificación que le dan a las ubicaciones técnicas es de la siguiente forma:



1: Indica la planta, Planta O.A.M (500).

2: Indica la unidad de generación (09, 10, 11, 12,13).

3: Indica el sistema de estudio para nuestro caso:

AINS → Aire de Instrumentación.

ALUB → Aceite de lubricación.

ENFR → Enfriamiento del rotor.

4: Indica equipo o subsistema

5: Indica el numero de equipo

6: Indica el componente del equipo.

Ejemplo:

500-09-AINS-COMP-001-AI109COM01

Significa planta O.A.M, unidad 09, sistema de aire de instrumentación, compresor de aire, equipo 001, compresor 01.

7.6.1. GESTIÓN DE OBJETOS TÉCNICOS.

Visualización de la información de objetos técnicos en sap.

Para visualizar los datos generales de un objeto técnico se debe introducir el código Sap del objeto.

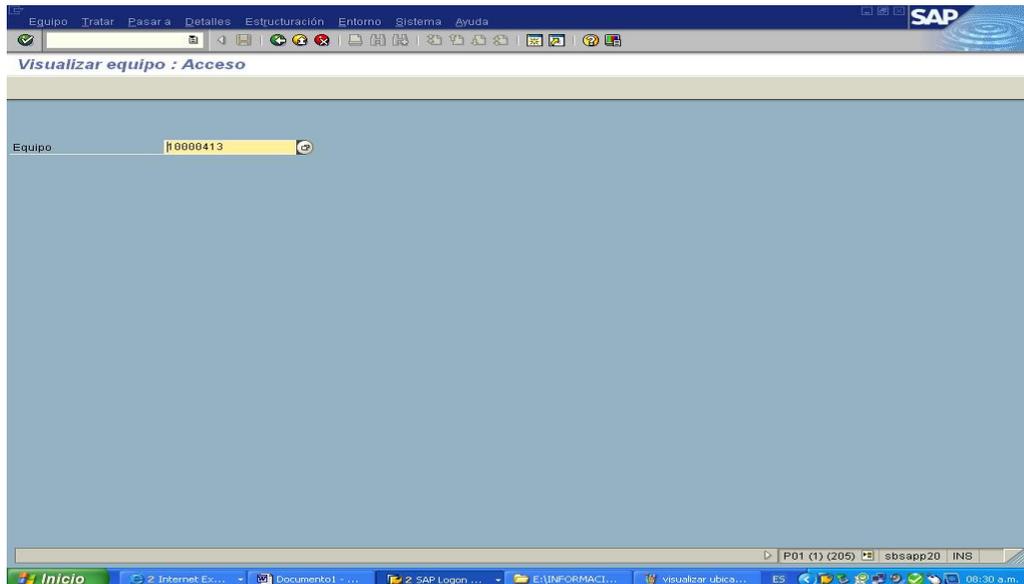


Figura 33. Visualizar equipo acceso.

En esta pantalla podemos observar toda la información de un equipo, numero asignado del equipo, tipo clase, etc., toda la información necesaria del equipo. En la pantalla de visualización de objetos técnicos se tienen una serie de pestañas donde se detalla toda su información.

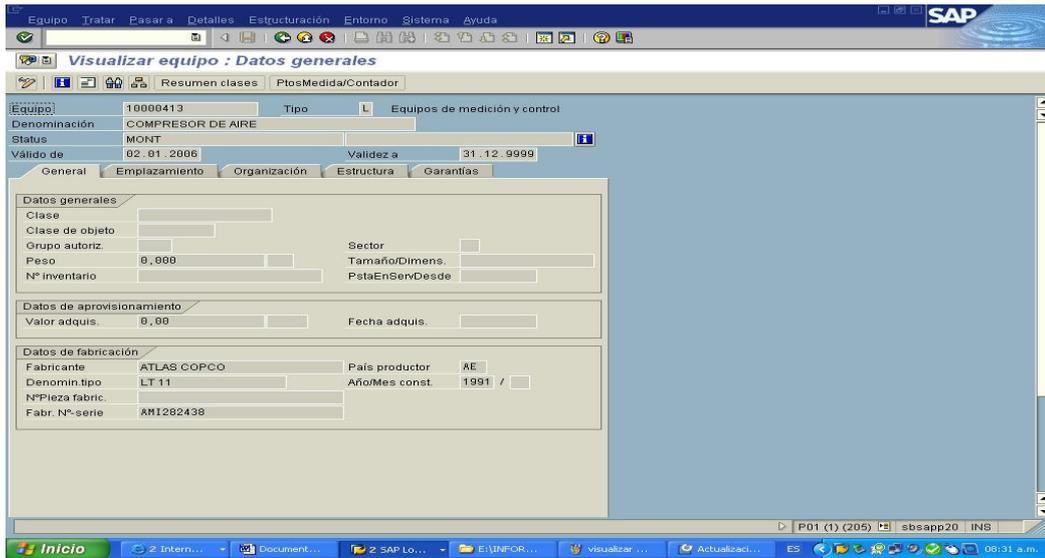


Figura 34. Visualización de datos generales de un objeto técnico.

Pestaña 1: Visualización general. Se observan los datos generales del objeto técnico. (Clase, algunas dimensiones y datos de fabricación del equipo).

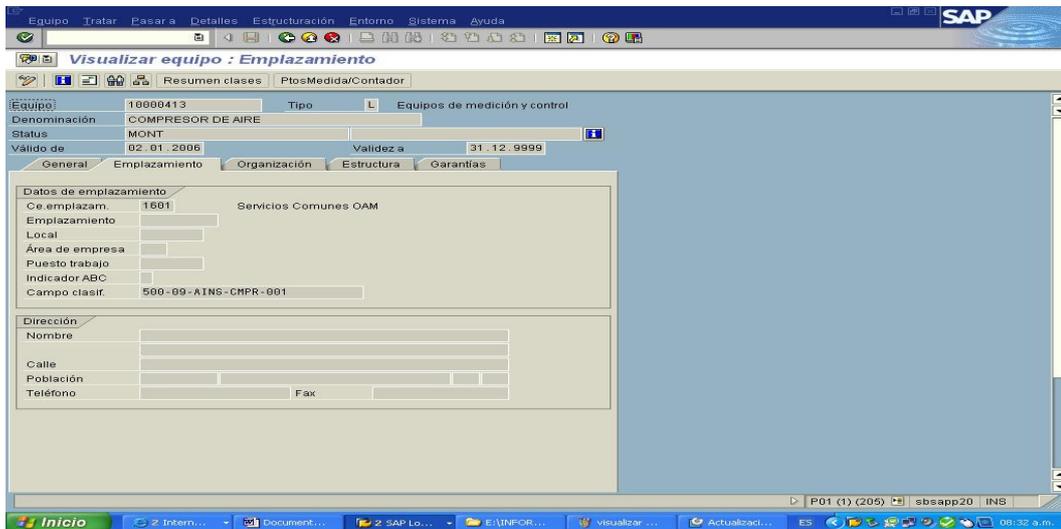


Figura 35. Visualización de los datos de emplazamiento de un objeto técnico.

Pestaña 2: Emplazamiento. Se observa la ubicación del objeto técnico, el puesto de trabajo responsable.

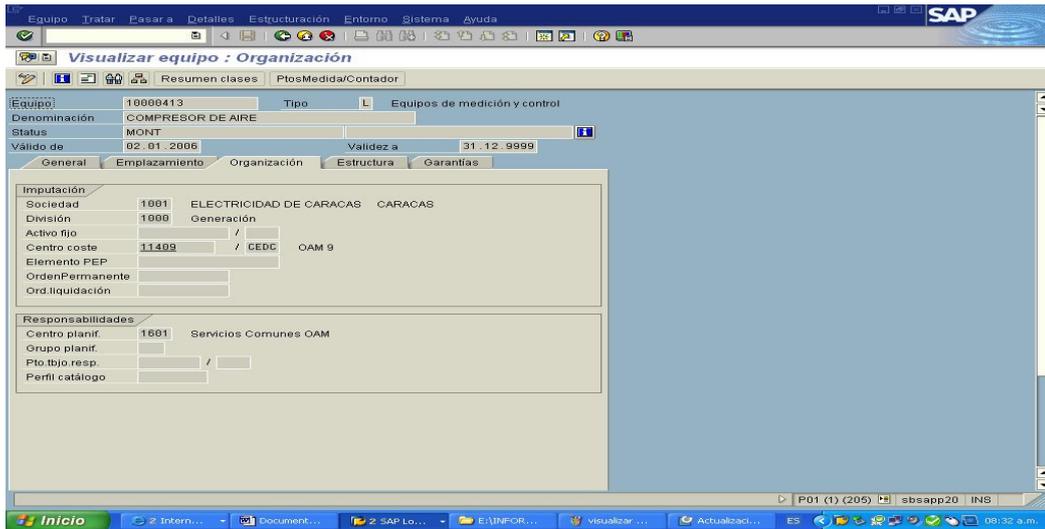


Figura 36. Visualización de la organización de un objeto técnico.

Pestaña 3: Organización. Se observan los datos de la sociedad, la división, y centro de costos entre otros.

Pestaña 4 y 5: Estructura y garantías de los equipos.

La carga de la información también se puede hacer por ubicación técnica que indica la ubicación de uno o varios objetos técnicos, es decir, en el caso de un equipo por ejemplo un compresor es más útil hacer la ubicación del compresor con todos sus componentes que hacerlos por componentes; en el caso de la planta O.A.M en mantenimiento se trabaja con ubicaciones técnicas y con objetos técnicos trabaja el personal de almacén.

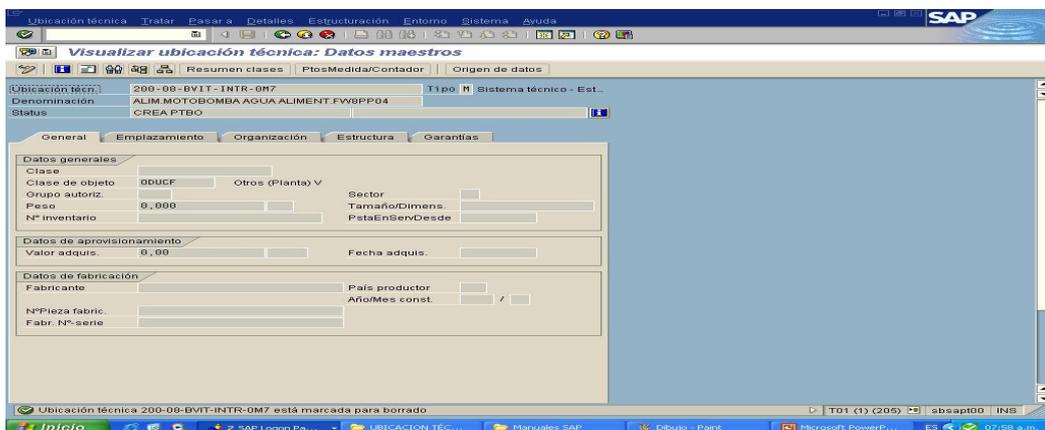


Figura 37. Visualizar ubicación técnica: Datos maestros.

7.6.2. GESTIÓN DE ÓRDENES.

Se usa para manifestar la necesidad de mantenimiento de un equipo. Para acceder de debe hacer doble clic en las siguientes carpetas.

Menú SAP

↳ Logística.

↳ Mantenimiento.

↳ Gestión de mantenimiento.

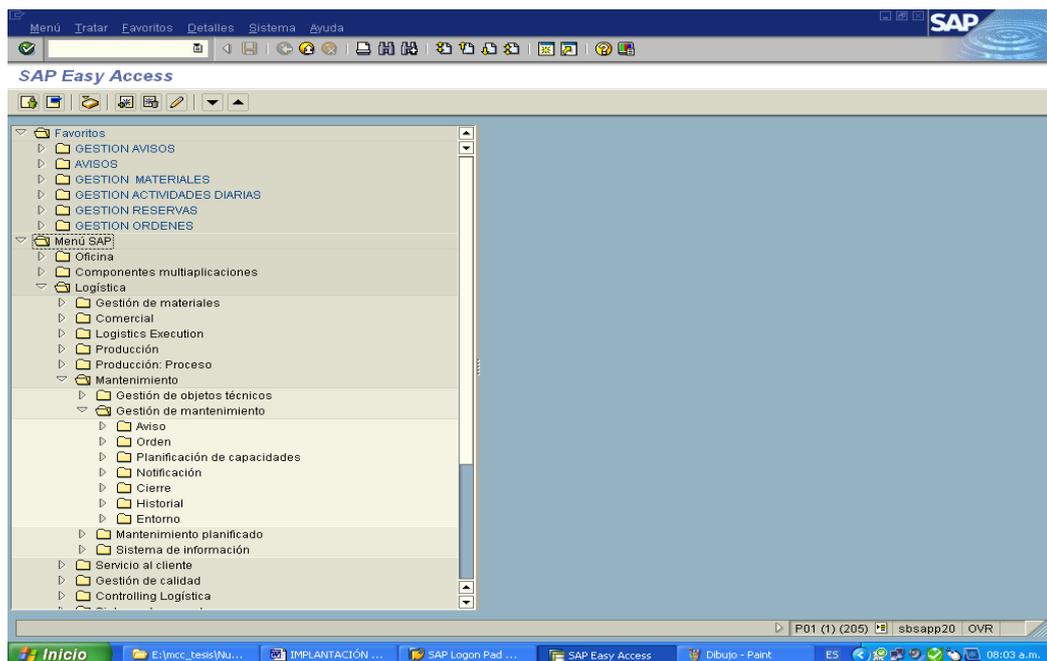


Figura 38. Gestión de mantenimiento.

Se pueden crear avisos, ordenes, planificación de capacidades, notificaciones, cierres, historial, entorno.

7.6.2.1. AVISO DE MANTENIMIENTO.

Se utiliza para describir el estado de un objeto técnico o para notificar una avería en un objeto técnico y solicitar que se repare la avería.

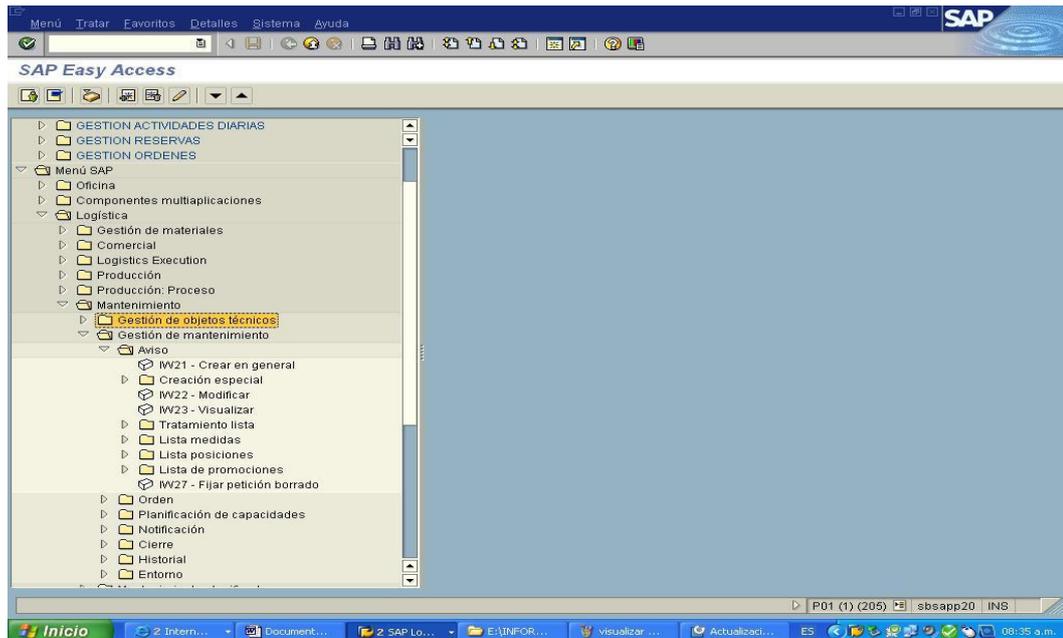


Figura 39. Menú SAP, Crear Aviso.

La opción crear en general, permite crear avisos para los diferentes grupos de planificadores de forma individual. Haciendo clic en la clase de aviso muestra la clasificación de los avisos. La clase de aviso que se usa en V.P generación son G1 Mantenimiento correctivo, G2 Mantenimiento preventivo, G3 Mantenimiento mayor y G4 reporte de seguridad higiene y ambiente SHA.

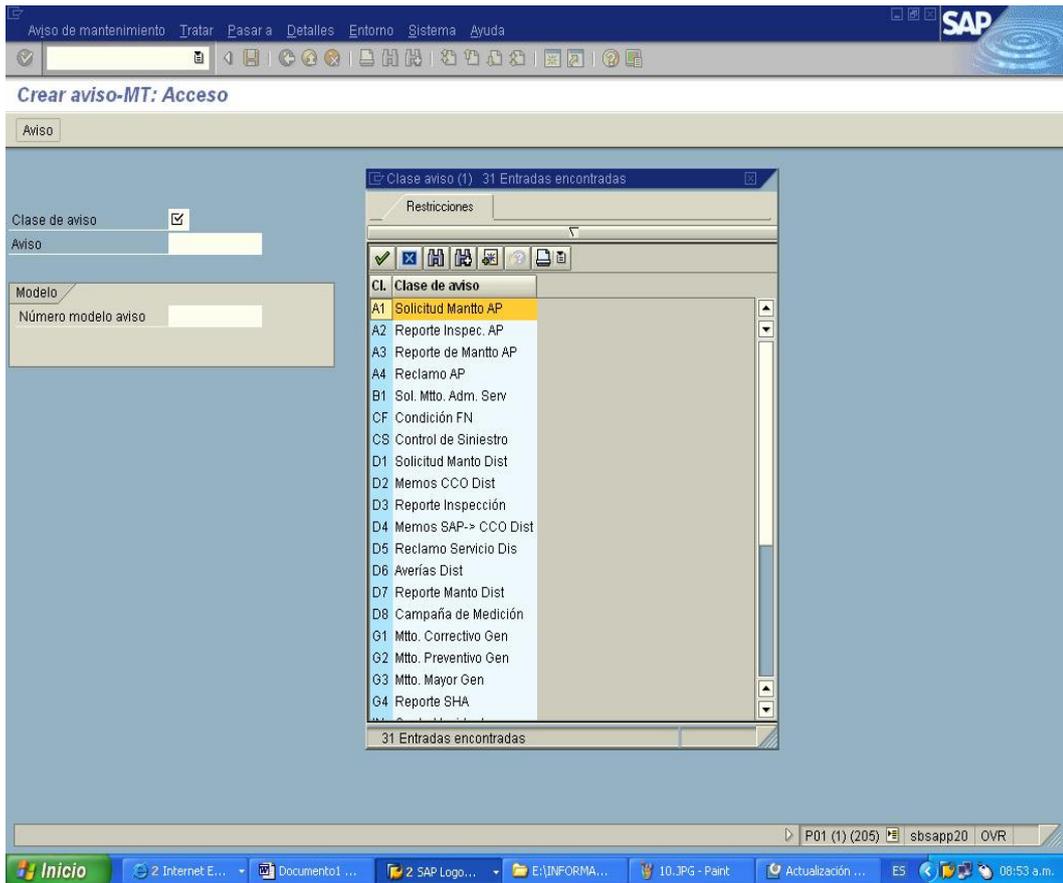


Figura 40. Clase de aviso.

Una vez seleccionado el tipo de aviso, se selecciona el cuadro Aviso , luego aparece otra pantalla donde se deberá ingresar todos los que pide de forma obligatoria (texto breve, ubicación técnica, grupo planificador, prioridad, sistema de averías).

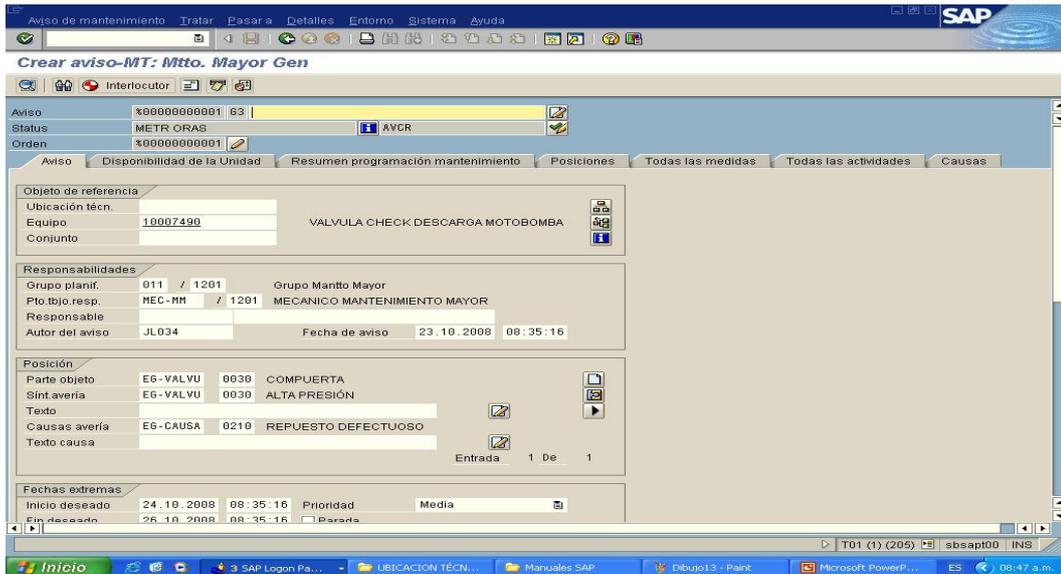


Figura 41. Crear aviso de mantenimiento.

Existe la posibilidad de modificar un aviso de mantenimiento y de visualizar un aviso de mantenimiento (aviso, disponibilidad, programación y posiciones)

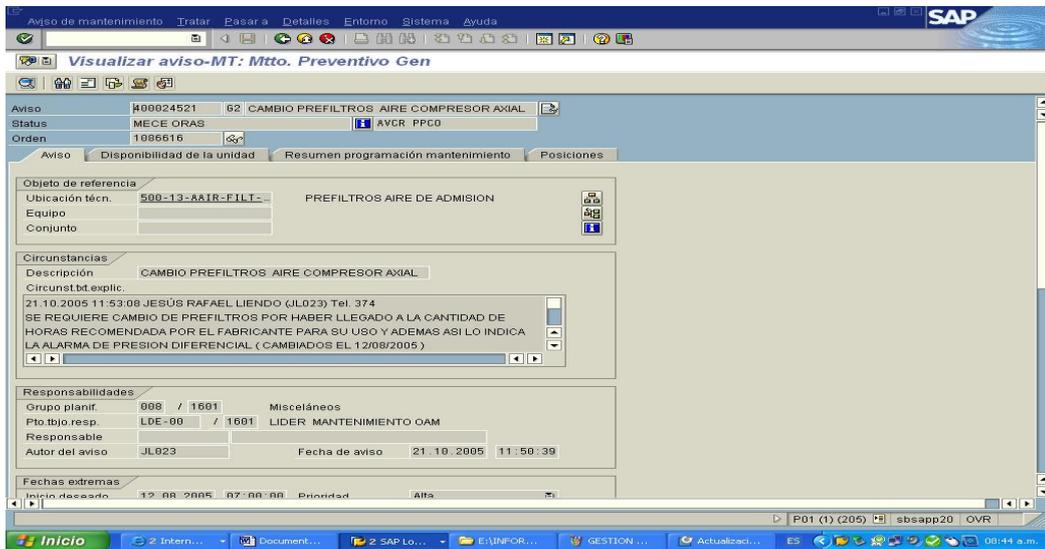


Figura 42. Visualizar aviso de mantenimiento. Aviso.

Acá se puede observar los datos del aviso de mantenimiento, como el objeto de referencia, las circunstancias del aviso, quien es el puesto responsable y la fecha extremas para realizar la maniobra. Las pestañas que se presentan a continuación son un resumen de la primera pestaña AVISO.

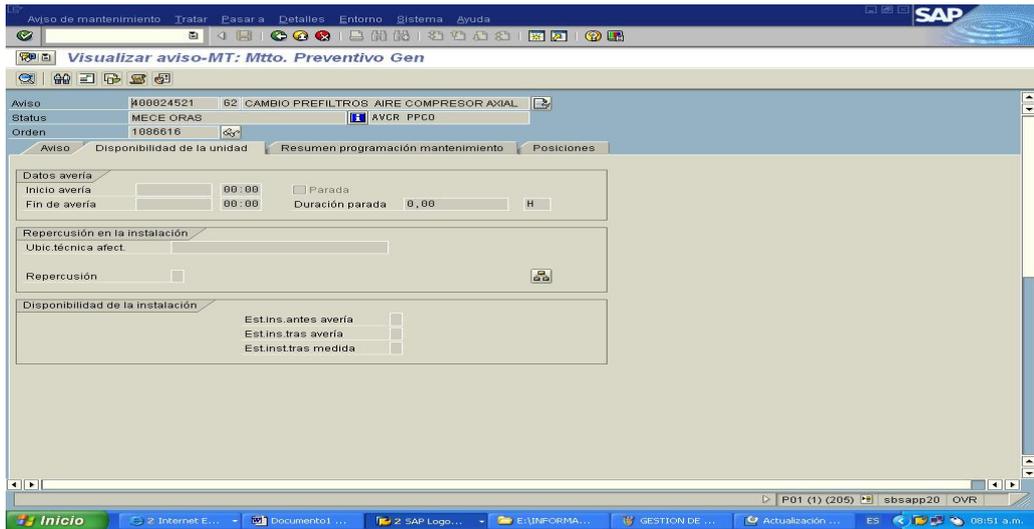


Figura 43. Visualizar aviso de mantenimiento. Disponibilidad de la unidad.

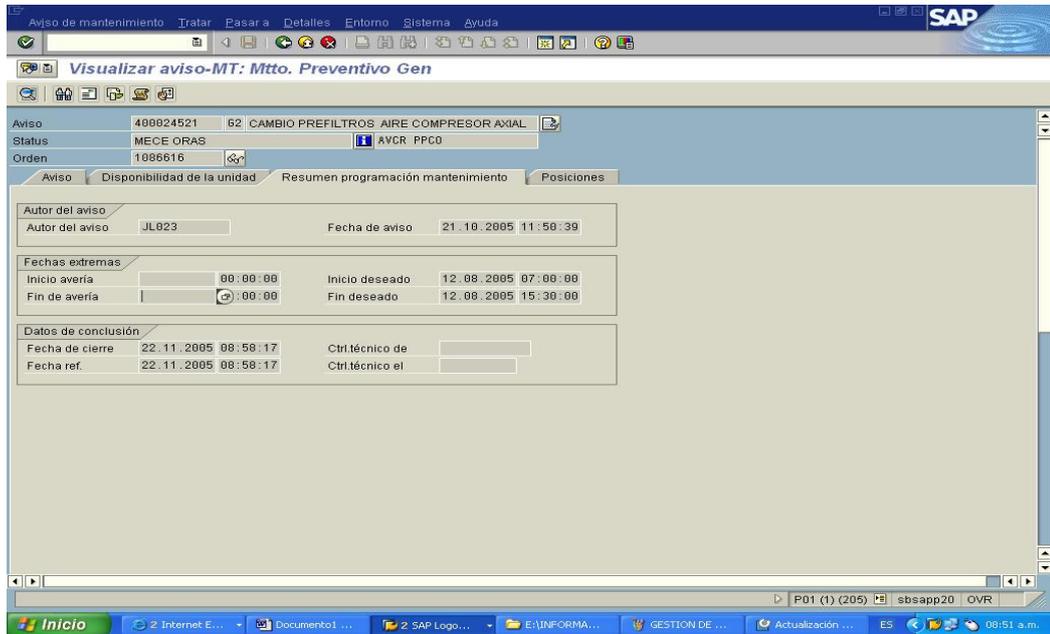


Figura 44. Visualizar aviso de mantenimiento. Resumen de programación de mantenimiento.

7.6.2.2. ORDEN DE MANTENIMIENTO

Se utiliza para planificar la ejecución de medidas de mantenimiento de forma detallada, seguir el avance del trabajo realizado y liquidar los costos para las medidas de mantenimiento.

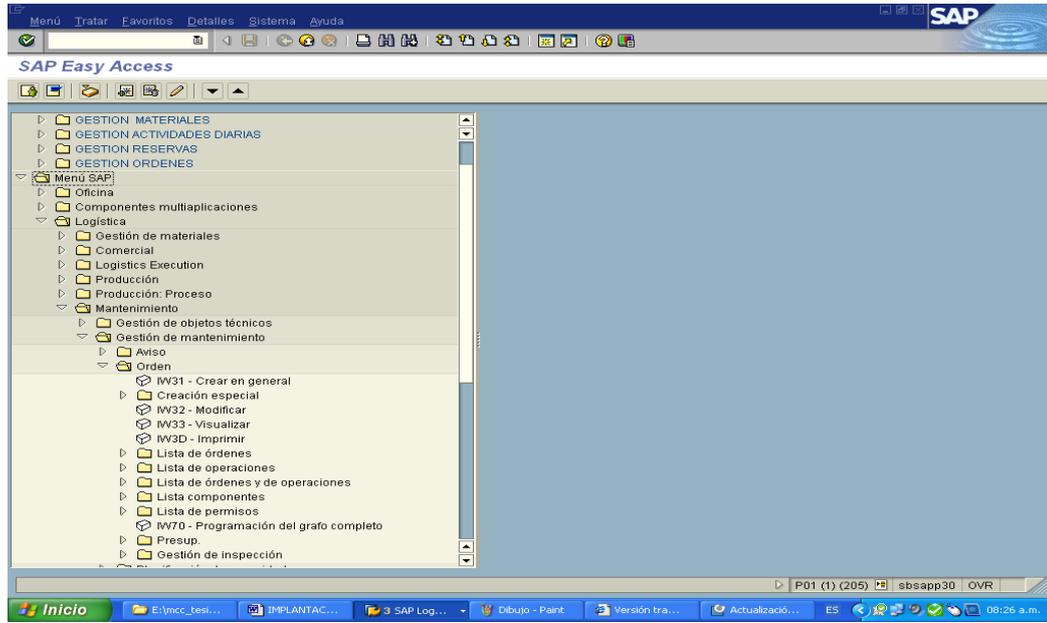


Figura 45. Orden de mantenimiento.

Crear general, permite crear los distintos tipos de ordenes para los diferentes grupos planificadores de forma individual. Se debe hacer clic en CI.Orden, para que el sistema muestre las distintas ordenes de mantenimiento en el modulo. Las ordenes para V.P de Generación son: OMG1(mantenimiento correctivo), OMG2(mantenimiento preventivo), OMG3 (mantenimiento mayor) y OMG4 (SHA).

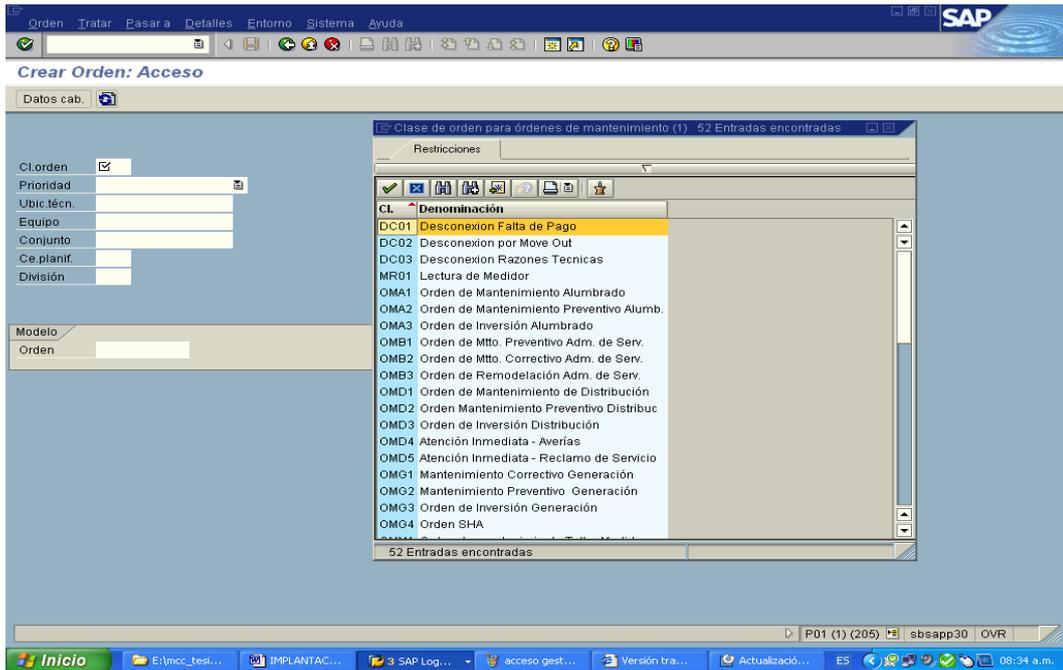


Figura 46. Crear orden. Acceso.

Se deben llenar cada uno de los datos porque son obligatorios, luego de esto se presiona sobre el botón de datos cabecera. Donde se debe ingresar los siguientes campos de forma obligatoria, Texto breve (motivo de creación), grupo planificador (grupo al que pertenece el equipo), puesto de trabajo responsable, ubicación técnica.

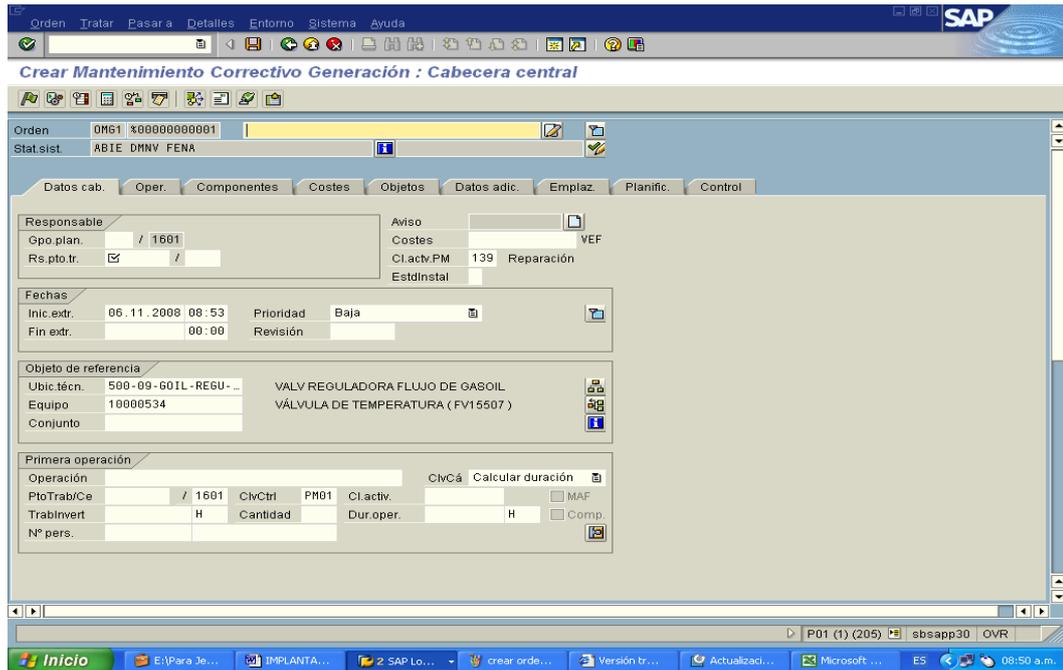


Figura 47. Crear orden de mantenimiento.

Las órdenes de mantenimiento al igual que los avisos se pueden modificar y visualizar.

7.6.2.3. HISTORIAL DE MANTENIMIENTO.

El historial de mantenimiento es un documento que permite almacenar los datos PM importantes a largo plazo; además, pone estos datos a disposición de la evaluación en cualquier momento. El historial de una orden se genera mediante una de estas dos formas:

- De forma automática, mediante un programa de archivo. Este programa transfiere todas las órdenes PM con un indicador de borrado al historial de la orden.
- De forma manual, introduciendo directamente una orden del pasado.

Para crear un historial de una orden manualmente, los pasos a seguir son:

- Vía Menú selección: Logística → Mantenimiento → Gestión Mantenim. → Historial → Órdenes con historial → Crear.

- Efectúe todas las entradas obligatorias y requeridas en ésta y la siguiente pantalla de la orden. Las entradas más importantes son las referentes a las actividades realizadas, los materiales utilizados y el coste. Las funciones HELP del sistema le ayudarán a la hora de introducir los datos.
- Presione el botón para grabar la orden PM histórica.

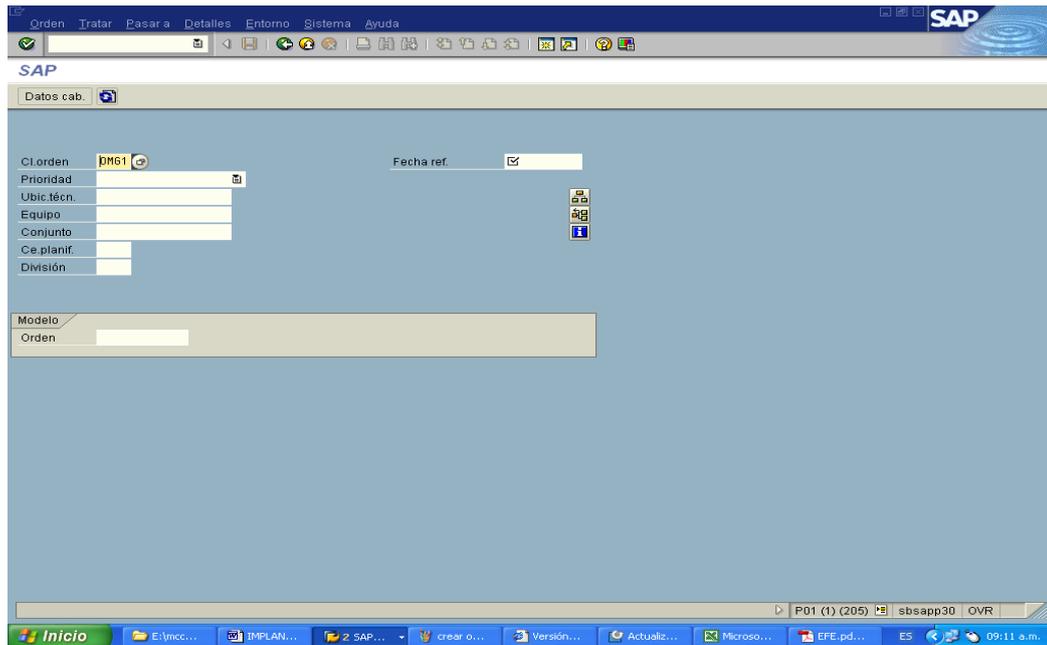


Figura 48. Historial de mantenimiento ordenes.

7.6.3. PLANES DE MANTENIMIENTO.

Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Este conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.

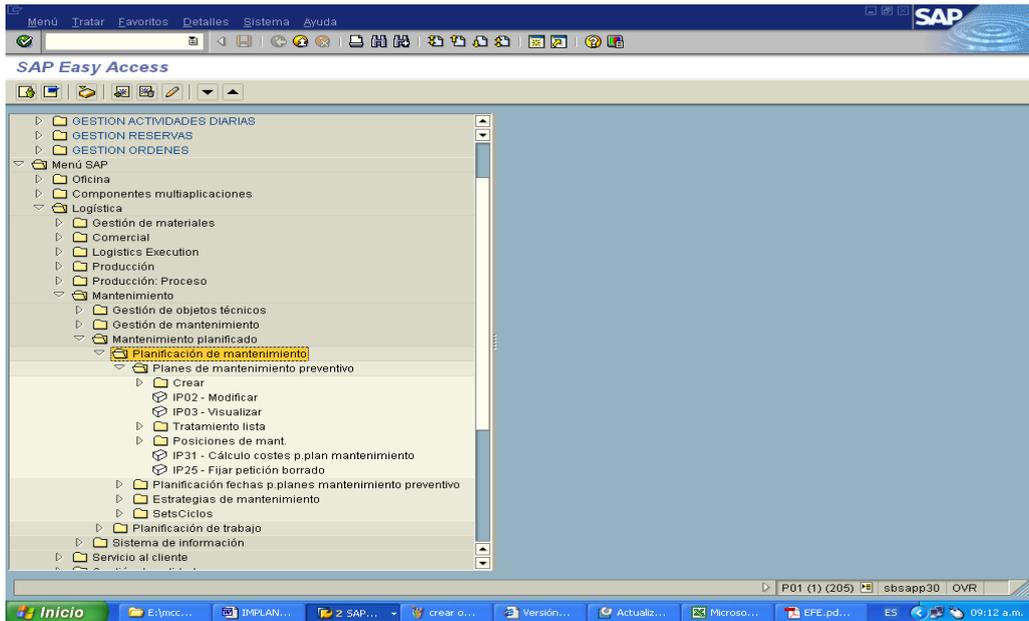


Figura 49. Menú SAP. Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado se puede hacer de 2 maneras:

- Planificación de mantenimiento: planes de mantenimiento preventivo, estrategias de mantenimientos, ciclos.
- Planificación de trabajo: hojas de ruta, detalles, entorno y evaluaciones.

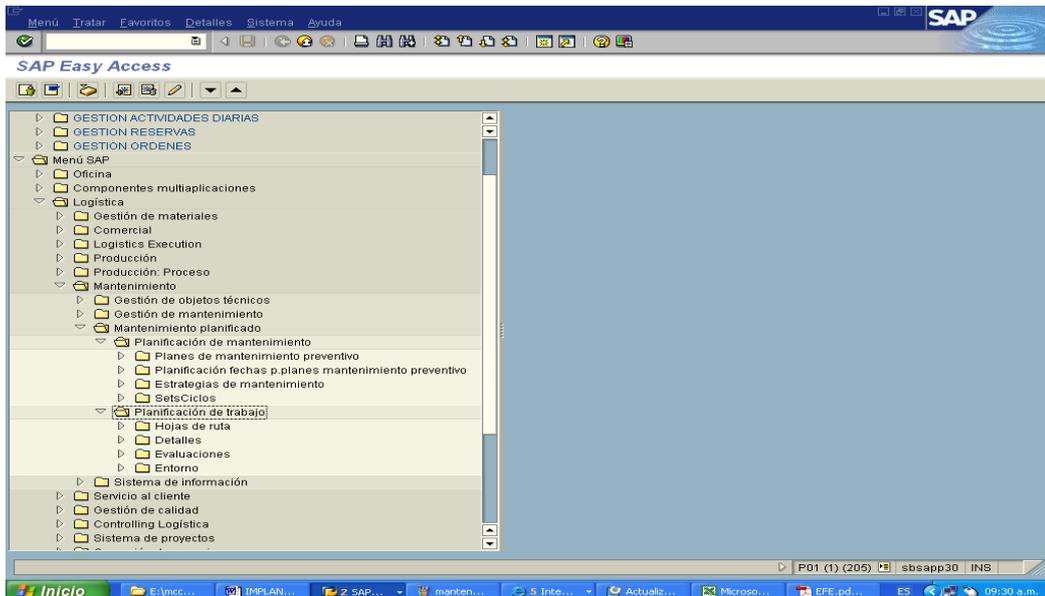


Figura 50. Mantenimiento planificado. Categorías.

La planta O.A.M. las actividades rutinarias de mantenimiento se hacen a través de avisos y ordenes de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento mayor en sus distintos tipos de mantenimiento según las horas de operación se hacen a través de planes de mantenimiento preventivo. Sin embargo no se aprovecha la sección de planificación del trabajo, donde se crean hojas de rutas para los equipo . También hay que acotar que las secciones del Sistema SAP que se puede acceder va a depender de la clave que fue asignada ya que dependiendo del puesto de trabajo se tendrá acceso a una u otras aplicaciones.

7.6.3.1. PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. VISUALIZAR.

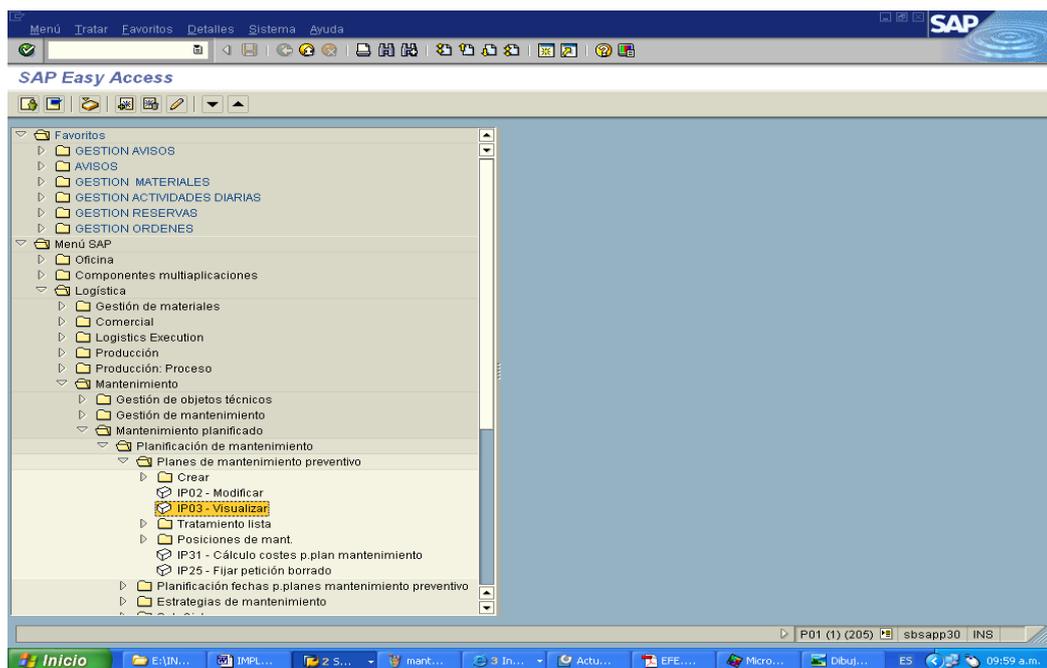


Figura 51. Planes de mantenimiento preventivo. Visualizar.

7.6.3.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO. HOJAS DE RUTA.

El propósito de crear Hojas de Ruta, es definir las operaciones de mantenimiento para ser utilizadas en una serie de ubicaciones técnicas o equipos similares entre sí

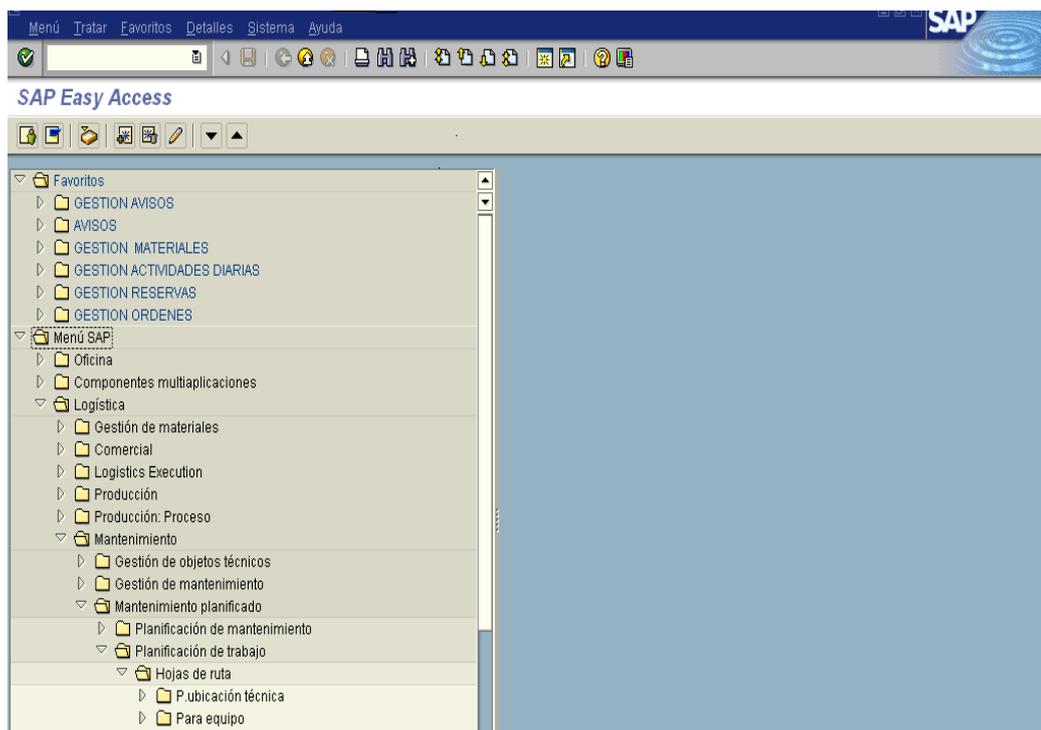


Figura 51. Hojas de ruta. Menú SAP.

Las hojas de ruta también contienen los materiales y herramientas requeridas para cada actividad y una estimación de los tiempos de ejecución. Además contiene, la lista de actividades de mantenimiento preconcebidas para el equipo, parámetros de programación de tareas tales como cantidad de personal a utilizar, número de horas de trabajo asignadas a cada persona dentro de cada actividad y el procedimiento de realización de la tarea. También se carga un cronograma de mantenimiento, que muestra la frecuencia de cada actividad, esto permite establecer la programación según la cual el sistema genera automáticamente la orden de mantenimiento para una actividad.

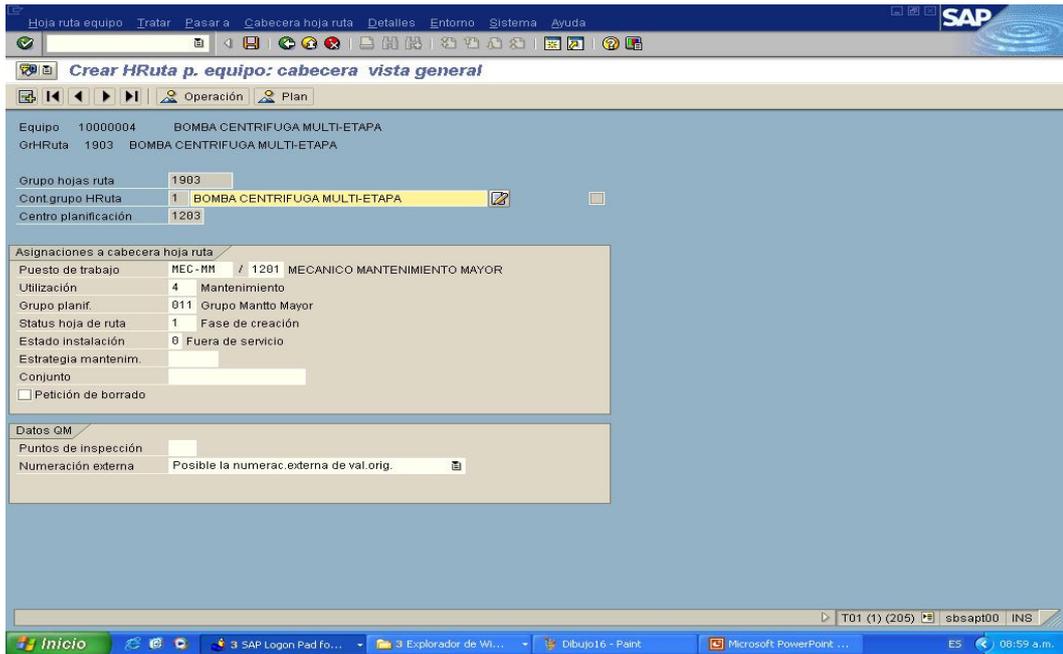


Figura 52. Crear hoja de ruta para equipo. Vista general.

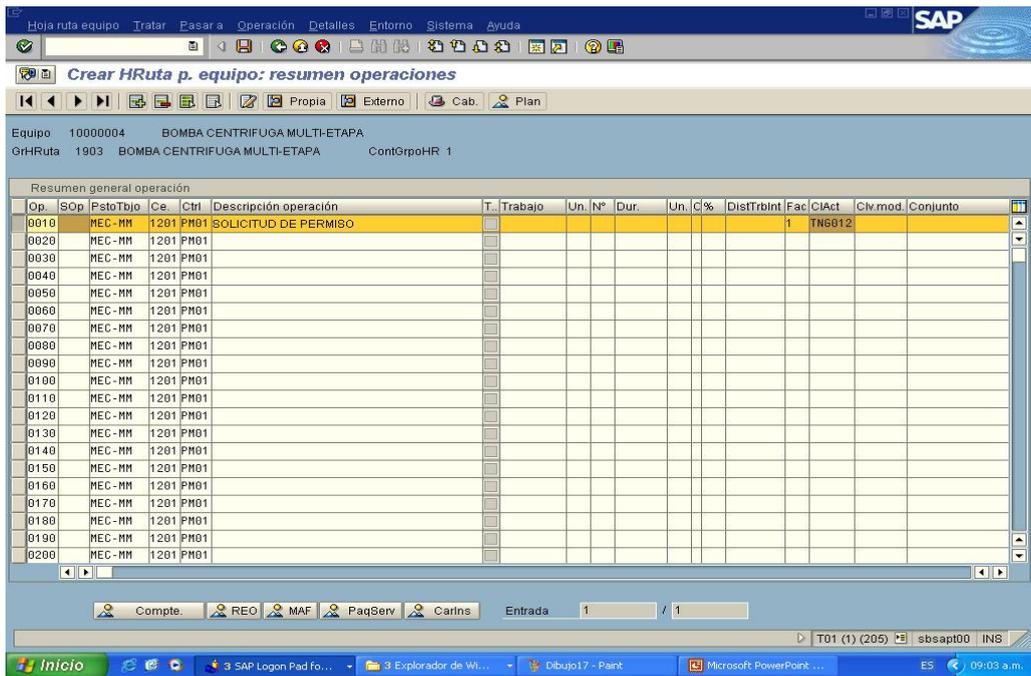


Figura 53. Crear hoja de ruta para equipo. Resumen de operaciones.

7.6.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

El Sistema SAP cuenta con una serie de reportes que permiten realizar la *Gestión de mantenimiento*, El sistema contempla la elaboración de un resumen llamado Reporte de confiabilidad, donde se puede analizar el comportamiento de un equipo durante un periodo de tiempo determinado mediante los siguientes indicadores:

- Número de horas de operación.
- Tiempo promedio para fallar.
- Tiempo promedio para reparar.
- Disponibilidad.
- Factor de utilización.

El análisis de estos indicadores permite evaluar la gestión de mantenimiento y corregir aspectos que resulten ser vulnerables, mediante la aplicación y mejora de técnicas de mantenimiento basadas en la confiabilidad operacional. Sin embargo, en la planta O.A.M, no se utiliza este modulo.

A pesar de que la Electricidad de Caracas no aprovecha el sistema SAP para establecer los indicadores de mantenimiento de clase mundial de los equipos (Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad), Obtienen algunos indicadores como:

- **EAF** (factor de disponibilidad equivalente).
- **EFOR** (tasa equivalente de salidas forzadas).

Estos indicadores se debe a una serie de criterios establecidos en la norma ANSI/ IEEE762-1987, Definición Estándar para uso en reportes de Confiabilidad, Disponibilidad, y Productividad de una Unidad de Generación Eléctrica. A continuación se expondrá sobre estos criterios.

7.7. CRITERIOS DE MEDICIÓN DE DISPONIBILIDAD.

Con el fin de definir criterios para la medición de disponibilidad, que sean independientes de las factores comerciales, el Instituto de Ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) en la norma IEEE762, Definición Estándar para uso en reportes de Confiabilidad, Disponibilidad, y Productividad de una Unidad de Generación Eléctrica, define una serie de criterios que guardan relación con las salidas de una central de funcionamiento (ya sea, planeada o forzada), la disminución de la potencia que entrega una central, tiempo que permanece en determinado estado, capacidad máxima, etc. El listado completo de estados propuesto por esta norma es:

1. Unidad Activa
 - a) Disponible
 - 1) En Servicio
 - 2) En Reserva (Apagada)
 - b) No Disponible
 - 1) Salida Planeada
 - 2) Salida No Planeada
2. Unidad Inactiva.

Se crea una clasificación análoga para las bajas de capacidad de una unidad (planeadas y no planeadas), así como un criterio de urgencia ante fallas. De la misma forma, se definen distintos tipos de capacidad en una unidad, estos son: Capacidad Máxima, Capacidad Formal (sujeta a condiciones de la temporada) y Capacidad Disponible (sujeta a condiciones del momento). En base a estos criterios de disponibilidad y capacidad se sugieren parámetros de desempeño relacionados con el tiempo y calidad del servicio entregado, en un período de tiempo dado.

La norma IEEE762 es de uso voluntario para la generación, pero ha sido avalada por el ANSI (*American National Standards Institute*) y es utilizada actualmente por la NERC (*North American Electric Reliability Council*).

Los indicadores utilizados son **EAF** (factor de disponibilidad equivalente) y **EFOR** (tasa equivalente de salidas forzadas).

Factor de Disponibilidad Equivalente (Availability Equivalent Factor, EAF): La fracción de la generación máxima que puede ser producida si se está limitado solo por salidas y bajas de capacidad.

$$EAF = AG / MG = (AH - ESDH + EUNDH) / PH$$

Donde:

AG: Generación Disponible (Available Generation, AG): Cantidad de Energía Generada si la planta operara todo el período a Capacidad Disponible. Es igual a *Horas del período (PH) X Capacidad Disponible* (La capacidad confiable, modificada por limitaciones del equipo en cualquier momento).

MG: Generación Máxima (Maximum Generation): Cantidad de Energía generada si la planta operara el período completo a máxima capacidad. Es igual a *Horas del período (PH) X Capacidad Máxima (Maximum Capacity*, La máxima potencia que una unidad puede generar en un instante de tiempo cualquiera. Debe ser medida mediante métodos técnicos.).

AH: Horas disponibles (Available Hours, AH): Número de horas en el período en que la unidad está en estado disponible.

ESDH: Horas Equivalentes de Baja de Capacidad Temporal, Número de horas en que la unidad se encontró en una categoría que implica baja de capacidad, expresadas como horas equivalentes de salida completa a máxima capacidad.

EUNDH: Horas de baja de capacidad Número de Horas en el período en que la unidad se encontró disponible, pero en estado de Baja de capacidad.

EFOR Tasa Equivalente de Salida Forzada (Equivalent Forced Outage Rate)

$$EFOR = 100 \cdot (FOH + EFDH) / (SH + FOH + ERSFDH),$$

Donde:

FOH: Horas de salida Forzada (Forced Outage Hours): Número de horas en el período en que la unidad está en una salida no planeada.

EFDH: Horas de Baja de Capacidad Forzada, Número de horas en el período en que se produjo una baja de la capacidad no planeada de clase 0, 1, 2 ó 3. Se puede dividir entre las horas en que ello ocurrió en el estado de servicio.

SH: Horas de servicio (Service Hours): Número de horas en que la unidad se encuentra despachando energía en el período.

ERSFDH: Horas de Baja de Capacidad Forzada, Número de horas en el período en que se produjo una baja de la capacidad no planeada. Se puede dividir entre las horas en que ello ocurrió en el estado de reserva.

En la Electricidad de Caracas, Planta O.A.M se carga todos los datos o reportes de las unidades en un formato de Excel, donde se realiza un resumen diario de generación y combustible, este resumen contempla las siguientes áreas:

- Números de arranques (exitosos o no).
- Horas de paradas forzadas.
- Horas de paradas programadas.
- Hora de la unidad desacoplada.
- Numero de disparos.
- Horas de servicio.
- Horas en rotación lenta.
- Horas de velocidad de sincronización.

Luego con esta data se calculan otros factores que influyen en el calculo de los indicadores son **EAF** (factor de disponibilidad equivalente) y **EFOR** (tasa equivalente de salidas forzadas).

O.A.M # 9	Ene.	Feb.
Horas del Periodo	744	672
Horas en Rotación Lenta (TGH)	-	528,00
Horas Disponible	744,00	668,72
Horas en Servicio (AÑO)	744,00	666,70
Horas en Servicio (ACUMULADAS)	744,00	1.410,70
Horas en Baja Carga	24,00	2,02
Horas en Carga Base Gas (GBLOH)	744,00	666,70
Horas en Carga Base Gasoil (OBLOH)	-	-
Horas Indisponible	-	3,28
Horas Parada Forz.	-	0,17
Horas Parada Prog.	-	3,11
Horas Limitación Forz.	-	-
Horas Limitación Prog.	-	-
Horas Equiv. de Limit. Forz. Reserva Fria	-	-
Horas Equivalentes de Operación (Año) *	744,00	666,70
Horas Equi. de Operación (Acumuladas)	744,00	1.410,70
Generacion con Gas (Kwh)	64.219.000	57.457.000
Generacion con Gasoil (Kwh)	-	-
Generacion Bruta (Kwh)	64.219.000	57.457.000
Carga Promedio (kw)	86.316	86.181
Consumo Serv. Aux. 480 v (Kwh)	78.000	71.059
Consumo Serv. Aux. 4160 V (Kwh)	-	500
Consumo Serv. Aux. Unidad (Kwh)	78.000	71.559
% Consumo de Auxiliares	0,12%	0,12%
Generacion Neta (Kwh)	63.858.000	57.132.000
Energia Entregada en Barra 69 Kv (Kwh)	63.858.000	57.132.000
Pérdida Transformador (Kwh)	361.000	325.000
% Pérdida Transformador	0,56%	0,57%
Consumo de Gasoil (Kg)	-	-
Consumo de GAS WDPF (Pie³)	732.823.722	658.639.938
Consumo de gas WDPF Corregido (Pie³)	736.616.851	661.970.341
Correccion Gas (BTU)	742.268.038	661.682.567
HEAT RATE BRUTO (BTU/Kw)	11,558	11,516
HEAT RATE Neto (BTU/Kw)	11,624	11,582
Arranques Exitosos	-	2,00
Arranques Intentados	-	2,00
Disparos Carga Carga Base	-	1,00
EAF -Mes-	99,23%	99,51%
EAF -Acumulado-		99,46%
EFOR -Mes-	0,00%	0,02%
EFOR -Acumulado-		0,01%

Tabla 8. Resumen mensual de la unidad 09 Planta O.A.M Año 2001.

Luego estos datos son suministrados a ampliación Tocoa, a una división que se encarga de generar gráficos, reportes y proyecciones para comparar los valores de disponibilidad alcanzados con los propuestos. Se presentan los reportes de la planta Ampliación Tocoa unidades 7-9 Ya que los datos de La planta O.A.M. no se encuentran disponibles.

INDICADORES DE RENDIMIENTO PLANTA CRZ 7- 9

septiembre-07

	Mes		Móvil Anual		Acumulados		Valores A. Dic. 2007	
	Real	Meta	Real		Real	Meta	Proyectado	Meta
EFOR	33,67	2,23	8,17	0,00	9,78	2,30		2,47
EAF	66,33	97,31	84,04	0,00	82,85	87,20		87,23

Tabla 9. Indicadores de mantenimiento.



Figura 54. Proyecciones EFOR.



Figura 55. Proyecciones EAF.

La función del Mantenimiento significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de plantas a través de un control efectivo de costos, estos indicadores sirven para evaluar el desempeño de las unidades y tomar decisiones en cuanto a planes de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento, enfocándose en asegurar la calidad en la gestión de la organización.

CONCLUSIONES

- Un programa de mantenimiento organizado busca disminuir las intervenciones de mantenimiento correctivo, aumentando la disponibilidad de las unidades y disminuyendo la tasa de paradas forzadas.
- La metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad permite la jerarquización del sistema estudiado, priorizando las actividades de mantenimiento de la empresa.
- Los historiales de fallas y de costos de mantenimiento proporcionan gran información para la realización del análisis de criticidad, ya que es una herramienta fundamental para identificar el nivel de criticidad de los equipos y orientar las actividades de mantenimiento hacia estos equipos.
- El análisis de modos y efectos de falla permite identificar las causas y las consecuencias de las fallas de los equipos para tomar acciones preventivas que disminuya la ocurrencia de fallas de los equipos.
- Un aspecto fundamental del ciclo de mantenimiento (Demanda-planificación-organización-ejecución-control), el control permite evaluar las actividades de mantenimiento, proporcionando una importante retroalimentación para la concepción de nuevos programas.
- El sistema SAP modulo PM permite generar, administrar y controlar ordenes de las actividades de mantenimiento. Es un sistema basado en una única Base de Datos, garantizando información consistente e integrada, donde se persigue eliminar la redundancia de tareas y la duplicidad de información, mejorando la competitividad y rentabilidad.

RECOMENDACIONES

- Implementar el programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad sugerido por el presente trabajo.
- Capacitar al personal de la planta acerca de la aplicación y utilidad del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y sobre el uso y las potencialidades del SAP.
- Crear conciencia en el personal sobre la importancia de generar historiales de falla de los equipos, con el fin de optimizar los programas de mantenimiento.
- Reevaluar la criticidad de los equipos que conforman los sistemas auxiliares, tomando en cuenta los historiales de costos y de fallas, y reasignando valores de los parámetros de criticidad.
- Motivar al personal reconociendo sus logros para obtener la excelencia en su desempeño.
- Emplear la herramienta SAP para hacer reportes de confiabilidad, para evaluar los indicadores de gestión de mantenimiento por equipo, ya que esto puede servir de herramienta para la selección de otro proveedor o para un rediseño de un equipo.
- Mejorar las estrategias y técnicas de almacenamiento del almacén para tener un inventario de repuestos más eficiente y económico.
- Filtrar de las informaciones confidenciales los historiales de falla, el tiempo para reparar y las horas de funcionamiento, para luego ser cargados al programa computarizado SAP.
- Incluir en el pensum de estudios asignaturas relacionadas con la gestión de mantenimiento, ya que es un campo en la industria donde tienen cabida los Ingenieros Mecánicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Avallone, E. (1996). Marks. Manual del ingeniero mecánico. México DF. Editorial Mc Graw Hill.
- Carreño, M. (2004). Manual de normas y procedimientos de la planta O.A.M. La Electricidad de Caracas. Planta O.A.M.
- Electricidad de Caracas. (2000) Manual SAP R/3.
- Gatica, R. (2000). Mantenimiento Industrial. México. Editorial Trillas S.A.
- Hernández, J. (1999). Así es SAP R/3. México. Editorial McGraw Hill.
- Hodson, W. (1996). Maynard Manual del ingeniero Industrial. México DF. Editorial McGraw Hill.
- Manual PAR. (1997). Mantenimiento centrado en la confiabilidad “plus”. MCC para plantas complejas.
- Mikaty, M; Padrón, M; Figuera, L. (2005). Instructivo para la presentación de tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajos de ascenso.
- Sharpe, S. (1998). Guía en 10 minutos SAP R/3 para usuarios. México. Editorial Prentice Hall.
- Siemens Westinghouse Power Corporation. (2002). W501D5 Combustion turbine, DLN systems familiarization and operations training. EDC.OAM.
- Siemens Westinghouse. (1995). Instructions book. Combustion turbine Auxiliaries. Combustion Turbine W501D5.
- Westinghouse Electric Corporation. Combustion turbine generator renewal parts.
<http://www.edc-ven.com.ve/>
<http://www.mantenimientomundial.com/>
<http://www.reliabilityweb.com/>
<http://www.solomantenimiento.com/>

GLOSARIO

Aviso: Reporte de necesidad de realizar un trabajo en un sistema, equipo o dispositivo.

Cierre técnico: Es el cierre físico que se le efectúa a una orden de mantenimiento.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo no falle en un periodo de tiempo determinado.

Criticidad: Es un parámetro que mide el carácter de importancia que representa un equipo para la unidad en el momento de operación.

Disponibilidad: Es la probabilidad de que un equipo este disponible para el uso durante un periodo de tiempo.

Enfriadores: Son intercambiadores de calor que se encargan de mantener la temperatura dentro de unos límites establecidos.

Equipo: Objeto físico que recibe mantenimiento como unidad autónoma y puede ser instalado o no en un sistema.

Falla: Ocurrencia en el equipo que impide que cumpla con su función.

Filtro: Son elementos de diversos materiales y grosores por los cuales se hace pasar un fluido con el fin de eliminar cualquier partícula extraña.

Hoja de ruta: Describe una secuencia de actividades de mantenimiento, que han de ejecutarse periódicamente al equipo u objeto técnico.

Inspección: Son el resultado de tareas periódicas a un equipo, para determinar su condición de operación. Si se localiza una falla implica un mantenimiento.

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que un equipo sea reparado en un tiempo dado.

Objeto técnico: Término utilizado en el módulo de mantenimiento del SAP para denominar los equipos y ubicaciones técnicas que conforman los distintos procesos productivos de la organización.

Reserva: Notificación que indica que un material determinado será requerido en una fecha indicada.

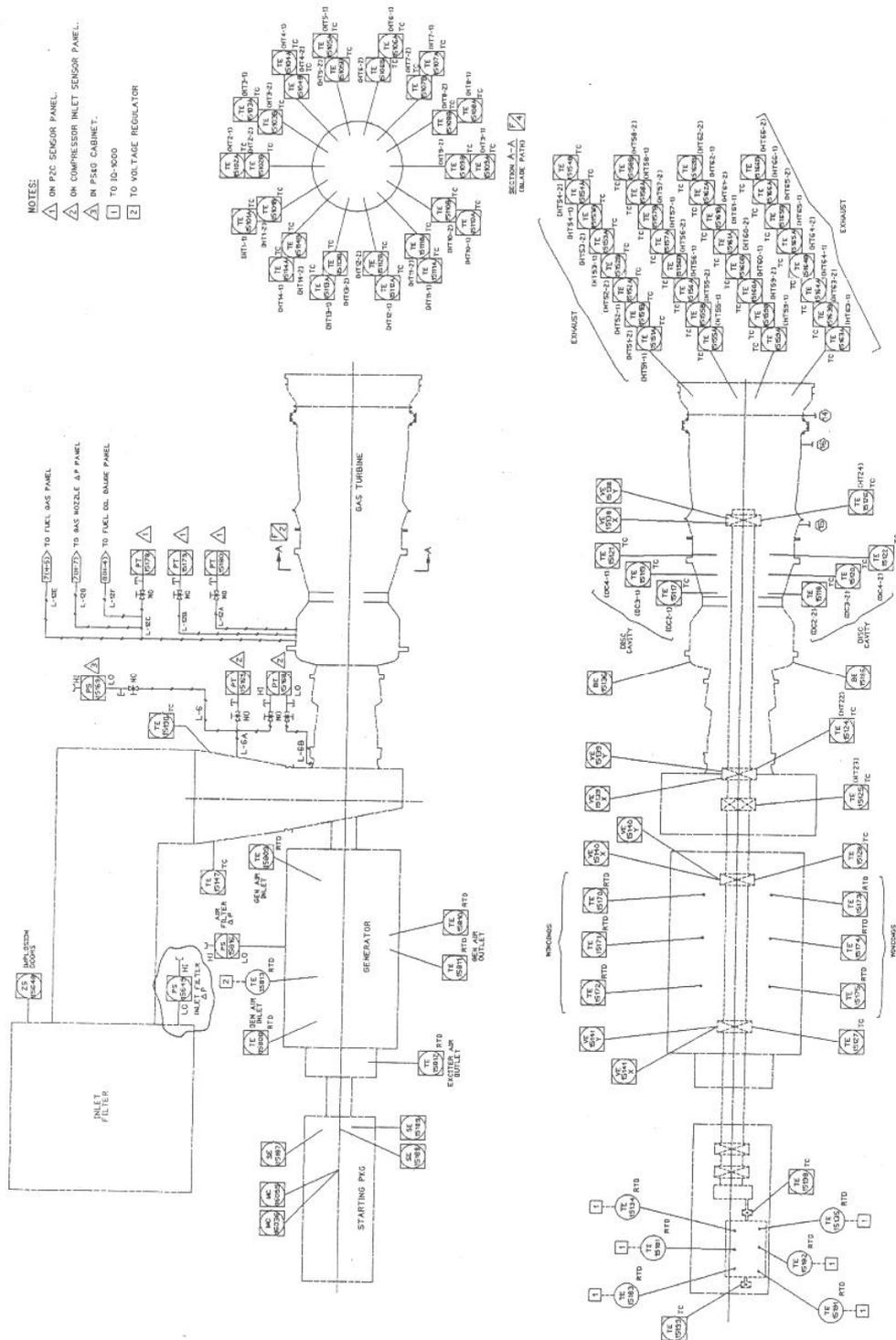
Tiempo Promedio Entre Fallos (TPEF): indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”.

Tiempo Promedio para Fallar (TPPF): Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado.

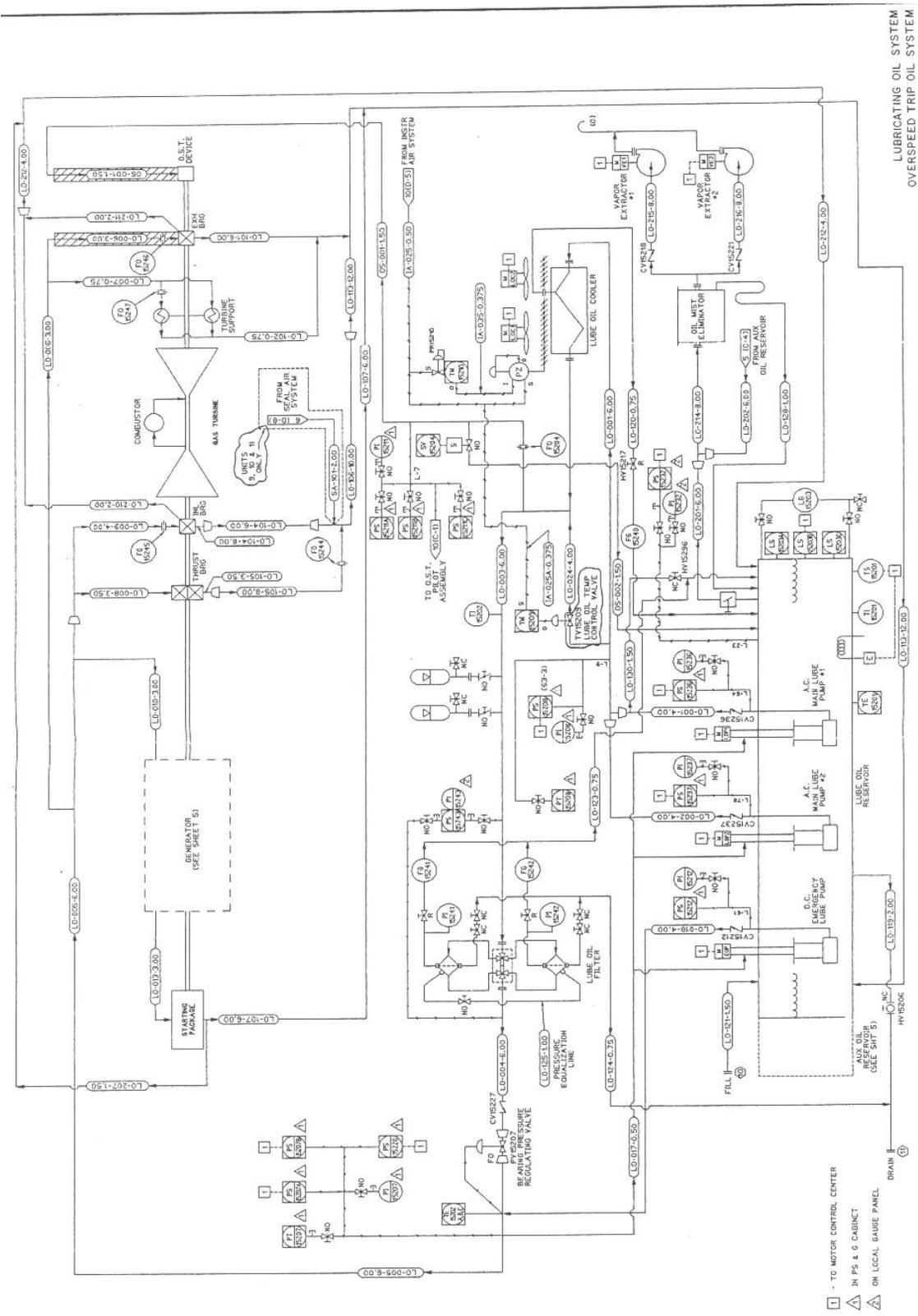
Tiempo Promedio para Reparar (TPPR): Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

Turning gear: Es un mecanismo que permite la rotación lenta de la turbina, previa a su arranque e inmediatamente después de su detección.

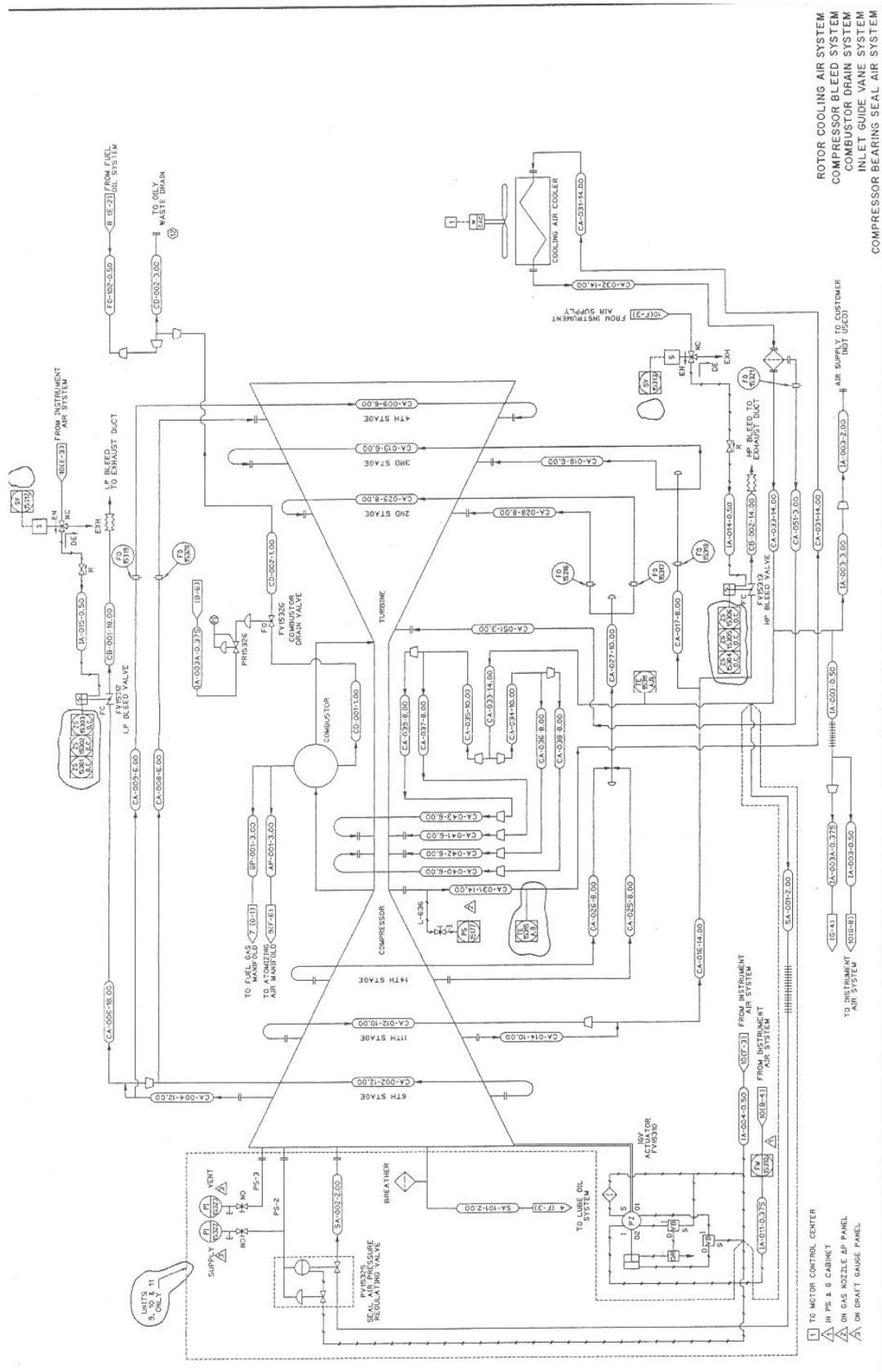
ANEXO A. UNIDAD W501D5.



ANEXO B. SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACION.

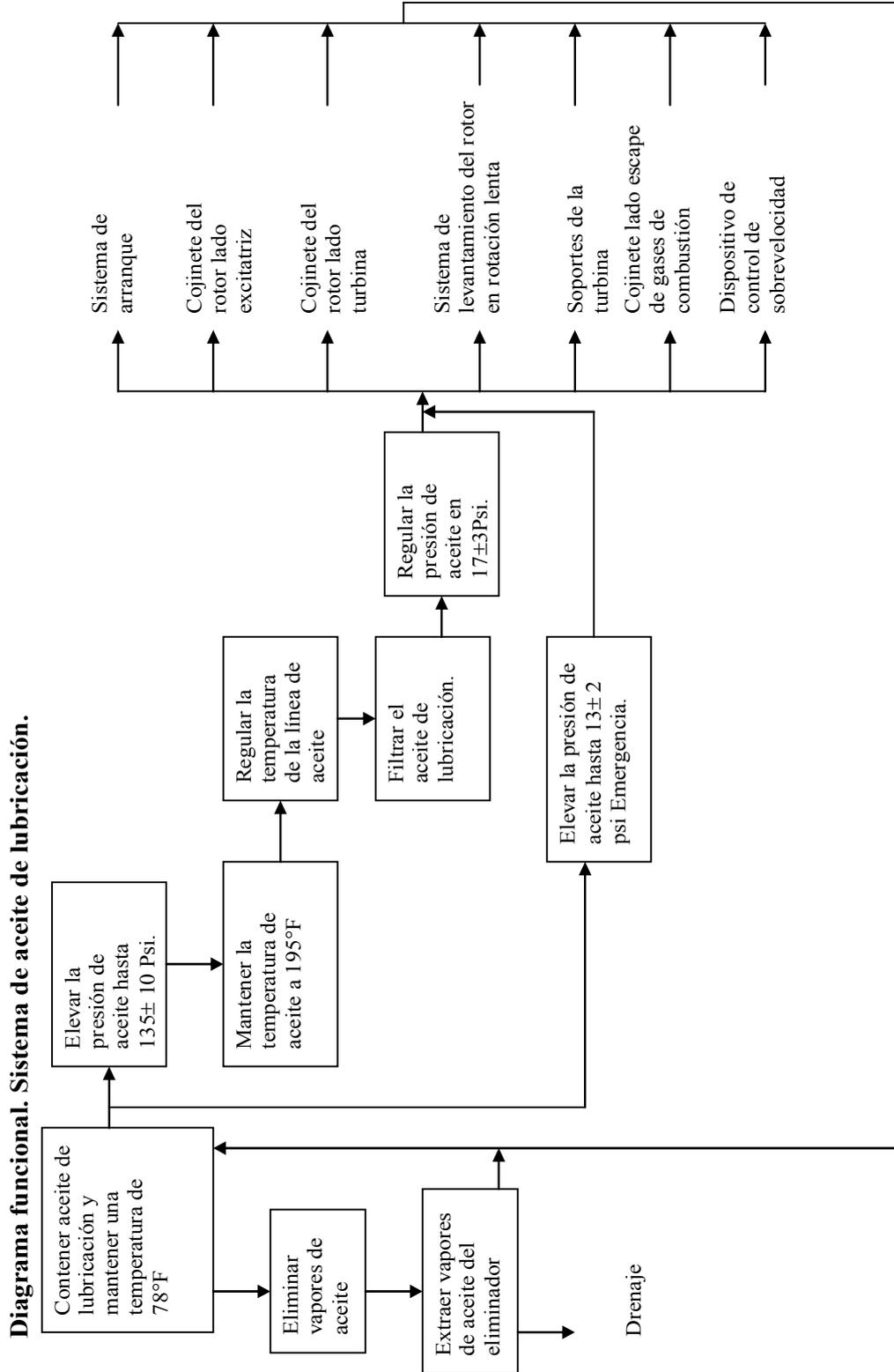


ANEXO D. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL ROTOR.



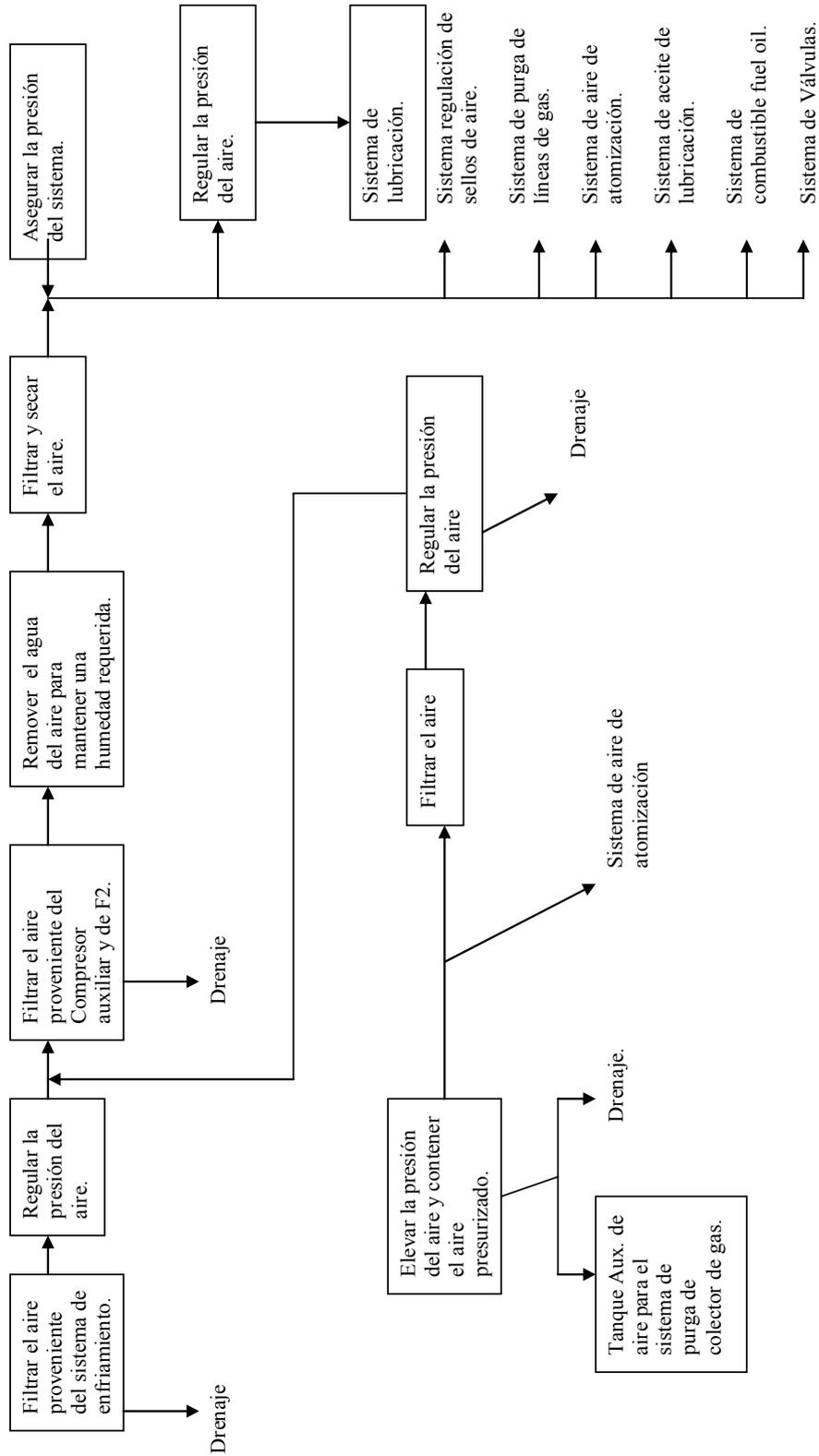
ANEXO F. DIAGRAMA FUNCIONAL, DIAGRAMA EPS.

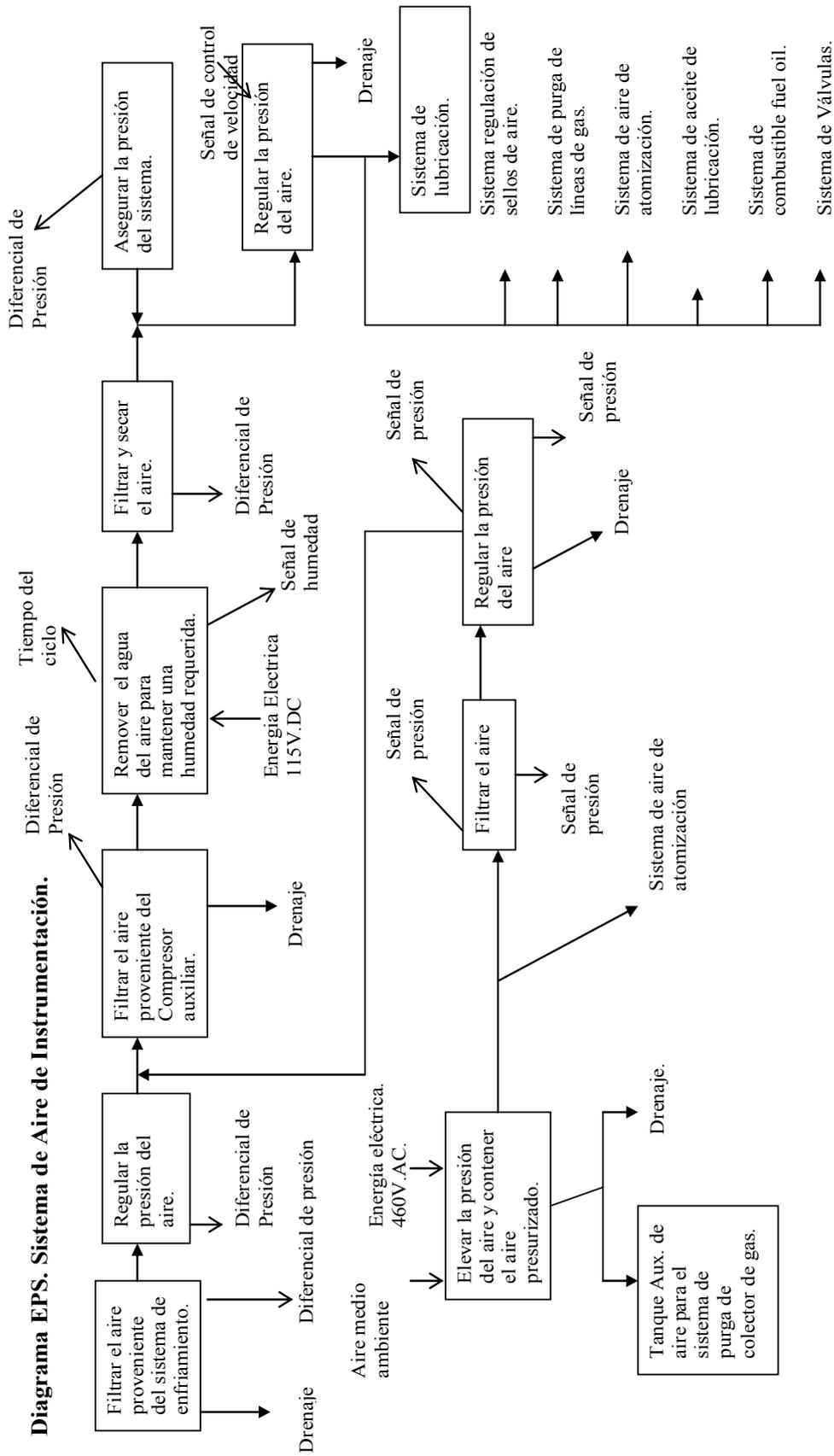
F-1. Sistema de Aceite de lubricación.



F-2. Sistema de aire de instrumentación.

Diagrama funcional. Sistema de Aire de Instrumentación.





F-3. Sistema de enfriamiento del rotor.

Diagrama funcional. Sistema de Aire de enfriamiento del rotor.

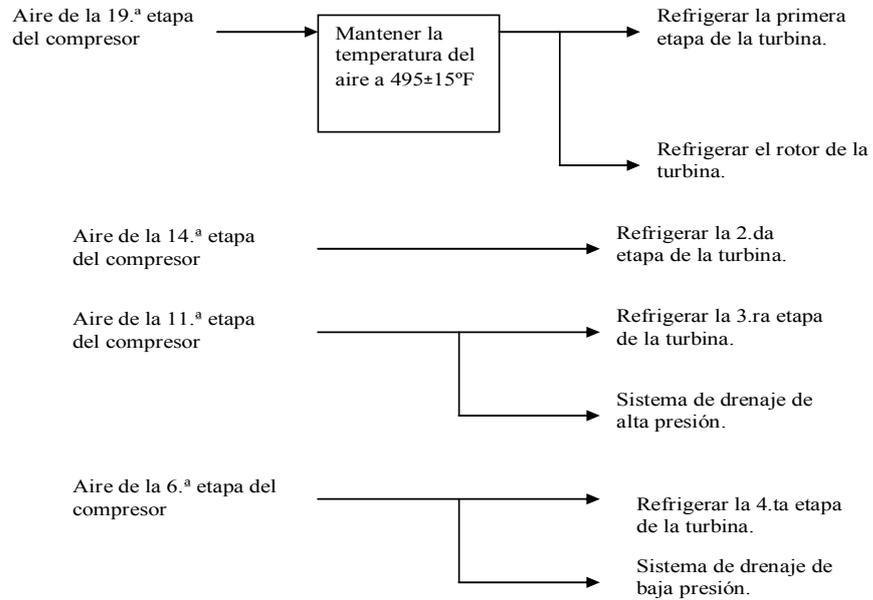
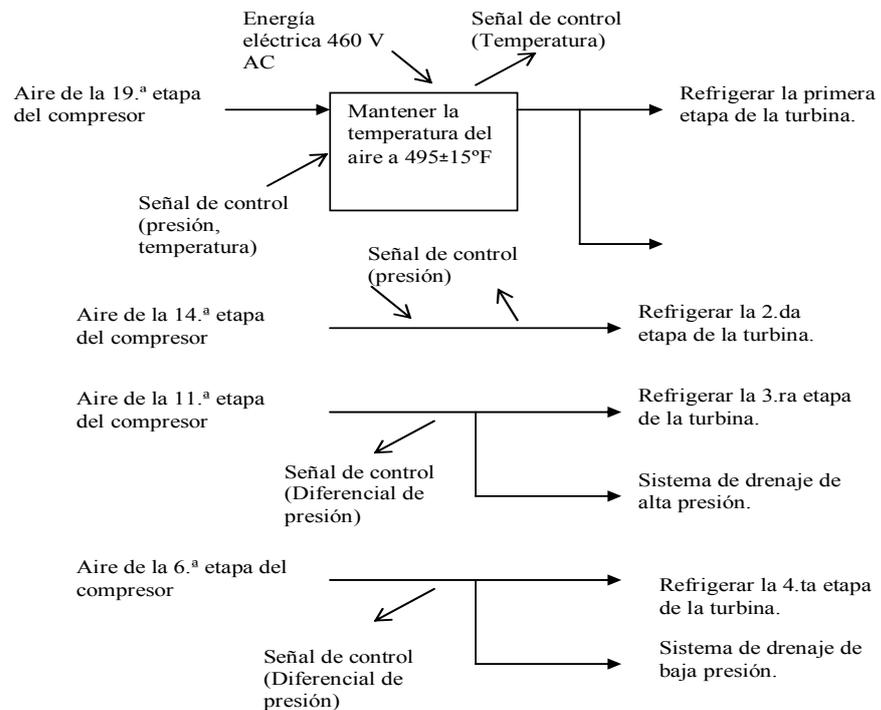


Diagrama EPS. Sistema de Aire de enfriamiento del rotor.



F-4. Sistema de levantamiento del generador.

Diagrama funcional. Sistema de levantamiento del generador.

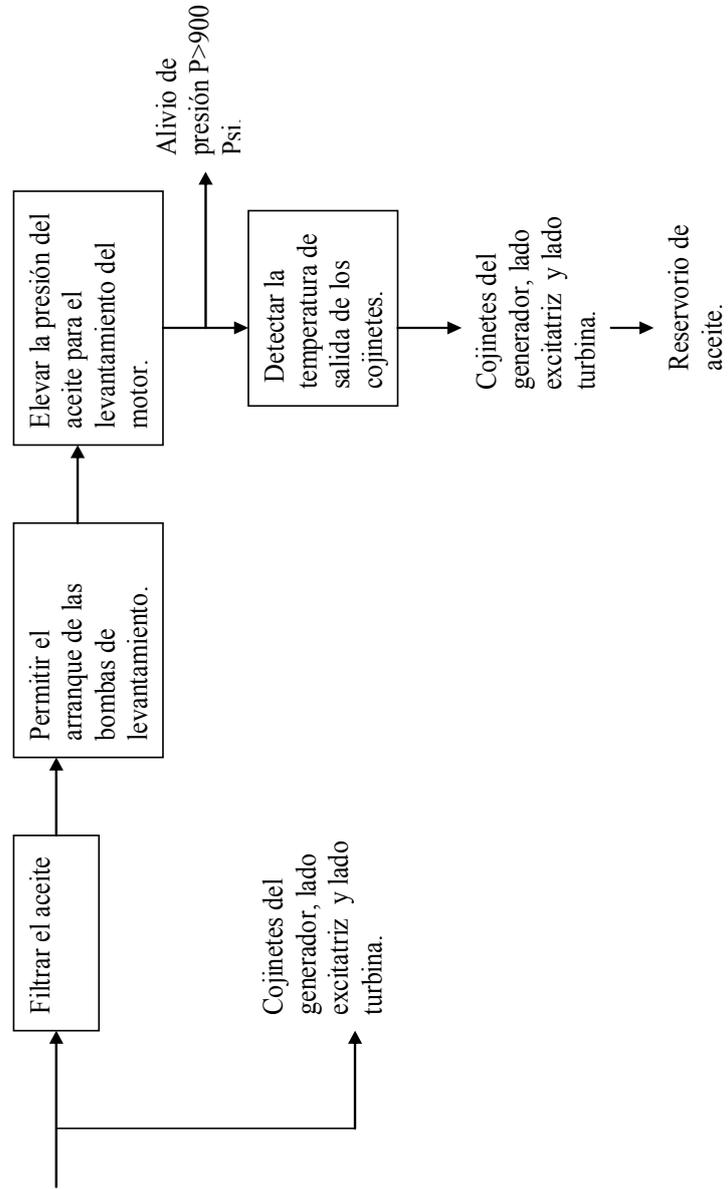
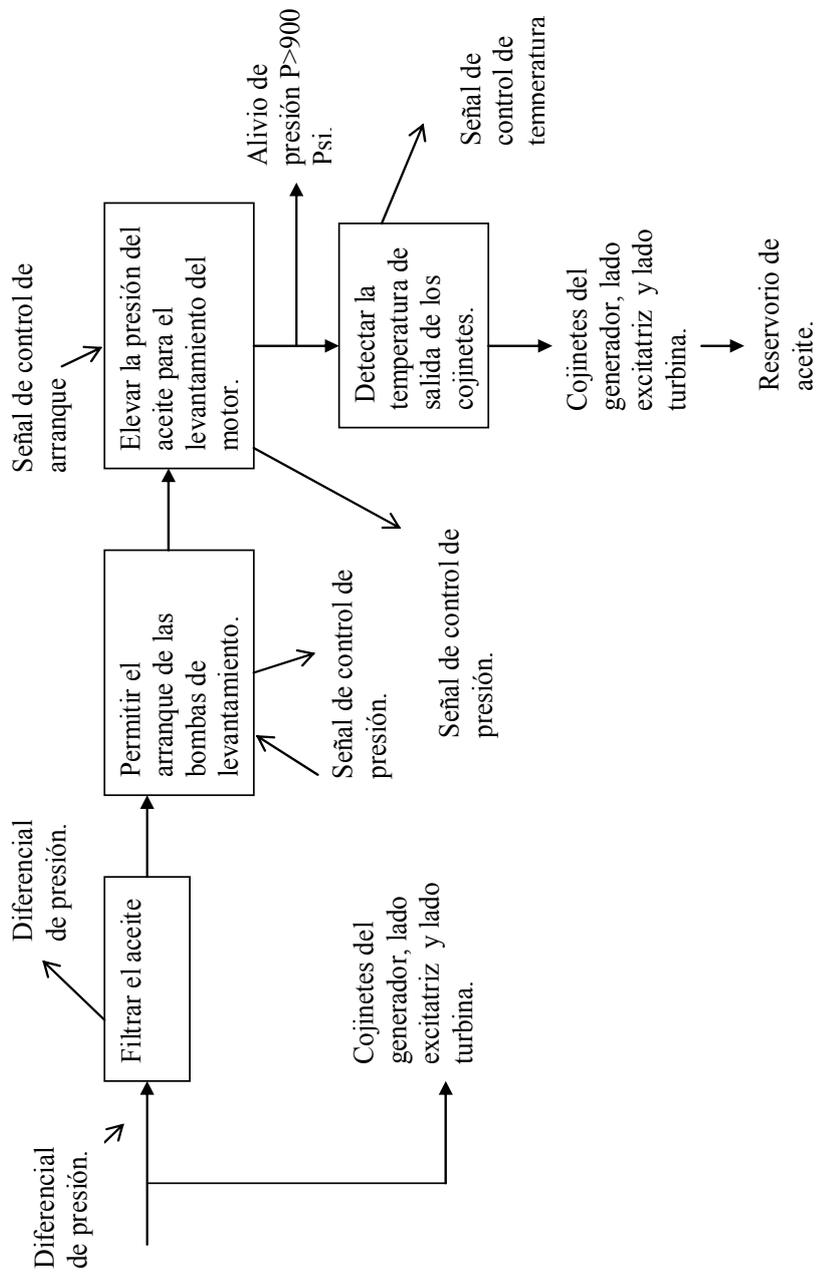


Diagrama funcional. Sistema de levantamiento del generador.



ANEXO G. ANALISIS FUNCIONAL

G-1 Sistema de aceite de lubricación.

SISTEMA: ACEITE DE LUBRICACION

FUNCIÓN: Suministrar aceite a presión y temperatura requerida para la lubricación de los cojinetes de la unidad, el levantamiento del eje y para la refrigeración de los soportes de la turbina.

SUBSISTEMAS IDENTIFICABLES:

- Tanque reservorio de aceite.
- Eliminador de vapores de aceite.
- Extractores de vapor de aceite.
- Bombas Centrifugas.
- Bomba Centrífuga de emergencia.
- Enfriador de aceite.
- Control de temperatura.
- Filtros.
- Reguladora de presión de la línea de aceite.
- Dispositivo de disparo por sobrevelocidad.

SUBSISTEMA: Tanque reservorio de aceite.

FUNCIÓN: Contener el aceite de lubricación para la operación de la unidad, manteniendo una diferencia de nivel desde el tope de máximo de 304.8 mm (12 pulgadas) y mínimo de 609.6 mm (24 pulgadas) a una temperatura de 26 C (78 °F).

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Tanque reservorio de aceite, 11.35m³ (3000 galones).
- Calentador de aceite, resistencia eléctrica.
- Medidores de nivel.
- Indicadores de nivel.
- Indicador e interruptor de temperatura.
- Válvula de drenaje.
- Tanque auxiliar.

ENTRADAS

- Aceite de retorno.
- Energía eléctrica.
- Señales de control (temperatura).

SALIDAS

- Señales de control (Nivel, Temperatura).
- Vapores.

SUBSISTEMA: Eliminador de vapores de aceite.

FUNCION: Eliminar vapores de aceite con una caída de presión de 4.9 kPa (0.7 Psi).

COMPONENTES:

- Elemento filtrante
- Válvulas check. (2).
- Tanque del eliminador.

ENTRADA

- Mezcla aceite- vapor del tanque principal.

SALIDA

- Vapores de aceite.
- Aceite de retorno al tanque principal.

SUBSISTEMA: Extractores de vapor de aceite.

FUNCION: Extraer vapores provenientes del eliminador de vapores de aceite de aceite.

COMPONENTES:

- Ventilador, Extractor de vapor.
- Motor 5Hp, 460 V, 3f, 60 Hz.
- Válvulas de retención.

ENTRADA

- Mezcla aceite- vapor del tanque principal.
- Energía eléctrica 460 V AC.

SALIDA

- Vapores de aceite.
- Aceite de retorno al tanque principal.

SUBSISTEMA: Bombas Centrifugas.

FUNCIÓN: Elevar la presión de aceite a 931 ± 69 kPa (135 ± 10 psi).

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Bomba #1 (850 GPM, 3550 rpm). Motor (100 Hp, 460V, 3545 rpm).
- Bomba #2 (850 GPM, 3550 rpm). Motor (100 Hp, 460V, 3545 rpm).
- Válvulas check.
- Interruptores e indicadores de presión.

ENTRADAS:

- Energía eléctrica 480 V, 60 hz., AC.
- Señal de control (Presión).

SALIDAS:

- Señal de control (Presión).

SUBSISTEMA: Bomba Centrífuga de emergencia.

FUNCIÓN: Elevar la presión de aceite hasta 90 ± 34 kPa (13 ± 2 psi). Trabaja en caso de que las bombas 1 y 2 no enciendan, y en el arranque de la unidad.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Bomba centrífuga vertical sumergible de 1 etapa flujo $11.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (5000gpm), presión máxima 2 MPa (300 psi).
- Motor 7.5 Hp, 3500 rpm, 125 V DC.
- Válvulas check.
- Indicadores e interruptores de presión.

ENTRADAS:

- Energía eléctrica 125 V, DC.
- Señal de control (Presión).

SALIDAS:

- Señal de control (Presión).

SUBSISTEMA: Enfriador de aceite.

FUNCION: Mantener la temperatura del aceite a 91 ± 3 C (195 ± 5 °F), con una caída de presión máxima de 103.4 MPa (15 psi).

COMPONENTES

- Ventilador de aluminio, (Diámetro 9", 12 paletas, 95400 CFM, 2164 máx. rpm), (2)
- Motor, 20Hp, 1800 rpm, 460V, 3f, 60Hz.
- Intercambiador (arreglo de tuberías aleteadas).
- Válvula de globo con transductor IP, entrada 4-20 mA, salida de 3-15 psi.

ENTRADA

- Energía eléctrica 460V AC.
- Señal de control de temperatura.

SALIDA

- Señal de control de temperatura.
- Diferencial de presión.

SUBSISTEMA: Control de temperatura.

FUNCIÓN: Regular el flujo que es enviado a los enfriadores de aceite para mantener 195°F en la línea.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvula reguladora de presión con actuador neumático.
- Transductor IP (4-20mA, 6-30psi).

ENTRADA:

- Aire de instrumentación.
- Señal eléctrica.

SALIDA:

- Señal de control (Temperatura).

SUBSISTEMA: Filtros.

FUNCION: filtrar el aceite para asegurar que no haya partículas de más de 5 micrones con una caída de presión máx. de 15 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvulas de transferencia.
- Filtros.
- Válvulas de globo.
- Indicadores e interruptores de presión.

ENTRADA:

- Señal de control de presión.

SALIDA:

- Señal de control de presión.

SUBSISTEMA: Reguladora de presión de la línea de aceite.

FUNCIÓN: Regular la presión en la línea de aceite a 17 ± 3 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvula reguladora de presión, neumática de 4 pulg.
- Válvula check.

ENTRADA:

- Aire De instrumentación.

SALIDA:

- Señal de control (Temperatura, Presión).

SUBSISTEMA: Dispositivo de disparo por sobrevelocidad.

FUNCION: Enviar una señal de control para el disparo por sobre velocidad, cuando alcanza los 3900 rpm.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvula solenoide de 3 vías, neumática de 4 pulgadas. (2).

ENTRADA:

- Señal de control de presión.

SALIDA:

- Señal de control de presión.

G.2. Sistema de aire de instrumentación.

SISTEMA: AIRE DE INSTRUMENTACIÓN.

FUNCION: Proporcionar el aire requerido para la operación de válvulas neumáticas, reguladoras, interruptores y otros mecanismos de control.

SUBSISTEMAS IDENTIFICABLES:

- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F2.
- Regulación de presión de aire de instrumentación.
- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F3.
- Secador de aire de instrumentación.
- Filtrado de aire de instrumentación. F4.
- Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F1.
- Acumuladores.
- Regulación de presión de aire de instrumentación, compresor auxiliar.
- Filtrado del compresor auxiliar.
- Sistema de compresión del aire, auxiliar.
- Aliviadero de la línea de aire de instrumentación.
- Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de lubricación. PR15714.
- Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de combustible líquido. PV15515.

SUBSISTEMA: Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F2.

FUNCION: Remover la humedad, del aire proveniente del sistema enfriador de aire, Con un diferencial de presión de 5 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro coalescente.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de mariposa.
- Dispositivo medidor de presión.
- Drenaje del filtro.

ENTRADA

- Aire del compresor de la unidad a 1724 kPa (250 psi.).

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.
- Drenaje del filtro

SUBSISTEMA: regulación de presión de aire de instrumentación.

FUNCION: Regular la presión del aire proveniente del filtro F2. a una presión de 100 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvula reguladora de presión, con válvula antirretorno.
- Dispositivo medidor de presión.

ENTRADA

- Aire

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.
- Aire a 100 psi.

SUBSISTEMA: Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F3.

FUNCION: Remover la humedad, contaminantes y sólidos abrasivos del aire proveniente del compresor auxiliar y/o del filtro F2. , Con un diferencial de presión de 5 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de mariposa.
- Dispositivo medidor de presión.
- Drenaje del filtro.

ENTRADA

- Aire

SALIDA

- Medida diferencial de presión.
- Drenaje del filtro.

SUBSISTEMA: Secador de aire de instrumentación.

FUNCION: Eliminar aceite, partículas mayores a 0.7 micrones con una caída de presión de 5 psi, con un ciclo de secado de 5 minutos.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Prefiltro coalescente grado C.
- Válvula solenoides de 4 vías, (2).
- Tanques de silica gel activada, (2).
- Post-filtro de partículas grado C.
- Reloj controlador con tarjeta electrónica, motor 75 W.
- Indicador de Humedad.

ENTRADA

- Energía eléctrica 115 V. DC.

SALIDA

- Indicación de humedad.
- Tiempo del ciclo.

SUBSISTEMA: Filtrado de aire de instrumentación. F4.

FUNCION: Filtrar el aire proveniente del secador, para eliminar cualquier partícula mayor a 0.3 micrones, con una caída de presión de 5 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro de partículas.
- Válvulas de globo.
- Dispositivo medidor de presión

ENTRADA

- Aire del secador.

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.
- Señal de presión.

SUBSISTEMA: Acumuladores.

FUNCIÓN: Compensar los impulsos de presión que se presentan en la línea 80psi. (10 min.)

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Acumuladores
- Interruptores de presión.

ENTRADA

- Aire del acumulador.

SALIDA

- Señal de control de presión.

SUBSISTEMA: Filtrado de aire de instrumentación. Filtro F1.

FUNCION: Remover contaminantes del aire proveniente del compresor auxiliar, Con un diferencial de presión de 15 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro.
- Válvulas de bola.
- Válvulas de mariposa.
- Dispositivo medidor de presión.
- Drenaje del filtro.

ENTRADA

- Aire del compresor a 225 psi.

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.
- Drenaje del filtro.

SUBSISTEMA: regulación de presión de aire de instrumentación, compresor auxiliar.

FUNCION: Regular la presión del aire proveniente del compresor auxiliar a una presión de 95 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Válvula reguladora de presión, con válvula antirretorno.
- Dispositivo medidor de presión.

ENTRADA

- Aire del filtro F1.

SALIDA

- Aire a 95 Psi.
- Medida de presión.

SUBSISTEMA: Filtrado del compresor auxiliar.

FUNCION: Remover contaminantes del aire de entrada del compresor auxiliar, Con un diferencial de presión de 5 psi.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Filtro.
- Indicador de presión.

ENTRADA

- Aire del medio ambiente.

SALIDA

- Medida de diferencial de presión.

SUBSISTEMA: Sistema de compresión de aire, auxiliar.

FUNCION: Suministrar el aire de instrumentación a 207 ± 20 psi al sistema durante la rotación lenta y arranque de la maquina.

COMPONENTES IDENTIFICABLES:

- Compresor de pistón de 2 etapas, presión máxima 10 bar
- Motor del compresor, 10 Hp, 1750 rpm, 460V/3f/60Hz.
- Tanque principal.
- Tanque auxiliar.
- Interruptores de presión.
- Indicadores de presión.
- Válvula de venteo.

ENTRADA

- Aire del filtro F1.
- Energía eléctrica 460 V AC.

SALIDA

- Señal de control de presión.

SUBSISTEMA: Aliviadero de la línea de aire de instrumentación.

FUNCIÓN: Drenar la línea de aire de instrumentación cuando hay disparo de la unidad por sobrevelocidad.

COMPONENTES

- Válvula solenoide de tres vías.

ENTRADA

- Señal de control de sobrevelocidad.

SALIDA

- Aire al medio ambiente.

SUBSISTEMA: Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de lubricación .PR15714.

FUNCIÓN: Regular a 35 psi la presión del aire de instrumentación para el sistema de aceite de lubricación.

COMPONENTES

- Válvula reguladora de presión.

ENTRADA

- Aire.

SALIDA

- Aire.
- Señal de presión.

SUBSISTEMA: Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de combustible líquido y gas. FV15756.

FUNCIÓN: Regular a 47 ± 3 psi la presión del aire de instrumentación para el sistema de aceite de lubricación.

COMPONENTES

- Válvula reguladora de presión.

ENTRADA

- Aire.

SALIDA

- Aire.
- Señal de presión.

SUBSISTEMA: Regulación de la presión del aire de instrumentación para el sistema de posicionamiento de alabes de entrada a la turbina. PR15750.

FUNCIÓN: Regular a 20 psi la presión del aire de instrumentación para el sistema de posicionamiento de alabes de entrada a la turbina.

COMPONENTES

- Válvula reguladora de presión.

ENTRADA

- Aire.

SALIDA

- Aire.
- Señal de presión.

G.3. Sistema de enfriamiento del rotor.

SISTEMA: AIRE DE ENFRIAMIENTO DEL ROTOR.

FUNCIÓN: Proporcionar aire de enfriamiento para la refrigeración del rotor y las 4 etapas de la turbina de la unidad.

SUBSISTEMAS IDENTIFICABLES

- Refrigeración del rotor y la primera etapa de la turbina.
- Refrigeración de la segunda etapa de la turbina.
- Refrigeración de la tercera etapa de la turbina.
- Refrigeración de la cuarta etapa de la turbina.

SUBSISTEMA: Refrigeración del rotor y la primera etapa de la turbina.

FUNCIÓN: Proporcionar aire de enfriamiento para la refrigeración del rotor de la unidad.

Regular la temperatura del aire 490 ± 15 °F de enfriamiento del rotor y de la primera etapa de la turbina con un diferencial de presión de 18 psi.

COMPONENTES

- Motor 7.5 Hp, 900 rpm, 460V, 3 f, 60 Hz.
- Ventilador axial 4.8 Hp, diámetro 7 pies, 318 rpm, 6 paletas.
- Arreglo de tubos.
- Interruptores de temperatura y de presión.

ENTRADA

- Aire de la última etapa del compresor
- Energía eléctrica 460V AC.
- Señal de control (presión, temperatura).

SALIDA

- Señal de control (Temperatura).

SUBSISTEMA: Refrigeración de la segunda etapa de la turbina.

FUNCIÓN: Proporcionar aire de enfriamiento para la refrigeración de la segunda etapa de la turbina. Con un diferencial de presión de 10 psi.

COMPONENTES

- Medidor de diferencial de presión. (placa orificio).

ENTRADA

- Aire de la etapa 14 del compresor
- Señal de control (presión).

SALIDA

- Señal de control (diferencial de presión).

SUBSISTEMA: Refrigeración de la tercera etapa de la turbina.

FUNCIÓN: Proporcionar aire de enfriamiento para la refrigeración de la tercera etapa de la turbina. Con un diferencial de presión de 10 psi.

COMPONENTES

- Medidor de diferencial de presión. (placa orificio).

ENTRADA

- Aire de la etapa 11 del compresor.

SALIDA

- Aire para el enfriamiento de la tercera etapa de la turbina.
- Señal de control de diferencial de presión.

SUBSISTEMA: Refrigeración de la cuarta etapa de la turbina.

FUNCIÓN: Proporcionar aire de enfriamiento para la refrigeración de la cuarta etapa de la turbina. Con un diferencial de presión de 10 psi.

COMPONENTES

- Medidor de diferencial de presión. (placa orificio).

ENTRADA

- Aire de la etapa 6 del compresor.

SALIDA

- Aire para el enfriamiento de la cuarta etapa de la turbina.
- Señal de control de diferencial de presión.

G.4. Sistema de levantamiento del generador.

SUBSISTEMA: LEVANTAMIENTO DEL GENERADOR.

FUNCIÓN: Elevar la presión de aceite a 500 ± 50 psi para el levantamiento del generador en rotación lenta y en el arranque.

SUBSISTEMAS IDENTIFICABLES

- Filtrado de aceite.
- Arranque de las bombas de levantamiento.
- Levantamiento del generador.
- Detección de temperatura.

SUBSISTEMA: Filtrado de aceite.

FUNCION: Filtrar el aceite de partículas de 5 micrones con una caída de presión de 5 psi.

COMPONENTES

- Filtro de partículas.
- Indicador de presión.

ENTRADA

- Aceite del sistema de lubricación.

SALIDA

- Señal de control de diferencial de presión

SUBSISTEMA: Arranque de las bombas de levantamiento.

FUNCION: Enviar una señal al centro de control para el arranque de la bomba de levantamiento, si la presión de línea es menor de 8 psi.

COMPONENTES

- Interruptores de presión.

ENTRADA

- Señal de control de presión.

SALIDA

- Señal de control de presión.

SUBSISTEMA: Levantamiento del generador.

FUNCION: Elevar la presión de aceite a 500 ± 50 psi para el levantamiento del generador en rotación lenta y en el arranque.

COMPONENTES

- Bomba tipo engranajes, presión máxima 3000 Psi, velocidad máxima 1500 rpm, 8.2 CC/rev.
- Motor 12 Hp, 1160 rpm, 460V, 3f, 60 Hz.
- Medidores de presión.

ENTRADA

- Señal de control para el arranque del motor.

SALIDA

- Señal de control de presión

SUBSISTEMA: Detección de temperatura.

FUNCION: **detectar** y transmitir la temperatura de descarga de los cojinetes.

COMPONENTES

- Indicadores de temperatura TI15294-TI15293.
- Interruptores de temperatura TS15294-TS15293.

ENTRADA

- Señal de control de temperatura.

SALIDA

- Señal de control de temperatura, (alarma).

ANEXO H. NIVEL DE CRITICIDAD.

H-1. Sistema de aceite de lubricación.

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia	Criticidad	Nivel de criticidad
Eliminador de mezcla	2	2	10	5	0	20	40	NC
Extractores de vapor	1	3	0	3	0	3	3	NC
Bomba #1	1	5	0	1	0	1	1	NC
Bomba#2	1	5	0	1	0	1	1	NC
Bomba de emergencia	1	4	10	3	10	70	70	C
Enfriador de aceite	1	4	10	3	10	70	70	C
VRP-TV15209	2	2	10	3	10	40	70	SC
Filtros de aceite	1	3	10	5	0	16	16	NC
Valvula de transferencia	1	2	10	1	0	16	16	NC
VRP-PV15207	1	3	10	1	10	61	61	C
Dispositivo de disparo por sobrevelocidad	2	3	10	0	0	15	30	NC

H-2. Sistema de aire de instrumentación,

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia	Criticidad	Nivel de criticidad
Filtro F2	2	1	5	3	0	8	15	NC
VRP-PR15703	2	2	8	1	0	9	18	NC
Filtro F3	2	1	5	3	0	8	15	NC
Secador	3	3	10	5	0	15	38	SC
Filtro F4	4	1	8	5	0	13	44	SC
Filtro F1	2	1	5	4	0	9	18	NC
VRP-PR15701	2	1	8	0	0	8	17	NC
Filtro aire compresor	2	1	10	0	0	10	20	NC
Compresor auxiliar	2	4	8	3	10	53	92	C
V. SV15738	1	3	0	0	0	0	0	NC

H-3. sistema de enfriamiento del rotor.

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia	Criticidad	Nivel de criticidad
Ventilador	2	4	10	5	10	50	100	C
Filtro	1	2	0	0	0	0	0	NC

H-4. Sistema de levantamiento del generador.

Equipo	Frecuencia de falla	Tiempo promedio para reparar	Afecta el funcionamiento de otros equipos.	Impacto en salud y seguridad	Impacto operacional.	Consecuencia	Criticidad	Nivel de criticidad
Filtro de aceite	2	2	10	5	10	35	70	SC
PS15296	1	3	10	3	0	13	13	NC
Bomba de levantamiento T.E	1	5	10	1	10	61	61	C
Bomba de levantamiento E.E	1	5	10	1	10	61	61	C
TS15294	1	4	0	3	0	3	3	NC
TS15293	1	4	0	3	0	3	3	NC

ANEXO I. ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).

I-1. Sistema de aceite de lubricación.

Enfriador de aceite.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
		Aceite de lubricación		Grupo mcc		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA	
		Enfriador de aceite		Grupo mcc		16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Enfriador de aceite (motores, ventiladores y arreglo de tuberías).					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Mantener la temperatura del aceite a 91 ± 3 C (195 ± 5 °F).	A	Temperatura por encima del valor deseado.	1	Desbalanceo en la masa del ventilador.	Producirá vibraciones en el ventilador, lo cual produce daño en los rodamientos del ventilador. Se debe balancear en uso. Causa aumento de temperatura en el aceite. Tiempo de balanceo 1 día.	
				2	Arreglo de tuberías sucias en el exterior.	Habrá menor intercambio del aceite hacia los alrededores provocando deficiencia en el proceso, aumento de temperatura de aceite. Se debe hacer una limpieza del arreglo de tuberías con agua a presión. Tiempo de limpieza: 2 horas.	
				3	Poca o mucha tensión en la correa.	Si hay poca tensión habrá deslizamiento de la correa disminuyendo su vida útil y si hay mucha tensión produce daño en los rodamientos del motor. Tiempo de cambio de las correas: 1 vez al año. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día.	
				4	Motor: roce estator-rotor.	Produce desgaste en el embobinado del motor y problemas de impacto en los rodamientos. Tiempo de rebobinado del estator: 3 días. Tiempo de cambio de rodamientos: 1 día.	
				5	Motor: problemas eléctricos como: cortocircuito.	Si ocurre un cortocircuito será imposible arrancar el motor del ventilador. Causa aumento en la temperatura del aceite. Tiempo de cambio de fusibles: 1 hora.	
				6	Motor: sobre tensión en la red.	Producirá fallas en el contactor, el interruptor termo magnético del sistema de protección del motor. Tiempo de cambio de contactor, interruptor termo magnético: 1 hora cada uno.	
				7	Motor: sobrecalentamiento.	Es producido por falla en las barras del rotor, al estar deterioradas se crea un campo eléctrico dentro del motor el cual genera calor este es transmitido al eje y a su vez a los rodamientos exponiendo al rodamiento a esfuerzos térmicos teniendo como consecuencia el daño del rodamiento. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día. Tiempo de reparación de las barras: 2 días	
2	Con una caída de presión máxima de 103.4 MPa (15 psi).	A	Caída de presión superior a los 103.4 MPa (15 psi).	1	Disminución del diámetro interno de la tubería causado por el acumulamiento de partículas contenidas en el aceite.	Obstrucción del intercambiador, aumento de la temperatura de aceite.	

Válvula TV15209.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
		Aceite de lubricación.		Grupo MCC		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACION		FECHA	
		Control de temperatura.				16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Válvula TV15209 con transductor I/P					
FUNCION		FALLA DE FUNCION		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Regular el flujo que es enviado a los enfriadores para mantener 91 C (195°F) en la línea de aceite.	A	Temperatura mayor a 91 C (195°F) en la línea de aceite.	1	Descalibración en la válvula.	La descalibración en la válvula provocará que el flujo hacia los enfriadores no sea el adecuado, no se tendrá control sobre la temperatura del aceite. Causa indisponibilidad de la maquina por alta temperatura en los cojinetes. Tiempo de revisión de la válvula: 2 horas. Tiempo de revisión del transductor: 3 horas.	
				2	Desgaste en el asiento de la válvula.	Provocara fugas en la válvula cuando este completamente cerrada, se traduce en aumento de la temperatura de aceite. Tiempo de revisión de la válvula: 2 horas. Tiempo de cambio de kit de la válvula: 2 horas.	
				3	Perforación del diafragma.	La válvula no regulará la presión a los niveles adecuados. Aumento en la temperatura del aceite. Tiempo de revisión de la válvula: 2 horas. Tiempo de cambio del diafragma de la válvula: 30 min.	
				4	Fuga por los sellos de la válvula.	Habrà pérdida de aceite a los alrededores y pérdida de presión en el sistema. Tiempo de revisión: 2 horas. Tiempo de sustitución de las empaquetaduras: 1hora.	

Válvula PV15207.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
		Aceite de lubricación.		Grupo MCC.		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA	
		Regulación de presión de aceite.		Grupo MCC.		16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO VRP-PV15207					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Regular la presión en la línea de aceite a 17±3 psi.	A	No regula la presión en la línea de aceite a 17±3 psi.	1	Descalibración en la válvula.	Aumento en la presión de línea, producirá la falla de los cojinetes por aumento de temperatura. Tiempo de revisión de la válvula: 5 horas.	
				2	Perforación del diafragma.	La válvula no regulará la presión a los niveles adecuados. Aumento en la temperatura del aceite. Tiempo de revisión de la válvula: 2 horas. Tiempo de cambio del diafragma de la válvula: 30 min.	
				3	Fuga por los sellos de la válvula.	Habrà pérdida de aceite a los alrededores y pérdida de presión en el sistema. Tiempo de revisión: 2 horas. Tiempo de sustitución de las empaquetaduras: 1hora.	

Bomba de emergencia.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
		Aceite de lubricación		Grupo MCC		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA	
		Bomba de emergencia		Grupo MCC		16/09/2008	
		EQUIPO					
		Bomba de emergencia.					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Elevar la presión de aceite hasta 90±35 kPa (13±2 psi). Trabaja en caso de que las bombas 1 y 2 no enciendan, y en el arranque de la unidad.	A	Presión fuera del rango	1	Anillos desgastados por el uso.	Habrá insuficiente capacidad de descarga. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque. Tiempo de cambio de los anillos 2 días.	
				2	Sellos dañados o vencidos.	Disminución en la presión de descarga de la bomba por fugas. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque. Tiempo de revisión y cambio de los sellos: 2 días.	
				3	Desgaste en el acople.	Produce vibraciones en la bomba y variaciones en el flujo. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque. Tiempo de revisión y cambio: 2 días.	
				4	Desalineación motor bomba.	Genera esfuerzos en los rodamientos, ocurre desgaste en los rodamientos y vibraciones en los equipos. Causa indisponibilidad en el arranque. Alineación del eje 1 a 3 horas.	
				5	Motor: roce estator-rotor.	Produce desgaste en el embobinado del motor y problemas de impacto en los rodamientos. Tiempo de rebobinado del estator: 3 días. Tiempo de cambio de rodamientos: 1 día.	
				6	Motor: problemas eléctricos como: cortocircuito.	Si ocurre un cortocircuito será imposible arrancar el motor de la bomba. Causa indisponibilidad en arranque. Tiempo de cambio de fusibles: 1 hora.	
				7	Motor: sobre tensión en la red.	Producirá fallas en el contactor, el interruptor termo magnético del sistema de protección del motor. Causa indisponibilidad en arranque. Tiempo de cambio de contactor, interruptor termo magnético: 1 hora cada uno.	
				8	Motor: sobrecalentamiento.	Es producido por falla en las barras del rotor, al estar deterioradas se crea un campo eléctrico dentro del motor el cual genera calor este es transmitido al eje y a su vez a los rodamientos exponiendo al rodamiento a esfuerzos térmicos teniendo como consecuencia el daño del rodamiento. Causa indisponibilidad en el arranque. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día. Tiempo de reparación de las barras: 2 días	

I-2. Sistema de aire de instrumentación.

Compresor auxiliar.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
		Aire de instrumentación		Grupo mcc		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA	
		Compresión de aire auxiliar.		Grupo mcc		16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Compresor de aire auxiliar.					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Suministrar el aire de instrumentación a 145 psi al sistema durante la rotación lenta y arranque de la maquina.	A	No suministra aire a 145 psi al sistema durante la rotación lenta y arranque de la maquina.	1	Desgaste en los anillos del pistón.	El desgaste en los anillos del pistón ocasiona alto consumo de aceite, baja compresión y contaminación del aire afectando los instrumentos aguas abajo. Se debe revisar anillos y cilindros. Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta Tiempo de cambio de anillos: 2 días. Tiempo de revisión de cilindros: 2 horas. Tiempo de cambio de cilindros: 2 días.	
				2	Desgaste en las válvulas de admisión y escape	El desgaste en el asiento de las válvulas produce un bajo rendimiento en la compresión. Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta Mantenimiento: Cambio del kit de la válvula, tiempo de cambio: 2 horas.	
				3	Poca o mucha tensión en la correa.	Si hay poca tensión habrá deslizamiento de la correa disminuyendo su vida útil y si hay mucha tensión produce daño en los rodamientos del motor. Tiempo de cambio de las correas: 1 vez al año. Tiempo de cambio de la correa: 1 hora. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día.	
				4	Motor: roce estator-rotor.	Produce desgaste en el embobinado del motor y problemas de impacto en los rodamientos. Tiempo de rebobinado del estator: 3 días. Tiempo de cambio de rodamientos: 1 día.	
				5	Motor: problemas eléctricos como: cortocircuito.	Si ocurre un cortocircuito será imposible arrancar el motor del compresor. Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio de fusibles: 1 hora.	
				6	Motor: sobre tensión en la red.	Producirá fallas en el contactor, el interruptor termo magnético del sistema de protección del motor. . Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio de contactor, interruptor termo magnético: 1 hora cada uno.	
				7	Motor: sobrecalentamiento.	Es producido por falla en las barras del rotor, al estar deterioradas se crea un campo eléctrico dentro del motor el cual genera calor este es transmitido al eje y a su vez a los rodamientos exponiendo al rodamiento a esfuerzos térmicos teniendo como consecuencia el daño del rodamiento. Causa indisponibilidad en rotación lenta y arranque. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día. Tiempo de reparación de las barras: 2 días	

Secador.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA	
Aire de instrumentación		Aire de instrumentación		Grupo MCC		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA	
Secador de aire de instrumentos		Secador de aire de instrumentos		Grupo MCC		16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Secador					
FUNCION		FALLA DE FUNCION		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Remover aceite del aire de instrumentación para que no se contamine el desecante	A	No puede remover el aceite contenido en el aire de instrumentación.	1	Prefiltro y post-filtro saturado de aceite.	<p>Transcurrido cierto tiempo se contaminara el desecante con lo cual disminuirá la eficiencia del mismo.</p> <p>No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de cambio del prefiltro 1 hora. • Tiempo de cambio del desecante (gel de sílice) 	
2	Caída de presión máxima de 5 psi.	A	Caída de presión mayor a 5 psi.	1	Pre-filtro o post-filtro obstruido.	<p>Se observara aumento en el diferencial de presión, la presión luego del secador decaerá.</p> <p>No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).</p> <p>Tiempo de cambio por filtro 1 hora.</p>	
				2	Presión de entrada por debajo de la presión de diseño	<p>La presión de salida del secador será menor a la de diseño afectando el desempeño de los instrumentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar presión a la entrada del secador. 	
				3	Válvulas obstruidas	<p>Las válvulas se obstruyen por el desecante disminuyendo el flujo de aire, se observará un aumento en el diferencial de presión. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).</p> <p>Se revisa el estado de las válvulas.</p> <p>Tiempo de cambio del kit: 4 horas.</p>	
3	Duración del ciclo (secado + regeneración) de 5 minutos.	A	Duración del ciclo menor a 5 minutos	1	Reloj Controlador no esta operando en el nivel requerido.	<p>Habrà presencia de humedad en el aire, afectando las válvulas y los instrumentos.</p> <p>Revisar controlador tiempo</p>	
4	No permitir el paso de partículas mayores a 0.7 micrones	A	Permite el paso de partículas mayores a 0.7 micrones	1	Prefiltro o postfiltro suelto.	<p>Se observara un diferencial de presión cercano a 0 psi. Provocara que el filtro F4 trabaje en exceso, posiblemente el filtro falle y se dañe los instrumentos aguas abajo.</p> <p>Tiempo de cambio del filtro 1 hora.</p>	

Filtro F4

		SISTEMA Aire de instrumentación		GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC		FECHA 12/08/2008	
		SUBSISTEMA Filtrado de aire de instrumentación.		GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC		FECHA 19/08/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Filtro F4					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCION		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE LA FALLA	
1	Diferencial de presión máximo de 5 psi.	A	Diferencial de presión mayor a 5 psi.	1	Filtro saturado de partículas	Se observara un aumento en el diferencial de presión del filtro, la presión de línea será baja. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass). Se cambia 2 veces al año. Tiempo de revisión:15 min. Tiempo de cambio :1 hora.	
2	Filtrar el aire para que se encuentre libre de partículas mayores a 0.3 micrones.	A	Presencia de partículas mayores a 0.3 micrones	1	Elemento de filtro suelto.	Ocasiona que el aire pase sin filtrar las posibles partículas del desecante. Se observará un diferencial de presión igual a cero. Tiempo de revisión y reparación 30 min. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de equipos aguas abajo. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).	

I-3. Sistema de enfriamiento del rotor.

Enfriador de aire.

		SISTEMA		GRUPO DE ANALISIS		FECHA	
		Enfriamiento del rotor		Grupo mcc		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACION		FECHA	
		Enfriador		Grupo mcc		09/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Enfriador (motor y ventilador).					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Mantener la temperatura del aceite a 490 ± 15 °F	A	Temperatura por encima del valor deseado.	1	Desbalanceo en la masa del ventilador.	Producirá vibraciones en el ventilador, lo cual produce daño en los rodamientos del ventilador. Se debe balancear en uso. Causa aumento de temperatura en el aceite. Tiempo de balanceo 1 día.	
				2	Arreglo de tuberías sucias en el exterior.	Habrà menor intercambio del aire hacia los alrededores provocando deficiencia en el proceso, aumento de temperatura de aire. Se debe hacer una limpieza del arreglo de tuberías con agua a presión. Tiempo de limpieza: 2 horas.	
				3	Poca o mucha tensión en la correa.	Si hay poca tensión habrá deslizamiento de la correa disminuyendo su vida útil y si hay mucha tensión produce daño en los rodamientos del motor. Tiempo de cambio de las correas: 1 vez al año. Tiempo de cambio de la correa: 1 hora. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día.	
				4	Motor: roce estator-rotor.	Produce desgaste en el embobinado del motor y problemas de impacto en los rodamientos. Tiempo de rebobinado del estator: 3 días. Tiempo de cambio de rodamientos: 1 día.	
				5	Motor: problemas eléctricos como: cortocircuito.	Si ocurre un cortocircuito será imposible arrancar el motor del ventilador. Causa aumento en la temperatura del aire. Tiempo de cambio de fusibles: 1 hora.	
				6	Motor: sobre tensión en la red.	Producirá fallas en el contactor, el interruptor termo magnético del sistema de protección del motor. Tiempo de cambio de contactor, interruptor termo magnético: 1 hora .	
				7	Motor: sobrecalentamiento.	Es producido por falla en las barras del rotor, al estar deterioradas se crea un campo magnético dentro del motor el cual genera calor este es transmitido al eje y a su vez a los rodamientos exponiendo al rodamiento a esfuerzos térmicos teniendo como consecuencia el daño del rodamiento. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día. Tiempo de reparación de las barras: 2 días	
2	Con una caída de presión máxima de 18 psi.	A	Caída de presión superior a los 18 psi.	1	Acumulamiento de partículas en los alabes del ventilador.	La velocidad de aire será menor, habrá menor intercambio de calor, Temperatura de salida de aire mayor. Se debe limpiar el ventilador con agua a presión.	

I-4. Sistema de levantamiento del generador.

Filtro de aceite

		SISTEMA Levantamiento del generador.		GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC		FECHA 09/09/2008	
		SUBSISTEMA Filtrado de aceite.		GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC		FECHA 16/09/2008	
PLANTA O.A.M AMEF REGISTRO		EQUIPO Filtro de aceite.					
FUNCIÓN		FALLA DE FUNCIÓN		MODO DE FALLA		EFFECTOS DE LA FALLA	
1	Diferencial de presión máximo de 5 psi.	A	Diferencial de presión mayor a 5 psi.	1	Filtro saturado de partículas	Se observara un aumento en el diferencial de presión del filtro, No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de las bombas de engranaje. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass). Se cambia 2 veces al año. Tiempo de revisión: 15 min. Tiempo de cambio :1 hora.	
2	Filtrar el aceite para que se encuentre libre de partículas mayores a 5 micrones.	A	Presencia de partículas mayores a 5 micrones	1	Elemento de filtro suelto.	Ocasiona que el aceite pase sin filtrar posibles partículas . Se observará un diferencial de presión igual a cero. Tiempo de revisión y reparación 30 min. No causa indisponibilidad de la unidad, pero puede afectar el funcionamiento de las bombas de engranaje. Mantenimiento equipo: Se utiliza la vía secundaria (Bypass).	

Bombas de levantamiento

		SISTEMA		GRUPO DE ANALISIS		FECHA	
		Levantamiento del generador.		Grupo MCC.		09/09/2008	
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACION		FECHA	
PLANTA O.A.M		Levantamiento del generador.		Grupo MCC.		16/09/2008	
AMEF REGISTRO		EQUIPO Bombas de levantamiento del generador, T.E-E.E.					
FUNCION		FALLA DE FUNCION		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LA FALLA	
1	Elevar la presión de aceite a 500±50 psi para el levantamiento del generador.	A	No eleva la presión de aceite a 500±50 psi para el levantamiento del generador.	1	Desgaste en los dientes.	La bomba no suministrará la presión requerida. Causa indisponibilidad en la rotación lenta y en arranque. Tiempo de revisión de la bomba: 4 horas.	
				2	Sellos dañados o vencidos.	Disminución en la presión de descarga de la bomba por fugas. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de revisión y cambio de los sellos: 2 días.	
				3	Fuga por el cuerpo de la bomba.	Produce variaciones en la presión de descarga. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio del kit: 2 horas.	
				4	Desgaste en el acople.	Produce vibraciones en la bomba y variaciones en el flujo. Causa indisponibilidad a la unidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de revisión y cambio: 2 días.	
				5	Desalineación motor bomba.	Genera esfuerzos en los rodamientos, ocurre desgaste en los rodamientos y vibraciones en los equipos. Causa indisponibilidad en el arranque y rotación lenta. Alineación del eje 1 a 3 horas.	
				6	Motor: roce estator-rotor.	Produce desgaste en el embobinado del motor y problemas de impacto en los rodamientos. Tiempo de rebobinado del estator: 3 días. Tiempo de cambio de rodamientos: 1 día.	
				7	Motor: problemas eléctricos como: cortocircuito.	Si ocurre un cortocircuito será imposible arrancar el motor de la bomba. Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio de fusibles: 1 hora.	
				8	Motor: sobre tensión en la red.	Producirá fallas en el contactor, el interruptor termo magnético del sistema de protección del motor. Causa indisponibilidad en arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio de contactor, interruptor termo magnético: 1 hora cada uno.	
				9	Motor: sobrecalentamiento.	Es producido por falla en las barras del rotor, al estar deterioradas se crea un campo magnético dentro del motor el cual genera calor este es transmitido al eje y a su vez a los rodamientos exponiendo al rodamiento a esfuerzos térmicos teniendo como consecuencia el daño del rodamiento. Causa indisponibilidad en el arranque y rotación lenta. Tiempo de cambio del rodamiento: 1 día. Tiempo de reparación de las barras: 2 días	

ANEXO J. REGISTRO DE TAREAS.

J-1. Sistema de aceite de lubricación.

Válvula VRP PR15207

			SISTEMA Aceite de lubricación.				GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC				FECHA 30/09/2008				
			SUBSISTEMA Regulación de presión de aceite.				GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC				FECHA 7/10/2008				
SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO Válvula reguladora de presión PR15207.												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:	
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3				
1	A	1	N	N	S		N	S					Mantenimiento basado en la condición. Realizar calibración de la válvula. Inspección del transductor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	2	S				N	N	S				Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo del diafragma, cambio del diafragma.	Cuando hay mantenimiento mayor.	Técnico mecánico.
1	A	3	N	N	S		N	S					Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas. Cambiar sellos y empaquetaduras de la válvula.	Diario. Anualmente.	Operador. Mecánico mayor.

Bomba de emergencia

			SISTEMA Aceite de lubricación.				GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC.				FECHA 30/09/2008			
			SUBSISTEMA Bomba de emergencia.				GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC.				FECHA 07/10/2008			
SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO Bomba de emergencia.											
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3			
1	A	1	S				N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Cambiar los anillos de desgaste de la bomba.	Cada 2 años.	Técnico mecánico.
1	A	2	N	N	N	S	N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo de los componentes de la bomba Cambiar los sellos.	Cada 2 años.	Mecánico mayor.
1	A	3	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.	Técnico mecánico.
1	A	4	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.	Técnico mecánico.
												Chequear los rodamientos y reemplazarlos en caso de ser necesario.	Cada 6 meses.	Técnico mecánico.
												Chequear alineación motor-bomba.	Cada 6 meses.	Técnico mecánico.
1	A	5	S				N	N	N	N	N	No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear los rodamientos a fin de constatar daños en las pistas y revisar el estator y el rotor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	6	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de los fusibles y fases del motor	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	7	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de contactores y protección del motor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	8	S				N	N	N	S		Pesquisa de falla. Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Cada 6 meses.	Técnico eléctrico.
												Inspeccionar el estado de los rodamientos, cambiarlos de ser necesario.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.

Enfriador de aceite

			SISTEMA				GRUPO DE ANÁLISIS					FECHA		PAGINA	
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN					FECHA		DE	
SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO												
			Enfriador de aceite (ventiladores, motores, arreglo de tuberías).												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	REALIZADA POR:
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	LU B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3				
1	A	1	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el rotor y chequear si es producido por un desbalanceamiento, Balancear el rotor de ser necesario.		Mensual.	Técnico mecánico.
												Inspeccionar estado de rodamientos, cambiar de ser necesario.		Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
1	A	2	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda inspeccionar el arreglo de tuberías y limpiar de ser necesario.		Anualmente.	Técnico mecánico.
1	A	3	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.		Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
												Verificar el estado de la correa y cambiar de ser necesario.		Cada 6 meses.	mecánico mayor
												Verificar estado del rodamiento, cambiar de ser necesario.		Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
1	A	4	S				N	N	N	N	N	No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear los rodamientos a fin de constatar daños en las pistas y revisar el estator y el rotor.		Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	5	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de los fusibles y fases del motor		Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	6	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de contactores y protección del motor.		Anualmente.	Técnico eléctrico.

1	A	7	S				N	N	N	S		<p>Pesquisa de falla. Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.</p>	Anualmente.	Técnico eléctrico.
												<p>Inspeccionar el estado de los rodamientos, cambiarlos de ser necesario.</p>	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
2	A	1	S				N	N	N	N	N	<p>No hay mantenimiento programado. Se recomienda inspeccionar el arreglo de tuberías y limpiar de ser necesario.</p>	Anualmente.	Técnico mecánico.

Válvula TV15209

			SISTEMA				GRUPO DE ANÁLISIS				FECHA			
			Aceite de lubricación.								30/09/2008			
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN				FECHA			
			Control de temperatura.								07/10/2008			
<p>SELECCIÓN DE TAREAS</p>			EQUIPO											
			Válvula TV15209 con transductor I/P											
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS							
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
1	A	1	N	N	S		N	S				<p>Mantenimiento basado en la condición. Realizar calibración de la válvula. Inspección de el transductor.</p>	Anualmente.	Técnico electricista.
1	A	2	S				N	N	S			<p>Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo de la parte interna de la válvula, cambiar asientos de la válvula.</p>	Cuando hay mantenimiento mayor.	Mecánico mayor.
1	A	3	S				N	N	S			<p>Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo del diafragma, cambio del diafragma.</p>	Cuando hay mantenimiento mayor.	Mecánico mayor
1	A	4	N	N	S		N	S				<p>Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas.</p> <p>Cambiar sellos y empaquetaduras de la válvula.</p>	Diario.	Operador.
													Cada 6 meses.	Mecánico mayor.

J-2. Sistema de aire de instrumentación

Compresor auxiliar

			SISTEMA				GRUPO DE ANALISIS					FECHA		
			Aire de instrumentación.				Grupo MCC					30/09/2008		
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN					FECHA		
			Compresor auxiliar.				Grupo MCC					07/10/2008		
PLANTA O.A.M SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO											
			Compresor auxiliar.											
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3			
1	A	1	S				N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Cambiar los anillos de desgaste del pistón.	Cada 2 años.	Técnico mecánico.
1	A	2	N	N	S		N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspección de las válvulas de admisión y descarga, cambiar el kit de ser necesario.	Cada 2 años.	Mecánico mayor.
1	A	3	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
												Verificar el estado de la correa y cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.	mecánico mayor
												Verificar estado del rodamiento, cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
1	A	4	S				N	N	N	N	N	No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear los rodamientos a fin de constatar daños en las pistas y revisar el estator y el rotor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	5	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de los fusibles y fases del motor	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	6	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de contactores y protección del motor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	7	S				N	N	N	S		Pesquisa de falla. Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
												Inspeccionar el estado de los rodamientos, cambiarlos de ser necesario.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.

Filtro F4.

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA								
		Aire de instrumentación		Grupo MCC		30/9/2008								
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA								
PLANTA O.A.M		Filtrado de aire de instrumentación.		Grupo MCC		07/10/2008								
SELECCIÓN DE TAREAS		EQUIPO Filtro de aire. F4.												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS							
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
1	A	1	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión en el filtro, en caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar elemento filtrante.	Mensual.	Técnico electricista.
2	A	1	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función.	Mensual.	Técnico electricista.

Secador

		SISTEMA		GRUPO DE ANÁLISIS		FECHA								
		Aire de instrumentación		Grupo MCC		30/09/2008								
		SUBSISTEMA		GRUPO DE VERIFICACIÓN		FECHA								
PLANTA O.A.M		Secado de aire.		Grupo MCC		07/10/2008								
SELECCIÓN DE TAREAS		EQUIPO Secador												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS							
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3	TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
1	A	1	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Chequear condición del elemento filtrante, cambiar si es necesario.	Cada 6 meses.	Técnico eléctrico.
2	A	1	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Chequear el elemento filtrante, cambiar si es necesario.	Cada 6 meses.	Técnico eléctrico.
2	A	2	S				N	N	N	N	N	No hay mantenimiento programado. Chequear presión de suministro.	Diario.	Operador.
3	A	1	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspección del reloj controlador del ciclo.	Anualmente.	Técnico
4	A	1	S				N	S				Mantenimiento basado en la condición. Observar diferencial de presión. Chequear la posición y estado del elemento filtrante	Diario.	Operador.

J-3. Sistema de enfriamiento del rotor

			SISTEMA Enfriamiento del rotor.				GRUPO DE ANÁLISIS Grupo MCC.				FECHA 30/09/2008				
			SUBSISTEMA Refrigeración de la primera etapa de la turbina y el rotor.				GRUPO DE VERIFICACIÓN Grupo MCC.				FECHA 07/10/2008				
PLANTA O.A.M SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO Enfriador de aire (ventilador motor arreglo de tuberías).												
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:	
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3				
1	A	1	S				N	S					Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el rotor y chequear si es producido por un desbalanceamiento. Balancear el rotor de ser necesario.	Mensual.	Técnico mecánico.
													Inspeccionar estado de rodamientos, cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.	Técnico mecánico.
1	A	2	N	N	N	S	N	N	N				No hay mantenimiento programado. Se recomienda inspeccionar el arreglo de tuberías y limpiar de ser necesario.	Anualmente.	Técnico mecánico.
1	A	3	S				N	S					Mantenimiento basado en la condición. Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
													Verificar el estado de la correa y cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.	mecánico mayor
													Verificar estado del rodamiento, cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
1	A	4	S				N	N	N	N	N		No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear los rodamientos a fin de constatar daños en las pistas y revisar el estator y el rotor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	5	N	N	N	S	N	N	N				No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de los fusibles y fases del motor	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	6	N	N	N	S	N	N	N				No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de contactores y protección del motor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.

1	A	7	S				N	N	N	S		<p>Pesquisa de falla. Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.</p>	Anualmente.	Técnico eléctrico.
												<p>Inspeccionar el estado de los rodamientos , cambiarlos de ser necesario.</p>	Cada 6 meses.	Mecánico mayor.
2	A	1	S				N	N	N	N	N	<p>No hay mantenimiento programado. Se recomienda inspeccionar el arreglo de tuberías y limpiar de ser necesario.</p>	Anualmente.	Técnico mecánico.

J-4. Sistema de levantamiento del generador

Filtro de aceite

			SISTEMA				GRUPO DE ANALISIS					FECHA		PAGINA	
			Levantamiento del generador.				Grupo MCC								
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN					FECHA		DE	
SELECCIÓN DE TAREAS			Filtrado				Grupo MCC								
			EQUIPO				Filtro de aceite.								
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS								
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3	TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	REALIZADA POR:
1	A	1	S				N	S				<p>Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión en el filtro.</p>		Diario.	Operador.
												<p>En caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar elemento filtrante.</p>		Cada 6 meses	Técnico electricista.
2	A	1	S				N	S				<p>Mantenimiento basado en la condición. Chequear el diferencial de presión.</p> <p>Si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función. Chequear el elemento filtrante y en caso de estar muy deteriorado reemplazarlo.</p>		Diario.	Operador.
															Técnico eléctrico.

Bomba de levantamiento del generador

			SISTEMA				GRUPO DE ANÁLISIS				FECHA			
			SUBSISTEMA				GRUPO DE VERIFICACIÓN				FECHA			
SELECCIÓN DE TAREAS			EQUIPO											
			Bombas de levantamiento del generador, T.E-E.E.											
NÚMERO DE REFERENCIA			EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				REFERENCIA DE LAS TAREAS					TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	REALIZADA POR:
F	FF	FM	DO	SE	OP	NOP	L U B	DO1 SE1 OP1 NP1	DO2 SE2 OP2 NP2	DO3	DO4 SE3			
1	A	1	N	N	N	S	N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo de los componentes de la bomba, específicamente los dientes para detectar posible desgaste.	Cuando hay mantenimiento mayor.	Mecánico mayor.
1	A	2	N	N	N	S	N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Realizar chequeo de los componentes de la bomba Inspección de los sellos de los engranajes (Cámara de engranajes). Cambiar los sellos.	Cuando hay mantenimiento mayor.	Mecánico mayor.
1	A	3	N	N	N	S	N	N	S			Mantenimiento basado en el tiempo. Inspección del cuerpo de la bomba para detectar posibles fugas por sellos del cuerpo de la bomba. Cambiar los sellos.	Mensualmente.	Mecánico mayor.
1	A	4	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.	Técnico mecánico.
1	A	5	N	N	N	S	N	S				Mantenimiento basado en la condición. Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.	Técnico mecánico.
												Chequear los rodamientos y reemplazarlos en caso de ser necesario.	Cada 6 meses.	
												Chequear alineación motor-bomba.	Anualmente.	
1	A	6	S				N	N	N	N	N	No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear los rodamientos a fin de constatar daños en las pistas y revisar el estator y el rotor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	7	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de los fusibles y fases del motor	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	8	N	N	N	S	N	N	N			No hay mantenimiento programado. Se recomienda chequear el estado de contactores y protección del motor.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
1	A	8	S				N	N	N	S		Pesquisa de falla. Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.	Técnico eléctrico.
												Inspeccionar el estado de los rodamientos, cambiarlos de ser necesario.	Cada 6 meses.	Técnico mecánico.

ANEXO K. CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

SISTEMA	EQUIPO	ESTRATEGIA	ACTIVIDAD A REALIZAR	FRECUENCIA
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión PR15207.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas.	Diario.
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión TV15209.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar el cuerpo de la válvula para observar posible fugas.	Diario.
Aire de instrumentación.	Secador.	Mantenimiento basado en la condición.	Observar diferencial de presión.	Diario.
Levantamiento del generador	Filtro de aceite.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión en el filtro.	Diario.
Levantamiento del generador	Filtro de aceite.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión . Si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función. Chequear el elemento filtrante y en caso de estar muy deteriorado reemplazarlo.	Diario.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.
Aceite de lubricación.	Enfriador de aceite de lubricación.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el rotor y chequear si es producido por un desbalanceamiento, Balancear el rotor de ser necesario.	Mensual.

Aire de instrumentación.	Filtro F4.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión en el filtro, en caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar elemento filtrante.	Mensual.
Aire de instrumentación.	Filtro F4.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el diferencial de presión si tiende a cero será clara evidencia de que el filtro esta suelto y no esta ejerciendo su función. Chequear el elemento filtrante y en caso de estar muy deteriorado reemplazarlo.	Mensual.
Enfriamiento del rotor.	Enfriador de aire.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el rotor y chequear si es producido por un desbalanceamiento. Balancear el rotor de ser necesario.	Mensual.
Levantamiento del generador.	Bomba de levantamiento.	Mantenimiento basado en el tiempo.	Inspección del cuerpo de la bomba para detectar posibles fugas por sellos del cuerpo de la bomba. Cambiar los sellos.	Mensualmente.
Levantamiento del generador.	Bomba de levantamiento.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar niveles de vibración en el acople.	Mensual.
Aceite de lubricación.	Enfriador de aceite de lubricación.	Mantenimiento basado en la condición.	Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.	Cada 6 meses.
Aire de instrumentación.	Compresor auxiliar.	Mantenimiento basado en la condición.	Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.	Cada 6 meses.
Aire de instrumentación.	Compresor auxiliar.	Mantenimiento basado en la condición.	Verificar el estado de la correa y cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.

Enfriamiento del rotor.	Enfriador de aire.	Mantenimiento basado en la condición.	Verificar estado y tensión en la correa, con un indicador de tensión.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión PR15207.	Mantenimiento basado en la condición.	Realizar calibración de la válvula. Inspección del transductor.	Anualmente.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear los rodamientos y reemplazarlos en caso de ser necesario.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear alineación motor-bomba.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Motor de la bomba de emergencia.	Pesquisa de falla.	Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar el estado de los rodamientos, cambiarlos de ser necesario.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Enfriador de aceite de lubricación.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar estado de ser necesario.	Cada 6 meses.
Aceite de lubricación.	Válvula reguladora de presión TV15209.	Mantenimiento basado en la condición.	Realizar calibración de la válvula. Inspección del transductor.	Anualmente.
Aire de instrumentación.	Compresor auxiliar.	Mantenimiento basado en la condición.	Verificar estado del rodamiento, cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.

Aire de instrumentación.	Secador.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear el elemento filtrante, cambiar si es necesario.	Cada 6 meses.
Enfriamiento del rotor.	Enfriador de aire.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspeccionar estado de rodamientos, cambiar de ser necesario.	Cada 6 meses.
Levantamiento del generador.	Bomba de levantamiento.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear los rodamientos y reemplazarlos en caso de ser necesario.	Cada 6 meses.
Levantamiento del generador	Filtro de aceite.	Mantenimiento basado en la condición.	En caso de llegar el diferencial de presión a 5 psi cambiar elemento filtrante.	Cada 6 meses
Aceite de lubricación.	Motor. Enfriador de aceite de lubricación.	Pesquisa de falla.	Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.
Aire de instrumentación.	Motor. Compresor auxiliar.	Pesquisa de falla.	Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.
Aire de instrumentación.	Secador.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspección de las válvulas del secador, cambiar el kit de ser necesario.	Anualmente.
Aire de instrumentación.	Secador.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspección del reloj controlador del ciclo.	Anualmente.

Enfriamiento del rotor.	Motor Enfriador de aire.	Pesquisa de falla.	Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.
Levantamiento del generador.	Bomba de levantamiento.	Mantenimiento basado en la condición.	Chequear alineación motor-bomba.	Anualmente.
Levantamiento del generador.	Bomba de levantamiento.	Pesquisa de falla.	Aplicar prueba de análisis de frecuencia en las barras del rotor para apreciar la cantidad de barras rotas.	Anualmente.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en el tiempo.	Cambiar los anillos de desgaste de la bomba.	Cada 2 años.
Aceite de lubricación.	Bomba de emergencia.	Mantenimiento basado en el tiempo.	Realizar chequeo de los componentes de la bomba Cambiar los sellos.	Cada 2 años.
Aire de instrumentación.	Compresor auxiliar.	Mantenimiento basado en el tiempo.	Cambiar los anillos de desgaste del pistón.	Cada 2 años.
Aire de instrumentación.	Compresor auxiliar.	Mantenimiento basado en la condición.	Inspección de las válvulas de admisión y descarga, cambiar el kit de ser necesario.	Cada 2 años.

ANEXO L. FORMATO DE INSPECCION.



**ELECTRICIDAD DE CARACAS
PLANTE JOSÉ MARIA ESPAÑA
UNIDAD DE MANTENIMIENTO
FORMATO DE INSPECCIÓN**

Fecha:	Realizado por:
Identificación del equipo:	Unidad:
Código del equipo:	
Marca:	Modelo:
Inspección realizada:	
Se requiere cambiar el equipo: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Equipo a cambiar:	
Motivo de cambio:	
Observaciones:	
Realizado por	Revisado por:
Nombre:	Nombre:
Firma:	Firma: