

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
PARA UN GENERADOR ELÉCTRICO DE 215MVA**

**INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

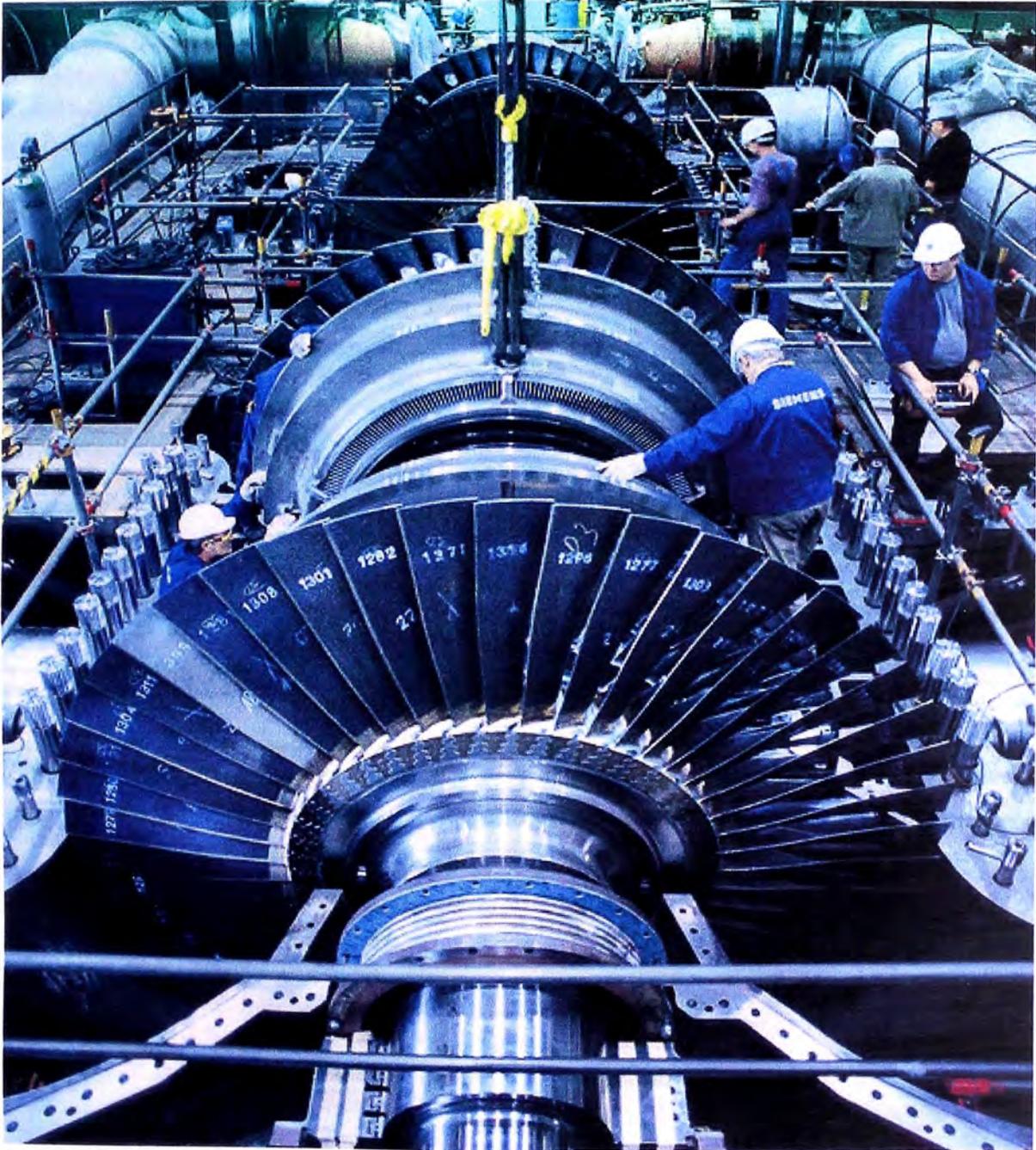
**AMER JOHN MIRANDA TAFUR**

**PROMOCIÓN 2005-II**

**LIMA-PERÚ**

**2010**

# MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA UN GENERADOR ELÉCTRICO DE 215MVA



## CONTENIDO

PRÓLOGO .....	6
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>6</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1 Objetivo General .....	7
1.2 Objetivo Específicos .....	7
1.3 Alcances .....	7
1.4 Limitaciones .....	7
1.5 Justificación .....	8
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>9</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 Análisis de Criticidad de los sistemas .....	9
2.2. Grados de criticidad .....	9
2.3. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM2 .....	11
2.3.1 Objetivo del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad .....	11
2.3.2 Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad .....	12
2.3.3 Limitaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad .....	12
2.3.4 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa .....	12
2.3.5 Tareas proactivas .....	13
2.3.6 Tareas Preventivas .....	13
2.3.7 Tareas principales del análisis RCM2 .....	13
2.3.8 RCM2: Las siete preguntas básicas .....	14
2.3.8.1 Funciones y Parámetros de Funcionamiento .....	15
2.3.8.2 Fallas funcionales .....	15
2.3.8.3 Modos de fallas (Causa de la falla) .....	16
2.3.8.4 Efectos de falla (Que sucede cuando falla) .....	16
2.3.8.5 Consecuencias de la falla .....	17
2.3.9 Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F.) .....	18
2.3.9.1 Método del Análisis de Modos y Efectos de Fallas .....	18
2.3.9.2 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales (A.M.E.F.) .....	19
2.3.9.3 Análisis de Árbol de Falla (A.A.F.) .....	19
2.3.9.4 Beneficios del Análisis del Árbol de Fallas .....	20
2.3.9.5 Limitaciones del A.A.F. .....	20
2.3.9.6 Niveles de análisis y Hoja de información RCM2 .....	21
2.3.9.7 Nivel de análisis .....	21
2.3.9.8 Hoja de información (HI) .....	21
2.3.9.9 El diagrama y Hoja de decisión (HD) del RCM2 .....	21
2.4 Hoja de decisión (HD) .....	23
2.5 Implementando las recomendaciones de RCM2 .....	23
2.5.1 Implementación y Los pasos claves .....	23
2.5.2 La auditoria de RCM .....	25
2.5.3 Descripción de tareas .....	
2.5.4 Implementando cambios a realizar por única vez .....	
2.5.5 Grupo de tareas .....	29
2.5.6 Sistemas de planeamiento y control de mantenimiento .....	30

2.5.6.1	Programas de mantenimiento de Alta y Baja Frecuencia.....	30
2.5.6.2	Programas realizados por los Operarios .....	30
2.5.6.3	Programas y controles de calidad .....	31
2.5.6.4	Programas de alta frecuencia realizados por el personal de mantenimiento.....	31
2.5.6.5	Programas de alta frecuencia realizados por el personal de mantenimiento.....	31
2.5.6.6	Planeamiento basado en el tiempo transcurrido .....	31
2.5.6.7	Programas basados en el tiempo de funcionamiento.....	32
2.5.7	Reportando defectos.....	32
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>33</b>
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS ACTUAL .....</b>	<b>33</b>
3.1	Sistemas del grupo de generación.....	33
3.2	Análisis de criticidad de los sistemas .....	37
3.3	Contexto Operacional del sistema crítico seleccionado según el análisis .....	38
3.4	Sistema Generador OAC (Open Air Cooler).....	38
3.4.1	Función .....	38
3.4.2	Bases del Diseño .....	38
3.4.3	Descripción .....	39
3.4.4	Generador.....	39
3.4.5	Base del Generador .....	40
3.4.6	Armadura del Generador.....	41
3.4.7	Levantamiento hidráulico para la chumacera.....	42
3.4.8	Sistema de Aceite .....	42
3.4.9	Núcleo del estator y Armazón interno .....	42
3.5	Limitaciones en el Núcleo del Estator .....	42
3.5.1	Devanado del Estator.....	44
3.5.1.1	Devanado del Estator y las Vueltas a sus Extremos.....	46
3.5.1.2	Terminales principales y del neutro del estator .....	47
3.5.1.3	Detectores de temperatura en el devanado del Estator .....	47
3.5.1.4	Tipos de RTD's .....	47
3.5.1.5	Detalle de instalación de los detectores de temperatura.....	48
3.5.1.6	Lista de ubicación e instalación de los RTD's del Generador.....	50
3.5.2	Rotor .....	52
3.5.2.1	Devanado de la flecha.....	52
3.5.2.2	Chumaceras / Cojinetes y Pedestales.....	54
3.5.2.3	Ventilación.....	54
3.5.2.4	Recinto del Generador .....	57
3.5.2.5	Filtros de Aire para la operación AOC.....	58
3.5.2.6	Switch de presión diferencial y manómetro.....	58
3.5.3	Excitación Estática .....	59
3.5.4	Colector.....	59
3.5.4.1	Componentes rotativos .....	61
3.5.4.2	Componentes Estacionarios .....	62
3.5.5	Recinto del Colector .....	62
3.5.6	Regulador de Voltaje.....	62

3.5.7	Calentadores para evitar la condensación .....	63
3.5.8	Relevadores de protección.....	63
3.5.9	Temperatura.....	63
3.6	Monitoreo de Vibraciones.....	64
3.6.1	Lista de ubicación e instalación de Transductores de Vibración del Generador .....	64
3.7	Operación.....	65
3.7.1	SPPA-T3000 Descripción general del sistema de control .....	65
3.7.1.1	Arquitectura de Hardware .....	66
3.7.1.2	Interfaces .....	67
3.7.1.3	Descripción de la Comunicación .....	69
3.7.1.4	Ethernet Network.....	69
3.7.1.5	Bus de campo PROFIBUS DP .....	70
3.7.1.6	Redes .....	71
3.7.1.7	Profibus DP .....	73
3.7.1.8	Descripción de Interfaces de Proceso.....	73
3.7.1.9	Descripción general del sistema .....	75
3.7.2.0	Funcionalidad básica.....	75
3.8	Arranque .....	78
3.9	Sincronizar el generador al sistema .....	78
3.9.1	Operación bajo carga .....	79
3.9.2	Curvas de capacidad del Generador.....	79
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>88</b>
4.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN .....	88
4.1	Límites de análisis del sistema generador Siemens.....	88
4.2	Relación de funciones propuestas .....	88
4.3	Alarmas del generador y límites de salida de operación del grupo .....	89
4.4	Hoja de trabajo de información RCM2.....	91
4.5	Hoja de trabajo de Decisión .....	96
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>100</b>
5.	IMPLEMENTACIÓN DE RECOMENDACIONES DEL RCM2 AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL .....	100
5.1	Planes de mantenimiento.....	100
<b>CAPÍTULO VI</b>	.....	<b>103</b>
6.	COSTO DEL MANTENIMIENTO RCM2 .....	103
6.1	Costo del programa anual de mantenimiento.....	103
6.2	Tendencia mensual de la implementación del RCM2 .....	108
6.3	Indicadores del Sistema Generador.....	109
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	110
8.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	117
<b>ANEXO</b>		
<b>PLANOS</b>		

## PROLOGO

Uno de los costos más importantes para la empresa de generación eléctrica son los relacionados con el mantenimiento, debido a este motivo nace la necesidad de que el mantenimiento de los activos de la empresa sean manejados con mayor análisis.

Por tal motivo, los profesionales envueltos en las áreas operativas, dentro de la generación de energía eléctrica, desean por razones obvias que sus activos se encuentren en estado de disponibilidad durante tanto tiempo como sea posible. Partir de ello aplicaremos el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM2) de acuerdo a la actual situación de la empresa.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. Objetivo General**

Implementar un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM2) al Sistema Generador Eléctrico de 215MVA de la central térmica de generación de energía eléctrica SIEMENS, para obtener un mantenimiento efectivo desde un punto de vista técnico económico, que reduzca al mínimo las averías y será rentable al propiciar que los indicadores o índices de operación mejoren, los costos se reduzcan, los almacenamientos de equipos sean mínimos y como consecuencia que la productividad aumente.

#### **1.2. Objetivo Específicos**

- Incrementar la vida útil del Generador Eléctrico de 215MVA y de los equipos asociados de la central térmica SIEMENS.
- Conservar y aumentar la capacidad de producción de energía
- Excelente calidad del proceso.
- Mayor disponibilidad y fiabilidad de la central eléctrica.
- Menores costos de mantenimiento.
- Contribuir para que los procesos no dañen el medio ambiente.
- Garantizar la seguridad y conservación los activos de la empresa.
- Planificar las tareas bajo los criterios de confiabilidad

#### **1.3. Alcances**

Las técnicas de análisis RCM2 se aplicarán al Generador Eléctrico de 215MVA de la central térmica de generación de energía eléctrica SIEMENS, específicamente:

- Sistema Generador Eléctrico 215MVA, 16.5KV, 3600RPM y 0.8 PF.

Por ser el sistema Generador Eléctrico 215MVA prioritario y porque está relacionado de forma directa con la operación del grupo de generación de energía eléctrica.

El análisis RCM2 se podrá extender a otros sistemas del grupo de generación SIEMENS de acuerdo al análisis de criticidad de los mismos.

#### **1.4. Limitaciones**

El análisis de RCM2 implementado es básicamente para problemas de operación, de orígenes mecánicos, eléctricos y de control.

El análisis tendrá su máxima eficiencia si se aplica todas las técnicas del RCM2 para el cual se necesitará el compromiso de las áreas involucradas.

Se debe tener un pleno conocimiento mecánico, eléctrico y de control del sistema a analizar, el tener profesionales especialistas facilita y se logra excelentes resultados en el análisis.

### **1.5. Justificación**

El ahorro anual en modos de falla que tienen consecuencias operacionales será considerable, también se logra mayor conocimiento del sistema a analizar, lo cual llevara a reducir los tiempos de respuesta ante cualquier falla del mismo.

Con las técnicas aplicadas se practica el trabajo en equipo, así como también se obtiene una buena planificación de las actividades a realizar en el programa anual de mantenimiento, cumpliendo así con la actualización y la mejora continúa del proceso.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Análisis de Criticidad de los sistemas

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- A. Seguridad
- B. Ambiente
- C. Producción
- D. Costos (operacionales y de mantenimiento)
- E. Tiempo promedio para reparar
- F. Frecuencia de falla

#### 2.2. Grados de criticidad

De acuerdo a los valores ponderados obtenidos para cada variable se establecerán 4 grados de criticidad que permitirán tomar la decisión de efectuar mantenimiento preventivo o correctivo de acuerdo a la tabla de decisión.

## TABLA DE PRIORIDADES PARA EVALUAR EQUIPOS Y/O SISTEMAS

ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
<b>1 EFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES Y MEDIO AMBIENTE</b>				
	Para		4	Afecta al medio ambiente
	Reduce		2	
	No para		0	
<b>2 VALOR TECNICO ECONOMICO</b>				
Considerar el costo de Adquisición, operación y mantenimiento.	Alto		3	Mas de US\$ 50 000
	Medio		2	
	Bajo		1	Menos de US\$ 10 000
<b>3 LA FALLA AFECTA</b>				
a. Al equipo en Si	Si		1	¿Deteriora otros componentes?
	No		0	
b. Al servicio	Si		1	¿Origina problemas a otros equipos?
	No		0	
c. Al operador	Riesgo		1	¿Posibilidad de accidentes al operador?
	Sin Riesgo		0	
d. A la seguridad en general	Si		1	¿Posibilidad de accidentes a otras personas u otros equipos cercanos?
	No		0	Menos de US\$ 10 000
<b>4 PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>				
	Alto		2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
	Bajo		0	
<b>5 FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA</b>				
	Único		2	No existe otro igual o similar
	By Pass		1	El sistema puede seguir funcionando
	Stand By		0	Existe otro igual o similar no instalado
<b>6 DEPENDENCIA LOGISTICA</b>				
	Extranjero		2	Repuestos se tienen que importar
	Loc. / Ext.		1	Algunos repuestos se compran localmente
	Local		0	Repuestos se consiguen localmente
<b>7 DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA</b>				
	Terceros		2	El mantenimiento requiere contratar a terceros
	Propia		0	El mantenimiento se realiza con personal propio
<b>8 FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>				
	Baja		1	Mantenimiento Difícil
	Alta		0	Mantenimiento Fácil

ESCALA DE REFERENCIA		
A	CRITICA	16 a 20
B	IMPORTANTE	11 a 15
C	REGULAR	06 a 10
D	OPCIONAL	00 a 05

Tabla 2.1 Evaluación de equipos y/o sistemas

## **2.3. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM2**

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM2 es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. Desarrollada por la United Airline de Estados Unidos inicialmente como RCM. El cual al extenderse a otros tipos de industrias toma la denominación de RCM2.

El RCM2 analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las raíces de las causas.

La idea central del RCM2 es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos.

Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función.

También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

El proceso de análisis global del RCM2 se resume como sigue:

- a. Análisis de fallos funcionales. Define el funcionamiento del componente en un equipo, su fallo funcional, y sus efectos de fallo.
- b. Selección de ítems críticos. Determina y analiza que componentes, sistemas se caracterizan como funcionalmente significativos.
- c. Decisión lógica del RCM2. Incluye el análisis de los ítems funcionalmente significativos (IS), para determinar la consecuencia del fallo.
- d. Análisis de inspección. La inspección determina qué datos son necesarios para el apoyo del análisis RCM2.
- e. Resumen de los requisitos de mantenimiento. Determina la agrupación de los requisitos óptimos del nivel de mantenimiento que se practica.

### **2.3.1 Objetivo del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**

El objetivo del M.C.C es mejorar la Confiabilidad, Disponibilidad y Productividad de la unidad de procesos a través de la optimización del esfuerzo y los costos de mantenimiento, disminuyendo las tareas de mantenimiento

correctivo y aumentando las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Aplicaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

El M.C.C se aplica en áreas donde hay equipos que presentan las siguientes características:

- 1 Que sean indispensables para la producción, y que al fallar generen un impacto considerable sobre la seguridad y el ambiente.
- 2 Generan gran cantidad de costos por acciones de mantenimiento preventivo o correctivo.
- 3 Si no es confiable el mantenimiento que se las ha aplicado.
- 4 Sean genéricos con un alto coste colectivo de mantenimiento.

### **2.3.2 Beneficios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:**

Cuando se aplica correctamente el M.C.C obtenemos los siguientes beneficios:

- 1 Mayor protección y seguridad en el entorno.
- 2 Se logra aumentar los riesgos operativos.
- 3 Optimización de los costos de mantenimiento.
- 4 Se extiende el periodo de vida útil de los equipos.
- 5 Se genera una amplia base de datos de mantenimiento.
- 6 Motivación en el personal.
- 7 Mayor eficiencia en el trabajo de grupo.

### **2.3.3 Limitaciones del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:**

Básicamente el M.C.C presenta dos barreras, las cuales deben considerarse detalladamente a la hora de aplicar los planes que el mismo genera, previo a un estudio. Ellas son:

El tiempo requerido para obtener resultados es relativamente largo.

Si bien es cierto que a largo plazo aumenta la relación costo / beneficio, en un principio, requiere una alta inversión de recursos.

### **2.3.4 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R):**

Es la metodología de confiabilidad que parte de un plan de mantenimiento que ha sido aplicado, se esta aplicando o se pretende aplicar en un sistema (activo, equipo, etc.), la cual a través de la documentación histórica de fallas del equipo y de la experiencia obtenida durante la ejecución del plan de mantenimiento en el activo (u otro equipo que opere en una situación similar), establece un "ciclo de mejora continuo" donde se optimizan las tareas y frecuencias de mantenimiento.

Características del mantenimiento Centrado en Confiabilidad en reserva.

- 1 Identifica las actividades o tareas de mantenimiento asignadas a un activo, su frecuencia de aplicación, modos de falla y efecto.
- 2 Jerarquiza las actividades de mantenimiento, basándose en el beneficio

de aplicar o no las tareas de mantenimiento analizadas.

- 3 Establece un plan de mantenimiento continuo, que permite optimizar las actividades de mantenimiento diseñadas o también implementar nuevas.

### 2.3.5 Tareas proactivas

Mucha gente todavía cree que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento proactivo de rutina. El pensamiento de la segunda generación sugiere grandes reparaciones o reposiciones de componentes a intervalos fijos.

- 1 **Consecuencia de Fallos no Evidentes:** Son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que puede originar otros fallos con mayores consecuencias a la organización. Por lo general este tipo de fallas es generado por dispositivos de protección. Los cuales no poseen seguridad inherente. El M.C.C. le da a este grupo de fallos una alternativa, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- 2 **Consecuencia en el Medio Ambiente y la Seguridad:** El M.C.C. presenta mucha atención al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, así como las repercusiones en la seguridad (tomando en consideración los artículos y disposiciones de leyes y reglamentos hechas para legislar en este campo) haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento.

Consecuencias operacionales: Son aquellas que afectan la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación).

Consecuencias no operacionales: Son aquellas ocasionadas por cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación.

### 2.3.6 Tareas Preventivas:

En la segunda generación del mantenimiento se suponía que la mejor forma de aumentar la disponibilidad de una planta era mediante la aplicación de acciones preventivas a intervalos fijos, es decir, que debía de hacerse la reparación del equipo o cambio de sus componentes una vez transcurrido cierto periodo de tiempo, y esperar que pasar la misma cantidad para repetir el procedimiento.

### 2.3.7 Tareas principales del análisis RCM2.-

Los principales elementos del análisis RCM2 se resumen en doce pasos como sigue:

- Estudios y preparación.

- Definición y selección de sistemas.
- Análisis funcional de la falla.
- Selección de ítems críticos.
- Tratamiento de los ítems no críticos.
- Colección y análisis de los datos.
- Análisis de los modos de fallo y sus efectos.
- Selección de las tareas de mantenimiento.
- Determinación de los intervalos de mantenimiento.
- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento.
- Implantación de recomendaciones.
- Seguimiento de resultados.

### 2.3.8 RCM2: Las siete preguntas básicas

El proceso de RCM2 formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

- *¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento asociado al activo en su actual contexto operacional?*
- *¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?*
- *¿Cuál es la causa de cada falla funcional?*
- *¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?*
- *¿En qué sentido es importante cada falla?*
- *¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?*
- *¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?*

Estas preguntas son desarrolladas brevemente en los párrafos siguientes.

El RCM2. Centra su atención en la relación existente entre la organización y los elementos físicos que la componen. Por lo tanto es importante de que antes de comenzar a explorar esta relación detalladamente, se conozca el tipo de elemento físicos existentes y decidir cual de ellos deben estar sujetos a una revisión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Posteriormente debe hacerse énfasis en la resolución de las siete preguntas, las cuales nos permiten consolidar los objetivos de esta filosofía (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo óptimo de los recursos)

Se cuenta con técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del RCM2. Como:

- a) **El análisis de los Modos y Efectos de las fallas.**- Nos ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en sus contexto operacional (nos ayuda a responder las 4 primeras preguntas)

- b) **El Árbol Lógico de Decisión.**- Nos permite decidir cuales son las actividades de mantenimiento mas óptimas (nos ayuda a responder las 3 restantes).

Establecer respuestas a las siete preguntas del RCM2, Requiere Se analicen los siguientes aspectos:

### 2.3.8.1 Funciones y Parámetros de Funcionamiento

Antes de poder definir que proceso aplicar para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional, Necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar que es lo que sus usuarios quieren que haga, y
- Asegurar que sea capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por eso el primer paso en el proceso de RCM2 es definir las funciones de cada activo en su contexto Operacional, junto a los parámetros de funcionamiento deseado. Lo que los usuarios esperan que sean realizados por los activos puede ser dividido en dos categorías:

- **Funciones primarias.** Que resumen el porque de la adquisición del activo en primera instancia. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de carga o almacenaje, calidad de producto y servicio al cliente.
- **Funciones secundarias.** Que indican que se espera de cada activo que haga más de allá de simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regularizaciones ambientales, y hasta la apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generales están por lejos en la mejor posición para saber exactamente que contribuciones físicas y financieras el activo hace para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM2 desde el comienzo. Si es hecho correctamente, este paso solo toma alrededor de un tercio del tiempo que implica un análisis del RCM2 completo. Además hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable (muchas veces acerca de cómo realmente funciona el equipo).

### 2.3.8.2 Fallas funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. ¿Cómo puede el mantenimiento alcanzar estos objetivos.

El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñar conforme a los parámetros requeridos por su usuario es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al aplicar un abordaje apropiado en el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar herramientas apropiadas para el manejo de una falla, necesitamos identificar

que fallas pueden ocurrir. El proceso RCM2 lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identificas las circunstancias que llevan a la falla.
- Luego se preguntan que eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo de RCM, los estados de fallas son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. Sumando a la incapacidad total de funcionar, esta definido abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión). Pero estas solo pueden claramente identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

### **2.3.8.3 Modos de fallas (Causa de la falla)**

Como se menciona en el párrafo anterior, una vez que se ha identificado la falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que pueden haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de fallas. Los modos de fallas posibles incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto. También o incluyen fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aun no han ocurrido pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión.

La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resultan adecuadamente, esta lista debe incluir fallas causada por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento) y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentado tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado, es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiados en los detalles.

### **2.3.8.4 Efectos de falla (Qué sucede cuando fallá)**

El cuarto paso en el proceso de RCM2 consiste en hacer un listado de los efectos de fallas, que describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla. Esta descripción debe incluir toda la información necesaria y sirve para apoyar la evaluación de las consecuencias de las fallas, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De que modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si es que la representa).
- Que daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modo de falla y efectos de falla trae asombrosos y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el desempeño y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio.

### 2.3.8.5 Consecuencias de la falla

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres y diez mil posibles modo de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Puede afectar operaciones. También puede afectar a la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Y todas tomarán tiempo y costarán dinero para ser reparadas.

Un punto afuera de RCM2 es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus aspectos técnicos. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas, sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas. El proceso de RCM2 clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- **Consecuencias de fallas ocultas:** las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría está asociada a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede herir o matar alguna persona. Tienen consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- **Consecuencias operacionales:** si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente o costos operacionales) además del costo directo de la reparación.
- **Consecuencias no operacionales:** las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo se relacionan con el costo directo de la reparación.

Son estas consecuencias las que fuertemente influyen en el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si tiene consecuencias leves o no las tiene, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básicas.

Luego veremos como el proceso de RCM2 hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Al establecer una revisión obligada de la consecuencia de cada modo de falla en relación a las categorías ya mencionadas, integras a los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad de la función de mantenimiento. Esto contribuye a incorporar a la seguridad y al medio ambiente en la corriente principal de gestión del mantenimiento.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la

idea de que toda falla es negativa y puede ser prevenida. De esta manera localiza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño, sobre la organización y resta importante aquellas que tienen escasos efectos, también nos alienta a pensar de una manera mas amplia acerca de diferentes maneras de manejar las fallas, mas que concentrarnos en prevenirlas. Las técnicas de manejo de falla se dividen en dos categorías.

- **Tareas proactivas:** estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como el mantenimiento “predictivo” o “preventivo”, aunque veremos luego que RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.

- **Acciones a falta de:** estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva afectiva. Las acciones “a falta de” incluyen búsqueda de falla, rediseñar y mantenimiento a rotura (correctivo).

La sección siguiente trata el tema de las tareas proactivas en mayor profundidad.

### 2.3.9 Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F.)

El A.M.E.F es un método que nos permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se podrán clasificar las fallas por orden de importancia, permitiendo directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

#### 2.3.9.1 Método del Análisis de Modos y Efectos de Fallas

Este proceso necesita de cierto periodo de tiempo para aplicarlo en el estudio de un sistema, un análisis detallado y una documentación acertada para poder generar una jerarquía clara y bien relacionada. Su procedimiento como tal implica las siguientes actividades.

- 1 **Definir el sistema:** Se refiere a que se debe definir claramente el sistema a ser evaluado, las relaciones entre los componentes del sistema y el nivel de análisis que debe ser realizado.
- 2 **El análisis de los modos de fracaso:** Consiste en definir todos los modos de falla potenciales a ser evaluados en el nivel mas bajo. Por ejemplo, la pérdida de rendimiento, funcionamiento intermitente, etc.
- 3 **Análisis de los efectos de fallas:** Define el efecto de cada modo de falla en la función inmediata, los niveles mas altos de riesgo en el sistema, y la función misión a ser realizada. Esto podría incluir una definición de síntomas disponible al operador.
- 4 **La rectificación (Opcional):** Determina la acción inmediata que debe ejecutar el operador para limitar los efectos de las fallas o para restaurar la capacidad operacional inmediatamente, además de las acciones de mantenimiento requeridas para rectificar las fallas.

- 5 **Cuantificación de la Rata de Fallas (Opcional)**: Si existe suficiente información, la rata de falla, la proporción de la rata, o la probabilidad de falla de cada modo de fallo deberían ser definidas. De esta forma puede cuantificarse la proporción de fracaso total o la probabilidad de falla asociada con un efecto de un modo de fallo.
- 6 **Análisis crítico (Opcional)**: Nos permite determinar una medida que combina la severidad o impacto de la falla con la probabilidad de que ocurra. Este análisis puede ser cuantitativo o cualitativo.
- 7 **Acción correctiva (Opcional)**: Define cambios en el diseño operando procedimientos o planes de prueba que mitigan o reducen las probabilidades críticas de falla.

### 2.3.9.2 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales (A.M.E.F.)

Un A.M.E.F. funcional se basa en la estructura funcional del sistema en lugar de los componentes físicos que lo componen. Un A.M.E.F. de este tipo debe utilizarse si cualquiera de los componentes no tienen identificación física o si el sistema es muy complejo. Es idéntico al A.M.E.F. normal, solo que los modos de fallas son expresados como fallas para desarrollar las funciones particulares de un sub. Sistema.

Igualmente el análisis funcional debe considerar las funciones primarias y secundarias, que requieren decir, las funciones para que el subsistema esta provisto y las funciones que son solamente una consecuencia de la presencia del subsistema respectivamente.

### 2.3.9.3 Análisis de Árbol de Falla (A.A.F)

La técnica del diagrama del árbol de falla es un método que nos permite identificar todas las posibles causas de un modo de falla en un sistema en particular. Además nos proporciona una base para calcular la probabilidad de ocurrencia por cada falla del sistema. Esta técnica es conveniente aplicarla en sistemas que tengan redundancia.

Mediante un A.A.F podemos observar en forma grafica la relación lógica entre un modo de fallo de un sistema en particular y la causa básica de fracaso. Esta técnica usa una compuerta "Y" que se refiere a que todos los eventos debajo de la compuerta deben ocurrir para que el evento superior a la misma pueda ocurrir de la misma forma utiliza una compuerta "o" que denota que al ocurrir cualquier evento situado debajo de la compuerta, el evento situado arriba ocurrirá.

Luego de realizado el A.A.F. se procede a calcular por medio de los métodos de sistemas en serie, sistemas en paralelo, sistemas paralelos activos con redundancia parcial y sistemas con unidades e reserva, la probabilidad de falta del sistema o del evento de cima.

Con una acertada aplicación esta técnica se puede determinar los elementos potencialmente críticos durante la temprana etapa de diseño, mientras que cuando se requiere un análisis mas profundo del sistema en la etapa del detalle del diseño, aplicamos un Análisis de Modo y Efecto de Falla. Los A.A.F. nos

proveen de una base objetiva para analizar el diseño de un sistema, desempeñando estudios de comercio / fuera analizado casos comunes o modos de fallas comunes, evaluando la complacencia en los requisitos de seguridad las justificaciones de diseño de mejoras.

### **Método:**

El análisis de Árbol de falla consta de seis pasos fundamentales, los cuales son:

- 1 Definición del sistema, es decir, los elementos que componen el sistema, sus relaciones funcionales y las funciones requeridas.
- 2 La definición del evento cima debe ser analizado, así como el límite de su análisis.
- 3 La contracción del A.A.F por rastreo de los eventos debajo de la cima y progresivamente eventos debajo por categorías y niveles con sus especificados funcionales.
- 4 Estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de las causas de fracaso.
- 5 Identificación de cualquier fracaso de la causa común potencial que afecta las compuertas "y".
- 6 Calcular la probabilidad de ocurrencia del evento de cima de falla.

### **2.3.9.4 Beneficios del Análisis del Árbol de Fallas:**

- 7 Lleva al analista a descubrir la falla de una forma deductiva.
- 8 Indica las partes del sistema que son sumamente importantes debido a que en las mismas se localizan las fallas de interés.
- 9 Proporciona medios claros, precisos y concisos de impartir información de confiabilidad a la gerencia.
- 10 Provee un significado cualitativo y cuantitativo de análisis de confiabilidad.
- 11 Permite no mal gastar esfuerzos, al concentrarse en un modo de falla del sistema o los efectos que genera el tiempo.
- 12 Provee al analista y al diseñador de un claro entendimiento de las características de confiabilidad y rasgos del diseño.
- 13 Permite identificar posibles problemas de confiabilidad.
- 14 Habilita fallas que pueden ser evaluadas.

### **2.3.9.5 Limitaciones del A.A.F.**

Las limitaciones prácticas de esta técnica se deben a la cantidad de tiempo y de esfuerzo que se debe invertirse.

De la misma forma requiere de una metodología muy estricta, una documentación sin errores, una acertada elevación de los eventos de la cima más apropiados y niveles de análisis para no mal gastar esfuerzos.

### 2.3.9.6 Niveles de análisis y Hoja de información (HI) del RCM2

El nivel de detalle que se usa para describir modos de falla en las hojas de información también está influenciado por el nivel en el cual se lleva a cabo el A.M.F.E. Por esto repasamos los factores principales que influyen en el nivel de análisis general (también conocido como nivel de documentación) antes de considerar como esto afecta el detalle con el que se describen los modos de falla.

### 2.3.9.7 Nivel de análisis

RCM se define como un proceso usado para determinar que es lo que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional presente.

### 2.3.9.8 Hoja de información (HI)

RCM II HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN © 2003 ALADON LTD.	SISTEMA (EQUIPO) GENERADOR SIEMENS- CENTRAL SANTA ROSA	No.	Revisado por	Fecha 2do Sem 2009	Hoja 58	
	SUBSISTEMA (COMPONENTE) GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS	Ref.	Revisado por	Fecha 20/08/2009	de 00	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTO DE LA F. AL: ¿Que sucede cuando falla?			
						1.
						2.
						3.
						4.
						5.
						6.
						7.
						8.
						9.
						10.
						11.
						12.
						13.
						14.
						15.
						16.
						17.
						18.
						19.
						20.
						21.
						22.
						23.
						24.
						25.
						26.
						27.
						28.
						29.
						30.

Figura 2.1 Hoja de Información

### 2.3.9.9 El diagrama y Hoja de decisión (HD) del RCM2

#### El proceso de decisión de RCM2

La hoja de decisión permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión y en función de dichas respuestas registrar:

- Que el mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con que frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

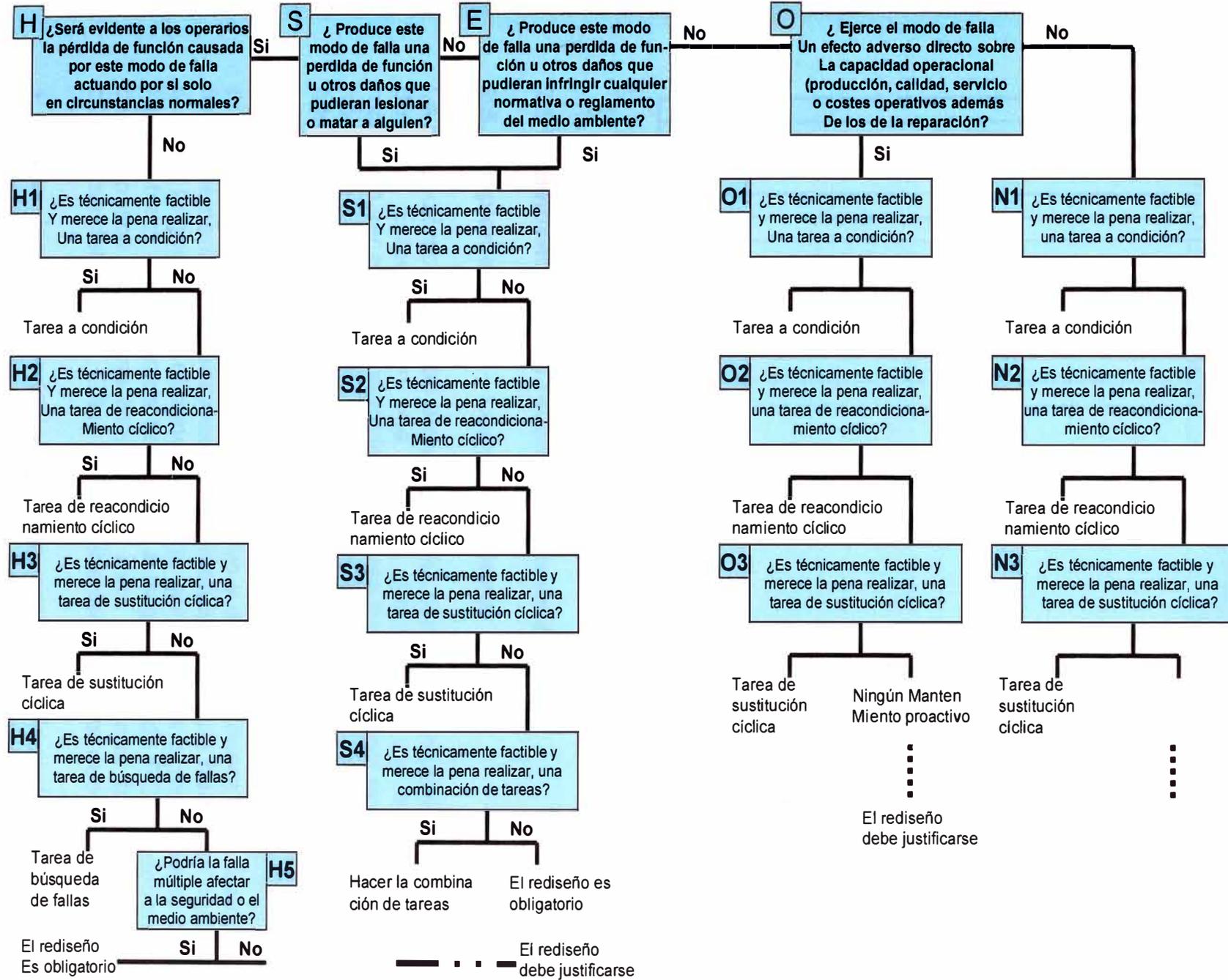


Figura 2.2 Diagrama de decisión RCM II

## 2.4 Hoja de decisión (HD)

RCM II HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN © 2003 ALADON L.T.D.										SI SEMA (EQUIPO) GENERADOR SIEMENS- CENTRAL SANTA ROSA			No.	Real izador	Fecha 2do Sem 2009	Hoja 1					
										SUBSISTEMA (COMPONENTE) GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS			Ref.	Revisado por	Fecha 20/08/2009	De 2					
										Tarea Propuesta										Frecuencia Inicial	A realizar por
Referencia de Instrucción	Evaluación de las consecuencias				H1 O1 N1	H2 O2 N2	H3 O3 N3	Tareas "a falta de"													
F	FF	MF	H	S	E	O	H4	H5	S4												
																1.					
																2.					
																3.					
																4.					
																5.					
																6.					
																7.					
																8.					
																9.					
																10.					
																11.					
																12.					
																13.					
																14.					
																15.					
																16.					
																17.					
																18.					
																19.					
																20.					
																21.					
																22.					
																23.					
																24.					
																25.					
																26.					
																27.					
																28.					
																29.					
																30.					
																31.					

Figura 2.3 Hoja de decisión

## 2.5 Implementando las recomendaciones de RCM2

### 2.5.1 Implementación – Los pasos claves

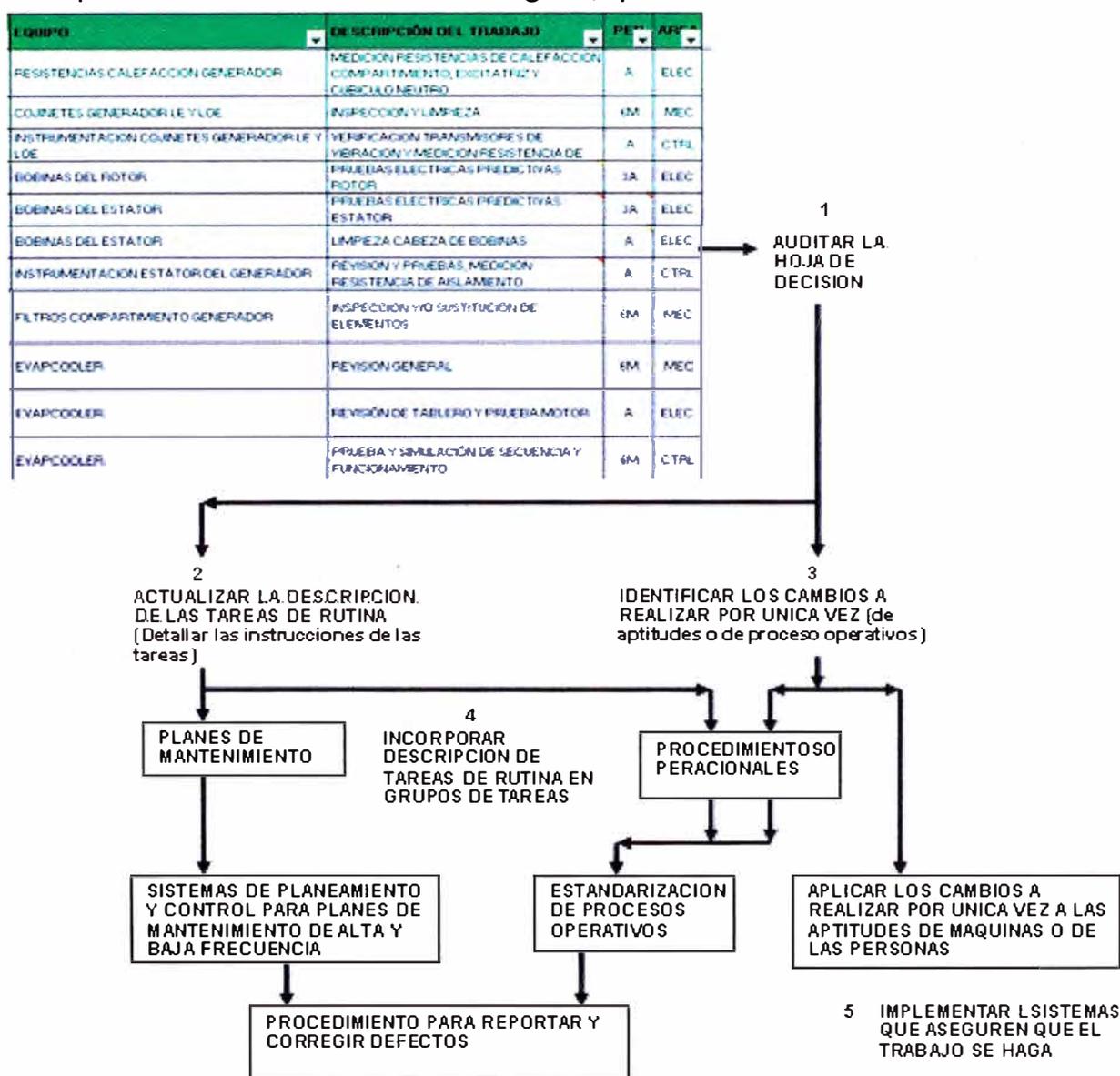
La aplicación correcta del proceso RCM2 concluye completándose las hojas de decisión. Estas detallan una cantidad determinada de tareas rutinarias que requieren ser echas a intervalos regulares para asegurar que el activo continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga, junto con las acciones “a falta de” que deben adoptarse si no puede encontrarse una tarea rutinaria adecuada.

La gente que participa de este proceso aprende y logra comprender en profundidad el funcionamiento del activo y de que manera falla. Esto hace que frecuentemente, los participantes cambien su forma de hacer las cosas, con lo que por lo general, se obtienen mejoras sensibles en el rendimiento del activo. Para obtener los máximos beneficios a largo plazo de RCM2, deben seguirse ciertos pasos sobre una base formal para implementar las recomendaciones que surjan del análisis. Estos pasos deberían asegurar que:

- Todas las recomendaciones sean aprobadas formalmente por aquellos gerentes que son los responsables finales del activo.
- Todas las tareas de rutina estén descritas de forma clara y consistente.

- Todas las acciones de cambio a realizar por única vez (a los diseños, a la manera en que el activo es operado o a la capacidad de operadores y gente de mantenimiento) sean identificadas e implementadas correctamente.
- Los cambios en las tareas de rutina y en procedimientos operativos sean incorporados en el grupo de tareas apropiado.
- Los grupos de tareas y las acciones de cambio a realizar por única vez sean implementadas. Específicamente, esto implica:
  - La incorporación de los grupos de tareas en sistemas que aseguren que estas serán echas correctamente, por la gente adecuada y en el momento correcto.
  - El asegurar que toda falla que se detecte será tratada de manera expeditiva.

Estos pasos están resumidos en la figura, que se muestra a continuación.



Después de RCM2

Figura 2.4 Pasos claves para la implementación del RCM II

## 2.5.2 La auditoria de RCM

Si se aplica correctamente, el proceso RCM provee la estructura más robusta disponible actualmente para la formación de estrategias de administración de activos. Estas estrategias inciden profundamente sobre la seguridad, la integridad ambiental y el bienestar económico de la organización que utiliza los activos. Sin embargo a pesar de los mejores esfuerzos de las personas que aplican el proceso, ocurre una falla catastrófica, todas las decisiones tomadas con RCM serán sometidas a una profunda y a veces muy controvertida, revisión por parte de instituciones regulatorias, compañías aseguradoras y representantes de las víctimas ( o de los sobrevivientes). Como resultado de esto, cualquier organización que utiliza RCM2 debe tener mucho cuidado en asegurarse que la gente que lo aplica sepa bien lo que esta haciendo y en estar satisfechos en sus decisiones.

El último paso es conocido como la auditoria RCM2.

Las auditorias RCM2 implican una revisión formal de los contenidos de las hojas de información y de decisiones de RCM.

### Qué implica la auditoria

Un análisis RCM necesita ser auditado desde el punto de vista del método y del contenido. Cuando se revisa el método aplicado, el auditor verifica que el proceso RCM2 haya sido aplicado correctamente. Cuando se revisa el contenido, el auditor verifica que se haya reunido la información correcta y que se haya sacado las conclusiones correctas, ambas cosas desde el punto de vista del activo y del proceso del que forma parte. Las cuestiones que por lo general necesitan ser atendidas son las siguientes.

### ***Niveles de análisis***

El análisis debe llevarse a cabo al nivel adecuado, el error mas común es analizar los activos con un nivel muy bajo y el síntoma usual es tener una gran cantidad de ítems con solo una o dos funciones cada uno.

### ***Funciones***

Todas las funciones del activo deben ser descritas de manera clara y correcta. Los puntos a tener en cuenta son los siguientes.

- Cada una de las funciones incluidas deben definir solo una función, a pesar que pueda incorporar más de un estándar de funcionamiento. Como regla cada una de las funciones incluidas debe contener solo un verbo (a menos que sea un dispositivo de protección)
- Los estándares de funcionamiento deben estar cuantificados, y deben identificar que es lo que debe ser capaz de hacer el activo en su contexto operacional actual y no su capacidad de diseño.
- Deben ser listados todos los dispositivos de protección y sus funciones deben estar descritas correctamente.
- Se deben listar las funciones de todos los elementos de medición e indicadores, junto con los niveles de precisión deseados.

### ***Fallas Funcionales***

Deben ser listadas todas las fallas funcionales asociadas con cada función (usualmente la perdida total de la función mas la negativa de cada uno de los estándares de funcionamiento enunciados en la función).

### ***Modos de Falla***

Asegurarse que no se haya omitido ningún modo de falla que haya ocurrido en el pasado o que tenga posibilidad cierta de ocurrir. La descripción de los modos de falla debe ser específica. En particular.

- Deben incluir un verbo y no solamente especificar un componente
- El verbo debería ser otro distinto a “falla” o “mal funcionamiento” a menos que estos sean apropiados para tratar la falla de un sistema como un modo de falla simple.
- Cuando se habla de la falla de una válvula o un interruptor debe indicarse si fallo en posición abierta o cerrada.

Los modos de falla deben estar relacionados directamente a la falla funcional que se esta considerado y no deben ser transpuestos los modos y efectos de falla.

### ***Efectos de Falla***

La descripción de los efectos de falla permite decidir:

- Si la falla será evidente para los operadores del equipo (y como será evidente)
- Si la falla afecta la seguridad (y como la afecta)
- Qué efectos tiene la falla (si existiera alguno) sobre la producción o las operaciones (volúmenes de producción, calidad de producto, servicio al cliente)

Los efectos de la falla no deberían describir de manera literal ‘el efecto en sí’ como “Esta falla afecta la seguridad” o “Esta falla es evidente”. Deben indicar el tiempo total de parada probable mas que el tiempo de reparación y debe indicar que debería ser echo para rectificar la falla (reemplazar, reparar, restaurar, etc.)

### ***Evaluación de las consecuencias***

Debe tener especial cuidado para asegurar que la pregunta de funciones ocultas se haya respondido correctamente, también se debe prestar atención especial a la evaluación de las consecuencias sobre la seguridad y el medio ambiente en aquellas fallas que son evidentes y a la efectividad de las tareas que se seleccionaron para el manejo de este tipo de fallas.

### ***Selección de tareas***

Toda aquella tarea que haya sido seleccionada no solo debe satisfacer el criterio de ser técnicamente, sino que también debe eliminar o minimizar las consecuencias de las fallas. Los puntos principales a los que debe presentar atención son:

- Si la respuesta a la pregunta H es ‘No’ y la respuesta a la pregunta H4 es ‘No’, entonces debe contestarse la pregunta H5. Si la respuesta a la

pregunta H5 es 'Si', la tarea propuesta no debe ser "Ningún mantenimiento programado"

- Si la respuesta a la pregunta S o E es "Si". La tarea propuesta no debe ser "Ningún mantenimiento programado"
- Si la falla tiene consecuencias operacionales o no operacionales, la tarea debe ser costo-eficaz.

Las tareas propuestas o las acciones "a falta de" deben ser descriptas con suficiente detalle como para que el auditor no tengas dudas en cuanto a lo que se pretende. En particular, la descripción de las tareas de rutina no debe simplemente listar el tipo de tarea ("tareas a condición programadas" o "búsqueda de fallas programadas", etc.).

La descripción de las tareas debe estar también relacionada solamente y de manera directa con el modo de falla en cuestión. No debería incorporarse una combinación de tareas ya que por lo general esto si significaría dos modos de falla diferentes (excepto que la respuesta a la pregunta S4 sea Si).

#### Intervalo inicial

Los intervalos de las tareas deben haber sido determinados de acuerdo con el criterio establecido. En particular se debe estar atento a la tendencia que existe de confundir los intervalos P-F con la vida útil cuando se definen intervalos en áreas a condición.

### 2.5.3 Descripción de tareas

Antes que cualquiera de las tareas propuestas lleguen a manos de quien debe realizarla, deben ser descriptas con el detalle suficiente para que no quede ninguna duda acerca de lo que debe ser echo. Sin duda alguna, el grado de detalle que se requiere estar influido por la experiencia y las habilidades generales de las personas involucradas en su realización, De cualquier manera, hay que tener en mente que cuanto menor detalle se tenga en la descripción de la tarea, mayor es el riesgo de que alguien olvide hacer un paso importante o que elija hacer una tarea errónea o ambas cosas a la vez. En este contexto, se debe tener un cuidado especial en la descripción de las tareas de búsqueda de fallas cuando esta involucrado la simulación de una situación de peligro para testear el funcionamiento de un mecanismo de protección.

La descripción de las tareas también debe explicar la acción a seguir si se encuentra algún defecto.

#### *Información Básica*

Además de una clara descripción de la tarea misma, el documento en el que lista la tarea debe establecer claramente lo siguiente.

- Una descripción del activo al cual se le realiza la tarea junto con número del mismo en caso de ser necesario.
- Quien debe hacer la tarea (operador, electricista, instrumentista, técnico, etc.)
- La frecuencia con la cual se debe hacer la tarea

- Si el equipo debe detenerse (y como) y/o aislarse mientras se hace la tarea, junto con cualquier otra clase de medida de seguridad que deba tomarse.
- Herramientas especiales y repuestos prescritos. Listándose estos ítems se pueden ahorrar muchas ideas y vueltas improductivas una vez comenzada la tarea.

### **ISO 9000 y RCM**

El objetivo primordial de RCM es identificar que tareas debe hacer la gente. (en otras palabras, asegurarse que “hagan las tareas correctas”). Por otro lado, el aporte principal dado por los sistemas de aseguramiento de calidad como ISO 9000 es definir tan claramente como se puedan aquellas tareas que la gente debe hacer para minimizar la posibilidad de error. (En otras palabras, asegurar que “hagan correctamente las tareas”).

Esto sugiere que el proceso de transferir las tareas desde la hoja de decisión de RCM a documentos para los usuarios finales pueden verse como el punto en el cual el output del análisis RCM se vuelve el input del procedimiento de documentación de ISO 9000. Esto también sugiere que si se planea aplicar ambas iniciativas, tiene más sentido aplicar primero RCM.

#### **2.5.4 Implementando cambios a realizar por única vez**

Al finalizar un típico análisis RCM, no es raro encontrar que entre el 2 y el 10% de los modos de falla implican un rediseño. En el contexto de RCM, rediseñar significa un cambio a realizar por única vez en laguna de las tres áreas siguientes:

- Un cambio en la configuración física de un activo o un sistema
- Un cambio de procesos o de procedimientos operativos.
- Un cambio en las capacidades de una persona, generalmente por capacitación.

Una vez que sea aceptado por los auditores, estos cambios deben implementarse tan rápido y responsablemente como sea posible. Los puntos fundamentales en cada una de estas tres áreas se discuten a continuación.

#### **Cambio en la configuración física**

**Todas las modificaciones deben ser:**

- **Justificados adecuadamente.** Las modificaciones deben justificarse en términos de sus consecuencias. Las modificaciones introducidas para atacar fallas simples o múltiples que tienen consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente deben reducir el riesgo (frecuencias y/o severidad) de las consecuencias a un nivel que sea tolerable.
- **Implementadas adecuadamente.** Deben seguir ciertos pasos que aseguran que las modificaciones se están llevando a cabo de la forma en que se proyectaron en términos de tiempo, costo y calidad y que todos los diagramas, manuales y listados de componentes son correctamente actualizados.
- **Dirigidos adecuadamente.** Las modificaciones no deben inferir con las actividades esenciales del mantenimiento de rutina en otras partes de la

planta y deben evaluarse e implementarse de manera adecuada los requerimientos de mantenimiento de cada uno de los ítems del equipo que se modificó.

- **Cambios en la manera en que se opera la planta.** Los cambios a realizarse por única vez en la manera en que se debe operar la planta se maneja de la misma manera que las tareas rutinarias que se incorporaron en los procesos operativos.

### 2.5.5 Grupo de tareas

Una vez que los procedimientos de mantenimiento hayan sido completamente especificados, necesitan ser agrupados de manera que puedan ser programados y organizados sin demasiada dificultad y de manera que puedan ser presentadas a la gente que ejecutara las tareas de manera prolija y compacta. Esto puede hacerse de dos maneras:

- Los procedimientos de mantenimiento de alta frecuencia que serán hechos por los operadores pueden incorporarse directamente a los procedimientos operativos del equipo.
- El resto de las rutinas de mantenimiento son agrupadas en planes y listados por separado.

### Procedimientos operativos estándar

Como regla, solamente deberían integrarse a los procedimientos operativos las tareas que deben hacerse a intervalos no mayores de una semana. Las tareas que debe realizar el operador a intervalos mayores se deben agrupar en planes aparte y programarse, organizarse y controlarse de la misma manera que los planes de mantenimiento.

### Planes de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un documento que lista un grupo de tareas de mantenimiento que debe realizar una persona con un nivel de conocimientos específico en un activo específico y con una frecuencia especificada.

Copiar los planes de mantenimiento desde las hojas de decisión de RCM es un proceso bastante directo. De cualquier manera, es necesario tener en cuenta algunos factores adicionales.

Las tareas más costosas, en términos del costo directo y de la cantidad de tiempo muerto necesario para hacerlas. Tienden a determinar los intervalos básicos de los planes. De cualquier manera. El planeamiento se simplifica si los intervalos son múltiplos entre ellos.

Los intervalos de las tareas nunca deben incrementarse arbitrariamente ya que haciendo esto puede llegar a moverse, la frecuencia de una tarea a condición fuera del intervalo P-F para esa falla o puede moverse una tarea de sustitución cíclica mas allá del fin de la vida útil de ese componente.

## **2.5.6 Sistemas de planeamiento y control de mantenimiento**

### **2.5.6.1 Programas de mantenimiento de Alta y Baja Frecuencia**

Una vez que las tareas se clasifican en grupos de trabajo equilibrados. El próximo paso a establecer sistemas de planeamiento y control que aseguren que se han realizado por la persona que corresponde en el momento adecuado.

Un factor importante que influye en el diseño de este tipo de sistemas es la frecuencia de los programas.

En particular, los programas de alta y baja frecuencia se manejan de manera diferente ya que los trabajos que contienen cada uno al igual que sus horizontes de planeamiento difieren.

Se definen como programas de alta frecuencia aquellos que se realizan con intervalos de hasta una semana. Estos programas generalmente consisten en tareas a condición y de búsqueda de fallas simples.

Los programas de alta frecuencia generalmente son muchos, con lo que si su administración no se planea cuidadosamente se pueden tener complicaciones.

Pero las tareas de alta frecuencia son la columna vertebral de un mantenimiento de rutina exitoso, con lo que se debe encontrar la manera de asegurar que se lleve a cabo sin crear una carga administrativa excesiva.

Los programas de baja frecuencia son aquellos que se hacen con intervalos de un mes o más. Sus horizontes de planeamiento más largos los hacen menos manejables para los sistemas de planeamiento simples como los usados para los programas de alta frecuencia. Por lo general implican un trabajo mayor con lo que se necesita mas tiempo para realizarlos y por lo general debe detenerse la planta mientras se están llevando acabo. Como resultado de esto necesitan sistemas de planeamiento y de control mas complejos.

Tipos de programas:

- Programas realizados por los operarios
- Programas realizados por la función calidad
- Programas de alta frecuencia realizados por el personal de mantenimiento
- Programas de baja frecuencia realizados por el personal de mantenimiento

### **2.5.6.2 Programas realizados por los Operarios**

Desde el punto de vista del mantenimiento, el atributo mas valioso de los operarios es que están cerca del equipo durante mucho tiempo. Esto los pone en una posición ideal para realizar muchas de las tareas a condición y de búsqueda de fallas. Estas por lo general son tareas de muy alta frecuencia, algunas serán diarias o hasta de una o dos veces por turno con lo que se debe tener mucho cuidado para que el sistema administrativo asociado se mantenga lo mas simple posible.

Los sistemas simples de aviso que pueden usarse para las tareas de los operarios en vez de checklist formales, incluyen:

- Incorporar los controles de mantenimiento dentro de los procedimientos operativos estándar, como se discutió anteriormente.

- Instalar el programa permanentemente en una pared o en la cabina de control en la que los operarios la puedan ver fácilmente.
- Capacitar a los operarios de manera tal que las inspecciones se vuelvan algo natural.

### **2.5.6.3 Programas y controles de calidad**

Hemos visto como cada vez mas estándares de funcionamiento incorporan estándares de calidad de producto. Esto significa que cada vez se pueden descubrir mas fallas potenciales y funcionales a través del control de calidad de producto. Estos controles por lo general ya son utilizados. Los puntos a descartar son los siguientes.

- Las inspecciones de calidad deben ser consideradas como fuentes validas y valiosas de información sobre el mantenimiento.
- Deben tomarse las medidas necesarias para asegurar que las fallas potenciales relacionadas con la calidad son atendidas tan pronto como son descubiertas.

### **2.5.6.4 Programas de alta frecuencia realizados por el personal de mantenimiento.**

A pesar de todos los comentarios anteriores respecto de las ventajas de usar operarios para hacer el trabajo de mantenimiento de alta frecuencia, muchas de dichas tareas todavía tienen que ser realizadas por el personal de mantenimiento. Por lo general necesitan ser planeadas más formalmente que los chequeos de los operarios ya que el personal de mantenimiento cubre un numero mayor de maquinas distribuidas en un área mucho mayor que la de los operarios, y por lo general hacen un numero de tareas mas variada.

### **2.5.6.5 Programas de alta frecuencia realizados por el personal de mantenimiento.**

Hemos visto que los programas de alta frecuencia pueden ser planeados. Organizados y controlados usando un checklist cuidadosamente estructurado. En contraste, el horizonte a largo plazo asociado con los planes de baja frecuencia implica que los pasos a seguir para planearlos, organizarlos y controlarlos son llevados a cabo por separado. Es mas, los procedimientos usados para establecer programas basados en el tiempo transcurrido difieren muchos en aquellos usados para programas basados en le tiempo de funcionamiento, pero se pueden usar procedimientos similares para organizar y controlar ambos tipos de programas.

En consecuencia, consideraremos en los próximos párrafos el proceso de planeamiento por separado, pero consideramos juntos los pasos subsecuentes.

### **2.5.6.6 Planeamiento basado en el tiempo transcurrido**

Los principios son bien conocidos, y son usados para diversos propósitos además de la planificación del mantenimiento. Para programas de baja frecuencia. El planeamiento basado en el tiempo transcurrido generalmente se basa en una planilla de planeamiento.

### 2.5.6.7 Programas basados en el tiempo de funcionamiento

El planeamiento basado en el tiempo de funcionamiento involucra los siguientes pasos:

- Se registra la cantidad de ciclos que cada maquina ha realizado en cada periodo (estos pueden estar medidos en términos de tiempo, distancia recorrida, unidades producidas, etc.)
- Estos registros son volcados a un sistema de planeamiento.
- Se actualiza la cantidad total de horas de funcionamiento acumuladas desde que se hizo el último programa.

Los sistemas manuales de tiempo en uso pueden variar desde tableros electrónicos sofisticados que cuestan

### 2.5.7 Reportando defectos

Además de asegurar que las tareas se hagan, también necesitamos asegurarnos que cualquier falla potencial que se encuentre sea rectificadas antes que se vuelva una falla funcional y que las fallas funcionales ocultas sean rectificadas antes que tenga posibilidades de ocurrir una falla múltiple. Esto significa que toda persona que pudiera descubrir una falla potencial o funcional debe tener acceso irrestricto a un procedimiento que sea simple, confiable y directo para reportarlos de inmediato a quien los deba reparar.

Esta comunicación tiene lugar instantáneamente si la persona que opera la maquina también es la persona que la mantiene. La velocidad y la precisión de la respuesta a los defectos que pueden ser detectados bajo estas circunstancias son una de las principales razones por los que la gente que opera la maquina también debe estar capacitada para mantenerlas (o viceversa). Un segundo beneficio de este método es que los sistemas formales de reporte de defectos se necesitan solamente para fallas en las que el operario/persona de mantenimiento es incapaz de arreglar por si solo.

Si no es posible esta estructura organizacional o no es práctica, otra opción para asegurar que los defectos sean atendidos rápidamente es destinar personal de mantenimiento con dedicación permanente a un activo específico o a un grupo de activos. No solamente hace que esta gente conozca mejor las maquinas, lo que mejora su capacidad de diagnostico, sino también hace que la velocidad de respuesta tienda a ser mayor de lo que podría ser si trabajaran en un taller centralizado. También es posible mantener simple e informal el sistema de reportes de defectos.

Si no es posible organizar ninguna clase de soporte de mantenimiento compacto, se vuelve necesario implementar un sistema de reporte de defectos formal. En general cuanto más lejos esta la función de mantenimiento de los activos a mantener, se vuelve mas formal el proceso de reporte de defectos. Esto también se aplica a los defectos que solo pueden arreglarse durante paradas de planta.

Básicamente, los sistemas de reporte de defectos formales permiten que cualquier persona informe por escrito (electrónica o manualmente) al departamento de mantenimiento respecto de la existencia de fallas potenciales o funcionales.

## **CAPÍTULO III**

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS ACTUAL**

#### **3.1 Sistemas del grupo de generación:**

Cada grupo de generación cuenta con una estructura basada en sistemas como se muestra en la figura, esta estructura se puede desglosar hasta niveles de subsistemas y equipos, a los cuales se les puede dirigir los avisos de fallas. También la ubicación técnica de las estructuras nos ayuda a crear los planes de mantenimiento y las órdenes de trabajo respectivamente.

#### **SISTEMAS DEL GRUPO DE GENERACIÓN CENTRAL TÉRMICA**

- **SISTEMA ADMISION AIRE - SALIDA GASES**
- **SISTEMA CIRCUITO DE AGUA**
- **SISTEMA TURBINA PRINCIPAL Y COMPRESOR**
- **SISTEMA GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA CALEFACCION GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA COJINETES DEL GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA ROTOR DEL GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA ESTATOR DEL GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA REFRIGERACION GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA PROTECC. Y MEDIDA GENERADOR**
  - **SUBSISTEMA COMPARTIMIENTO GENERADOR**
- **SISTEMA DE EXCITACIÓN**
- **SISTEMA SERVICIOS DIVERSOS**
- **SISTEMA GENERALES EQUIPO ELÉCTRICO**
- **SISTEMA DE ARRANQUE Y ENCENDIDO**
- **SISTEMA EQUIP. MANT. PREDICT. Y RESULTADO**
- **SISTEMA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

Ubicación técn. TSS  
Denominación CENTRAL TERMICA SIEMENS

Válido de 08.01.10

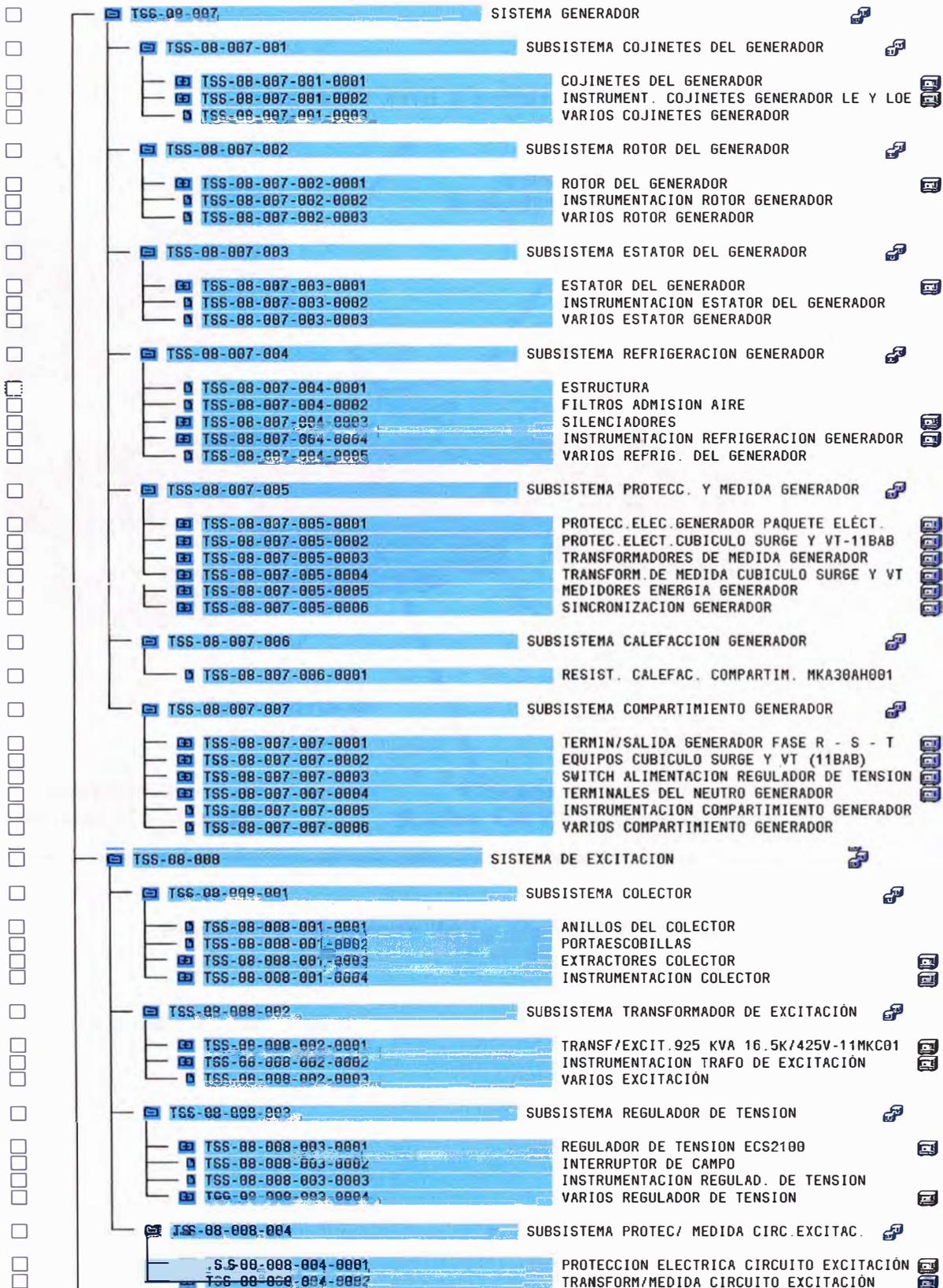


Figura 3.1 Estructura de la Central Térmica Siemens / Software SAP

## SISTEMAS TURBINA SIEMENS

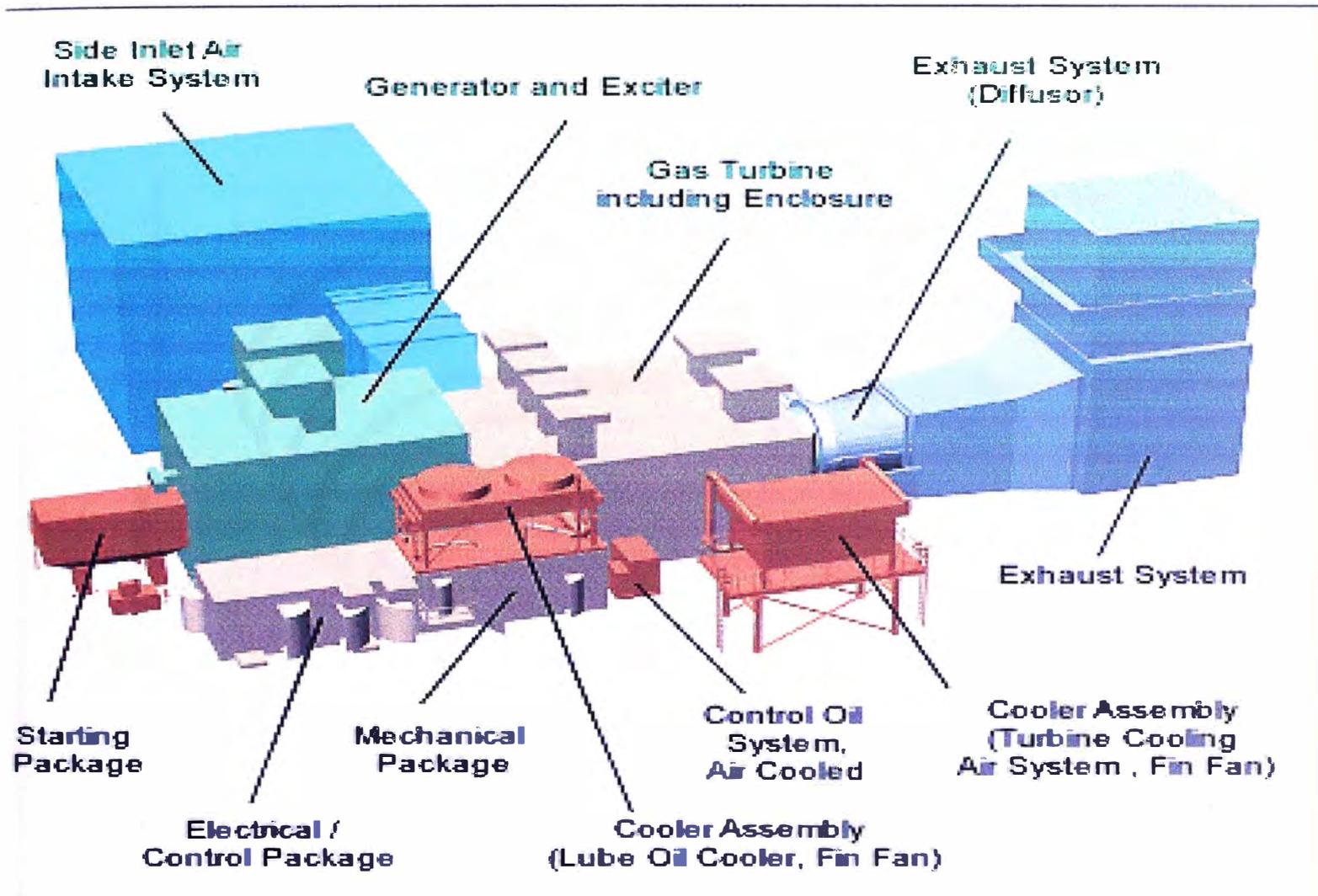


Figura 3.2 Sistemas de La Central Térmica Siemens

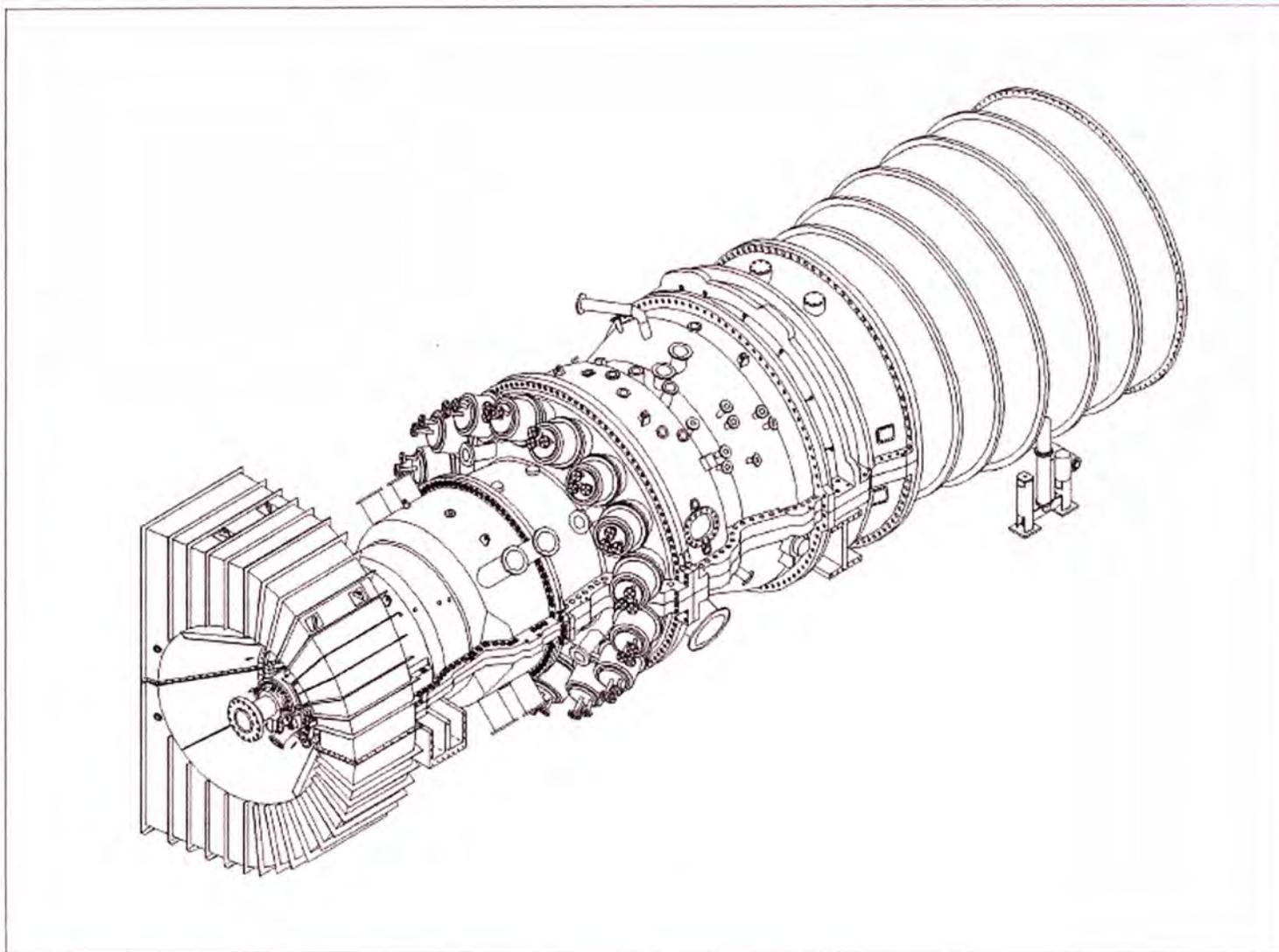
**TURBINA COMPRESOR CENTRAL TERMICA SIEMES**

Figura 3.3 Turbina Siemens

### 3.2 Análisis de criticidad de los sistemas

SISTEMAS		ADMISION AIRE SALIDA GASES	CIRCUITO DE AGUA	TURBINA PRINCIPAL Y COMPRESOR	GENERADOR	EXCITACION	ARRANQUE Y ENCENDIDO
1. EFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES Y MEDIO AMBIENTE		2	2	2	4	2	0
2. VALOR TECNICO ECONOMICO		2	2	2	3	3	3
3. LA FALLA AFECTA	Al equipo en SI	1	1	1	1	1	1
	Al servicio	1	1	1	1	1	1
	Al operador	1	1	1	1	1	1
	A la seguridad en General	1	1	1	1	1	1
4. PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)		0	2	0	2	2	0
5. FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA		1	1	1	1	1	1
6. DEPENDENCIA LOGISTICA		1	2	1	2	2	2
7. DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA		0	0	0	0	0	0
8. FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)		1	1	1	1	1	1
TOTAL		11	14	11	17	15	11
		IMPORTANTE	IMPORTANTE	IMPORTANTE	CRITICO	IMPORTANTE	IMPORTANTE

Tabla 3.1 Análisis de criticidad de los sistemas de la central eléctrica Siemens

Según el análisis de criticidad de los sistemas, las técnicas de análisis RCM2 se aplicara al Sistema Generador Eléctrico 172MW, 215MVA y PF 0.8

Por ser el sistema generador eléctrico 172MW critico, prioritario y porque esta relacionado de forma directa con la operación del grupo.

### 3.3 Contexto Operacional del sistema crítico seleccionado según el análisis

Descripción de la función del Generador y de sus componentes.

### 3.4 SISTEMA GENERADOR OAC

#### 3.4.1 Función

La función del generador es eficientemente convertir la energía rotacional (cinética) de la unidad turbo-gas y del campo magnético producido por el sistema de excitación a energía trifásica para ser transmitida al consumidor.

Un sistema de regulación tiene que ser usado para controlar la potencia del generador. Este circuito de regulación permite al operador variar el nivel de excitación del generador y con eso variando la fuerza de su campo magnético.

#### 3.4.2 Bases del Diseño

El generador síncrono de la compañía Siemens Energy es del tipo AEROPAC II, Abierto y enfriado por aire (AOC=Open Air Cooled). El campo magnético, producido por el sistema de excitación en las bobinas en la flecha del generador, gira por el centro del devanado del estator, así convirtiendo la energía cinética a energía eléctrica. Los datos de diseño del generador se encuentran en la siguiente tabla.

#### DATOS DE DISEÑO DEL GENERADOR

POTENCIA NOMINAL MVA / MW	215MVA
Temperatura del Gas Frio	40°C
Factor de potencia	0.80
Fases	3
Frecuencia	60Hz
Voltaje de línea	16.5Kv
Velocidad	3600rpm
Rotación (Visto del lado de la Excitatriz)	En dirección de las agujas del reloj

Tabla 3.2 Datos de placa del generador

### 3.4.3 Descripción

El sistema de generación eléctrica consiste de un conjunto del generador, la excitatriz estática, transformador de conexión a tierra y transformadores de corriente y de voltaje para medición. El diseño modular del generador es combinado con instrumentación y monitoreo de las temperaturas para proveer una operación de alto rendimiento con bajos requerimientos de mantenimiento.

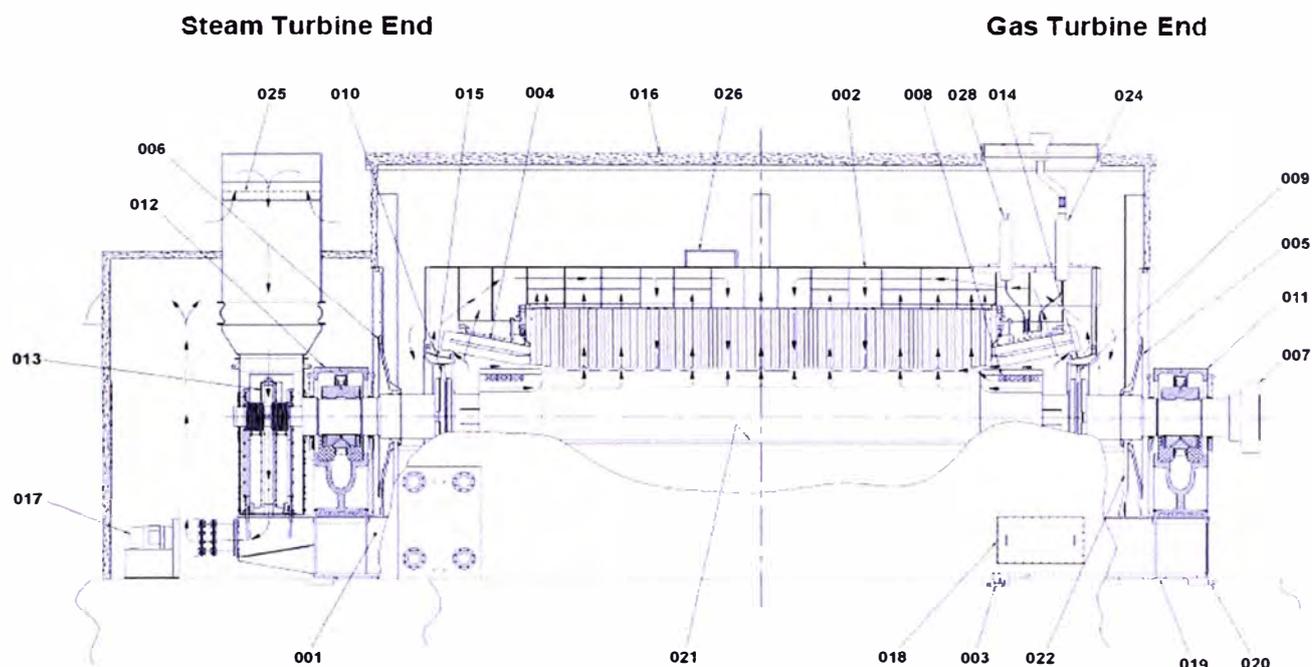
### 3.4.4 Generador

El generador es una unidad enfriada por aire, con solo un lado de propulsión, dos polos magnéticos y una flecha cilíndrica. La flecha y el colector están apoyados por dos cojinetes / chumaceras en pedestales montados sobre unos miembros transversales, los cuales están montados en la base de acero del generador. El colector sobresaliente es encogido en caliente al fin no-propulsor de la flecha del generador. El estator del generador esta fijado por resortes montados sobre los miembros axiales a los lados de la base. Un armazón interno, separado, también esta montado sobre las base y completamente cubre al estator y su suspensión por resortes. Cada lado del armazón interno contiene sellos presurizados por los cuales sale la flecha. Calentadores se encuentran en los armazones y de la excitación para prevenir la condensación de la humedad durante la instalación del equipo y paradas prolongadas.

Un ensamble del generador consiste de los siguientes componentes suministrados al sitio:

- Base
- Estator montado en resortes
- Pedestales para las chumaceras
- Flecha con el colector encogido en caliente(Ingles: Shrunk-on collector)
- Armazón interno para el estator

Un recinto exterior es montado en la obra alrededor del generador. Este recinto incluye transformadores de corriente y equipo de conexión a tierra. También se monta un recinto, enfriado por aire del ambiente, alrededor de la excitación (Colector).



Item	Description	Item	Description
001	Bedplate	015	Blower Shroud (excitation end)
002	Upper Frame	016	Acoustic Enclosure
003	Axial Anchor	017	Collector Blower Motor
004	Stator Winding	018	Acoustic Enclosure Access Covers
005	Outer Air Seal (turbine end)	019	Fixators
006	Outer Air Seal (excitation end)	020	Transverse Anchor
007	Rotor	021	Air Cooler
008	Rotor Winding	022	Outer Air Seal Pressurization Pipe
009	Blower (turbine end)	023	Air Cooler Duct
010	Blower (excitation end)	024	Main Lead Bushings
011	Bearing Pedestal Assembly (turbine end)	025	Collector Air Filter
012	Bearing Pedestal Assembly (excitation ) end)	026	Make Up Air Duct
013	Collector	027	Make Up Air Duct Filter
014	Blower Shroud (turbine end)	028	Neutral Lead Bushings

Figura 3.4 Descripción de los componentes del generador

### 3.4.5 Base del Generador

La base del generador es fabricada de acero y apoyada al núcleo del estator con su devanado, los pedestales son las chumaceras, al ensamblaje de la flecha, al colector y al armazón interno. La base reposa sobre dispositivos de nivelación fijados a la fundación y esta asegurada por pernos de fundación y anclajes axiales y transversales. Dispositivos son provistos para el levantamiento.

También provistos son puntos para gastos para una alineación a la turbina.

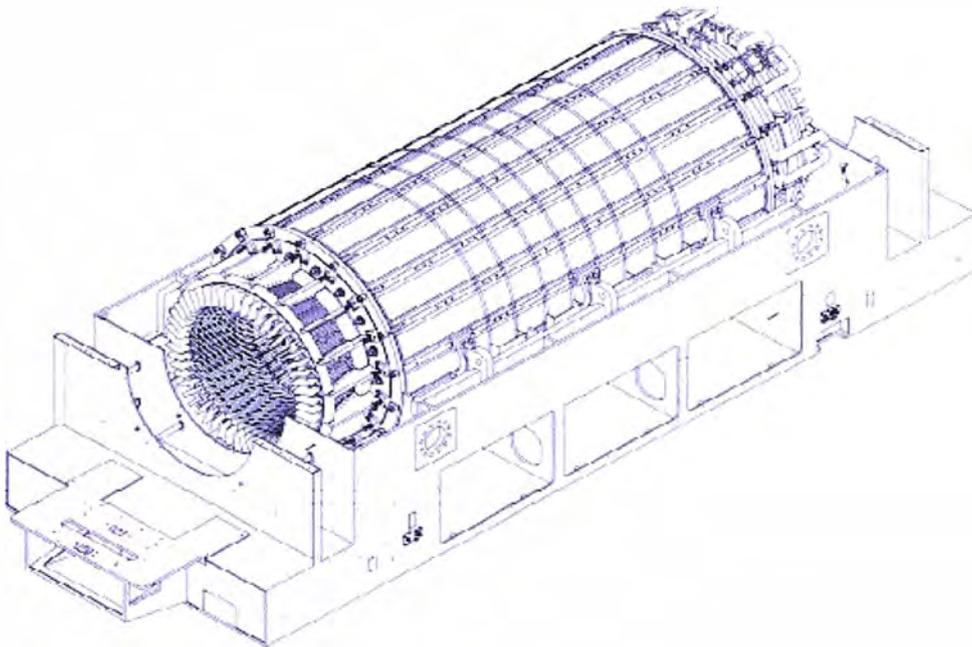


Figura 3.5 Bases del generador

### 3.4.6 Armadura del Generador

La armadura del generador provee apoyo al rotor y el estator y además provee un paso de flujo para el aire de enfriamiento. Además de esto, se encuentra en la armadura enfriadores que enfrían el aire antes de que sea circulado a través del generador. En la armadura se encuentran las monturas de las chumaceras que apoyan al rotor.

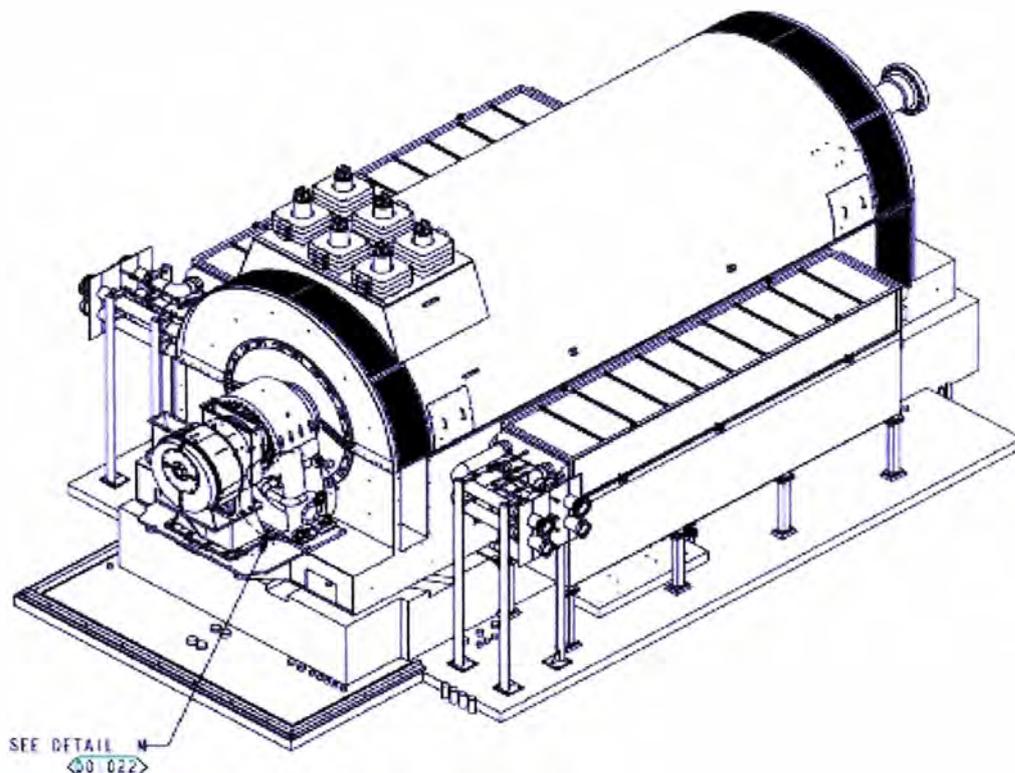


Figura 3.6 Armadura del generador

El apoyo del rotor es a través de cojinetes montados en los apoyos de las chumaceras. Estos apoyos están atornillados a los extremos de la armadura.

Los pedestales pueden acomodar varios tipos de chumaceras, la elección es afectada por temperatura de aceite de lubricación y las dinámicas del rotor de la turbina. Los cojinetes más grandes utilizan un arreglo de doble zapato en la parte inferior y una camisilla en la parte superior.

La mayoría de las unidades más pequeñas tienen un arreglo de camisilla superior e inferior.

Los cojinetes se lubrican forzosamente, y las monturas del pedestal y las chumaceras contienen sellos para prevenir escapes de aceite. Los cojinetes están completamente fuera del paso de aire de enfriamiento para evitar la entrada de aceite al área del generador.

Los cojinetes también están eléctricamente aislados de la armadura para prevenir el paso de corriente a las superficies lubricadas y arqueado asociado a estas.

#### **3.4.7 Levantamiento hidráulico para la chumacera**

Las chumaceras del generador tienen un tamaño reducido para minimizar las pérdidas por el generador. Esto resultó en la necesidad de levantar las chumaceras cuando el generador este operando con la torna flecha y no esta sincronizado. Aceite lubricante bajo presión es usado para levantar la flecha de la chumacera. El aceite presurizado es provisto del sistema de aceite lubricante donde esto sea posible y por un paquete hidráulico de levantamiento.

#### **3.4.8 Sistema de Aceite**

Las chumaceras del generador necesitan tres conexiones para el aceite lubricante, suministro y drenaje de aceite para la operación en sincronismo y aceite de levantamiento para el arranque y operación en torna flecha, Se provee bridas para las conexiones del envío y de regreso al sistema de aceite lubricante.

#### **3.4.9 Núcleo del estator y Armazón interno**

Muchas láminas de acero al silicio de alta calidad y de pérdidas bajas son comprimidas para formar el núcleo del estator. Cada lamina es aislada eléctricamente a ambos lados con una cubierta aislante inorgánica la cual es estable para temperaturas de la clase F. Paquetes pequeños, cortos y circulares se comprimen y se impregnan con epoxi para formar donas y alcanzar una coraza duradera.

### **3.5 Limitaciones en el Núcleo del Estator**

La consolidación del núcleo se logra por una unión por medio de resina epoxica y por compresión mecánica. Tornillos de compresión en el diámetro exterior del núcleo y tornillos aislados pasados por el núcleo mismo sujetan las láminas esencialmente formando un cilindro tubular. Para sujetar el núcleo en el cuadro, los tornillos son soldados a anillos del núcleo conectado al armazón del

generador por elementos flexibles como se ve en lo siguiente. Los tornillos dentro del núcleo dispersan su fuerza para sujetar al núcleo por toda su superficie por placas no-magnéticas con dedos las cuales se extienden por ambos fines del núcleo. Un escudo metálico es unido afuera de las placas no-magnéticas con dedos para escudar el núcleo de los flujos axiales magnéticos. Flujos magnéticos axiales crearían corrientes parasitas y con eso calor en las láminas.

- 1 Stator Core
- 2 Core Finger Plates
- 3 Core End Plate
- 4 Bottom Stator Coil
- 5 Top Stator Coil
- 6 Support Braces
- 7 Phase Leads
- 8 Parallel Rings
- 9 Flexible Connections
- 10 Main Lead Conductors
- 11 Main Lead Bushings
- 12 Winding Drum

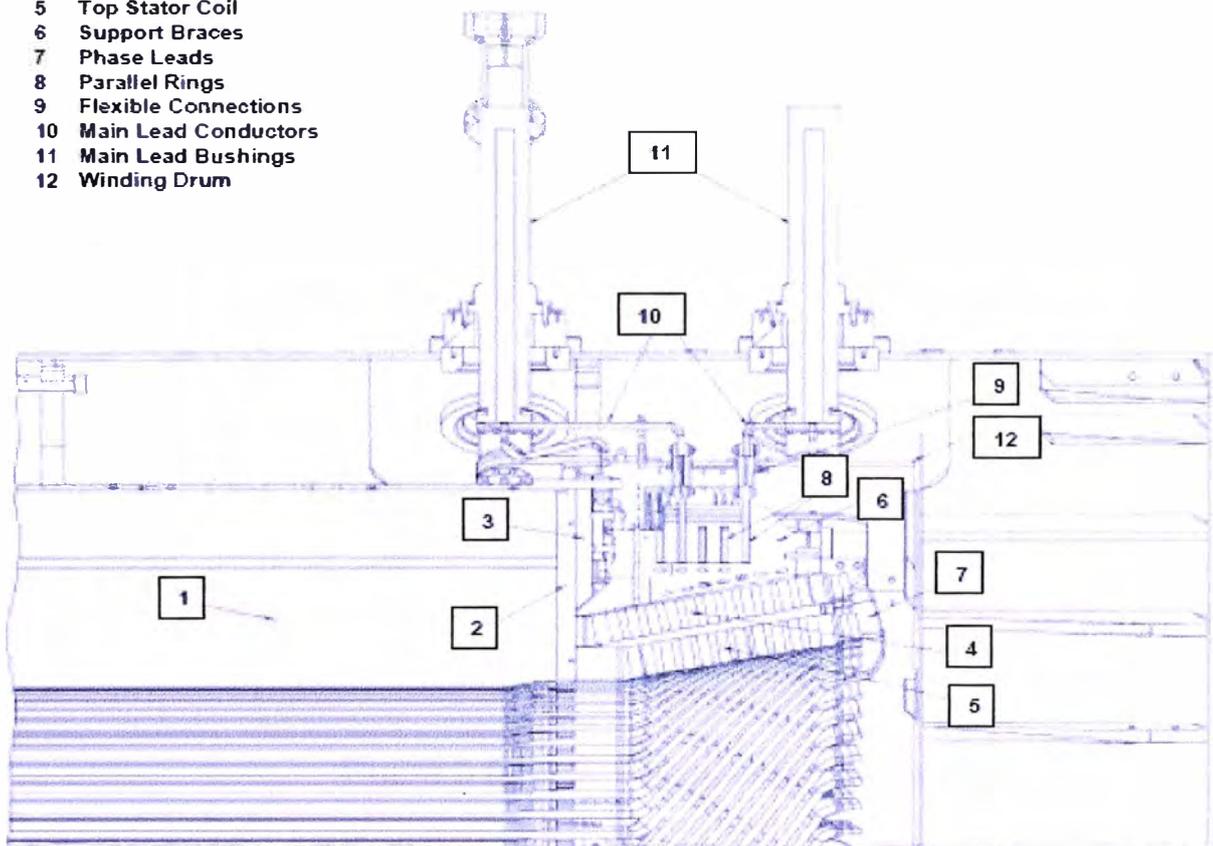


Figura 3.7 Núcleo del estator

Paquetes cortos y redondos de láminas son pre-apretados antes de ser impregnados con resina epoxica en un vacío para formar “donas” (“rosquitas”) unidas para alcanzar una apretura del núcleo de alta durabilidad, resistencia mecánica y excelentes características de transferencia de calor. El numero de donas requeridas para un generador de una longitud dada es apilado y unido por placas finales y tornillos aislados dentro del núcleo para mantener la integridad del núcleo y su apretura.

El calor directamente inducido al núcleo por el flujo magnético y por el devanado del estator es sacado (removido) por aire fluyendo por pasajes radiales de ventilación espaciados regularmente a lo largo del núcleo. En adición, hay un enfriamiento significativo en las puntas de los dientes del estator y el rotor.

El núcleo del generador esta suspendido de la base por ensambles de resortes de acero, los cuales aíslan la base y la fundación de las vibraciones del núcleo. Esta suspensión por resortes fue diseñada específicamente para limitar las torsiones elevadas como suceden durante fallas del sistema de potencia.

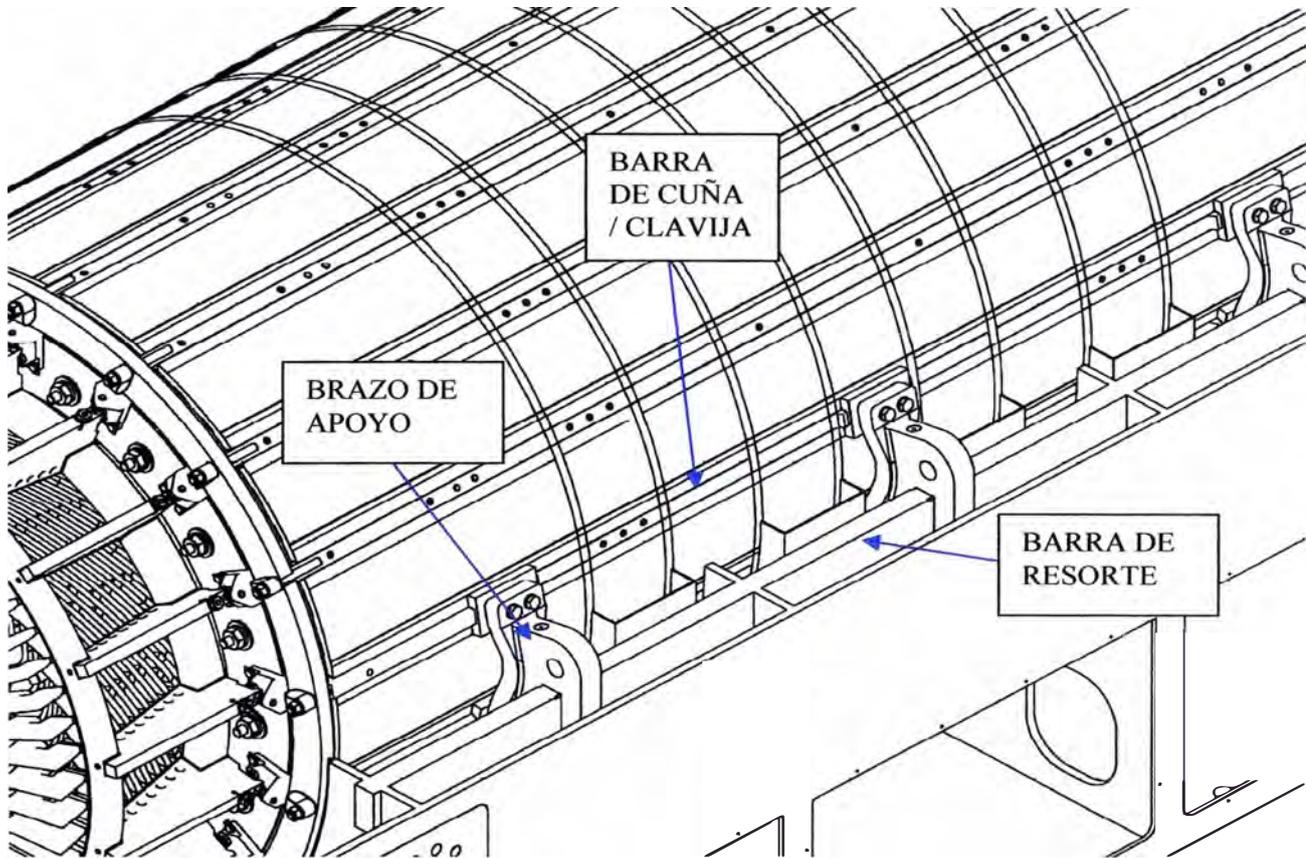


Figura 3.8 Núcleo Suspendido por Resortes

### 3.5.1 Devanado del Estator

El devanado del estator tiene dos capas, conectadas en forma de estrella y boninas de tipo diamante. Cada bobina consiste de dos mitades completamente formadas antes de ser insertadas en las ranuras del estator. Todas las mitades de las bobinas son juntadas por juntas de barra fija a anillos de conexión para formar el devanado.

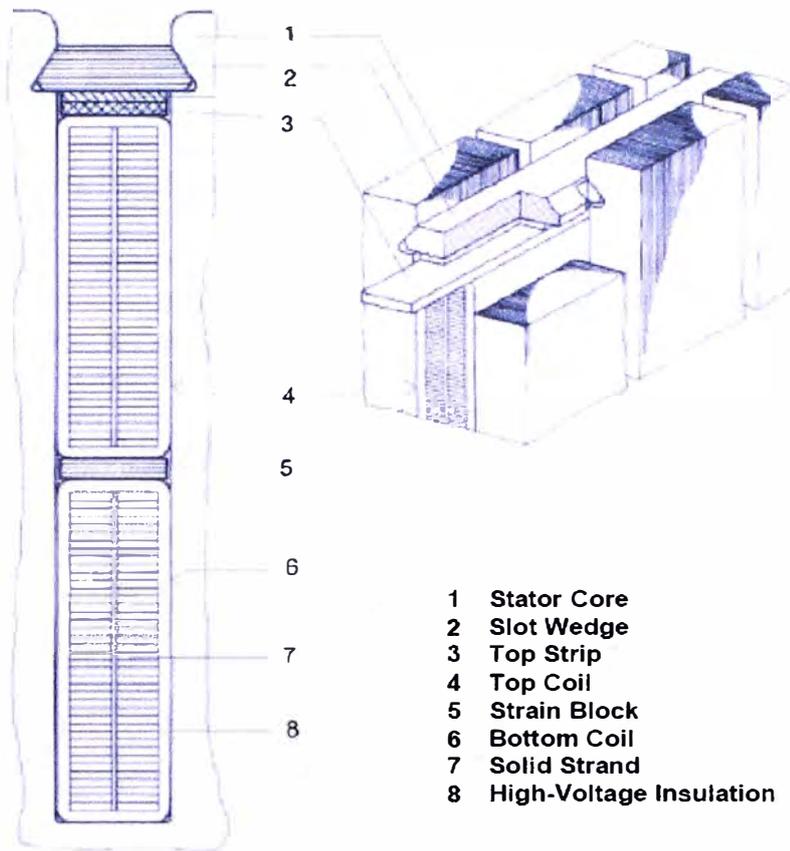


Figura 3.9 Devanado del estator

Las mitades de las bobinas son compuestas de una multitud de cables aislados y son internamente transpuestos para reducir las corrientes parásitas. Los cables son transpuestos internamente en cada vuelta de una bobina para eliminar la necesidad de transposiciones externas. Las bobinas son aisladas para soportar la potencia de línea en caso de una conexión de una fase a tierra.

Todas las mitades de las bobinas son asiladas por una resina epoxica y papel Mica, lo cual le da una alta resistencia dieléctrica y contra voltajes. El ensamble completo del núcleo del estator con el devanado es impregnado con resina epoxica por un proceso llamado Global Vacuum Pressure Integrated o GVPI. Este ensamble es primero secado, evacuado en un tanque y después sumergido en una resina epoxica. Después, el tanque es presurizado y después de un ciclo extensivo de impregnación, la resina sobrante es drenada. Entonces el estator completo es puesto sobre ruedas en un horno para una distribución uniforme, drenaje de los pasajes de enfriamiento y la curación (endurecimiento) de la resina. Varias medidas de control son hechas durante la evacuación, impregnación y la curación para asegurar una buena calidad de los varios pasos de tratamiento.

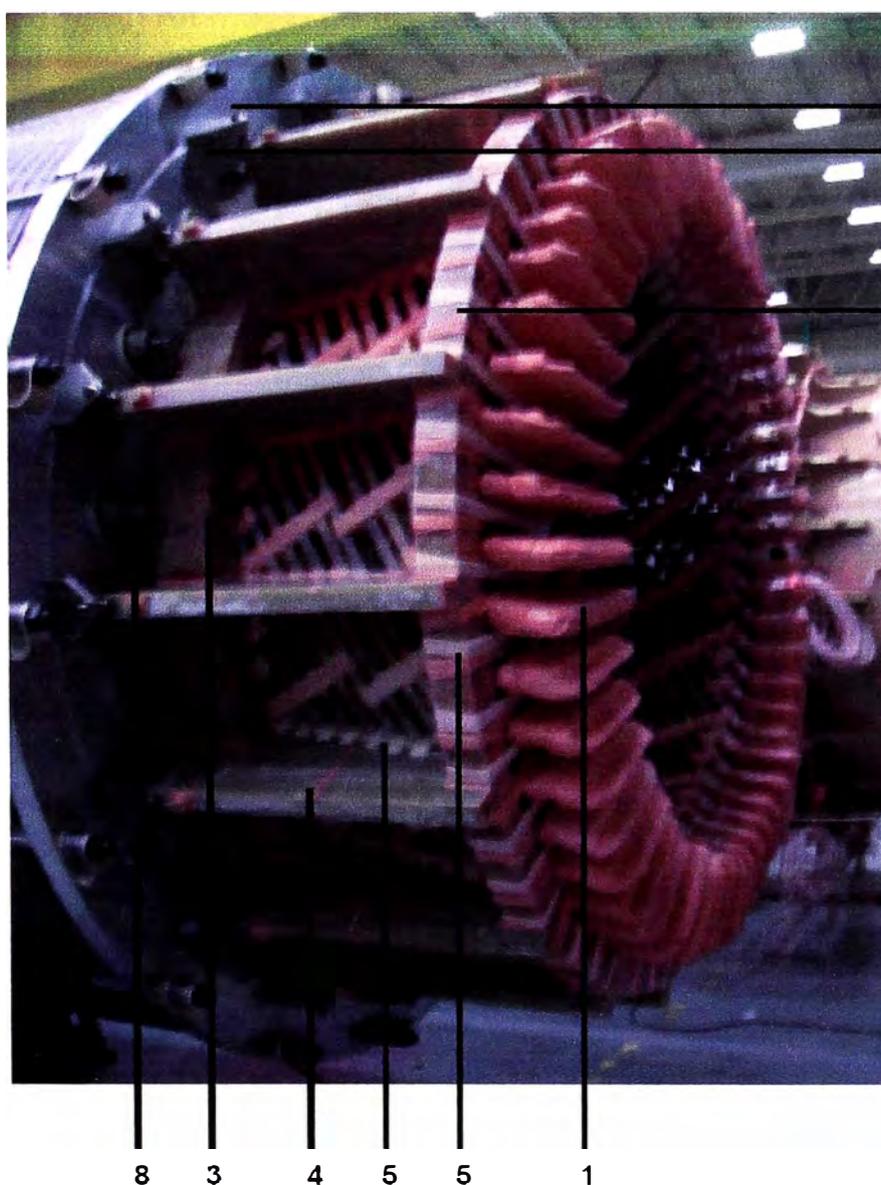
Hay varias ventajas del método GVPI usando, principalmente

- (a) Posibilidad reducida de fines sueltos en los extremos del devanado por una consolidación buena de las bobinas y del núcleo del estator.
- (b) Mejor enfriamiento del devanado del estator resultado en una capacidad y eficiencia mas alta y
- (c) Reducción de una posibilidad de acumulación de humedad y contaminación de superficies pues todas ellas están selladas por resina.

Todas estas medidas resultan en una misma de alta resistencia dieléctrica y contra voltajes. La resina no tiene huecos, es inerte a aceites y solventes ordinarios y tiene una alta resistencia a humedad.

### 3.5.1.1 Devanado del Estator y las Vueltas a sus Extremos

Las bobinas del estator y sus vueltas a los extremos / fines están mecánicamente consolidados y abrazados para permitir el crecimiento térmico, limitar las vibraciones estáticas y resistir las fuerzas de un corto circuito trifásico definido. La canasta resultante de las bobinas de arriba y de abajo (diámetro interior y exterior del devanado) es firmemente conectada a una estructura abrazadera esta acoplada mecánicamente del núcleo para permitir las expansiones y contracciones térmicas de este ensamble y para aislar las vibraciones del núcleo y del devanado del estator.



- 7
- 6
- 2
- 1 Stator End Winding
- 2 Support Ring
- 3 Support Cone
- 4 Support Braces
- 5 Ties
- 6 Displacement Stop Brackets
- 7 Core End Plate
- 8 Core Clamping Bolts

8 3 4 5 5 1

Figura 3.10 Bobinas del estator

### 3.5.1.2 Terminales principales y del neutro del estator

Tres conectadores lado de línea y tres terminales del neutro salen por arriba del armazón interno al lado no-impulsor / del colector. Transformadores de corriente están montados sobre los manguitos aisladores de los conductores principales y del neutro.

Los conectores del neutro están conectados por un vínculo neutro, el cual esta conectado al lado primario del transformadores para puesta a tierra con resistencia al lado secundario. El transformador para puesta a tierra y la resistencia se encuentra dentro del recinto exterior del generador.

### 3.5.1.3 Detectores de temperatura en el devanado del Estator

Detectores de temperatura por resistencia se encuentran embutidos (Ingles: Embedded) en medio de las bobinas de arriba y de abajo. Los elementos están distribuidos por todo el devanado para obtener una temperatura representante más alta en las diferentes fases del generador. Los detectores de temperatura también son usados para medir las temperaturas de entrada (aire frío) y salida (aire caliente) del circuito enfriador de aire).

### 3.5.1.4 Tipos de RTD's

RESISTANCE TEST READING			
ELEMENT TYPE	TEMP. COEF. (TCR)	OHMS AT 0° C	OHMS AT 25° C
Platinum (DIN)	.00385	100.00	109.73
Platinum	.00392	100.00	109.91
Nickel	.00426	90.38	99.11
Nickel	.006720	120.00	140.20
Copper	.004274	9.04	10.00
Nickel - Iron	.005188	604.00	676.00



Figura 3.11 RTD's

### 3.5.1.5 Detalle de instalación de los detectores de temperatura.

#### TEMPERATURE DETECTOR DETAILS

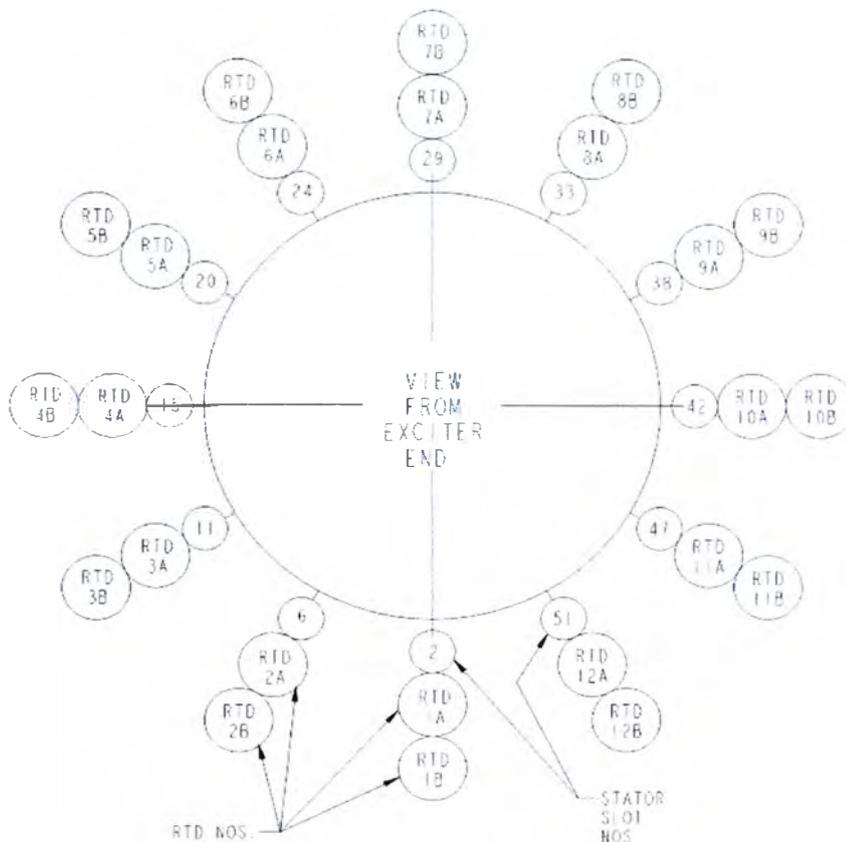


Figura 3.12 Instalación de los RTD's

Todos los detectores están centrados sobre la línea central axial del estator entre el bobinado superior e inferior.

Conectado todos los elementos de "A" o todos los elementos "B" a los equipos de monitoreo. Los elementos restantes son piezas de repuesto.

Para una operación segura, seis de RTD'S deben ser conectados a un dispositivo de monitoreo como una pantalla o computadora en la sala de control. En el libro de instrucciones se establecen los niveles de alarma y métodos.

Detectores son de platino de 100 OHM estilo europeo (IEC 751, clase B). Elementos es de 100 OHMS a 0.0°C con un coeficiente de resistencia igual a 0.00385/OHMS/°C. Una serie de tipo de elementos tienen una precisión de +0,12/-0,12 OHMS a 0.0°C.

# DISTRIBUCION DE RTD'S Y TRANSMISORES DE PRESION EN EL COLECTOR Y GENERADOR.

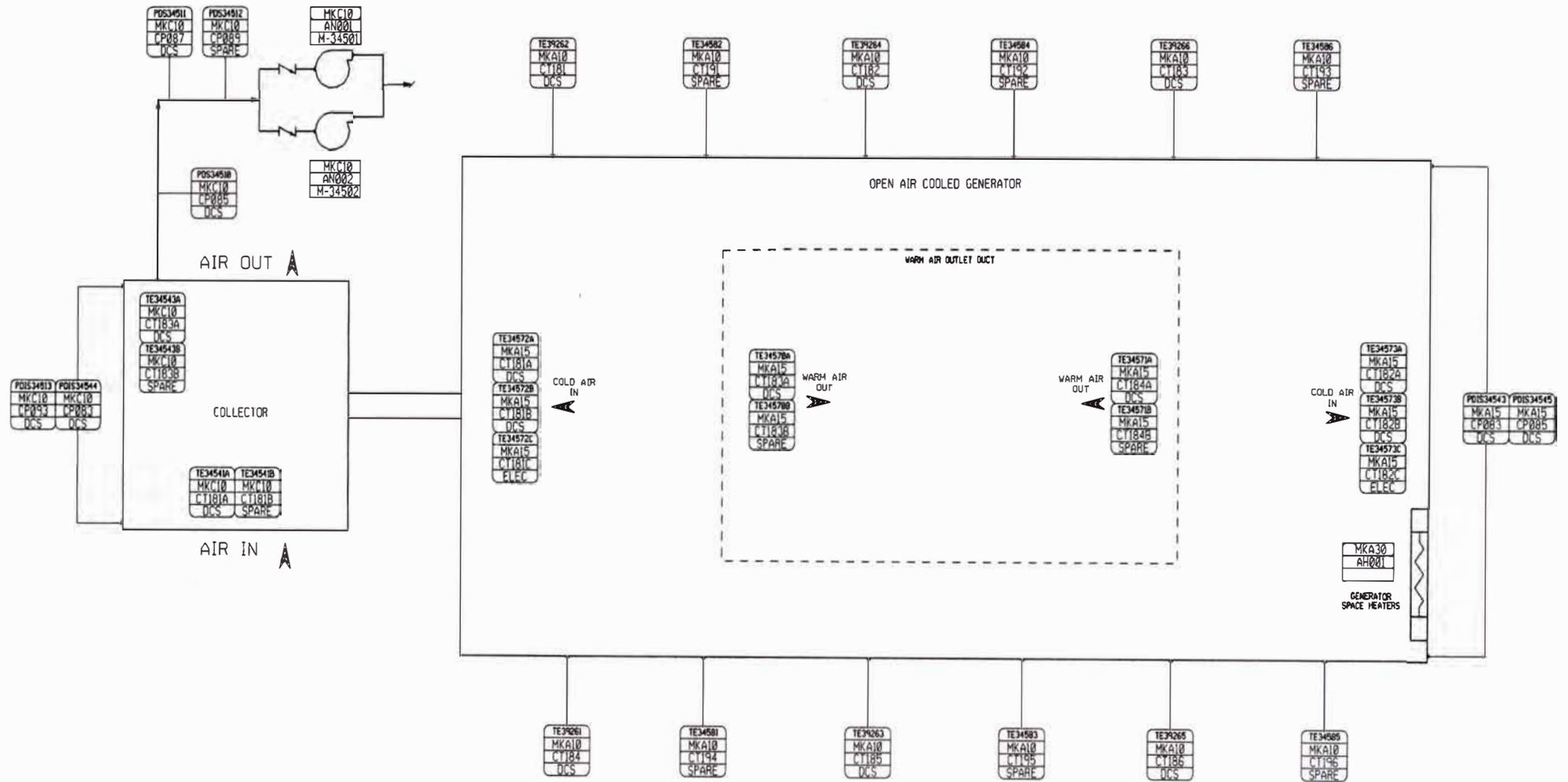


Figura 3.13 Distribución de RTD's en el generador

## 3.5.1.6 Lista de ubicación e instalación de los RTD's del Generador.

**GENERATOR DEVICE LIST (S4R4)**  
**TABLE 1**

NOMBRE	DEVICE	LOCATION	TERMINAL ON GENERATOR	CONNECTION	DEVICE TYPE	DIVICE KKS TAG	RECOMMENDED CONNECTION CABLE	OPERATING RANGE
RTD 1A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 2	RECEPTACLE RTD1T A, B, C & D	A-RED, B-RED, C-WHT-D-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, SLOT EMBEDDED TYPE  ALPHA = 0.00385 OHM/OHM°C  A= 1ST ELEMENT B= 2ND ELEMENT	MKA20CT001A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 1B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 2	RECEPTACLE RTD1T E, F, G & H	E-RED, F-RED, G-WHT-H-WHT		MKA20CT001B		
RTD 2A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 6	RECEPTACLE RTD1T J, K, L & M	J-RED, K-RED, L-WHT-N-WHT		MKA20CT002A		
RTD 2B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 6	RECEPTACLE RTD1T N, O, P & R	N-RED, O-RED, P-WHT-R-WHT		MKA20CT002B		
RTD 3A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 11	RECEPTACLE RTD1T S, T, U & V	S-RED, T-RED, U-WHT-V-WHT		MKA20CT003A		
RTD 3B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 11	RECEPTACLE RTD1T W, X, Y & Z	W-RED, X-RED, Y-WHT-Z-WHT		MKA20CT003B		
RTD 4A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 15	RECEPTACLE RTD1T a, b, c & d	a-RED, b-RED, c-WHT-d-WHT		MKA20CT004A		
RTD 4B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 15	RECEPTACLE RTD1T e, f, g & h	e-RED, f-RED, g-WHT-h-WHT		MKA20CT004B		
RTD 5A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 20	RECEPTACLE RTD1T j, k, m & n	j-RED, k-RED, m-WHT-n-WHT		MKA20CT005A		
RTD 5B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 20	RECEPTACLE RTD1T p, q, r & s	p-RED, q-RED, r-WHT-s-WHT		MKA20CT005B		
RTD 6A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 24	RECEPTACLE RTD1T t, u, v & w	t-RED, u-RED, v-WHT-w-WHT		MKA20CT006A		
RTD 6B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 24	RECEPTACLE RTD1T x, y, z & AA	x-RED, y-RED, z-WHT-AA-WHT		MKA20CT006B		
RTD 7A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 29	RECEPTACLE RTD2T A, B, C & D	A-RED, B-RED, C-WHT-D-WHT		MKA20CT007A		
RTD 7B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 29	RECEPTACLE RTD2T E, F, G & H	E-RED, F-RED, G-WHT-H-WHT		MKA20CT007B		
RTD 8A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 33	RECEPTACLE RTD2T J, K, L & M	J-RED, K-RED, L-WHT-N-WHT		MKA20CT008A		
RTD 8B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 33	RECEPTACLE RTD2T N, O, P & R	N-RED, O-RED, P-WHT-R-WHT		MKA20CT008B		
RTD 9A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 38	RECEPTACLE RTD2T S, T, U & V	S-RED, T-RED, U-WHT-V-WHT		MKA20CT009A		
RTD 9B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 38	RECEPTACLE RTD2T W, X, Y & Z	W-RED, X-RED, Y-WHT-Z-WHT		MKA20CT009B		
RTD 10A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 42	RECEPTACLE RTD2T a, b, c & d	a-RED, b-RED, c-WHT-d-WHT		MKA20CT010A		
RTD 10B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 42	RECEPTACLE RTD2T e, f, g & h	e-RED, f-RED, g-WHT-h-WHT		MKA20CT010B		
RTD 11A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 47	RECEPTACLE RTD2T j, k, m & n	j-RED, k-RED, m-WHT-n-WHT		MKA20CT011B		
RTD 11B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 47	RECEPTACLE RTD2T p, q, r & s	p-RED, q-RED, r-WHT-s-WHT		MKA20CT011A		
RTD 12A	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 51	RECEPTACLE RTD2T t, u, v & w	t-RED, u-RED, v-WHT-w-WHT		MKA20CT012B		
RTD 12B	EMBEDDED RTD	AXIAL CENTERLINE IN SLOT 51	RECEPTACLE RTD2T x, y, z & AA	x-RED, y-RED, z-WHT-AA-WHT		MKA20CT012A		
RTD 21A	GENERATOR COLD AIR RTD	BLOWER INLET DUCT AT EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAE A, B, C & D	A-RED, B-RED, C-WHT-D-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °C A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA75CT031A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 21B	GENERATOR COLD AIR RTD		RECEPTACLE RTDAE E, F, G & H	E-RED, F-RED, G-WHT-H-WHT	MKA75CT031B			
RTD 23A	GENERATOR COLD AIR RTD	BLOWER INLET DUCT AT EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAE J, K, L & M	J-RED, K-RED, L-WHT-N-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER	MKA75CT031C	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to

RTD 23B	SPARE ELEMENT		RECEPTACLE RTDAE N, O, P & R	N-RED, O- RED, P-WHT- R-WHT	IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA75CT031D		150 °C
RTD 25A	GENERATOR WARM AIR RTD	THROUGH INBOARD STATOR WINDING END BOX WALL INTO WARM AIR DISCHARGE ON EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAE S, T, U & V	S-RED, T- RED, U-WHT- V-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA76CT031A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 25B	SPARE ELEMENT		RECEPTACLE RTDAE W, X, Y & Z	W-RED, X- RED, Y-WHT- Z-WHT		MKA76CT031B		
RTD 22A	GENERATOR COLD AIR RTD	BLOWER INLET DUCT AT NON- EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAT A, B, C & D	A-RED, B- RED, C-WHT- D-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA75CT011A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 22B	GENERATOR COLD AIR RTD		RECEPTACLE RTDAT E, F, G & H	E-RED, F- RED, G-WHT- H-WHT		MKA75CT011B		
RTD 24A	GENERATOR COLD AIR RTD	BLOWER INLET DUCT AT NON- EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAT J, K, L & M	J-RED, K- RED, L-WHT- N-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA75CT011C	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD24B	SPARE ELEMENT		RECEPTACLE RTDAT N, O, P & R	N-RED, O- RED, P-WHT- R-WHT		MKA75CT011D		
RTD 26A	GENERATOR WARM AIR RTD	THROUGH INBOARD STATOR WINDING END BOX AT NON- EXCITATION END	RECEPTACLE RTDAT S, T, U & V	S-RED, T- RED, U-WHT- V-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKA76CT011A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 26B	SPARE ELEMENT		RECEPTACLE RTDAT W, X, Y & Z	W-RED, X- RED, Y-WHT- Z-WHT		MKA76CT011B		
RTD 31A	GENERATOR COLD AIR RTD	COLLECTOR COLD AIR INLET DUCT	JB13 1, 2, 3 & 4	1-RED, 2- RED, 3-WHT- 4-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKC10CT181A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 31B	GENERATOR COLD AIR RTD		JB13 5, 6, 7 & 8	5-RED, 6- RED, 7-WHT- 8-WHT		MKC10CT181B		
RTD 33A	GENERATOR WARM AIR RTD	COLLECTOR WARM AIR INLET DISCHARGE DUCT	JB13 11,12, 13 & 14	1-RED, 2- RED, 3-WHT- 4-WHT	100 OHM PLATINUM DUPLEX PER IEC 751, CLASS B, INSERTION TYPE ALPHA=0.00385 OHM / OHM / °c A=1 st ELEMENT, B = 2nd ELEMENT	MKC10CT183A	20 AWG MULTICONDUCTOR SHIELDED CABLE	-20 °C to 150 °C
RTD 33B	GENERATOR WARM AIR RTD		JB13 15,16, 17 & 18	5-RED, 6- RED, 7-WHT- 8-WHT		MKC10CT183B		
TC 41A	BEARING METAL TC	EE BEARING BABBIT	JB11 1, 2	1 - (+), 2 - (-)	TRIPLEX TYPE "K" CHROMEL ALUMEL A= 1ST ELEMENT B= 2ST ELEMENT C= 3ST ELEMENT	MKD12CT014A	SHIELD 16 AWG MULTICONDUCTOR TC EXTENSION CABLE	-20 °C to 150 °C
TC 41B	2ND ELEMENT		JB11 3, 4	3 - (+), 4 - (-)		MKD12CT014B		
TC 41C	3RD ELEMENT		JB11 5, 6	5 - (+), 6 - (-)		MKD12CT014C		
GBDEE	BEARING GROUND DETECTOR	EE BEARING SEATS	JB11 7, 8	7 - (+), 8 - (-)	CONDUCTING PLATE EMBEDED BETWEEN TWO LAYERS OF INSULATION	MKY12CE001	NO CONNECTION	0 to 1000 Megohms
TC 43A	BEARING METAL TC	TE BEARING BABBIT	JB12 1, 2	1 - (+), 2 - (-)	TRIPLEX TYPE "K" CHROMEL	MKD11CT014A	SHIELD 16 AWG MULTICONDUCTOR TC EXTENSION	-20 °C to

TC 43B	2ND ELEMENT		JB12 3, 4	3 - (+), 4 - (-)	ALUMEL A= 1ST ELEMENT B= 2ST ELEMENT C= 3ST ELEMENT	MKD11CT014B	CABLE	150 °C
TC 43C	3RD ELEMENT		JB12 5, 6	5 - (+), 6 - (-)		MKD11CT014C		
GBDEE	BEARING GROUND DETECTOR	TE BEARING SEATS	JB12 7, 8	7 - (+), 8 - (-)	CONDUCTING PLATE EMBEDDED BETWEEN TWO LAYERS OF INSULATION	MKY11CE001	NO CONNECTION	0 to 1000 Megohms

Tabla 3.3 Lista de ubicación e instalación de RTD's

### 3.5.2 Rotor

La flecha es maquinada de una forja de una aleación de acero. Ranuras radiales son maquinadas en la flecha para aceptar las bobinas de su devanado. Abanicos de enfriamiento están montados a ambos extremos de la flecha.

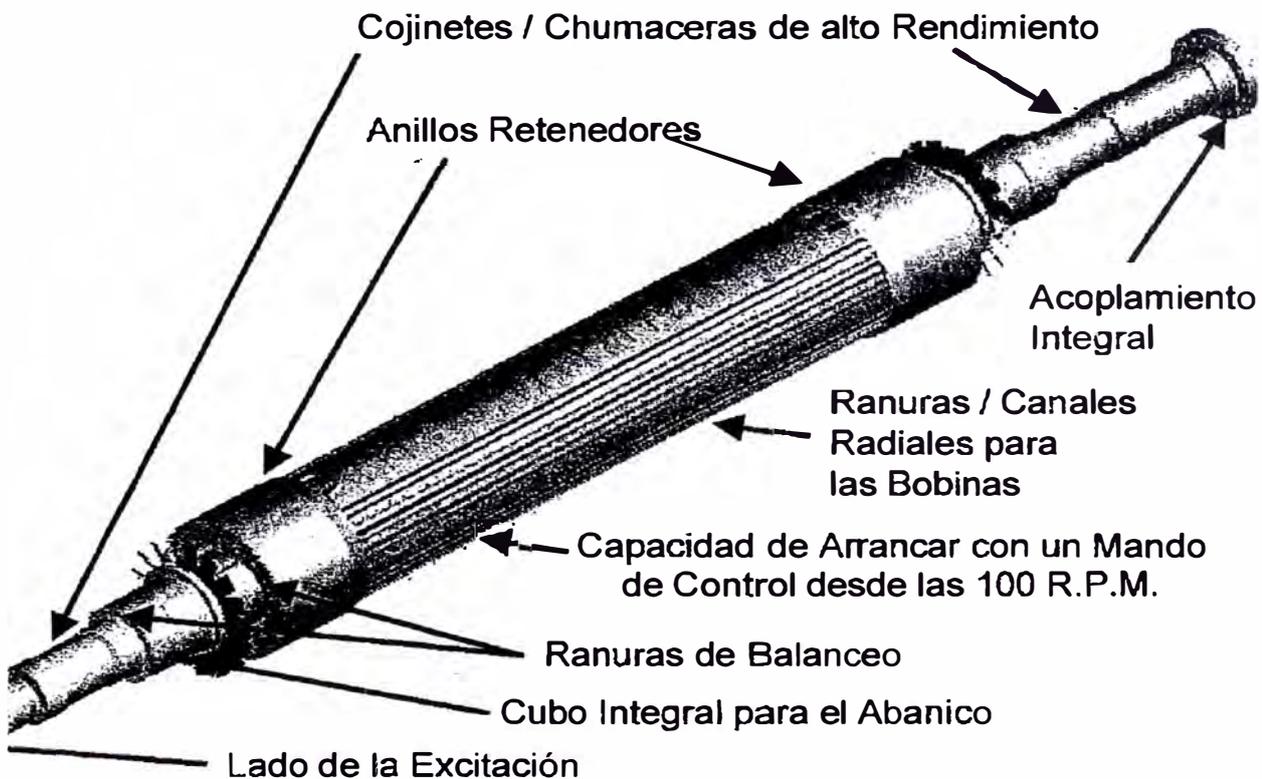


Figura 3.14 Rotor

#### 3.5.2.1 Devanado de la flecha

Las bobinas para la flecha son fabricadas de cobre mezclado con plata (Ingles: Silver bearing copper), de alta conductividad, resistente al escurrimiento (Ingles: creep resistant), dobladas y formadas antes de ser puestos en la ranura de la flecha a agujeros radiales de enfriamiento en el cobre del devanado. El aislamiento dentro de los turnos del devanado consiste de laminado de vidrio, resistente a altas temperaturas, pegado al cobre. Vidrio Nomex y aislamiento para las ranuras Nomex son usados para aislar las bobinas de cobre de la flecha. Cuñas de cobre al silicio Ingles: Silicon copper) mantienen los devanados en las ranuras.

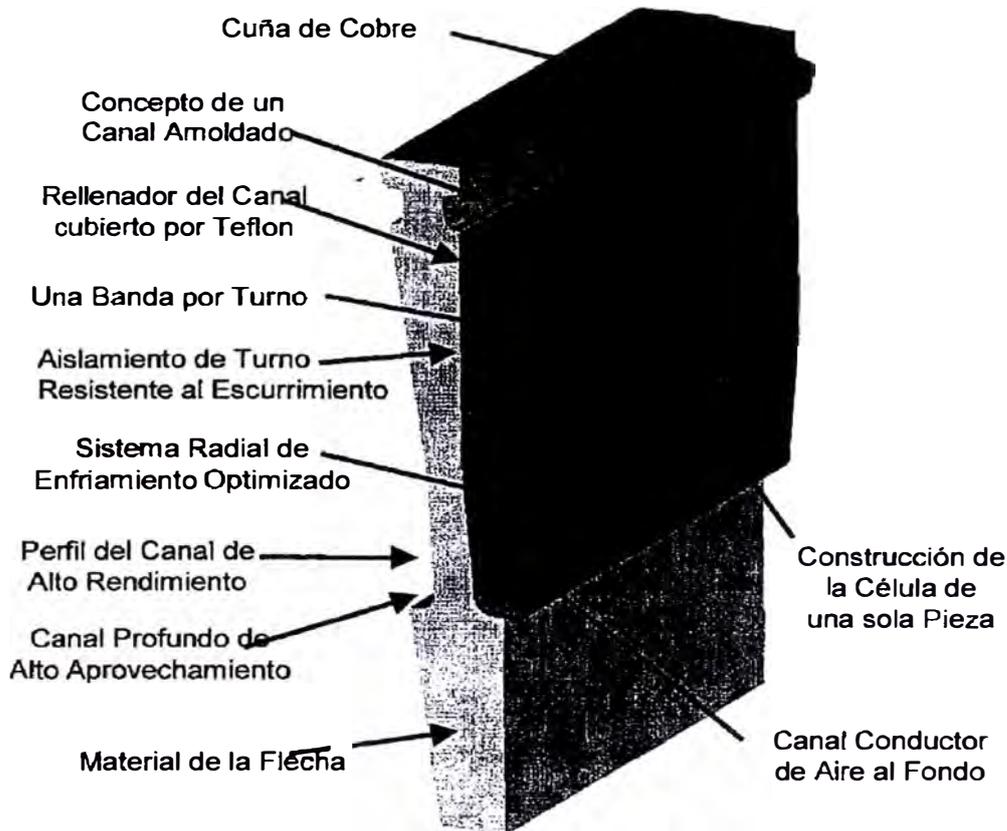


Figura 3.15 Ranura de la flecha

Las vueltas al fin de los devanados son bloqueadas por secciones de un compuesto de epoxi / resina de vidrio y sujetadas por anillos de retención hechos de una aleación de acero de alta fuerza y cubiertos con un aislamiento de epoxi / resina de vidrio. Los conectores del devanado de la flecha son conducidos al colector por un agujero taladrado axialmente en la flecha, al fin / lado donde se encuentra el colector.

therefore self-pumping.

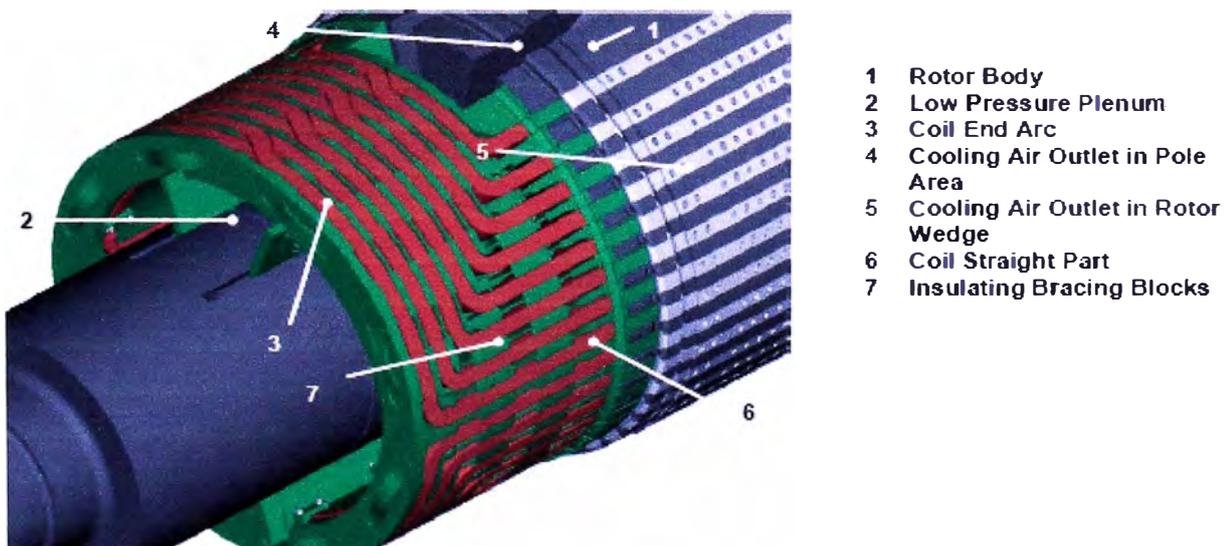


Figura 3.16 Cooling Air Ducts in Rotor

### 3.5.2.2 Chumaceras / Cojinetes y Pedestales

Dos chumaceras / cojinetes de fricción cubiertos con material Babbit son apoyadas en pedestales montados sobre unos miembros transversales localizados a los fines de la base del generador. Los pedestales pueden acomodar chumaceras de

tipo manguito o basculante, esta selección depende de las temperaturas de entrada del aceite lubricante y las dinámicas de la flecha de la unidad turbogas. Ambos tipos de chumaceras se alinean automáticamente. Las chumaceras son lubricadas bajo presión. Las chumaceras y los ensambles de los pedestales son provistos con sellos para evitar derrames de aceite lubricante. Los ensambles de los pedestales y las chumaceras se encuentran completamente fuera de del flujo del aire de enfriamiento del generador para evitar el ingreso de aceite al circuito de ventilación del generador.

1. Labyrinth Oil Vapor Seal
2. Pedestal Bottom-Half
3. Bearing Oil Supply Connection
4. Bearing Drain Oil Connection
5. Shaft Lift Oil System Connection

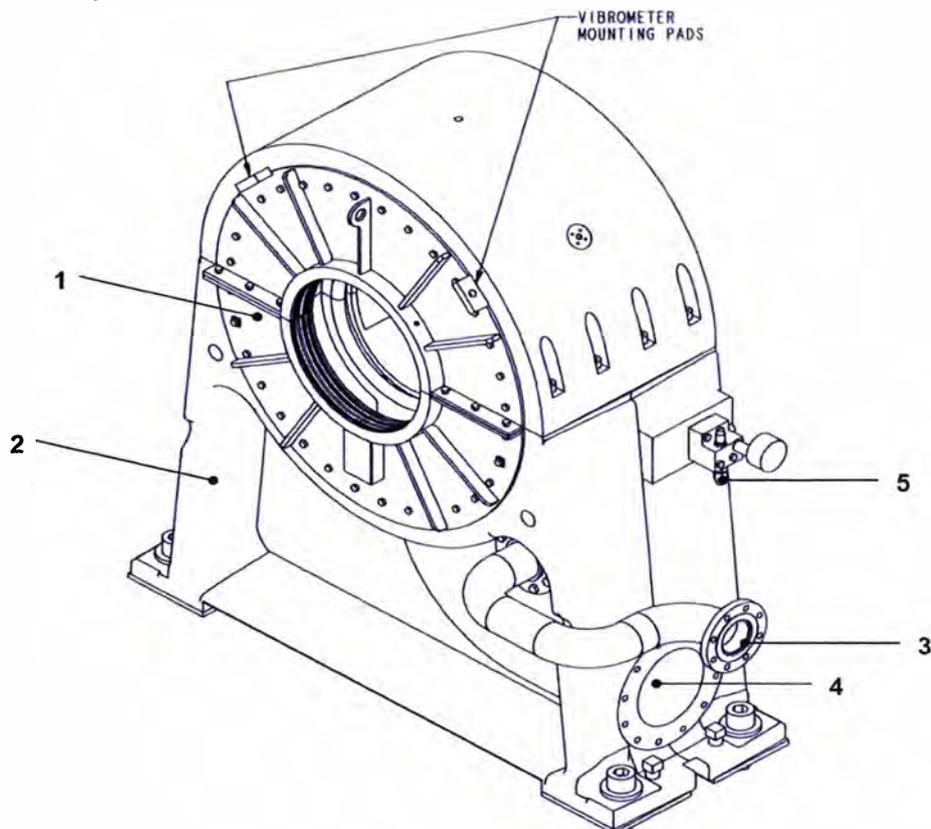


Figura 3.17 Cojinete del generador

### 3.5.2.3 Ventilación

Dos abanicos montados en la flecha circulan el flujo de aire enfriante por el generador. Los abanicos toman el aire del filtro de entrada de aire (generador del tipo AOC = Open Air Cooled). **Rotor Fan Assembly.**



Figura 3.18 Abanicos de succión de aire

Los abanicos succionan el aire por las aperturas en los extremos del armazón internos al generador y bombean este flujo hacia dentro. Allá, la acción de bombeo por la flecha toma una porción de este aire y lo bombea hacia los fines del rotor y por sus devanados para salir por agujeros en las cuñas, en las ranuras de la flecha. Hacia el entrehierro. El resto del flujo de aire entrado por los extremos de generador toma dos rutas. Aire pasando por la primera ruta entra por cada fin de la flecha axialmente hacia el entrehierro para salir Radialmente hacia fuera por pasajes de ventilación en el núcleo del estator. Aire pasando por la segunda ruta es reinyectado al entrehierro después de haber pasado axialmente por conductos internos al armazón del generador pero alrededor del núcleo y radialmente por otros pasajes de ventilación en el núcleo. Todo el aire introducido al entrehierro sale Radialmente del núcleo del estator por pasajes de ventilación en el mismo. Aire caliente saliendo del núcleo es dirigido hacia fuera del armazón interno del generador. Este aire caliente es dirigido hacia la atmosfera en el caso de un generador del tipo OAC.

ITEM	<000016>	DESCRIPTION <000010>
001	BEOPATE	<006070>
002	UPPER FRAME	<007040>
003	AXIAL ANCHOR	<006610>
004	STATOR WINDING	<007041>
005	OUTER AIR SEAL (TURBINE END)	<007042>
006	OUTER AIR SEAL (EXCITATION END)	<007043>
007	ROTOR	<003002>
008	ROTOR WINDING	<007044>
009	BLOWER (TURBINE END)	<007045>
010	BLOWER (EXCITATION END)	<007046>
011	BEARING PEDESTAL ASSEMBLY (TURBINE END)	<007047>
012	BEARING PEDESTAL ASSEMBLY (EXCITATION END)	<007048>
013	COLLECTOR/ EXCITER	<007049>
014	BLOWER SHROUD (TURBINE END)	<007050>
015	BLOWER SHROUD (EXCITATION END)	<007051>
016	ACOUSTIC ENCLOSURE	<007052>
017	STARTING PACKAGE HALF COUPLING	<007053>
018	ACOUSTIC ENCLOSURE ACCESS COVERS	<007054>
019	FIXATORS	<006520>
020	CONCRETE FOUNDATION	<007055>
021	TRANSVERSE ANCHOR	<006609>
022	COOLER	<005078>
023	COOLER SUPPORT	<007056>
024	OUTER AIR SEAL PREASURIZATION PIPE	<007057>

Tabla 3.4 Descripción de componentes

# DESCRIPCION DEL GENERADOR ELECTRICO

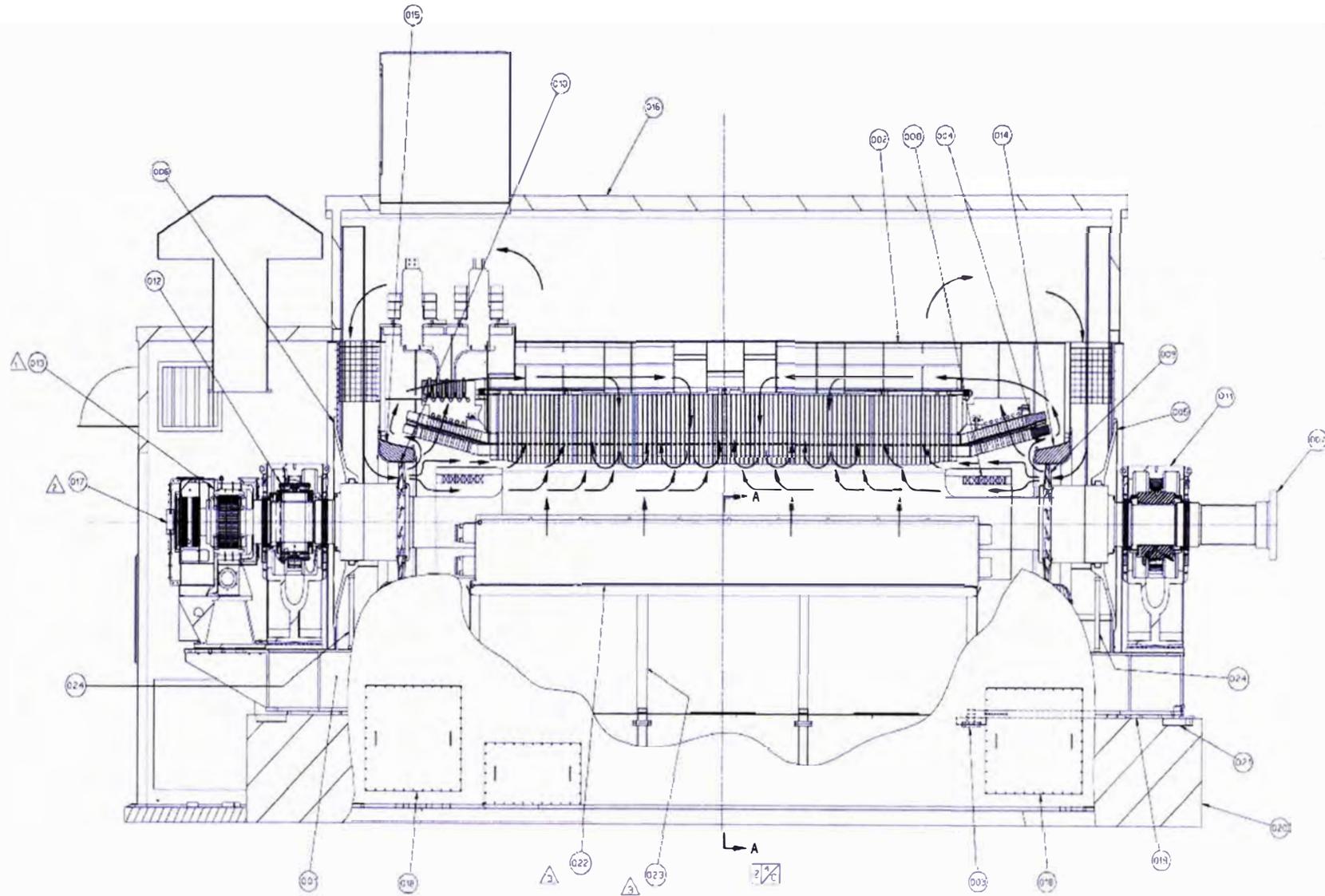


Figura 3.19 Descripción del generador

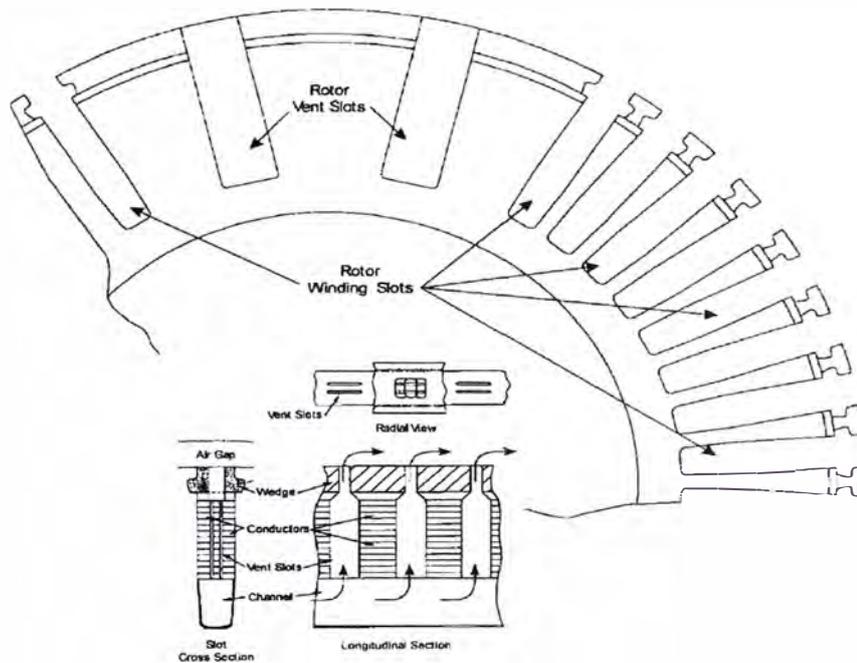


Figura 3.20 Corte por las flechas y sus pasajes de ventilación

### 3.5.2.4 Recinto del Generador

Este recinto es erecto en la obra alrededor del generador para reducir los niveles de ruido en el campo próximo a niveles aceptables. Además el recinto completamente contiene y guía el flujo de aire para ventilación entrando y saliendo del armazón interno del generador, así removiendo el calor de la aporte activa del generador y expulsándolo por los silenciadores de escape al ambiente en el caso de un generador del tipo OAC.

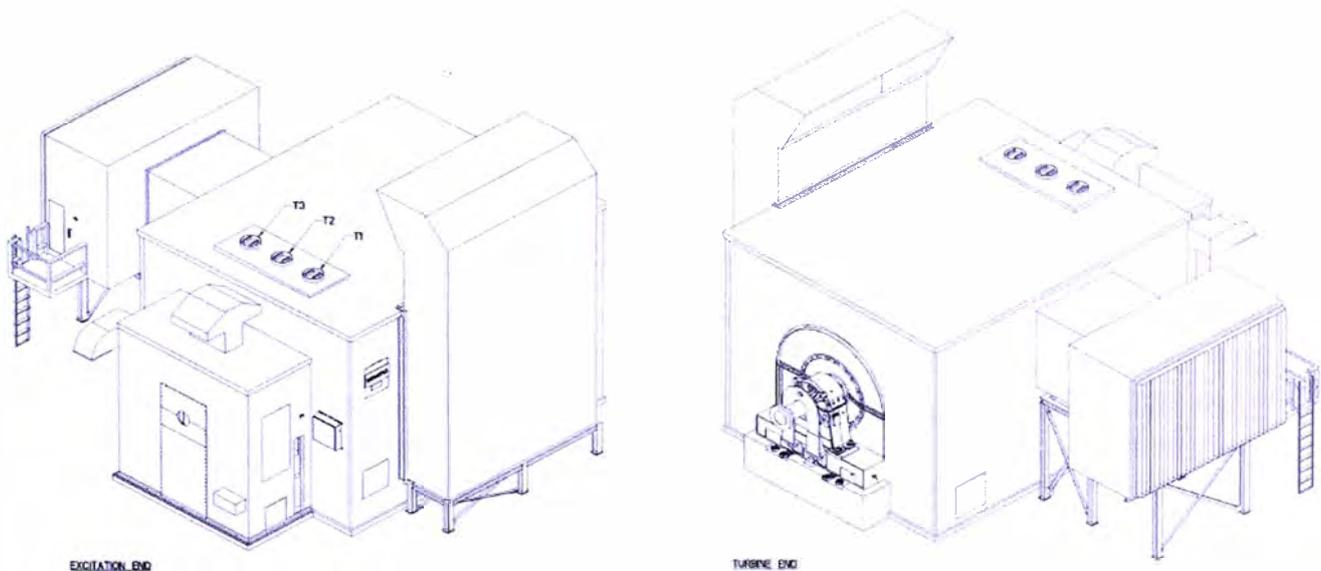


Figura 3.21 Recinto del generador

### 3.5.2.5 Filtros de Aire para la operación AOC

Aire del ambiente es absorbido por el recinto de admisión de aire, pasando por un filtro compacto de alta eficiencia. El material de estos filtros consiste de un tejido de fibra de vidrio.

Después de pasar por los filtros, el aire pasa por los silenciadores antes de entrar al recinto del generador. El escape de aire caliente del generador hacia el ambiente también pasa por silenciadores.

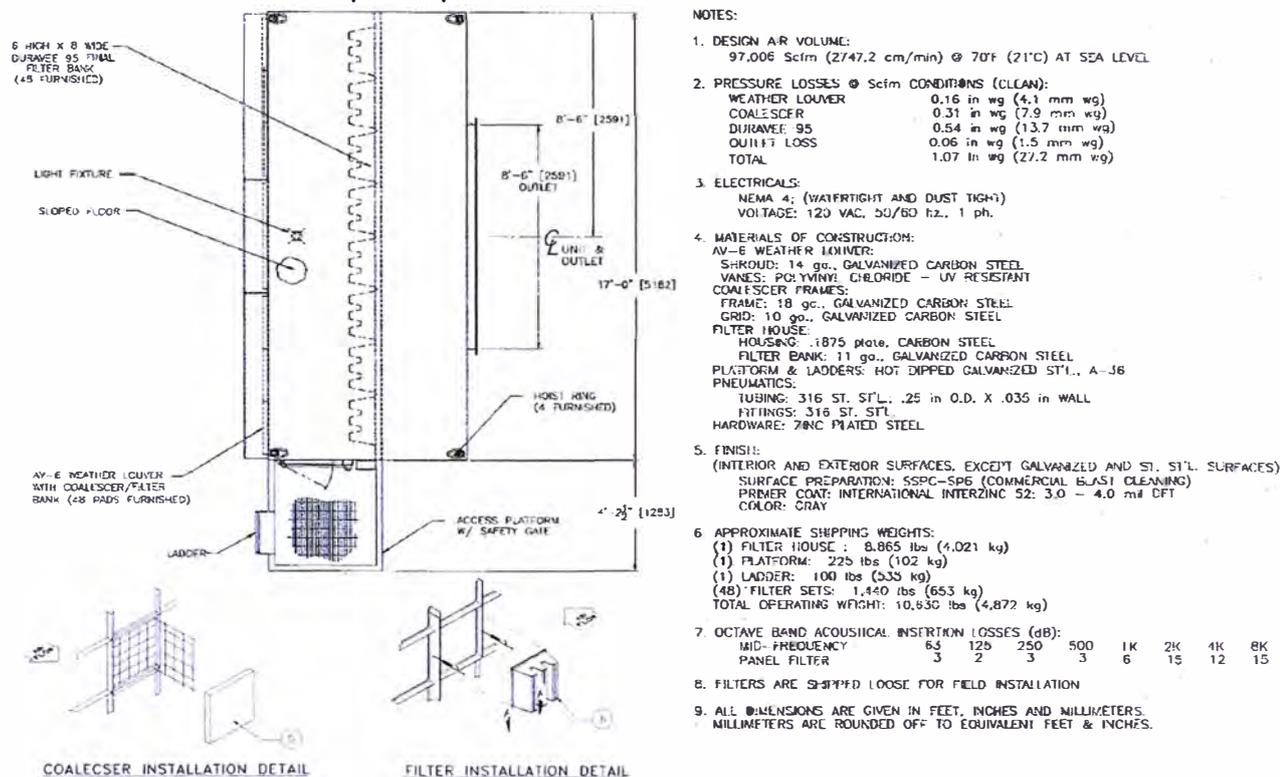


Figura 3.22 Filtros de aire del generador

### 3.5.2.6 Switch de presión diferencial y manómetro

Series 3000, para sensar y monitorear la diferencia de presiones del aire entre la entrada y la salida de los filtros de aire de enfriamiento del generador

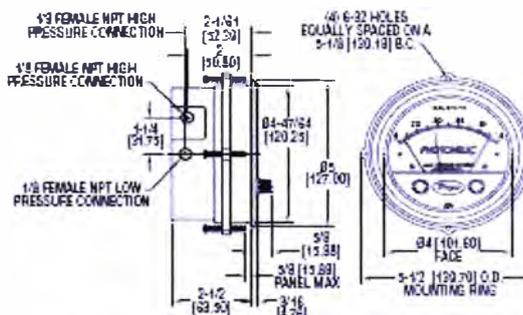


Figura 3.23 Switch de presión diferencial

#### Especificaciones:

Limites de presión: -20 Hg to 25 psig (-0.677bar to 1.72bar)

Limites de temperatura: 20 to 120°F (-6.67 to 48.9°C)

Tamaño: 4" (101.6mm) dial face, 5" (127 mm) O.D.x3-1/8" (79.38 mm)

Peso: 1.8 Lb., (816 g).

Conexión eléctrica: 18" (46 cm) cable con 8 conductores.

Potencia requerida: 24VDC, regulado=10%.



		LETTER	COLOR
Power Supply	+	A	Red
	-	E	Black
Low Set Point	COM	C	Brown
	NC	B	Violet
	NO	D	Blue
High Set Point	COM	H	Green
	NC	J	White
	NO	F	Orange

**Note:** An R/C (resistor/capacitor) snubber is required when switching inductive loads such as a solenoid or contactor. specify Dwyer part number A-600. For DC circuits, also include a 1N4005 diode.

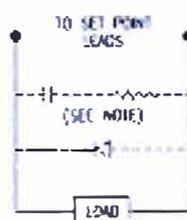


Figura 3.24 Especificaciones del switch de presión diferencial

### 3.5.3 Excitación Estática

El sistema de excitación estática fue diseñado para proveer las funciones de control, protección y monitoreo para un generador síncrono. Un sistema completo de excitación incluye el excitador estático, el regulador de voltaje, el anillo del colector y la porta escobillas. Las últimas dos partes son suministradas con el generador. El balance del sistema, un transformador de potencia, tiristores convertidores con los circuitos asociados para el encendido y un regulador digital automático para el voltaje (Ingles: Automatic Voltage Regulator (AVR) son provistos separadamente.

### 3.5.4 Colector

La función primaria del colector es transferir la corriente directa de la fuente para la excitación al devanado para el campo del generador. El colector se encuentra en el recinto de excitación, el cual es enfriado por aire del ambiente y erigido en la obra. Un calentador también es instalado en el recinto de excitación para prevenir condensación.

# COLECTOR Y PORTACARBONES DEL GENERADOR

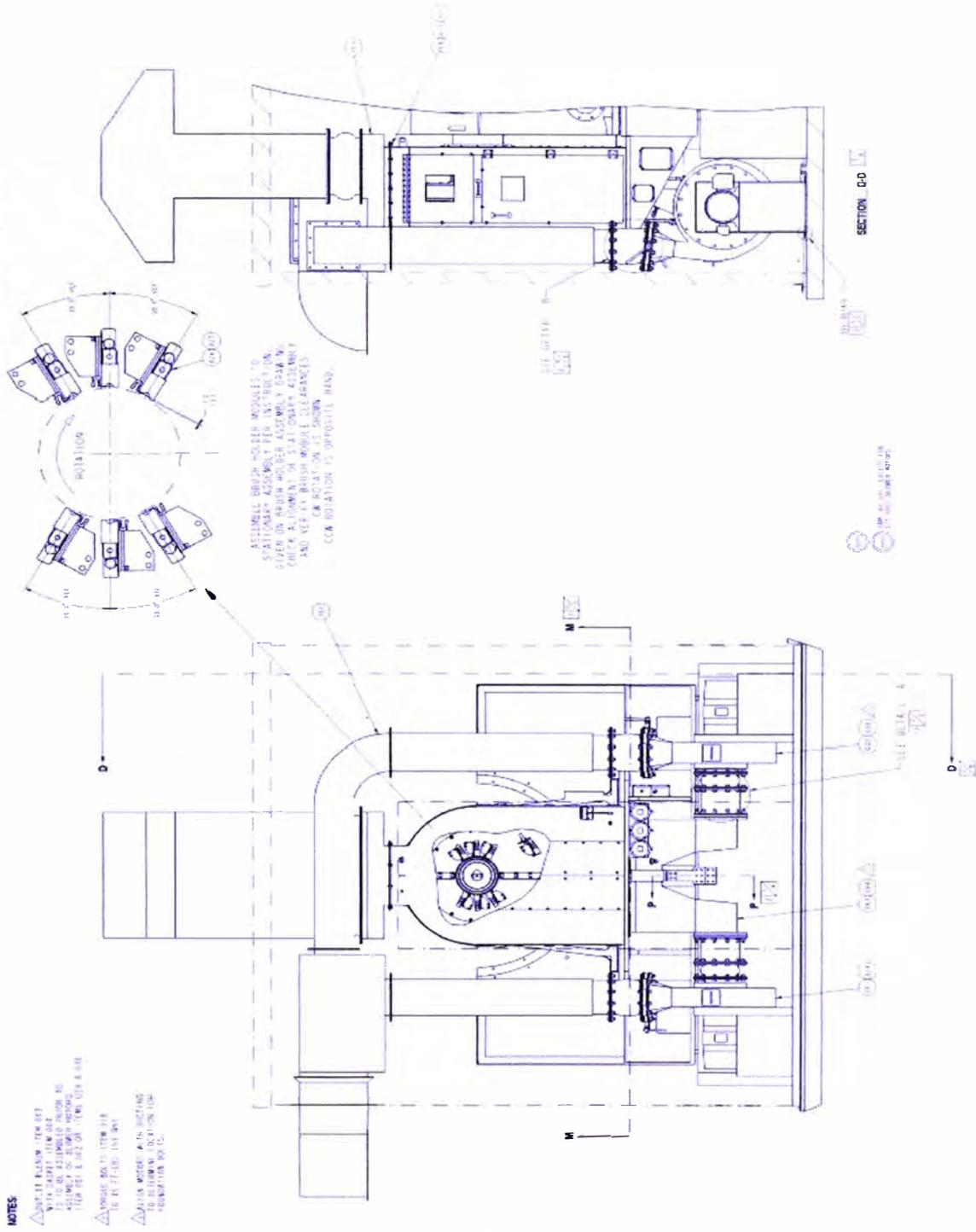


Figura 3.25 Colector y porta carbones

## SISTEMA DE EXCITACIÓN ESTÁTICA

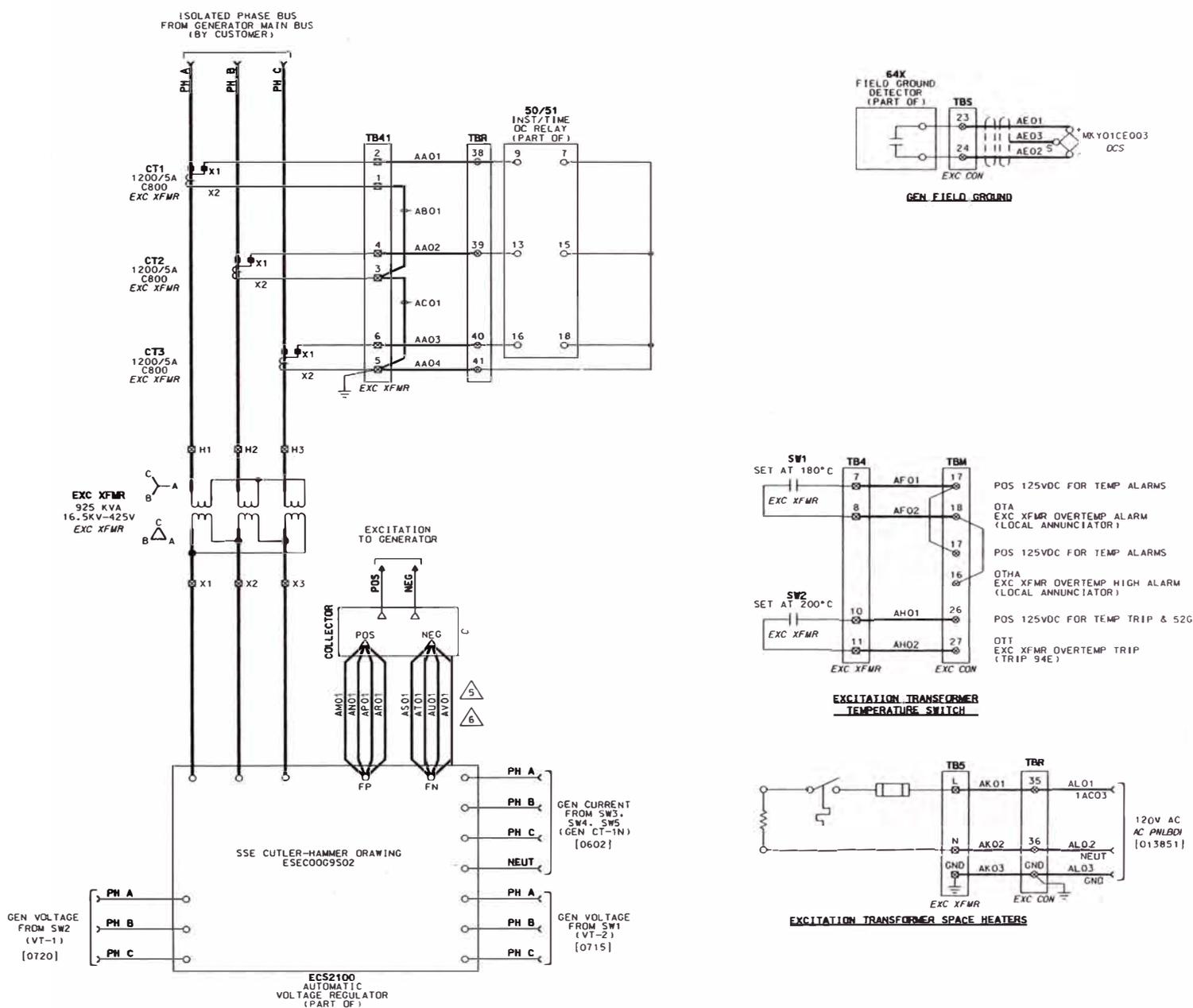


Figura 3.26 Sistema de Excitación del generador

### 3.5.4.1 Componentes rotativos

Los anillos forjados de acero y el ensamblaje de manguito aislador están montados en la excitación de la flecha la cual contiene al colector sobresaliente. Estos también están aislados de la flecha. Las conexiones eléctricas hacia el devanado para el campo pasan por una combinación de cables y conectores axiales y radiales en la flecha.

### 3.5.4.2 Componentes Estacionarios

La porta escobillas utiliza cartuchos de escobillas o ensambles de acoples de escobillas que se pueden quitar fácilmente mientras la unidad este operando. La escobillas de una composición de grafito mantienen un contacto uniforme por resortes de fuerza constante diseñadas par cumplir con la calidad de las escobillas y los niveles de vibración que se esperan para este tipo de operación.

Laminas de resina de vidrio son insertadas en la base del aparejo de escobillas para aislar y alinear este con la flecha.

### 3.5.5 Recinto del Colector

El recinto del colector es fabricado de placas de acero grueso y montado sobre las partes activas y rotantes del colector para dirigir el flujo del aire enfriante, para aumentar la seguridad y reducir el ruido. El aire de enfriamiento para el colector es circulado por dos abanicos con motores eléctricos instalados dentro del recinto de excitación del colector. Dos detectores de temperatura por resistencia (RTD) monitorean las temperaturas del aire frío de entrada y del aire caliente de salida.

### 3.5.6 Regulador de Voltaje

El regulador de voltaje tiene dos modos básicos de operacion, manual y automático. El modo manual se llama Regulación CD (Ingles: DC Regulate) y el modo automático Regulación CA (Ingles: AC Regulate). Con el regulador en el modo de regulación CD, la salida del excitador es controlada manualmente subiendo o bajando una señal de nivel de un punto de referencia de ajuste el cual es comparado con una señal de valor de voltaje del campo del generador. La comparación de la señal de referencia y del voltaje del campo del generador crea una señal de error la cual es usada para controlar el circuito de encendido para los amplificadores de potencia (Ingles: Power amplifier). El voltaje de salida de la maquina (generador) y/o de la carga reactiva puede ser controlado manualmente por el operador por todo el rango de la carga manipulando el controlador DC del regulador.

El regulador CA esta compuesto de varios módulos: un detector y compensador de error del voltaje CA, un mezclador de señales, un transductor de aislamiento CA y del estabilizador del sistema de excitación. Con el regulador CA en servicio, la salida del excitador y el voltaje en los terminales del generador están bajo control automático del regulador CA.

Dos señales, una proporcional al voltaje de salida y otra proporcional a la fase de la corriente, son suministradas por el transductor de aislamiento CA al detector de errores de voltaje AC y al modulo de compensación. La señal de voltaje de la maquina es modificada por el circuito de compensación comparada con la referencia de voltaje CD (ajustable por manipulación del operador de la estación del ajustador del regulador CA). La diferencia es una señal de error amplificada, invertida y aplicada a una de las entradas del mezclador de señales. En este, la señal de error es comparada con la salida

del limitador de excitación mínima. La señal más positiva toma el control, es invertida y aplicada al circuito de encendido a la magnitud y polaridad necesaria para proveer el tiempo apropiado de encendido para el circuito de compuerta de los tiristores al ángulo de la fase. El circuito de encendido para la compuerta del tiristor regula la señal de salida para la excitación del campo del generador en el mezclador de señales, la modifica a la entrada del regulador CA y al limitador de excitación mínima para proveer una operación estable del regulador CA y del circuito del limitador.

Con el regulador CA en servicio, el regulador CD es desconectado de los circuitos de encendido. El regulador CA automáticamente control la excitación completa del campo de la maquina. El nivel del voltaje de la maquina siendo regulado se encuentra bajo el control del operador por el controlador del ajustador del regulador CA. Si se opera el ajustador del regulador CD cuando el regulador CA esta en servicio no tendrá ningún impacto al voltaje de salida de la maquina (generador).

### **3.5.7 Calentadores para evitar la condensación**

Para el generador, el excitador y el cubículo de conexión a tierra del neutro del generador se proveen calentadores de 460 VAC con la potencia total de 6 KW. Los calentadores son alambrados / cableados a terminales de uso común en una caja de terminales sobre la carcasa del generador.

Ellos son alambrados de tal manera que siempre estarán prendidos cuando el generador no este operando.

### **3.5.8 Relevadores de protección**

Una descripción de los relevadores contiene varios instrumentos para monitorear y detectar sus parámetros. Los parámetros y sus instrumentos de detección son los siguientes:

#### **3.5.9 Temperatura**

Los detectores de temperatura usados son del tipo RTD, midiendo la resistencia o termopares / termocuplas. Los RTD tienen una bobina de alambre de platino, enrollados de forma no inductiva a un valor de 100 Ohms a 0°C. Ellos tienen tres cables de extensión que terminan en una caja de terminales. Las termocuplas son del tipo "K" con cables de extensión que también terminan en una caja de terminales.

Temperatura de salida del aire caliente del Generador a los lados del colector y de la turbina – los RTD indican la temperatura del aire caliente después de haber circulado por el generador y alarmaran a 110°C / 230°F.

Temperatura del aire frío a la entrada del Generador a los lados del colector y de la turbina – 2 RTD instalados a cada extremo / fin del generador en la entrada del aire frío proveen una señal la cual es comparada con un valor calculado basado en los MW y los MVAR. Un delta de 4° producirá una alarma mientras un delta de 7° iniciara una descarga automática.

Termocuplas para las chumaceras del Generador lados turbinas y colector – Cada una de las chumaceras es provista con dos elementos detectando la temperatura en ellas. Los RTD para el metal de las chumaceras provee una entrada a un seleccionador de mayor / mas alto usada para alarmar a 99°C / 210°F y automáticamente descargara al generador si un limite prefijo de 103.3°C / 218°F es sobrepasado. La turbina será disparada si la temperatura del metal de la chumacera sobrepasa los 107°C / 225°F. Estos valores también son indicados en las pantallas del sistema T3000TM.

### 3.6 Monitoreo de Vibraciones

El sistema de monitoreo de vibraciones es uno de transductores del tipo Bently Nevada 3500, el cual consiste de pruebas (sensores) de proximidad, cables de extensión, proximadores (Ingles: proximitors), y un monitor. Las pruebas de proximidad son detectores de vibración por proximidad no-contactantes y montadas sobre la flecha. Para obtener una moción verdadera de la flecha del generador se montan dos pruebas separadas a 90° la una de la otra en cada cojinete / chumacera de fricción (radial).

Las pruebas son montadas a los 45° del eje vertical de la flecha. Estas pruebas se refieren como las pruebas “X” e “Y”. La prueba “X” es instalada al lado izquierdo del eje vertical de la flecha mirándolo desde el lado de la turbina. Las señales de las pruebas son mandadas por condicionadores de señales a los monitores de vibraciones del sistema Vibrometer.

#### 3.6.1 Lista de ubicación e instalación de los Transductores de Vibración del Generador.

NOMBRE	DEVICE	LOCATION	TERMINAL ON GENERATOR	CONNECTION	DEVICE TYPE	DIVICE KKS TAG	RECOMMENDED CONNECTION CABLE	OPERATING RANGE
VEE X	GENERATOR RELATIVE VIBRATION TRANSDUCERS	"X" LOCATION ON EE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "X"	OUT, COM (-)	RELATIVE VIBRATION PROBE & SIGNAL CONDITIONER: OUTPUT 4 mv/um	MKD12CY041	SHIELD 16 AWG MULTI-CONDUCTOR CABLE WITH 4 SHIELDED TRIADS	0 TO 350 um
VEE Y	GENERATOR RELATIVE VIBRATION TRANSDUCERS	"Y" LOCATION ON EE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y"	OUT, COM (-)		MKD12CY042		
VES X	GENERATOR SEISMIC VIBRATION TRANSDUCERS	"Y1" LOCATION ON EE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y1"	(+), COM (-)	SEISMIC VIBRATION PROBE (ACCELEROMETER): OUTPUT 77 UA/mm/sec	MKD12CY021	SHIELD 16 AWG MULTI-CONDUCTOR CABLE WITH 4 SHIELDED TRIADS	0 to 20 mm/s
VES Y	GENERATOR SEISMIC VIBRATION TRANSDUCERS	"Y2" LOCATION ON EE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y2"	(+), COM (-)		MKD12CY022		
VTE X	GENERATOR RELATIVE VIBRATION TRANSDUCERS	"X" LOCATION ON TE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "X"	OUT, COM (-)	RELATIVE VIBRATION PROBE & SIGNAL CONDITIONER OUTPUT 4 mv/um	MKD11CY041	SHIELD 16 AWG MULTI-CONDUCTOR CABLE WITH 4 SHIELDED TRIADS	0 to 350 um
VTE Y	GENERATOR RELATIVE VIBRATION TRANSDUCERS	"Y" LOCATION ON TE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y"	OUT, COM (-)		MKD11CY042		
VTS X	GENERATOR SEISMIC VIBRATION TRANSDUCERS	"Y1" LOCATION ON TE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y1"	(+), COM (-)	SEISMIC VIBRATION PROBE (ACCELEROMETER): OUTPUT 77 UA/mm/sec	MKD11CY021	SHIELD 16 AWG MULTI-CONDUCTOR CABLE WITH 4 SHIELDED TRIADS	0 to 20 mm/s
VTS Y	GENERATOR SEISMIC VIBRATION TRANSDUCERS	"Y2" LOCATION ON TE BEARING PEDESTAL	RELATIVE PROBE SIGNAL CONDITIONER "Y2"	(+), COM (-)		MKD11CY022		
GSHE	GENERATOR SPACE HEATERS	WINDING END BOX ON EE	RECEPTACLE GSHEM A, B, & C	A-ØA, B-ØB, C-ØC,	240 VAC, 750W STRIP HEATER CONNECTED FOR 3 PHASE, 400 VAC, 50 HZ, 6.25KW TOTAL	MKD01AH012	12 AWG 3 CONDUCTOR CABLE WITH GROUND (1000V RATING) EACH PLUG	ON OR OFF
GSHT	GENERATOR SPACE HEATERS	WINDING END BOX ON TE	RECEPTACLE GSHTM A, B, & C	A-ØA, B-ØB, C-ØC,		MKA01AH011		

ESH	COLLECTOR SPACE HEATER	INSIDE COLLECTOR	JB3, TB1 & 2	1-L1, 2-L2	230 VAC SINGLE PHASE, 200 WATTS STRIP HEATER	MKC05AH001	12 AWG 2 CONDUCTOR CABLE WITH GROUND	ON OR OFF
CT	GENERATOR CURRENT TRANSFORMERS	ON MAIN AND NEUTRAL LEAD BUSHINGS	JB1 (SEE CT CONNECTION DIAGRAM)	S1 (POLARITY MARK) AND S2	12,000: 1 RATIO CT, IEC RATED, POTTED CASE, 130°C		28 (Y CONNECTED) OR 42 16 AWG CONDUCTORS	0 TO 5A
TR-1	NEUTRAL GROUNDING TRANSFORMER	NEUTRAL GROUNDING EQUIPMENT PAD, RIGHT SIDE FACING EE	SEE NEUTRAL GROUNDING EQUIPMENT DIAGRAM	H1-NEUTRAL, H2-GRND, X1-RX1, X2-RX2	37.5 KVA CONT, 150 KVA - 60 SEC 18,000: 480, 50 HZ DRY TYPE POTENTIAL TRANSFORMER		SUPPLIED	NOT APPLICABLE
R-1	NEUTRAL GROUNDING RESISTOR	NEUTRAL GROUNDING EQUIPMENT PAD, RIGHT SIDE FACING EE	JB1, TM2 I1 & Y2	I1-RX1, I2-RX2	0.7 - 1.5 OHM ELEMENT, 321 AMP, 60 SEC GROUNDING RESISTOR		QTY2, 10 AWG CONDUCTORS	0 TO 500 VOLTS
EFD	DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH AND GAUGE	COLLECTOR ENCLOSURE FOR AIR INLET FILTER	JB-9 TB-1	1-(+), 2-(-), 3-COM1 4-NC1, 5-N01, 6-NC2 7-NO2, 8-COM2	24 VDC POWERED DELTA P SWITCH AND GAGE WITH 2 SETS SPDT FORM C CONTACTS 0.0 TO 2.0 IN H2O AND 0.0 TO 0.5 Kpa	MKC10CP083A MKC10CP083B	16 AWG, 6 CONDUCTOR CABLE	SWITCH CONTACTS

Tabla 3.4 Lista de ubicación e instalación de sensores de vibración

### 3.7 Operación

Los procedimientos de operación específicos para los sistemas del ECONOPAC TM se encontraran en la documentación suministrada al cliente. Las referencias para el control de ajustes requeridos para las secuencias, el control y protecciones se encuentran en el documento específico para la obra, Instrument, Valve and Control Settings List, (Lista de instrumentos, Válvulas y Ajustes de Control). A continuación hay algunas consideraciones de operación para este sistema.

Lo siguiente tiene que ser verificado antes de operar el generador:

El sistema de lubricación debe de estar operando: Nivel adecuado en el depósito, una bomba principal en servicio, la segunda lista para operar como respaldo y la bomba de emergencia probada exitosamente.

El pasaje del aire de enfriamiento debería ser inspeccionado: Aire de reemplazo y ventilación del colector. Los elementos filtrantes deben estar insertados correctamente en sus sostenedores.

Asegúrese que los filtros no tienen que ser limpiados o reemplazados.

Conduzca una exanimación visual de la maquina. Busque indicaciones de deterioración, basura acumulada y derrames / goteos.

Verifique que haya una presión adecuada del aceite lubricante y flujo del aceite por las mirillas en los drenajes de cada una de las chumaceras.

Verifique la alineación correcta del sistema de agua de enfriamiento, su presión de suministro, su flujo y temperatura.

#### 3.7.1 SPPA-T3000

##### Descripción general del sistema de control

El sistema de control mejora la capacidad de generación de energía. Permite el

monitoreo y flujo de datos en tiempo real, abierto y estándar basado en componentes integrado con los sistemas de control de propiedad.

- Buses de campo
- Interfaces abiertas para el intercambio de datos entre el nivel de la empresa y los procesos de producción.

Todos los componentes están diseñados para que SPPA-T3000 fácilmente realice todas las funciones de operación del proceso de la planta de generación de energía, incluida la integración de interfaces de terceros y la interfaz perfecta para aplicaciones basadas en Web. También proporciona la información en tiempo real.

### **3.7.1.1 Arquitectura de Hardware**

SPPA-T3000 comprende:

Interfaces de Usuario: Thin Clients presentan toda la información respecto a la ingeniería, operación, y de diagnóstico. Thin Client permite a cualquier ordenador para acceder a las aplicaciones desde cualquier navegador web a través de Internet o una intranet corporativa sin tener que instalar la aplicación en todos los sistemas de escritorio.

La comunicación principal es realizado por una red Ethernet estándar con TCP/IP.

La comunicación a las interfaces de proceso es establecido por el bus de campo PROFIBUS DP. Otras normas, como Modbus o Ethernet TCP/IP están disponibles también. El bus de campo PROFIBUS DP está directamente conectado al contenedor de Tiempo de ejecución en el servidor de automatización.

La interfaz para el proceso de acondicionamiento de señales y proporciona la salida del comando a través de módulos I / O.

El sistema de seguridad no está integrado en el sistema y se basa en Siemens de Seguridad Integrada, utilizando ET200M no seguro para los módulos de E/S.

La arquitectura de SPPA-T3000 se caracteriza por:

- Proporcionar una arquitectura de sistema integrado de operar de automatizar.
- Con un solo lenguaje de programación (Java).
- Baja complejidad del sistema.
- Un diseño de software modular.

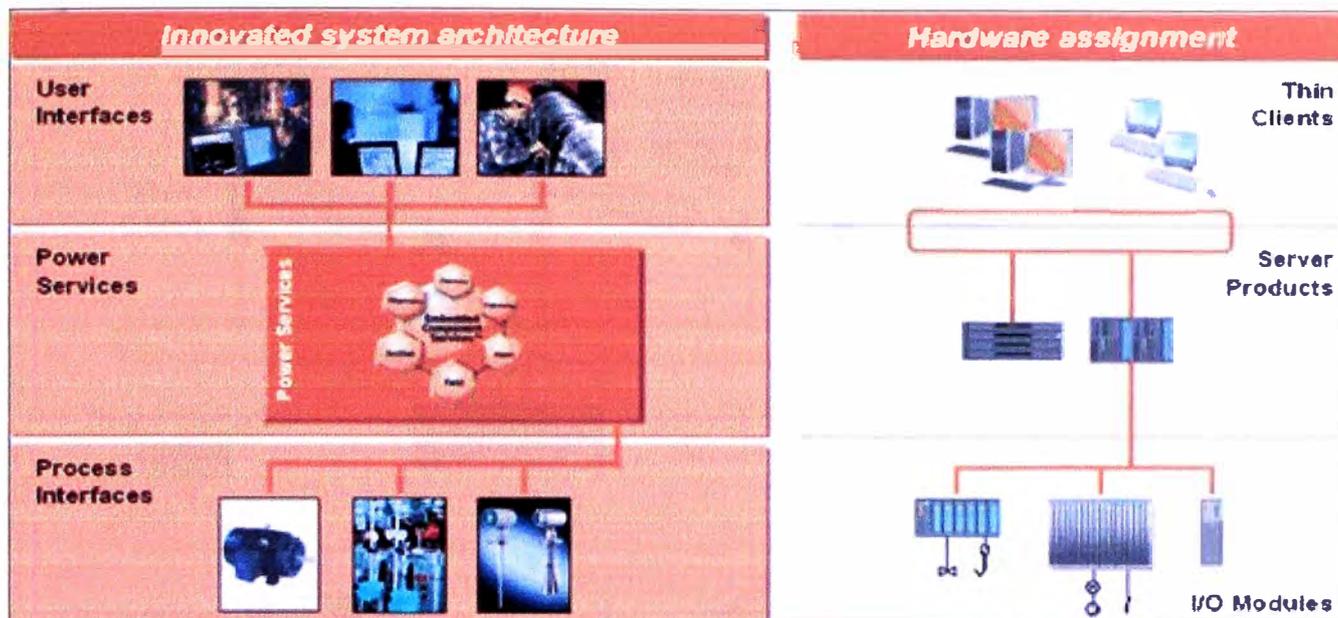


Figura 3.26 Arquitectura de SPPA-T3000

### 3.7.1.2 Interfaces

Los sistemas de acoplamiento SIMATIC auxiliares en plantas de energía, los subsistemas se han instalado que realizar una tarea específica de forma autónoma. Estos incluyen, por ejemplo, unidades de compresores y unidades de extracción.

Si sistemas SIMATIC S7-300 o S7-400 se implementan como la tecnología de automatización, que se pueden acoplar al T3000 a través de las redes. La conexión a S7-300/400 SIMATIC se realiza a través de PROFIBUS o por la red Industrial Ethernet. Cada señal por separado, las ventajas son las siguientes:

- Opción de aislamiento eléctrico mediante un sistema de bus de fibra óptica
- Reducción de costos de cableado
- Mayor flexibilidad en la elección de señales, especialmente en el caso de la adaptación
- Integración homogénea del sistema de auxiliares en el control del operador y el sistema de seguimiento de la planta en general.



Figura 3.27 S7-300/400 SIMATIC

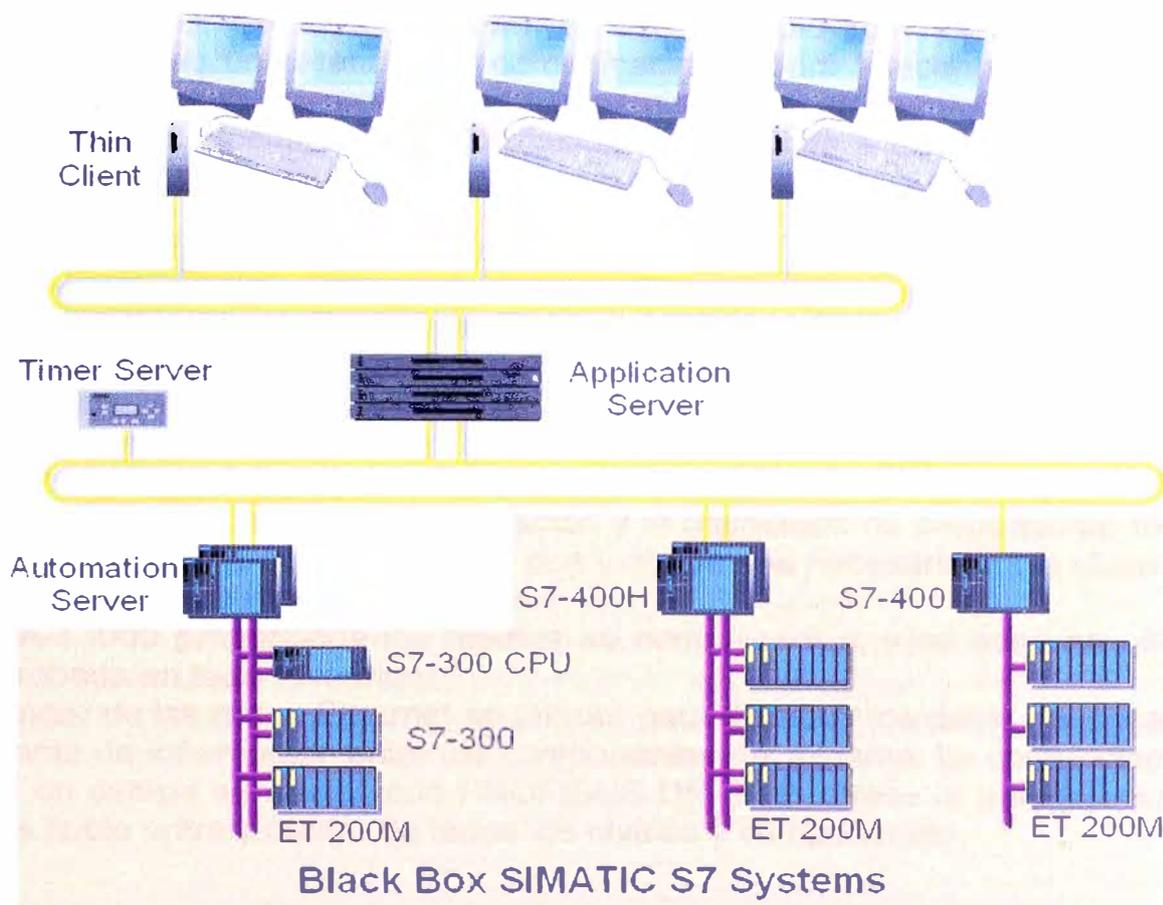


Figura 3.28 Interfaces del SPPA-T3000

Los sistemas auxiliares son siempre vinculados a un servidor de automatización que se encuentra dentro de SPPA-T3000.

Para configurar la comunicación de base, se utiliza SPPA-T3000 Workbench. La ingeniería de intercambio de datos está diseñada a través de la comunicación y a través de la automatización de funciones SPPA-T3000 integrado en Servicios de componente.

En el caso de altas exigencias de disponibilidad de las comunicaciones, los enlaces de comunicación simple o redundante a través de Industrial Ethernet son compatibles.

También pueden acoplarse a través del Módulo de Comunicación (CM104), se ofrecen diferentes protocolos para realizar la conversión de los formatos estándar en SPPA-T3000.

El Módulo de Comunicación (CM104) permite la automatización de los sistemas de control externo a ser enganchado a SPPA-T3000. El CM104 proporciona las interfaces de protocolo MODBUS y la IEC 60 870 protocolo de telecontrol para el acoplamiento de sistemas externos.

El CM104 convierte los datos de sistemas de terceros para SPPA-T3000 comunicación. Para este fin, la CM104 funciona como un servidor de automatización en la Ethernet Industrial, se ejecuta un contenedor de ejecución y transmite los datos de automatización para SPPA-T3000.

Los siguientes datos se pueden intercambiar con el sistema de terceros a través de la interfaz:

- Los valores binarios

- Los valores analógicos

Conectar / IEC: Conexión a través de IEC 60870-5-101/104 (TCP / IP) IEC 60870-5-101 es un estándar de comunicaciones para telecontrol. El protocolo es utilizado como un protocolo de transmisión general entre SPPA-T3000 y subestaciones eléctricas. La información se transmite a través de conexiones en serie (-101) o Ethernet (-104).

### 3.7.1.3 Descripción de la Comunicación

La automatización de la planta está cambiando simplemente de controlar el proceso de la planta a simplificarla. Mediante la utilización de redes y bases de datos, los administradores tienen acceso fácil a los datos históricos o estadísticos, que les permitan llevar a cabo análisis detallados, resultando en decisiones más informadas, basadas en consideraciones comerciales de su flota. Por consiguiente, la comunicación y la capacidad de proporcionar toda la información, con precisión, cuando sea y donde sea necesario, es la clave para la operación de la planta de energía.

SPPA-T3000 proporciona los medios de comunicación, y se basa en normas de probada en todo el mundo.

Estándar de las redes Ethernet se utilizan para distribuir los datos del sistema y la planta de información entre los componentes del sistema. La comunicación a nivel de campo se realiza con PROFIBUS DP. Esto ofrece la transferencia de datos fiable entre y dentro de todos los niveles y componentes.

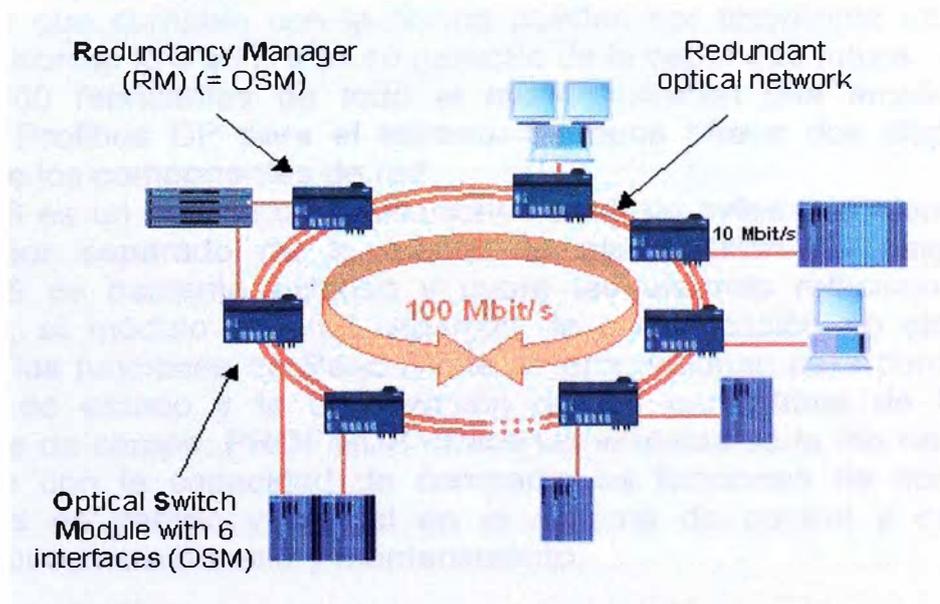


Figura 3.29 Comunicación del SPPA-T3000

### 3.7.1.4 Ethernet Network

La Red Ethernet usa la zona de alto rendimiento y de la red celular de tecnología LAN Fast Ethernet para la comunicación. Todas las ventajas de una red de área local se proporcionan, tales como:

- datos de alta velocidad de transmisión de
- Alta disponibilidad mediante anillos ópticos

- impresoras compartidas
- Los datos compartidos del servidor
- Las aplicaciones de software compartido
- Estabilidad en condiciones de uso de alta
- Conectividad total a todos los dispositivos
- Facilidad de mantenimiento de

Ethernet es la más popular la tecnología LAN de capa física en uso hoy en día. Su popularidad está bien fundada, debido a su capacidad para encontrar el equilibrio correcto entre velocidad, coste y facilidad de instalación. Estos beneficios, junto con una amplia aceptación en el mercado de computadoras y la capacidad de soportar prácticamente todos los protocolos de red populares, hacen de Ethernet una tecnología de red ideal en SPPA-T3000.

### 3.7.1.5 Bus de campo PROFIBUS DP

Conecta los dispositivos de comunicación sobre el terreno en el campo (por ejemplo, actuadores o sensores) a los servidores de energía (por ejemplo, **S7-CPU**). Para ello, SPPA-T3000 utiliza tanto **PROFIBUS DP y PROFIBUS (IEC 61158/EN 50170)** - el estándar internacional para el nivel de campo de la comunicación es el líder mundial del mercado en el área de aplicaciones de bus de campo, y ofrece proceso de alto rendimiento o un campo con los tiempos de respuesta corta.

Gracias a la apertura de PROFIBUS DP, los componentes de diferentes fabricantes que cumplan con la norma pueden ser fácilmente integrados. El **61158/EN norma IEC 50170** es su garantía de la seguridad futura.

Más de 300 fabricantes de todo el mundo ofrecen una amplia gama de productos Profibus DP para el terreno. Siemens ofrece dos dispositivos de campo y de los componentes de red.

PROFIBUS es un bus de comunicaciones serie de bytes que ejecuta la señal eléctrica por separado de la fuente de alimentación. El diagnóstico de PROFIBUS es bastante extenso y cubre las alarmas relacionadas con el dispositivo, el módulo o canal. Además, la comunicación no cíclico de las alarmas y las funciones de Read-/Write se proporcionan para permitir leer los mensajes de estado y la optimización de los parámetros de la línea de dispositivos de campo. PROFIBUS ofrece las ventajas de la red real en el lado del campo con la capacidad de compartir las funciones de control en los dispositivos de campo y central en el sistema de control y calibración a distancia, puesta en marcha y mantenimiento.

SPPA-T3000 consta de los siguientes componentes:

- Interfaces de Usuario
- Servidores de energía
- Redes
- Proceso de Interfaz

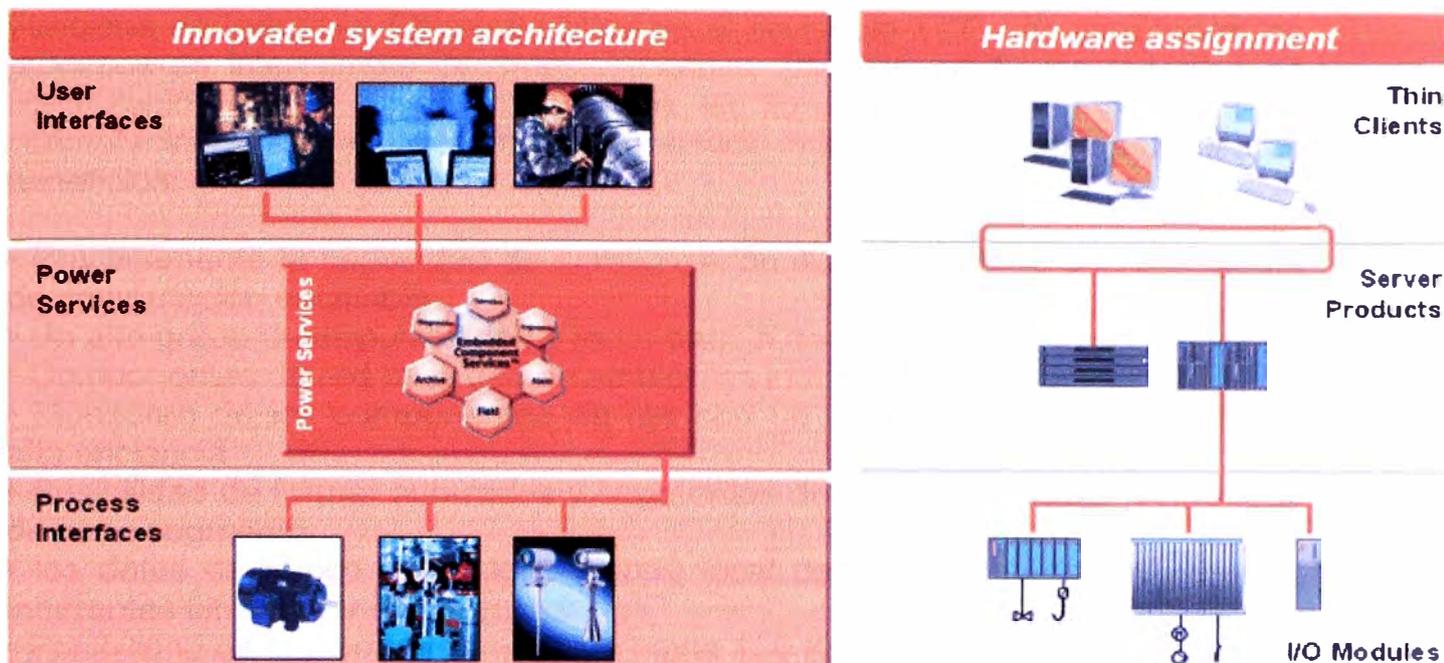


Figura 3.30 Componentes del SPPA-T3000

### 3.7.1.6 Redes

#### Descripción

Redes se utilizan para distribuir los datos del sistema y de la planta, información dentro de SPPA-T3000. SPPA-T3000 ofrece las siguientes redes:

- Red Ethernet
- PROFIBUS DP

#### RED ETHERNET

La red Ethernet proporciona la base para la comunicación entre los elementos del sistema instalado. Los servidores de automatización, los datos se transmiten a través de una red de alta velocidad de Ethernet para el servidor de aplicaciones y, a continuación a disposición de los interfaces de conexión del usuario.

Las impresoras de red se pueden conectar directamente a la red Ethernet para la impresión de cualquier información del sistema, incluyendo diagramas, datos técnicos o manuales. Estas impresoras pueden ser accedidos por cualquier cliente o servidor en un sistema SPPA-T3000.

Además, SPPA-T3000 puede ser equipada con una puerta de enlace para la comunicación dentro o fuera del sistema. El acceso seguro a la red está garantizado por medio de servidores de seguridad.

Como una opción, Enterprise Resource Planning (ERP) pueden tener acceso a la información del sistema de control a través de una **interfaz OPC** estándar a la red Ethernet. Esto se traduce en la libre circulación de toda la información a través de toda la generación de procesos de negocio de alimentación.

Las tecnologías de red actuales proporcionan datos de alta velocidad de transmisión basada en protocolos estándar. La red Ethernet de SPPA-T3000

Funciona en Industrial Ethernet utilizando el protocolo TCP / IP para todos los procesos de intercambio de datos. El apoyo SIMATIC NET, con módulos de conmutación óptica (OSM ©) y cables de fibra óptica, o con módulos de conmutación eléctrica (ESM ©) y par trenzado industrial, ofrecen los siguientes beneficios:

- Prácticamente la capacidad de comunicación ilimitada debido a la tecnología de conmutación escalable
- Un alto grado de disponibilidad y redundancia de conmutación rápida
- Componentes de red para uso en ambientes industriales
- Monitoreo de los componentes de red con un concepto de señalización de alta eficiencia
- Posibilidad de formar sub-redes y segmentos de red con un rendimiento total de cada segmento
- los datos de tráfico local sigue siendo local debido a la dirección Ethernet inherentes filtrado por el interruptor
- Posibilidad de implementar redes de hasta 150 Km. de longitud
- Diagnóstico de los componentes de red

El sistema de bus de Ethernet Industrial cuenta con mecanismos que impiden que el sistema de comunicación falle debido a un fallo único. Mediante la conexión de la red, sigue siendo funcional incluso cuando una vía de transmisión falla. Si un componente de red falla, sólo las estaciones conectadas a ese componente son inaccesibles. Zonas pobres de componentes redundantes T3000 son conectados a módulos de conmutación diferentes dentro de una configuración de anillo, lo cual aumenta la disponibilidad.

### Configuración anillo

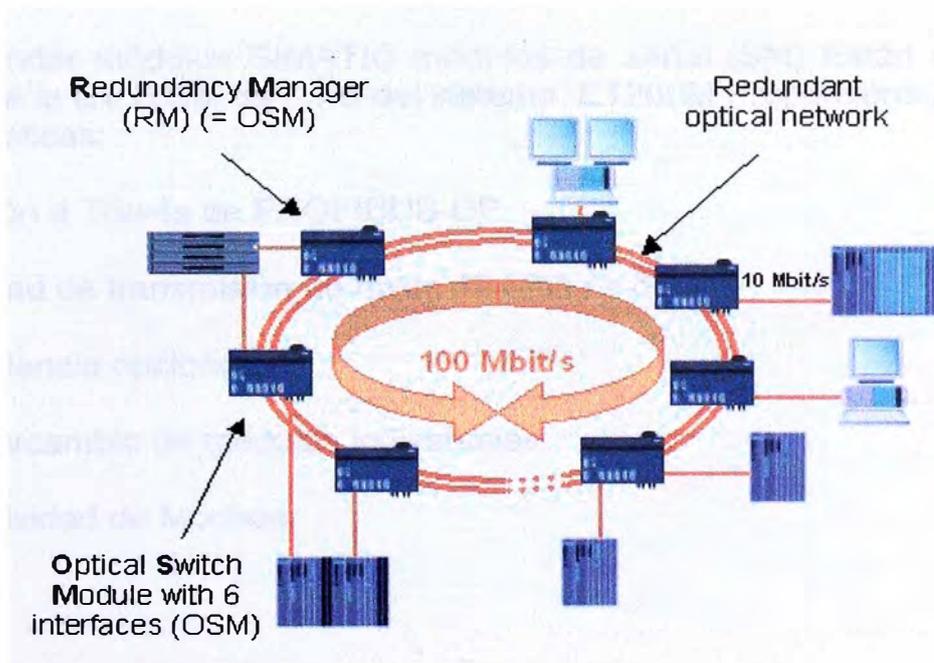


Figura 3.31 Configuración del anillo

### 3.7.1.7 PROFIBUS DP

PROFIBUS es un estándar internacional y se aplica a los dispositivos de campo de muchos fabricantes apoyan esta norma (normalizado a la EN 50170 y IEC 61158).

#### **PROFIBUS DP características:**

- Estandarizado a la EN 50170 e IEC 61158-3 ED2.
- Fácil de usar, de alta seguridad de datos, alta disponibilidad
- La comunicación a través de dos cables de alambre y cables de fibra óptica
- Control de acceso de autobuses: paso de testigo con el maestro-esclavo subordinado, el ciclo DP equidistante de autobuses
- Todos los perfiles de protocolo puede operar en un cable compartido.

### 3.7.1.8 Descripción de Interfaces de Proceso

Interfaz de proceso es la una conexión de hardware entre el campo y el Proceso. Todas las variables de proceso analógico y binario de los transmisores en el terreno se adquirieron a través de una interfaz de proceso. Comandos realizado por el operador, o emitidos por las funciones de automatización de aplicación, se transmiten también a nivel de campo a través de la interfaz de proceso. Distribuido SIMATIC sistemas ET200M E/S se Utilizan para conectar dispositivos de campo a zonas pobres-T3000, y Están conectados Mediante bus de campo PROFIBUS-DP. Esto se traduce en una alta me Flexibilidad de E/S de diseño, ya sea en el centro de salas de la electrónica, los centros de control remoto de motor (MCC), o directamente en la planta, con o sin armarios.

PROFIBUS-DP permite el intercambio de datos entre el servidor de automatización y de la E/S distribuidas - Con los requisitos de instalación de baja.

E/S estándar módulos SIMATIC módulos de señal (SM) Están conectados a Través de la ET 200M de E / S del sistema. ET200M Proporciona las siguientes características:

- Conexión a Través de PROFIBUS-DP
- Velocidad de transmisión de hasta 12 Mbit / s de
- Redundancia opcional
- Hot intercambio de módulos individuales
- Conectividad de Modbus.



Figura 3.32 ET 200M de E / S del sistema

Módulos especiales E / S se basan en AddFEM que ofrece la posibilidad de utilizar las funciones de automatización parcial, además de la funcionalidad de entrada y de salida. Estas funciones parciales que se asignan a la AddFEM son designados como Front-End Function.

La grabación de alta velocidad de los acontecimientos binario es realizado por el SOE AddFEM (secuencia de eventos), que realiza la grabación de eventos y sellado de tiempo con gran precisión. Adquisición de señal de alta velocidad diseñados especialmente para motores de turbina de respuesta rápida controladores de lazo cerrado se realiza por AddFEM Fast IO.

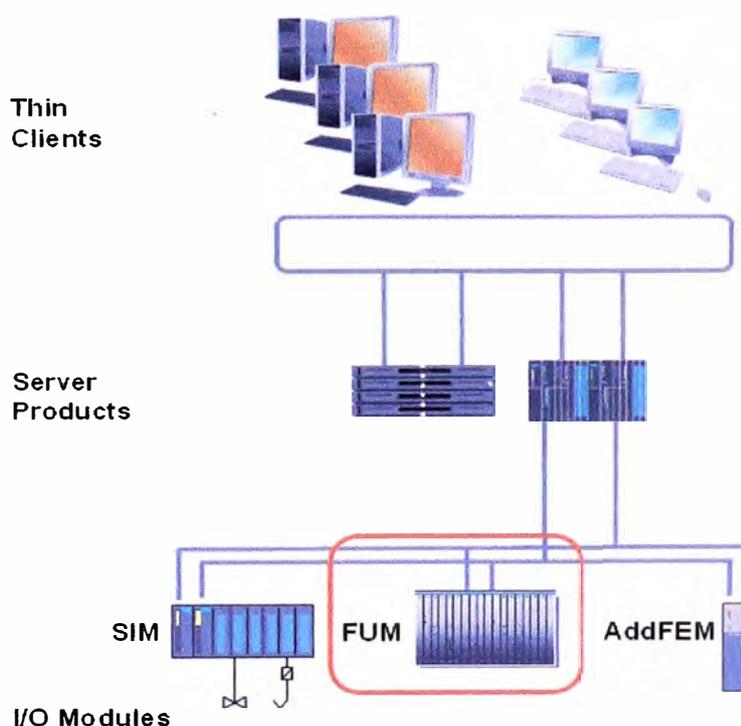


Figura 3.33 Módulos especiales E / S

FUM módulos han sido desarrollados especialmente para aplicaciones de planta de energía. Su alcance funcional se ha optimizado para las tareas específicas en una planta de energía. En el contexto de los altos niveles de I & C, los FUMs están equipados con unidades de tratamiento previo, con medio a alto rendimiento de procesamiento.

Las tareas más importantes FUM son:

- adquisición de la señal, acondicionamiento, procesamiento, supervisión y señales y fuente de alimentación del sensor
- Individual en bucle abierto y bucle cerrado controles
- Tiempo de marcado con la resolución de 1 ms para eventos (analógico y binario)
- Las funciones de supervisión, fácil diagnóstico y preciso en el caso de un fallo.

Los módulos se insertan en FUM subbastidores que están montados en gabinetes electrónicos.

### 3.7.1.9 Descripción general del sistema

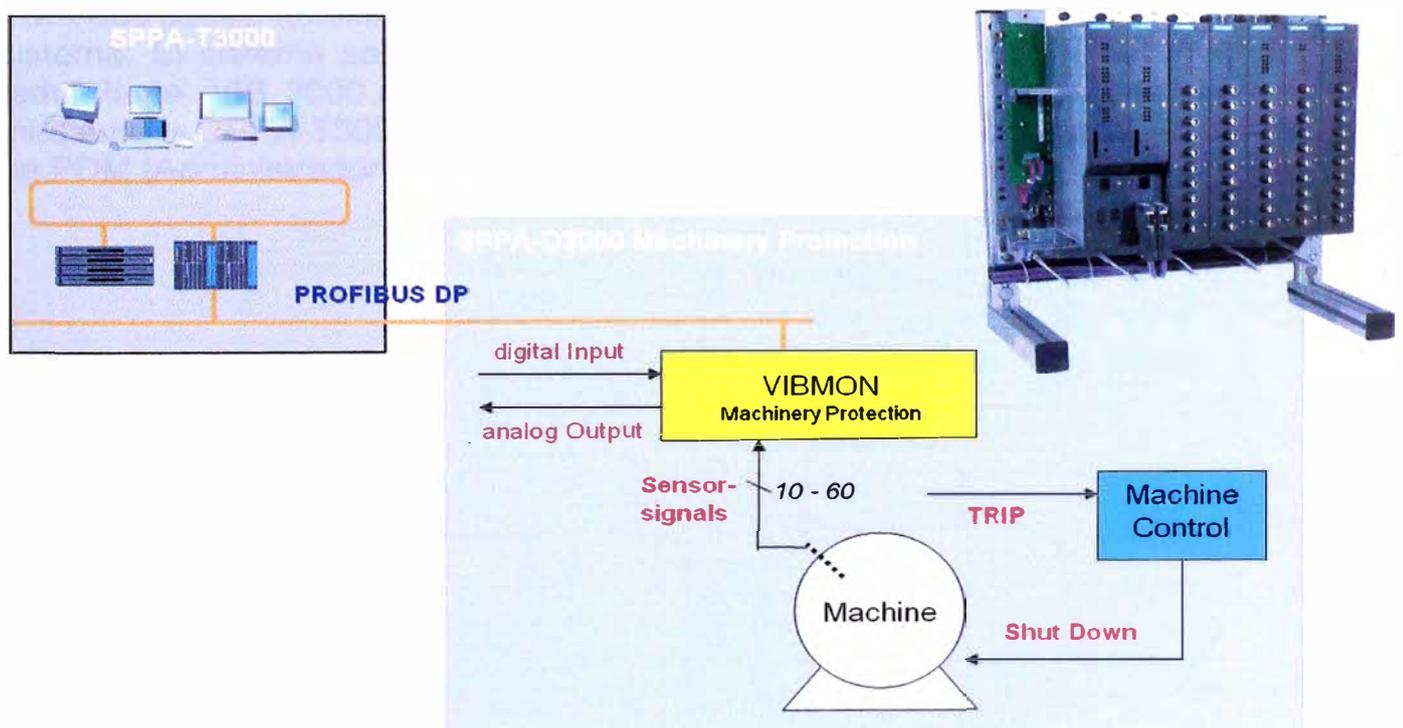


Figura 3.34 Descripción del sistema

### 3.7.2.0 Funcionalidad básica

La funcionalidad básica de VIB 3000 es como sigue:

- Encendido de cualquier tipo de sensores de vibración (acelerómetros, sensores de velocidad, sensores de desplazamiento)
- Monitoreo de la integridad del sensor inc. Cableado

- Generación de valores característicos en tiempo real
- El seguimiento de estos valores en contra de los límites absolutos
- Lógica de votación que se utilizará en el conjunto de turbo conjunto
- Entregar todos los valores de medición y eventos a PG & C L I sistema a través de interfaces estándar (Profibus DP)
- Cableado de interfaz con un F AG
- Cableado de interconexión de los valores de medición a I & C componentes del sistema
- Generación de valores de medición de diagnóstico (de banda angosta, FFT, Orbit, etc)
- Interfaz estándar del sistema de Condition Monitoring (Ethernet)

VIB 3000 puede funcionar como un componente integrado de la I L PG & C del sistema. El sistema se conectará a la AP a través de un enlace de Profibus redundante. VIB 3000 de ingeniería y se llevará a cabo a través de Profibus mediante la SPPA-T3000 Workbench. La tarea de configuración estará a cargo de PDM (Administrador de dispositivos Profibus).

# DIAGRAMA DEL MONITOREO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA T3000

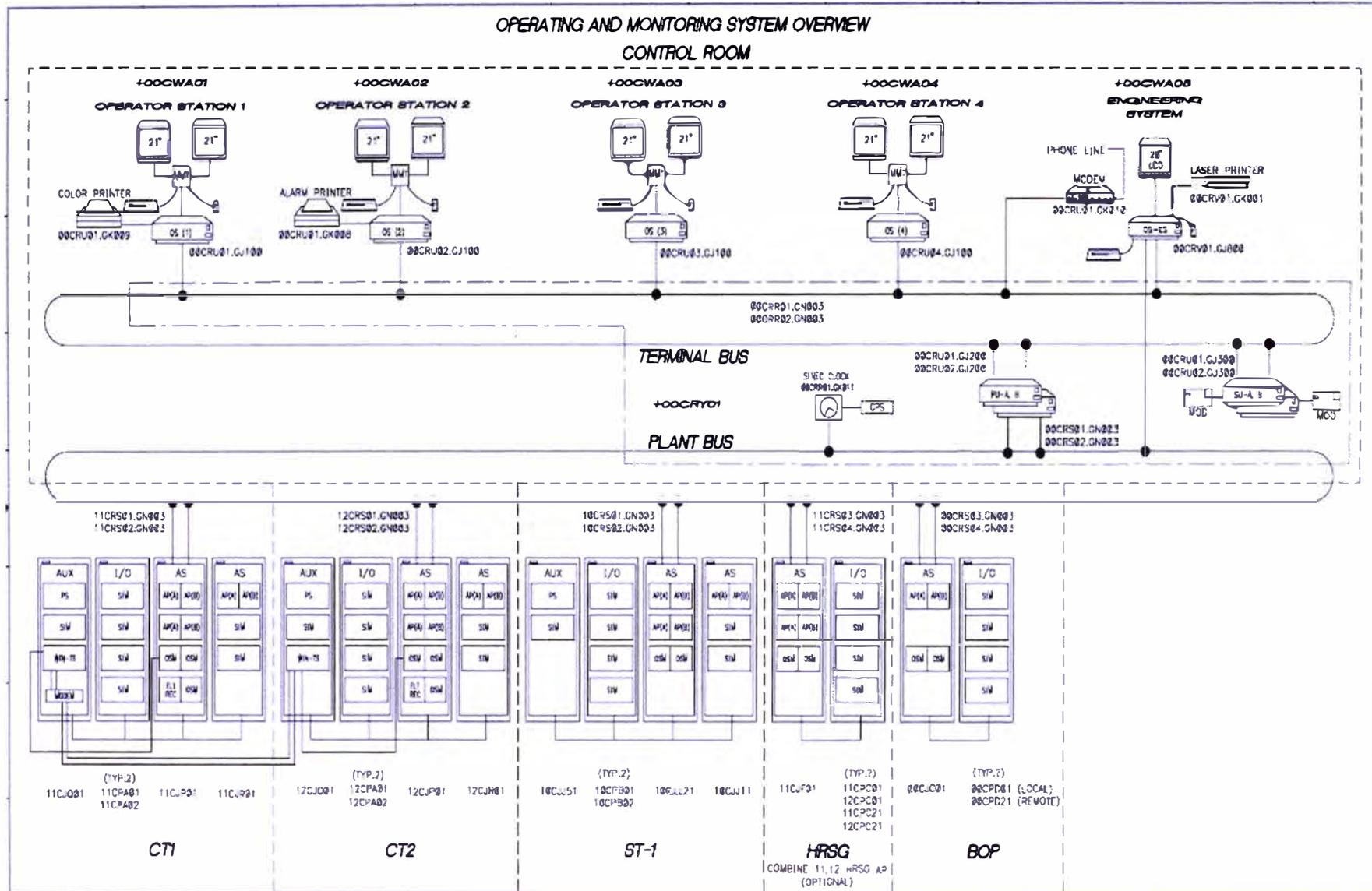


Figura 3.35 Descripción general del sistema T3000

### 3.8 Arranque

Los siguientes puntos deben ser chequeados cuando se arranca la unidad por primera vez:

- Asegúrese que el flujo de aire de enfriamiento no este bloqueado (aire de reemplazo y ventilación del colector).
- Monitoree las temperaturas para asegurar que ninguna sea excesiva y que haya enfriamiento adecuado por agua o aire.
- Escuche cualquier sonido que pueda indicar que no haya bastante espacio libre / luz / claro entre partes rotativas y estacionarias.

El generador siempre tiene que ser operado dentro de sus límites mostrados en sus curvas de capacidad. Lea todo los parámetros significantes a intervalos predeterminados cuando el generador este operando y regístrelos en un modo sistemático. Cualquier irregularidad tiene que ser investigada sin demora y tomar las medidas que sean necesarias para evitar daños o un funcionamiento defectuoso. Un registro sistemático de los parámetros ayudara en el análisis a largo plazo durante la vida de la maquina. Los siguientes parámetros deberían ser medidos y registrados como un mínimo:

- Fecha y hora
- Voltaje
- Corriente de carga
- Vibraciones de las chumaceras
- Temperaturas del estator
- Temperaturas de enfriamiento
- Temperaturas de las chumaceras

Cualquier cambio repentino en la temperatura o vibración tiene que ser explicado y resuelto sin demora. Cuando se opere el generador por primera vez a su carga nominal, el factor de potencia tiene que ser ajustado a su valor determinado y se tiene que permitir que el generador corra bajo estas condiciones al menos hasta que las temperaturas dentro de las bobinas del estator se hayan estabilizado. La corriente del excitador tiene que ser comparada con sus valores de diseño y las temperaturas y vibraciones comparadas con sus límites especificados. Estos valores proveerán una referencia para verificar el rendimiento de la maquina en el futuro.

### 3.9 Sincronizar el generador al sistema

Para conectar un generador síncrono a un sistema ya en operación, los voltajes de la maquina entrando y la del sistema (red) tienen que ser aproximadamente los mismos a todo momento. Esto requiere que los dos voltajes sean de la misma frecuencia, tengan la misma magnitud y secuencia de fase y estén en fase una con la otra.

Voltímetros indican si las magnitudes de los voltajes son los mismos y medidores de frecuencia o tacómetros pueden indicar si la frecuencia son aproximadamente las mismas. Si los voltajes están aproximadamente en fase y exactamente con la misma frecuencia es indicado por instrumentación en el cuarto de control.

Un relé de sincronización automática es provisto para automáticamente ajustar la velocidad y el voltaje a los valores de la red y señalar al interruptor del generador que cierre. Un synchro-acceptor (aceptador de sincronismo) localizado en el panel de relés monitorea la diferencia en la fase a ambos lados del interruptor. El synchro-acceptor reconoce la tasa a la cual ambos sistemas se acercan a su sincronización y previene un cierre del interruptor bajo condiciones que puedan causar daños al equipo o un disturbio del sistema.

Sincronización manual puede ser seleccionada. En este caso el operador tiene el control del interruptor del generador y utiliza un sincronoscopio y dos luces de sincronización para seleccionar el momento para el cierre del interruptor y así sincronizar al generador con la red.

En adición a las temperaturas y presiones en las chumaceras, los siguientes parámetros también tienen que ser monitoreados durante el arranque:

- Temperatura del metal de las chumaceras
- Límites de vibración
- Temperaturas del estator
- Sincronización del generador
- Temperatura del aire frío

### **3.9.1 Operación bajo carga**

La unidad esta operando bajo carga cuando el generador esta conectado a la red. En adición a los parámetros antes del arranque y durante el arranque, el generador siempre tiene que ser operado dentro de sus límites mostrados en sus curvas de capacidad. Si el generador no es operado dentro de las restricciones impuestas por las curvas de capacidad, esto puede resultar en un sobrecalentamiento peligroso y subsecuentemente daña al estator y/o rotor.

### **3.9.2 Curvas de capacidad del Generador**

Las curvas de capacidad calculadas establecen los límites de operación del generador a varias condiciones de carga y factor de potencia. Las condiciones ambientales como la temperatura y la altura afectan la capacidad del generador. Las curvas específicas para su generador se encuentran en su manual para el generador. Un ejemplo típico para las curvas se encuentra en la siguiente figura.

## Calculated Capability Curves

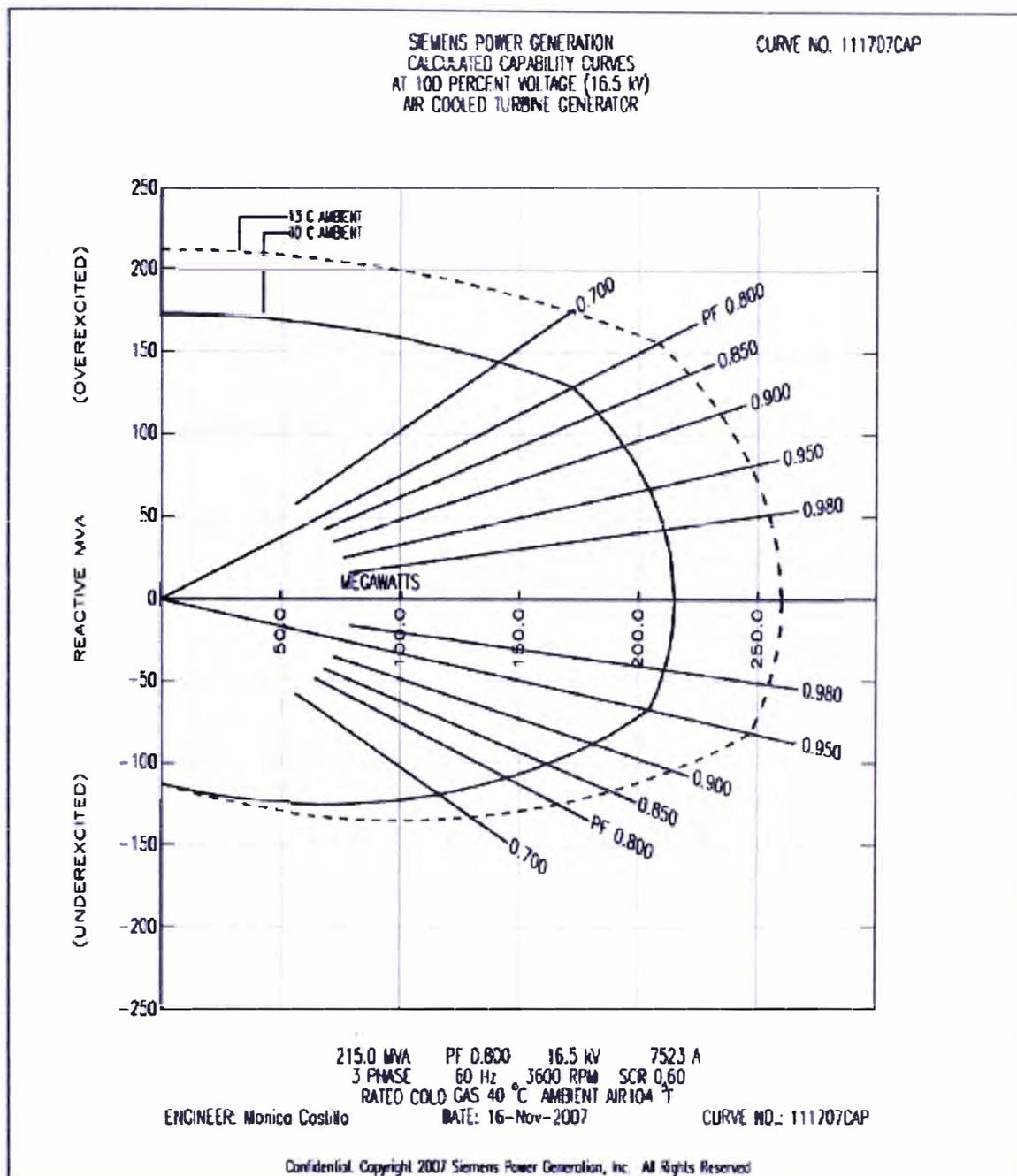


Figura 3.36 Curva de capacidad del generador

La producción total del generador es afectada por el componente real, El componente reactivo de salida y por la capacidad de enfriamiento del sistema de enfriamiento. En la curva de capacidad, la línea radial muestra la potencia aparente (MVA) del generador. La línea consiste de dos vectores, los cuales son el componente real (MW) y reactivo (MVA). El factor de potencia (pf) se muestra por el coseno del ángulo entre los vectores MW y MVA.

Los límites de operación impuestos por la temperatura del aire de enfriamiento aparecen como curvas en el diagrama. La curva exterior muestra los límites de la temperatura del aire mas fría. La otra curva muestra los límites para una temperatura más alta. Si se reduce la carga, el generador puede ser operado a

temperaturas ambientales más altas sin sobrepasar los límites de la capacidad del generador.

Cada curva consta de tres partes. Las partes muestran los límites en la temperatura impuestos por varios componentes del generador. Estos componentes son los siguientes:

- Temperatura del devanado del rotor
- Temperatura del devanado del estator
- Temperatura del núcleo del estator

La parte de arriba de la curva muestra la operación con un factor de potencia inferior al especificado, es decir de 0 sobre-excitado al factor de potencia nominal (0,9). La operación dentro de este rango es limitada por la temperatura en el devanado del rotor. En esta parte de la curva de capacidad del generador, este opera con el amperaje del campo a su valor de diseño.

La parte central de la curva, o en otras palabras, la región dentro de los factores de potencia de diseño de sobre-excitación y sub-excitación, es limitada por la temperatura en el devanado del estator. La operación en esta parte de la curva corresponde a un amperaje constante en el devanado del estator. En esta parte, la corriente del campo variara con la carga y el factor de potencia siempre será mas alto que sus valores nominales. Este es el área de operación nominal.

La parte baja de la curva muestra la operación en el rango de sub-excitación dentro de un factor de potencia nominal (0.95) y 0. Una operación dentro de este rango es limitada por la temperatura en el núcleo del rotor.

Siemens					
A.C. Generator,		Air cooled			
Machine Code	Serial Number	Year Built	Phases	Winding	Standard
SGEN6-1000A	12114	2008	3	Wye	IEEE
Rated Output	Power Factor	Stator Voltage	Stator Current	Field Voltage	Field Current
215 MVA	0.8	16.5 KV	7523 A	252 V	1421 A
Inlet Water Temp	Cold Gas Temp	Stator Temp Rise Limit	Rotor Temp Rise Limit	Stator Thermal Class	Rotor Thermal Class
N/A	40 °C	80.5 °K	80 °K	F	F
H2 Pressure	Altitude	Max Amb Temp	Min Amb Temp	Max Water Temp	Stator Water Temp
N/A	210 m	28 °C	13 °C	N/A	N/A
Duty	Frequency	Rotation	EE Viewed Rotation	Phase Sequence	Protection
S1	60 Hz	3600 rpm	CW	T1-T2-T3	IP54
Book	Mass				
MK-10056	281,269 Kg				
					Made in
					USA

Figura 3.37 Placa del generador

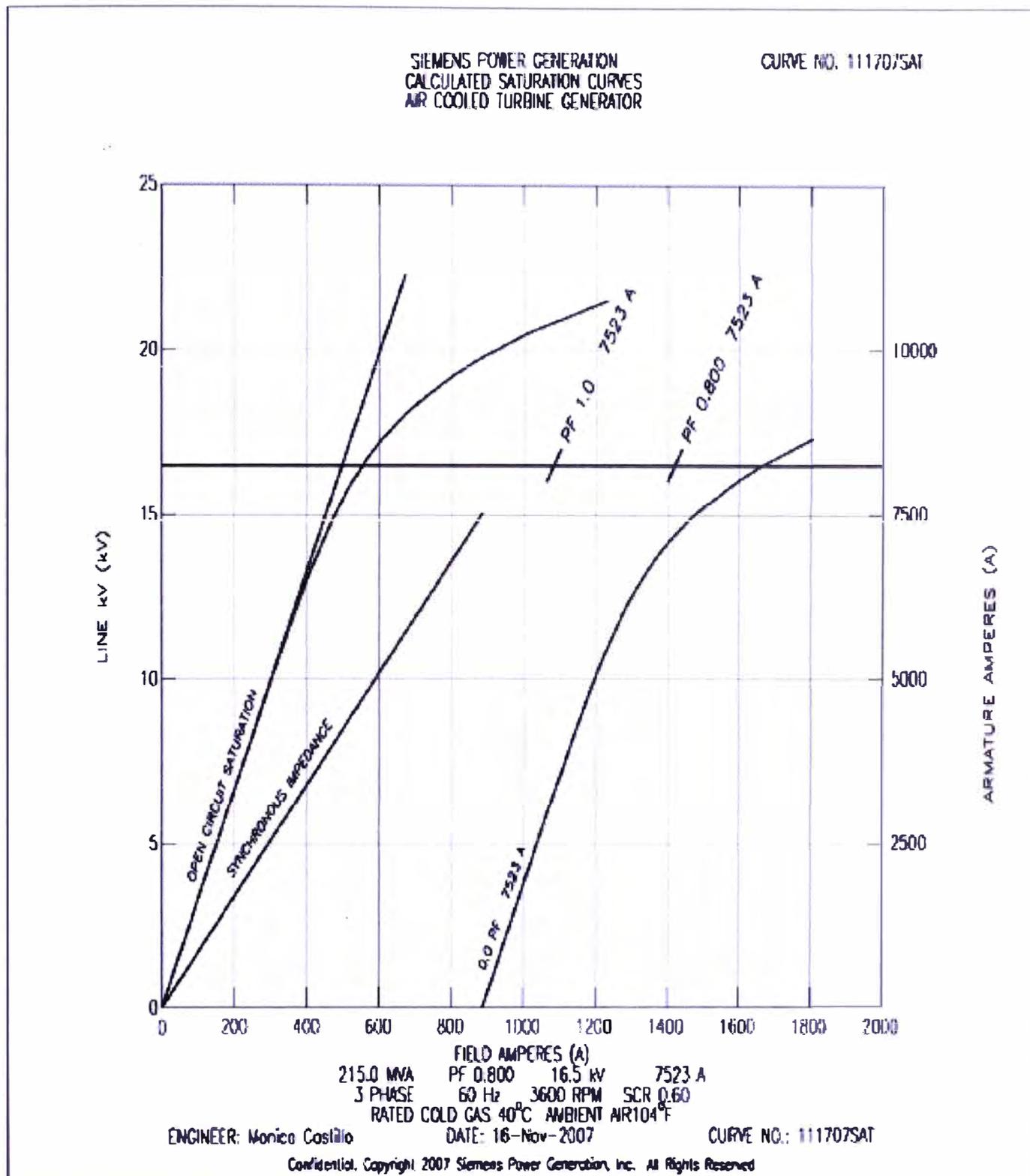
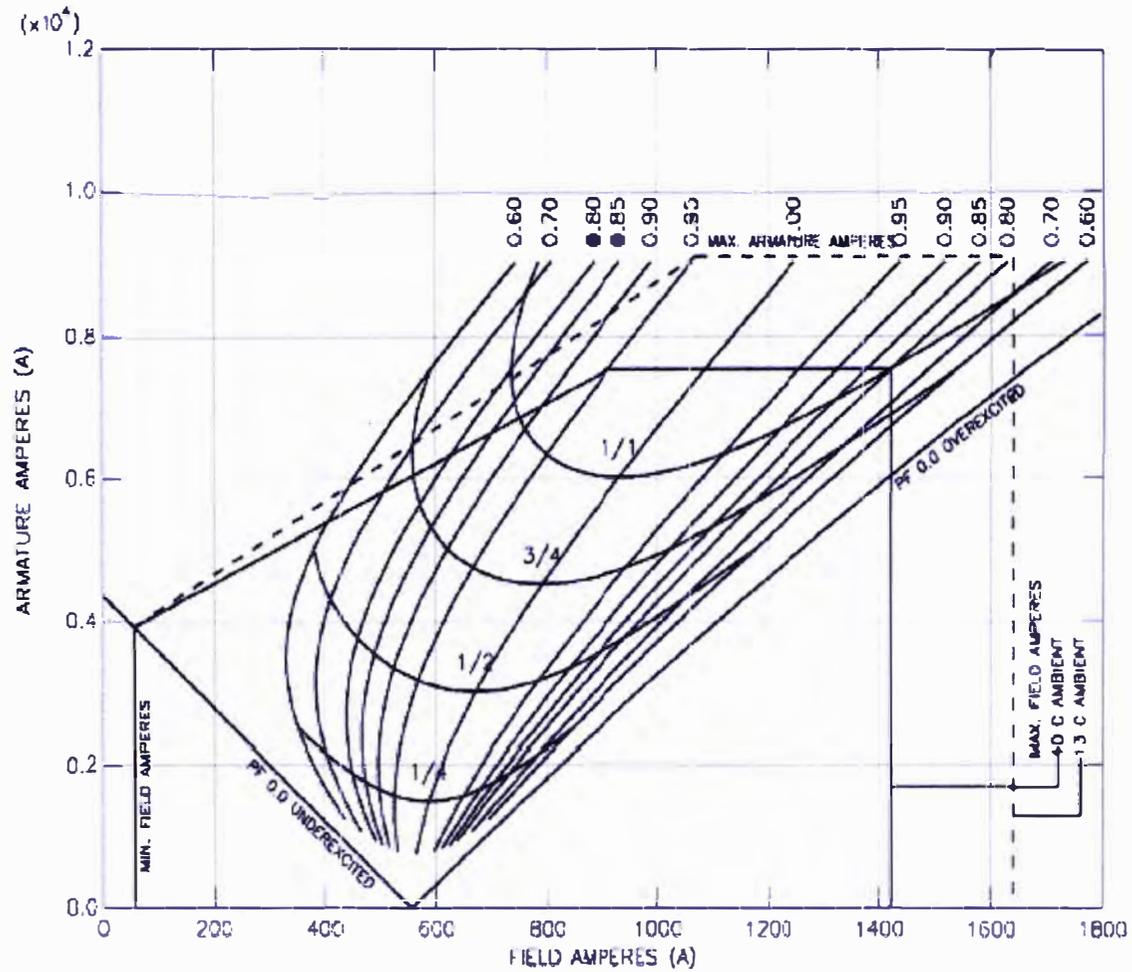


Figura 3.38 Curva de saturación

SIEMENS POWER GENERATION  
 CALCULATED VEE CURVES  
 AT 100 PERCENT VOLTAGE (16.5 kV)  
 AIR COOLED TURBINE GENERATOR

CURVE NO. 111707VEE



215.0 MVA PF 0.800 16.5 kV 7523 A RATED COLD GAS 40 °C  
 3 PHASE 60 Hz 3600 RPM SCR 0.60 AMBIENT AIR 104 °F  
 ENGINEER: Monica Castilla DATE: 16-Nov-2007 CURVE NO.: 111707VEE  
 Confidential. Copyright 2007 Siemens Power Generation, Inc. All Rights Reserved

Figura 3.39 Curva corriente de armadura vs. Corriente de campo del Generador

### DIAGRAMA DEL SISTEMA ELECTRICO

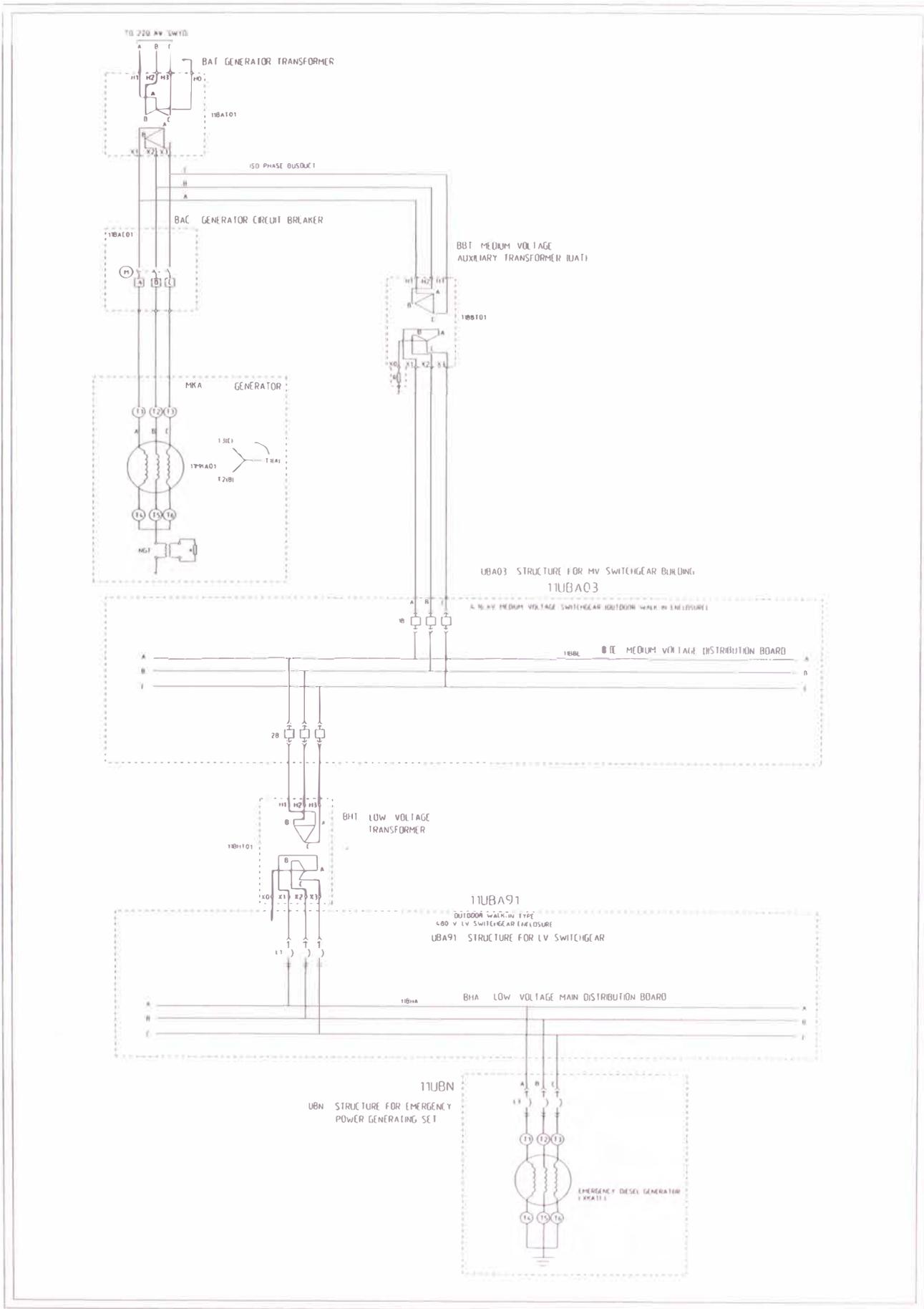


Figura 3.40 Sistema eléctrico Planta Siemens

# PROTECCION Y MEDIDA DEL GENERADOR

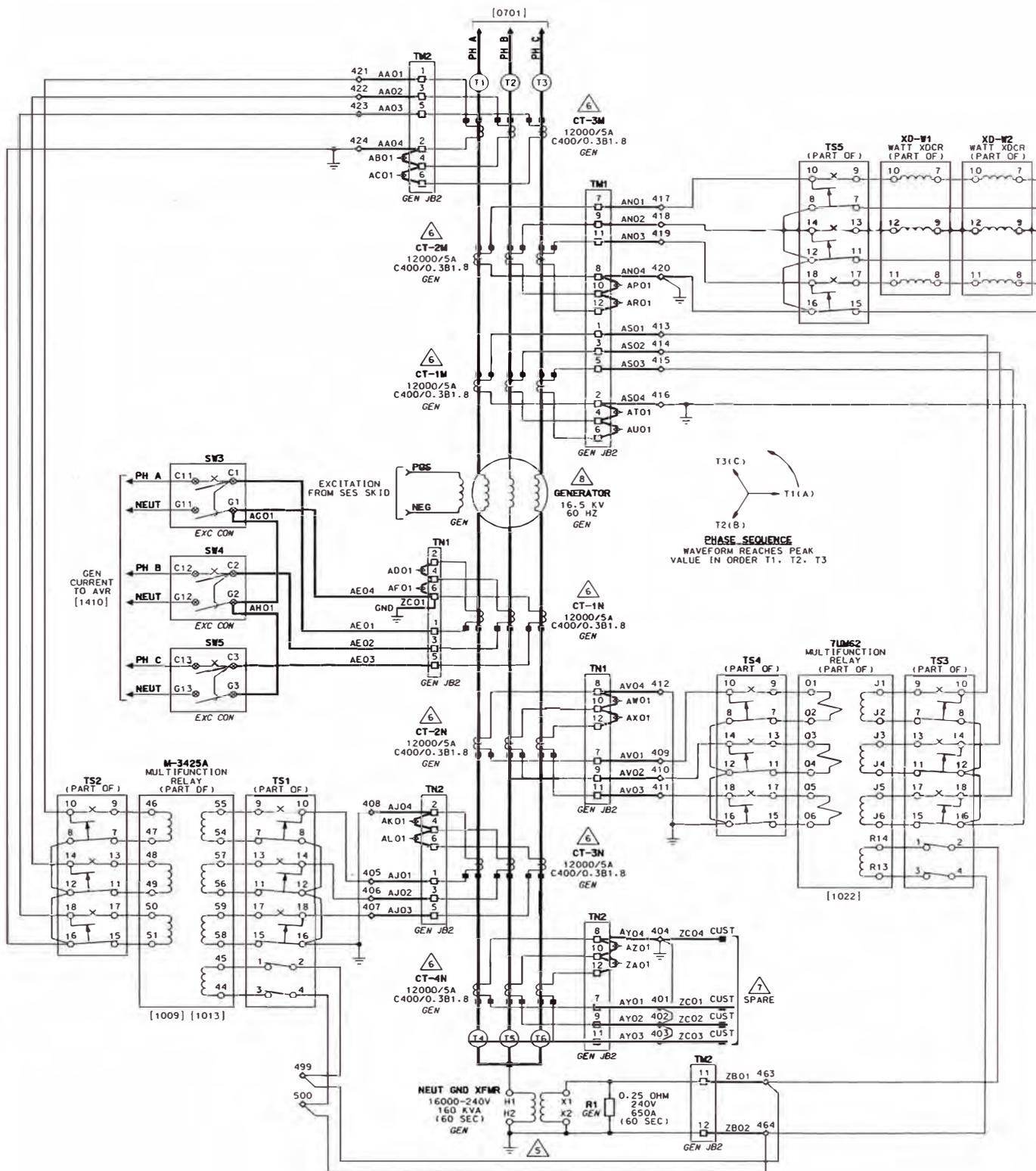


Figura 3.41 Dispositivos de protección del generador

# PROTECCION Y MEDIDA DE LAS FASES DEL GENERADOR

20C8		WIRE TERMINATION LEGEND					
CABLE	CABLE TYPE	WIRE NO. - COLOR	FROM		TO		
			EQUIP/AREA	TERMINATION	EQUIP/AREA	TERMINATION	
CC3868A	4/C 12 AWG	B BA01 - BLACK	GPR	TB	453	VTS JB TB1	AX1
CC3868A	4/C 12 AWG	B BA02 - RED	GPR	TB	454	VTS JB TB1	BX1
CC3868A	4/C 12 AWG	B BA03 - BLUE	GPR	TB	455	VTS JB TB1	CX1
CC3868A	4/C 12 AWG	B BA04 - ORANGE	GPR	TB	456	VTS JB TB1	CX2
CC3868B	4/C 12 AWG	B BB01 - BLACK	GPR	TB	458	VTS JB TB2	AX1
CC3868B	4/C 12 AWG	B BB02 - RED	GPR	TB	459	VTS JB TB2	BY1
CC3868B	4/C 12 AWG	B BB03 - BLUE	GPR	TB	460	VTS JB TB2	CY1
CC3868B	4/C 12 AWG	B BB04 - ORANGE	GPR	TB	461	VTS JB TB2	CY2
CC3868C	3/C 12 AWG	B BC01 - BLACK	GPR	TB	470	EXC CON SW1	7
CC3868C	3/C 12 AWG	B BC02 - RED	GPR	TB	471	EXC CON SW1	8
CC3868C	3/C 12 AWG	B BC03 - BLUE	GPR	TB	472	EXC CON SW1	9
CC3868H	3/C 12 AWG	B BH01 - BLACK	GPR	TB	495	EXC CON SW2	7
CC3868H	3/C 12 AWG	B BH02 - RED	GPR	TB	496	EXC CON SW2	8
CC3868H	3/C 12 AWG	B BH03 - BLUE	GPR	TB	497	EXC CON SW2	9
CL3868E	2/C 16 AWG	S1 BE01 - BLACK	DCS	CJR01	TB XEA58	10T GPR	TB
CL3868E	2/C 16 AWG	S1 BE02 - WHITE	DCS	CJR01	TB XEA58	10W GPR	TB
CL3868E	2/C 16 AWG	S1 BE03 - SHLD	DCS	CJR01	TB XEA58	SHLD GPR	TB
CL3868C	2/C 16 AWG	S1 BC01 - BLACK	DCS	CJR01	TB XEB58	11T GPR	TB
CL3868C	2/C 16 AWG	S1 BC02 - WHITE	DCS	CJR01	TB XEB58	11W GPR	TB
CL3868C	2/C 16 AWG	S1 BC03 - SHLD	DCS	CJR01	TB XEB58	SHLD GPR	TB
CP3868D	2/C 12 AWG	EG B001 - BLACK	AC PNLB01	BREAKER	1AC12	VTS JB TB-H1	H1
CP3868D	2/C 12 AWG	EG B002 - WHITE	AC PNLB01			VTS JB TB-H1	H2
CP3868D	2/C 12 AWG	EG B003 - GREEN	AC PNLB01			GND VTS JB	GND

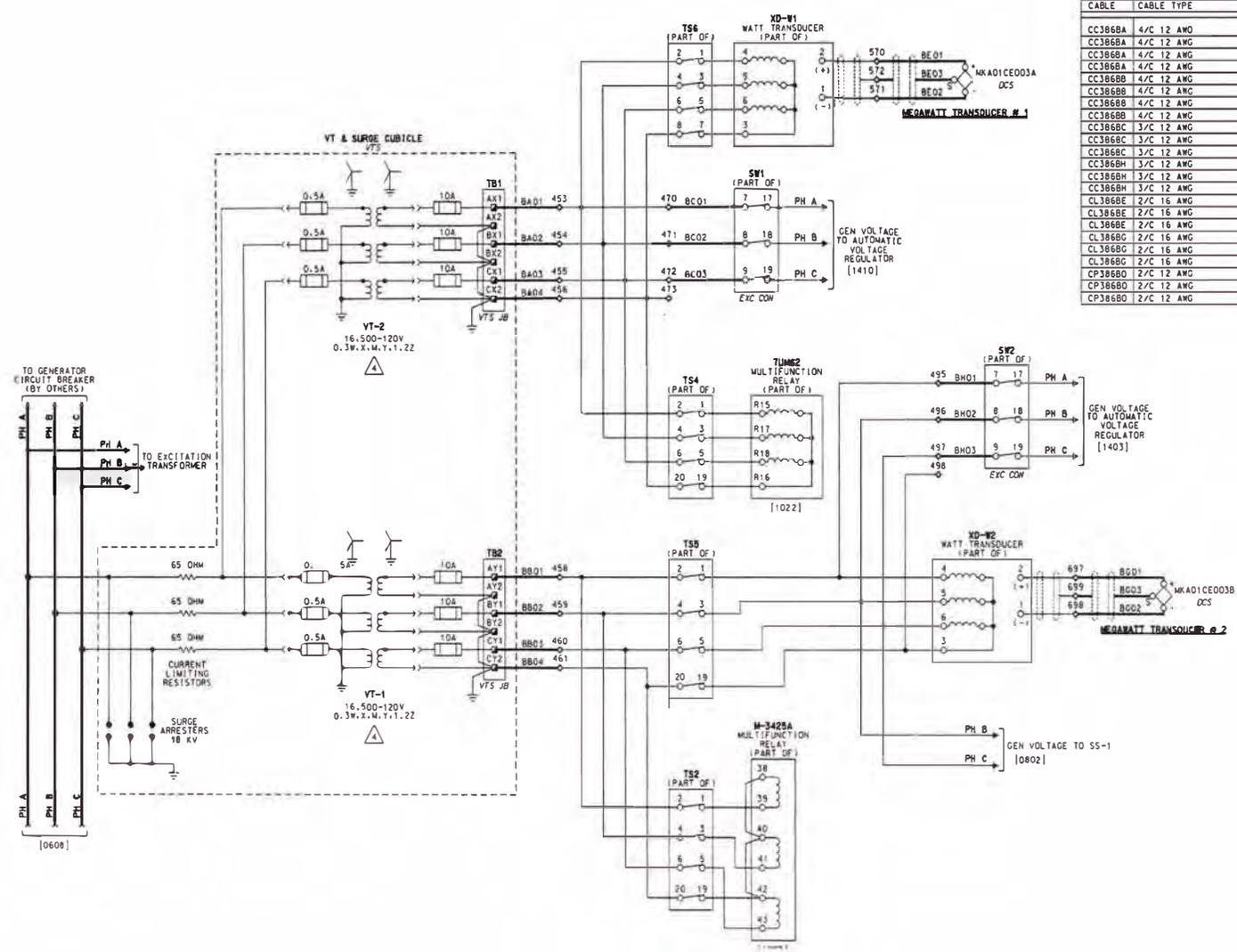


Figura 3.42 Dispositivos de protección y medida de fases del generador

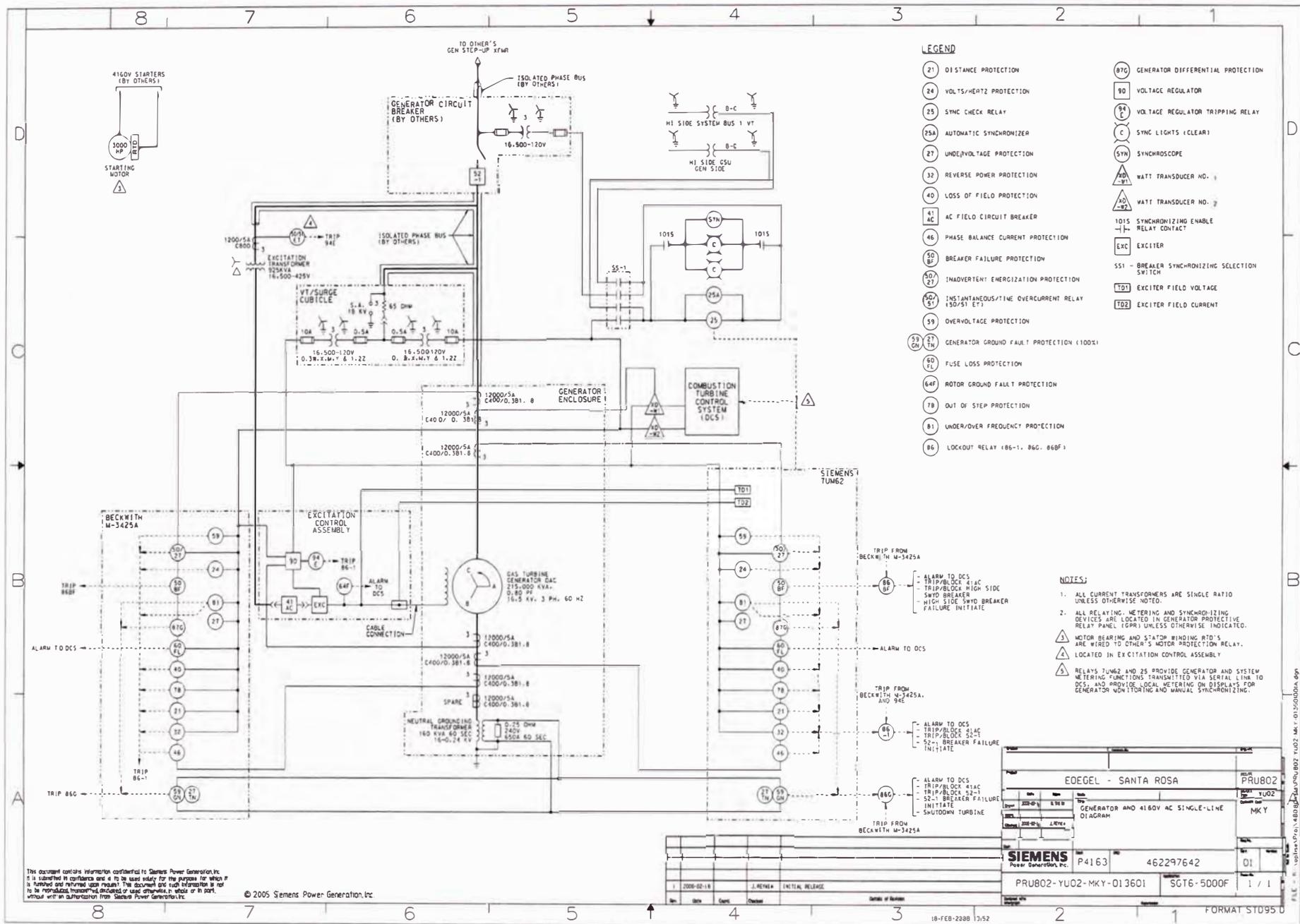


Figura 3.43 Conexión del generador en el sistema eléctrico

This document contains information confidential to Siemens Power Generation, Inc. It is intended to be confidential and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise, in whole or in part, without written authorization from Siemens Power Generation, Inc.

© 2005 Siemens Power Generation, Inc.

1	2005-02-18	J. MENA	INITIAL RELEASE	Details of Revision
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

E0EJEL - SANTA ROSA		PRU802
Order No.	462297642	Customer Ref
SIEMENS	P4163	01
PRU802-YU02-MKY-013601	SGT6-5000F	1 / 1
18-FEB-2008 13:52		
FORMAT STD950		

FILE: \\nsl\p\p\4803\pru802-yu02-mky-013601.dgn

## CAPÍTULO IV

### 4 ALTERNATIVA DE SOLUCION

Por ser el SISTEMA GENERADOR SIEMENS crítico, implementaremos un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM2.

Definición de los límites del análisis.

#### 4.1 Límites de análisis del sistema generador Siemens

Bobinado del estator.  
 Núcleo estator.  
 Sensores de temperatura del estator y cámaras de aire.  
 Polos del rotor.  
 Eje de rotor y ventilador.  
 Sistema de refrigeración cámara del generador  
 Detectores de temperatura protección contra incendio en generador.  
 Calefactores generador  
 Bornes de salida del generador.  
 Bornes de neutro del generador y celda de puesta a tierra.  
 Barras de salida 16.5 KV

#### 4.2 Relación de funciones propuestas

1. Ser capaz de generar potencia eléctrica activa, reactiva y frecuencia, en valores de 172 MW, 129 MVAR y 60 Hz. respectivamente.
2. Conducir energía eléctrica en 16.5 KV desde los bornes de salida del generador a los bornes de interruptor de generador.
3. Asegurar en el núcleo del estator la temperatura menor a 75 ° C.
4. Medir continuamente la temperatura en el devanado y núcleo de estator con una precisión del +/- 1 %
5. Medir continuamente la temperatura en cámara de aire frío y caliente del generador con una precisión del +/- 1 %
6. Dar señal de alarma o disparo del PLC de control de grupo al alcanzar los valores de temperatura configurados.
7. Asegurar que el devanado del estator se mantenga libre de humedad con el alternador fuera de servicio.
8. Asegurar que el bobinado se mantenga libre de humedad con el generador fuera de servicio.
9. Asegurar que las cámaras del generador sean herméticas.
10. Asegurar de no tener contaminación de aceite en alternador.

### 4.3 Alarmas del generador y límites de salida de operación del grupo

DISPOSITIVO EQUIPO	APLICACION	ALARMAS	TRIP GENERADOR	NOTAS
RTD aire frío del Generador (Final de turbina y final de excitación)	Totalmente cerrado Refrigeración por aire del (TEWAC) Generador	4°C (7.2°F) Diferencial		TEWAC del Generador se alarma si el diferencial de temperatura de aire frío entre el final de turbina y final de excitación supera los 4 ° C (7,2 ° F). Generación limitada por la curva de capacidad, basado en mediciones de aire frío.
	Libre ingreso aire enfriamiento Generador			
RTDs de enclavamiento del Stator	Todos	$(117 + T_{cg} / 3) ^\circ C$ $(232 + T_{cg} / 3) ^\circ F$  Tcg: Temperatura de gas frío en °C o °F		Runback de carga debe superar el 2% de la capacidad nominal por minuto.
TCs metal cojinetes	Todos	98,9 ° C (210 ° F)	107.2° C (225°F)	Alta temperatura en el metal de cojinete.
Switch de presión diferencial de aire del filtro Generador	Ingreso libre aire de enfriamiento Generador (OAC)	375 Pascal (1,5 pulgadas de agua)		Elementos de filtro debe ser reemplazado antes que la lectura alcance los 500 pascales (2 pulgadas de agua).
Frecuencia Generador	60 Hz Baja frecuencia	58.8 Hz	57.0 Hz (30 seg. Demora)	Runback después de 10 minutos para baja frecuencia en >2% MVA nominal por minuto a un nivel proporcional con frecuencia en decline.
	Sobre frecuencia	61.2 Hz	61.8 Hz (30 seg. Demora)	
Transductores de vibración del Generador	3000 rpm GTG (relativo)	164.3 microns (6.47 mils) p-p	241 microns (9.49 mils) p-p	Medidas pico a pico (p-p) 1 micron = 1 um = 10 <sup>-6</sup> m

Generador Volts / Hertz	Todos	1.05 pu.	V / Hz > 1,25 pu.: 0,1 (min. 6 seg.) máx. delay	Tiempo Max Delay (minutos) por 1.05pu <V / Hz <1,25 pu.: (17,76 - 14,765 V / Hz) T máx. = 10  Max t = 0,1 min. para V / Hz > 1,25 pu
Control ventilación del Colector	Generadores con ventilación externa al Colector	2500 Pascales (10" H2O)	2500 Pascal (10 "H2O)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducir la excitación ya sea enviando una señal al AVR para establecer la tensión en los bornes del generador para el nivel mínimo aceptable (95% del nominal), o efectuar una runback reactiva por lo menos a la unidad</li> <li>2. Descarga a una velocidad de al menos 20 MW tarifa por minuto a cero MW.</li> <li>3. Enfriar durante 5 minutos.</li> <li>4. Salida del Generador.</li> </ol>
RTD Ingreso de aire Excitación	Todos	50 C (122°F)		Colector o excitación, según corresponda
RTD Descarga de aire excitación	Todos	85 C (185°F)		Colector o excitación, según corresponda
Switch de presión diferencial de aire Filtro Colector	Colector	400 Pascal (1,6 pulgadas de agua)		Elementos de filtro deben ser reemplazados antes que la lectura llega a 500 Pascal (2 pulgadas de agua).
Switch de presión diferencial de aire Filtro Excitación	Excitación	250 Pascales (1.0 pulgadas de agua)		Elementos de filtro debe ser reemplazado antes de la lectura llega a 375 Pascal (1,5 pulgadas de agua) de presión diferencial

Monitor falla a tierra del rotor	Todos	Falla a tierra del rotor		Operador debe llegar a parada normal
Monitor Diodo de cortocircuito	Excitación	Diodo de cortocircuito	Error del módulo	Excitador sin escobillas
Detector de nivel de líquido	Totalmente cerrado aire enfriamiento (TEWAC) Generador.	Posibles Fugas en enfriamiento		Puede ser el nivel de 2 o 1-detector de nivel
Sistema de aceite hidráulico de elevación de presión de alimentación de aceite	Generador con aceite de levante de presión	20.7 kPag (3 psig)		No arrancar la bomba de levante a menos que la presión de suministro sea superior a 3 psig. No operar sin aceite de levante.
Bomba AC Sistema de aceite hidráulico de elevación de presión	Generador con aceite de levante de presión	4,14 MPAG (600 psig)		Terminar arranque de la turbina si la bomba AC no produce una presión de 4.14MPAG (600 psig). No arrancar la bomba DC de respaldo.
Bomba DC Sistema de aceite hidráulico de elevación de presión	Generador con aceite de levante de presión	4,14 MPAG (600 psig)		Terminar arranque de la turbina si la bomba DC no produce una presión de 4.14MPAG (600 psig).

Tabla 4.1 Alarmas y límites de operación del generador

Notas: La mayoría de los límites descritos deberían ser incorporados en la planta o Turbina-Generador y/o el paquete de relés de protección. Según corresponda los límites usados en control o relés podría diferir de estos valores.

#### 4.4 Hoja de trabajo de información RCM2

Con la relación de los límites y de funciones propuestas procedemos a elaborar la hoja de trabajo de información del RCM2 para el Sistema Generador, como sigue.

**RCM II**  
**HOJA DE TRABAJO**  
**DE INFORMACIÓN**

© 2003 ALADON LTD.

**SISTEMA (EQUIPO)**  
**GENERADOR SIEMENS**

**SUBSISTEMA (COMPONENTE)**  
**GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS**

Nº.

Realizado por

Fecha

Hoja

**2do Sem 2009**

92

Ref.

Revisado por

Fecha

de

**20/08/2009**

119



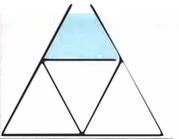
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA ( <i>Causa de la falla</i> )	EFECTO DE LA FALLA ( <i>Que sucede cuando falla</i> )
---------	-----------------	--	---

1	Ser capaz de generar potencia eléctrica activa, reactiva y frecuencia, en valores de 172 MW, 129 MVAR y 60 Hz. respectivamente.	A Totalmente incapaz de generar potencia eléctrica activa, reactiva y frecuencia.	<p>1 Devanado estático a tierra por deterioro del aislamiento.</p> <p>2 Deterioro de aislamiento en núcleo estático por calidad de material (barniz aislante – error de fabricación)</p> <p>3 Alarma por alta presión diferencial en filtros de aire de refrigeración del generador.</p> <p>4 Alta temperatura en bobinado del generador por obstrucción de filtros de aire de admisión.</p> <p>5 Desgaste anormal del Babbit en cojinete de alternador por lubricación contaminado.</p> <p>6 Babbit del cojinete de empuje, guía superior y guía inferior quemado por falta de aceite debido a error humano.</p> <p>7 Falla interna en Regulador de Tensión (RT).</p> <p>8 Falla interna en Regulador de Velocidad (RV).</p> <p>9 Falla de elementos externos asociados directamente al alternador</p>	<p>1. Por degradación de aislamiento en el devanado estático se produce cortocircuito entre devanado y núcleo, provocando la actuación del relé tierra estator del generador y por consiguiente, la parada del grupo. Se informa a mantenimiento para atención.</p> <p>2. Falla de aislamiento en las chapas del núcleo produce corrientes circulantes que originan su calentamiento y cambio de color del núcleo, como consecuencia se deteriora el aislamiento de las devanado estático, produciendo con el tiempo falla de devando a tierra. Actúa relé tierra estator del generador y parada el grupo.</p> <p>3. Aumento de temperatura en cámara de aire caliente produciendo alarma y posterior parada del generador.</p> <p>4. Disminución de flujo de aire en sistema de refrigeración e incremento de temperatura en las cámaras de aire frío y caliente del generador, produciendo la actuación de la alarma de bajo flujo, alarma de cámara de aire frío, caliente y posterior disparo por señal de cámara de aire caliente con parada del generador.</p> <p>5. Se tiene presencia de aceite contaminado que se observa en el indicador de nivel de aceite. Produce incremento de temperatura del cojinete y posterior parada del generador.</p> <p>6. Al inicio del arranque se incrementa violentamente la temperatura, presentándose alarma y disparo por temperatura de cojinete. Se produce la parada del grupo y cojinete se quema.</p> <p>7. Se produce la pérdida de excitación, ocasionando la parada del grupo.</p> <p>8. Se produce la pérdida de potencia mecánica, ocasionando la parada del grupo.</p> <p>9. Se produce la parada de grupo ocasionado por fallas de equipos externos asociados al grupo. ( Relés de protección, VMMM, SCI, SSAA)</p>	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9.
---	---	---	---	---	--

**RCM II**  
**HOJA DE TRABAJO**  
**DE INFORMACIÓN**

© 2003 ALADON LTD.

SISTEMA (EQUIPO) <b>GENERADOR SIEMENS</b>	Nó.	Realizado por	Fecha <b>2do Sem 2009</b>	Hoja 93
SUBSISTEMA (COMPONENTE) <b>GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS</b>	Ref.	Revisado por	Fecha <b>20/08/2009</b>	de 119

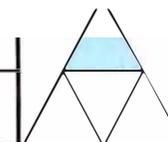


FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA ( <i>Causa de la falla</i> )	EFECTO DE LA FALLA ( <i>Que sucede cuando falla</i> )		
			10	Excesiva vibración en cojinete de empuje, guía superior y guía inferior por montaje incorrecto.	Aumento de vibración e incremento de temperatura, presentando señales de alarma de vibración y señales de alarma y disparo por sobre temperatura en cojinete, provocando la parada del grupo.	10.
			11	Excesiva vibración por mal alineamiento del acoplamiento entre eje de turbina y generador por montaje incorrecto	Aumento de vibración e incremento de temperatura, presentando señales de alarma de vibración y señales de disparo por sobre temperatura en cojinete. Provocando la parada del grupo.	11.
			12	Excesiva vibración por problemas en turbina.	El desgaste en parte mecánica de sistema de turbina produce aumento de vibración e incremento de temperatura, presentando señales de alarma de vibración y señales de alarma y disparo por sobre temperatura en cojinete de empuje, guía superior y guía inferior, provocando la parada del grupo.	12.
			13	Falla de aislamiento en devanado debido a los esfuerzos electrodinámicos por mala sincronización debido a falla interna de sistema de sincronización.	Se fractura el aislamiento descargando los devanados a tierra debido a falso paralelo. Provocando la actuación del relé tierra estator. Se avisa a mantenimiento.	13.
B	Generar potencia eléctrica activa superior a 172 MW.		14	Presencia de vapor de aceite en devanado de alternador por falla interna en sistema de extractor de aceite.	Acumulación de vapor de aceite sobre los devanados. Se produce incremento de temperatura.	14.
			1	Mal ajuste de Set Point en Regulador de Velocidad (RV) ante oscilación de frecuencia por error humano.	Se produce falla en la programación o cambio en los ajustes de set point del sistema de control, provocando el funcionamiento fuera de límites de curva PQ (capabilidad).	15.
C	Generar potencia eléctrica activa menor a 172 MW		2	Error de programación de ajuste de Set Point en Regulador de Velocidad (RV), ante oscilación de frecuencia externa (Red del sistema).	Ante una oscilación de frecuencia por causa externa se produce cambio de modo del RV, pasando a modo aislado, provocando que el set point del RV sobrepase la potencia nominal.	16.
			1	Desgaste excesivo de cojinete de empuje, guía superior y guía inferior por montaje incorrecto	Este desgaste excesivo, influye en el desplazamiento radial mayor a 200 micras, Se presenta alarma en SCADA y equipo de monitoreo de vibraciones.	17.

**RCM II**  
**HOJA DE TRABAJO**  
**DE INFORMACIÓN**

© 2003 ALADON LTD.

SISTEMA (EQUIPO) <b>GENERADOR SIEMENS</b>	No.	Realizado por	Fecha <b>2do Sem 2009</b>	Hoja 94
SUBSISTEMA (COMPONENTE) <b>GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS</b>	Ref.	Revisado por	Fecha <b>20/08/2009</b>	de 119



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando falla)		
2	Conducir energía eléctrica en 16.5 KV desde los bornes de salida del generador a los bornes primarios del transformador.	D Generar potencia eléctrica reactiva superior a 129 MVAR.	2	Cristalización de carbones por condiciones ambientales	Falso contacto por carbón cristalizado origina sobrecalentamiento de carbones alcanzando una temperatura mayor a 90 ° C. Al notarlo, el operador reduce la potencia activa y reactiva, avisa a mantenimiento.	18.
			1	Falla interna en circuitos del Regulador de Tensión.	Se produce falla en la programación o cambio en los ajustes de set point del sistema de control, provocando el funcionamiento del alternador fuera de límites de curva PQ (capabilidad).	19.
		E Generar potencia eléctrica reactiva menor a 129 MVAR.	2	Mal ajuste de Set Point en Regulador de Tension (RT) debido a error humano.	Se produce falla en la programación o ajustes de set point del RT, impidiendo trabajar dentro del rango de 16.5kV (Tensión nominal 16.5kV)	20.
			1	Falla interna en circuitos del Regulador de Tensión (RT)	Se produce falla en la programación o cambio en los ajustes de set point del sistema de control, provocando el funcionamiento fuera de límites de curva PQ (capabilidad).	21.
				Sobre temperatura en los carbones por calidad de material.	Se produce elevación de temperatura por falta de capacidad de conducción de corriente de los carbones incrementando la temperatura por encima de valor estándar.	22.
				Sobre temperatura en el transformador de potencia por falla en los ventiladores.	Altas temperaturas del aceite y devanado por falla de ventiladores en una de las fases que se encuentran permanentemente en servicio. Provocan alarma de ventilador, alarma de temperatura en trafo y posterior limitación de potencia	23.
				Mal ajuste de Set Point en Regulador de Tension (RT) debido a error humano.	Se produce falla en la programación o ajustes de set point del RT, impidiendo trabajar dentro del rango de 16.5kV (Tensión nominal 16.5kV)	24.
			F Generar Frecuencia diferente a 60 Hz con +/- 1%	1	Oscilación de frecuencia en la red de interconexión del sistema.	Se produce desviación de frecuencia por fallas en sistema interconectado.
		2		Error de programación de ajuste de Set Point en Regulador de Voltaje (RV), ante oscilación de frecuencia.	Ante una oscilación por causa externa se produce desviación de frecuencia provocando que el RV sobrepase la frecuencia nominal.	26.
		A	Totalmente incapaz de conducir energía eléctrica.	1	Bornes de generador en cortocircuito a tierra por error humano (tierra portátil olvidada.)	No se presenta alarma, la maquina inicia arranque y giro normal, al excitar se produce el disparo por operación del relé de tierra estator, ocasionando la parada del grupo.

**RCM II**  
**HOJA DE TRABAJO**  
**DE INFORMACIÓN**

© 2003 ALADON LTD.

SISTEMA (EQUIPO)  
**GENERADOR SIEMENS**

SUBSISTEMA (COMPONENTE)  
**GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS**

No.

Realizado por

Fecha

**2do Sem 2009**

Hoja

95

Ref.

Revisado por

Fecha

**20/08/2009**

de

119



FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando falla)		
		B	Transmisión de energía eléctrica limitada.	2	Aisladores de barras segregadas con falla a tierra por deterioro del aislamiento debido a polvo.	Se presenta señal de disparo Tierra estator, ocasionando la parada del grupo. El operador de central comunica a mantenimiento para su atención.		28.
				1	Conductor a tierra en dos de los cuatro cables por deterioro de aislamiento en el tiempo.	Se presenta señal de disparo Tierra estator, ocasionando la parada del grupo. El operador comunica a mantenimiento. Se tiene cuatro conductores de 16.5kV por fase, se debe trabajar con limitación de carga operando con dos conductores de 16.5kV. Tiempo de reposición: 08 horas (S/R).		29.
				2	Bornes del generador con alta temperatura por falso contacto debido a vibraciones. (Vibración normal del equipo)	NO se tiene ninguna alarma, se presenta calentamiento en los bornes del generador por falso contacto debido a vibraciones. En inspección programada de termovisión se detecta el punto caliente. Si la temperatura es mayor entre 10 y 15°C respecto de las otras fases se debe programar la intervención del grupo.		30.
3	Asegurar en el núcleo del estator la temperatura menor a 75 ° C.	A	Totalmente incapaz de mantener la temperatura menor a 75 ° C.	1	Saturación de canales de ventilación del núcleo estatórico por acumulación gradual de suciedad	Incremento progresivo de temperatura en núcleo estatórico por acumulación de polvo en los canales de ventilación. Se avisa a mantenimiento para su respectiva programación.		31.
				2	Saturación de filtros de ingreso de aire de refrigeración por acumulación de polvo.	Incremento progresivo de temperatura en estator y rotor por acumulación de polvo en elementos de casa de filtros Se avisa a mantenimiento para su respectiva programación		32.
4	Medir continuamente la temperatura en el devanado y núcleo de estator con una precisión del +/- 1 %	A	No permite la lectura de temperatura en el estator del generador	1	Circuito abierto de RTD por bornes flojos en borneras exteriores producto de vibraciones.	Se pierde referencia de temperatura en SCADA sólo de RTD con circuito abierto. Se tiene cuatro RTD por cada fase y cuatro en el núcleo. Viene alarma de hilo roto (convertidor de temperatura). Se reporta a mantenimiento para su programación.		33.
				2	Circuito abierto de RTD por bornes flojos en borneras exteriores producto de vibraciones.	Se pierde referencia de temperatura en SCADA sólo de RTD dañado. Se tiene 4 RTD por cada fase. Viene alarma de hilo roto. Se verifica lectura de temperatura en medidor de temperatura y que los demás RTD proporcionen lectura. Se reporta a mantenimiento para su programación.		34.
				3	Falla interna en sistema de monitoreo de temperaturas de generador.	Se pierde referencia de temperaturas en SCADA. Se verifica condición de estado del Medidor de Temperatura. Se reporta a mantenimiento para su programación.		35.

**RCM II**  
**HOJA DE TRABAJO**  
**DE INFORMACIÓN**

© 2003 ALADON LTD.

SISTEMA (EQUIPO) <b>GENERADOR SIEMENS</b>	No.	Realizado por	Fecha <b>2do Sem 2009</b>	Hoja 96	
SUBSISTEMA (COMPONENTE) <b>GENERADOR DEL GRUPO SIEMENS</b>	Ref.	Revisado por	Fecha <b>20/08/2009</b>	de 119	

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando falla)	
5	Medir continuamente la temperatura en cámara de aire frío y caliente del Generador con una precisión del +/- 1 %	A	No permite la lectura de temperatura	1	Circuito abierto de RTD por bornes flojos en borneras exteriores producto de vibraciones.	Se pierde referencia de temperatura en SCADA sólo de RTD dañado. (Cámaras de aire frío y cámara de aire caliente). Viene alarma de hilo roto. Se reporta a mantenimiento para su programación.	36.
6	Asegurar que el bobinado se mantenga libre de humedad con el Generador fuera de servicio.	A	Totalmente incapaz de mantener sin humedad el bobinado del alternador mientras está fuera de servicio.	1	No opera sistema de calefacción por efecto de vibración en interruptor principal o de campo.	El sistema de calefacción se activa bajo una condición, por señal de posición abierto de interruptor principal. Al parar el grupo, la falta de señal del interruptor principal no condiciona la puesta en servicio de los calefactores.	37.
				2	No opera sistema de calefacción por falta de alimentación del sistema de fuerza.	Se presenta una falla interna en sistema de fuerza de la calefacción que proviene de los SSAA (Tablero CCM).	38.
				3	Resistencias de calefacción quemadas por calidad de material.	Sistema de calefacción activado pero no calienta. Falla la medición de temperatura. Tiempo de reposición: 04 horas con grupo parado.	39.
7	Asegurar que las cámaras del Generador sean herméticas.	A	Disminución de flujo de aire hacia las cámaras del Generador.	1	Perdida de hermeticidad entre cámaras de aire frío y caliente por montaje inadecuado.	Incremento de temperatura en estator y rotor por bajo flujo de aire, se eleva la temperatura de las cámaras de aire frío y caliente pudiendo activar las señales de alarma. Se avisa a mantenimiento para su respectiva programación.	40.
				2	Perdida de hermeticidad entre cámaras de aire frío o caliente por montaje inadecuado.	No se incrementa la temperatura, se ensucian los devanados de estator y rotor por ingreso de aire de medio ambiente. El operador en su inspección verifica la pérdida de hermeticidad en tapas del alternador.	41.

**4.5 Hoja de trabajo de Decisión**

Terminado la hoja de trabajo de información y con el diagrama de decisión del RCM2, se procede con el desarrollo de la hoja de trabajo de decisión.

SISTEMA (EQUIPO)  
**GENERADOR SIEMENS**

SUBSISTEMA (COMPONENTE)  
**GENERADOR SIEMENS**

No.

Realizado por

Fecha

1er. Sem 2009

Hoja

2

Ref.

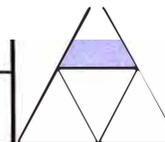
Revisado por

Fecha

24/12/2009

De

119



Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Medición de Índice de polarización IP del Bobinado de estator, en caso de ser menor a 2, se debe realizar inspección y limpieza del bobinado, de encontrar presencia de humedad evaluar la realización de secado de bobinado, si IP menor a 2 no es por humedad ni aislamiento deteriorado se deberá considerar una frecuencia de control de cada 6 meses.	Cada 01 año	Mantenimiento Eléctrico	1.
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				NMP: Preparar OVERHALL para reemplazar material defectuoso – Verificación de materiales en la recepción – Verificar posibilidad de reclamo por garantía al proveedor.		Área técnica y Mantenimiento Eléctrico	2.
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Incluir en inspección diaria de operación el estado de la presión diferencial entrada a refrigeración del alternador.		Operación	3.
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Es necesario reemplazar la cámara a material INOX.		Área técnica	4.
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Revisión de instructivo		Mantenimiento Mecánico	5.
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Entrenamiento teórico-práctico del personal que realiza montaje de cojinete en forma anual.		Mantenimiento Mecánico	6.
1	A	7											NMP / Rediseño: Revisión de instructivo debe señalar la verificación de aceite luego de la intervención en cojinete.			7.
1	A	8											Se analiza aparte			8.
1	A	9											Se analiza aparte			9.
1	A	10	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Instructivo debe señalar la verificación del correcto montaje de cojinete y parámetros de vibración y temperatura.		Mantenimiento Mecánico	10.
1	A	11	S	N	N	S	N	N	N				Entrenamiento teórico – práctico del personal que realiza el montaje en forma anual.			
1	A	12											NMP / Rediseño: Revisar el instructivo y verificar que contenga instrucciones para el correcto alineamiento del acoplamiento.		Mantenimiento Mecánico	11.
1	A	13											Entrenamiento teórico – práctico del personal que realiza el montaje.			
1	A	14	S	N	N	S	N	S					Se analiza aparte			12.
1	A	15											Se analiza aparte			13.
1	B	1											Tarea de reacondicionamiento cíclico: Limpieza de devanados. Y prueba de nivel de aislamiento	Cada 01 al año	Mantenimiento Eléctrico	14.
1	B	2											Se analiza aparte			15.
1	B	2											Se analiza aparte (Se modificaron ajustes para mejorar respuesta ante oscilaciones de frecuencia).			16.
1	C	1	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Instructivo debe señalar la verificación del correcto montaje de cojinete y parámetros de vibración y temperatura.		Mantenimiento Mecánico	17.

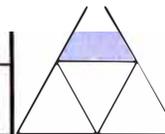
SISTEMA (EQUIPO)  
**GENERADOR SIEMENS**  
SUBSISTEMA (COMPONENTE)  
**GENERADOR SIEMENS**

No.  
Ref.

Realizado por  
Revisado por

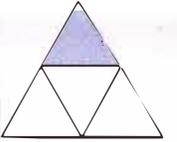
Fecha  
*1er. Sem 2009*  
Fecha  
*24/12/2009*

Hoja  
*3*  
De  
*119*



Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
1	C	2	S	N	N	S	S						Tarea a condición : Realizar inspecciones de estado de carbones y portá carbones de tener temperaturas en los carbones por mayor a 90 °C se debe coordinara con mantenimiento para su evaluación e intervención	Cada 12 horas	Operación	18.
1	D	1											Se analiza aparte			19.
1	D	2											Se analiza aparte			20.
1	E	1											Se analiza aparte			21.
1	E	2	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Considerar los carbones adecuado de manera que no recalienten con una potencia reactiva mayor a 6 MVAR.		Mantenimiento Eléctrico	22.
1	E	3											Se analiza aparte			23.
1	E	5											Se analiza aparte.			24.
1	F	1											Se analiza aparte.			25.
1	F	2											Se analiza aparte.			25.
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Verificar el retiro de las tierras portátiles y realizar una hoja de resumen de las tierras portátiles instaladas.		Operación	26.
2	A	2	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Realizar mediciones de aislamiento de barras segregadas, en caso de ser menor a 60MΩ se debe programar mediciones de seguimiento del comportamiento del aislamiento.	01 año	Mantenimiento Eléctrico.	27.
2	B	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Realizar control de aislamiento en cables de potencia a la salida del generador, de tener valores de aislamiento menor a 1M Ω por 1kV, mantenimiento coordinar su desmontaje y programara su reposición del cablea de potencia.	Cada 03 años	Mantenimiento Eléctrico	28.
2	B	2	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Realizar termografía en instalación intervenida posterior a cada intervención.		Mantenimiento Eléctrico	29.
3	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición: Realizar verificación de canales de ventilación de estator de tener registros de temperatura en bobinado mayor a 75°C con caudal en alternador superior a 800l/min. (Condición normal), mantenimiento debe coordinar la programación de la limpieza.	Cada 4 años	Mantenimiento Eléctrico	30.
3	A	2	S	N	N	N	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Cambio de elementos en casa de filtros admisión aire de refrigeración Generador.	Cada 06 meses	Mantenimiento Mecánico	31.
4	A	1	S	N	N	N	N	N	N				NMP / Rediseño: Revisión de instructivo de pruebas de PT100.		Mantenimiento Control	32.
4	A	2	S	N	N	N	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Ajuste de bornes de PT100 conectados a Monitor de Temperatura	Cada 01 al año.	Mantenimiento Control	33.
4	A	3	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Cambiar la señal de disparo por alarma.		Mantenimiento Control	34.

<b>SISTEMA (EQUIPO)</b> <b>GENERADOR SIEMENS</b>	No.	Realizado por	Fecha <b>1er. Sem 2009</b>	Hoja <b>4</b>
<b>SUBSISTEMA (COMPONENTE)</b> <b>GENERADOR SIEMENS</b>	Ref.	Revisado por	Fecha <b>24/12/2009</b>	De <b>119</b>



Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Frecuencia Inicial	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
5	A	1	S	N	N	N	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Ajuste de bornes de PT100 conectados a Monitor de Temperatura.	Cada 01 al año.	Mantenimiento Control	35.
6	A	1											Se analiza aparte			
6	A	2											Se analiza aparte			37.
6	A	3	N				N	N	N	N	N		NMP / Rediseño: Verificación de materiales en la recepción y pruebas de puesta en servicio.	Cada 01 al año.	Mantenimiento Eléctrico	38.
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N				NMP / Rediseño: Revisión de instructivo de montaje de intercambiador de calor en alternador.			
7	A	2	N				N	N	N	N	N		Entrenamiento teórico-práctico del personal que realiza montaje de cojinete en forma anual.		Operación	40.
													NMP / Rediseño: Incluir en instructivo de puesta en servicio de grupo condición de estado de acceso a cámara de aire frío y caliente.			

## **CAPÍTULO V**

### **5 IMPLEMENTACIÓN DE RECOMENDACIONES DEL RCM2 AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL**

#### **5.1 Planes de mantenimiento**

Las recomendaciones obtenidas en la hoja de decisión y aprobadas formalmente por los responsables del activo fijo serán incluidas en el programa anual de mantenimiento para el sistema generador.

Cada actividad del programa de mantenimiento anual contara con el área responsable, criticidad, frecuencia, horas hombre, condición de funcionamiento o parada del equipo y el tipo de mantenimiento.

Los trabajos de rutina están definidos de forma clara y consistente.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL PARA EL SISTEMA GENERADOR SIEMENS

CENTRAL	GRUPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	ACTIVIDADES	ESPEC.	CRIT	PER	HH	FORMA	COND	TIPO
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	CALEFACCION GENERADOR	RESISTENCIAS DE CALEFACCION COMPARTIMIENTO	MEDICION RESISTENCIAS DE CALEFACCION COMPARTIMIENTO, EXCITATRIZ Y CUBICULO NEUTRO	ELEC	II	A	1(8)	INSP	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	COJINETES GENERADOR LE Y LOE	INSPECCION Y LIMPIEZA	MEC	II	6M	1(2)	INSP	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	TRANSMISORES DE VIBRACION COJINETES GENERADOR LE Y LOE	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	II	6M	1(6)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	TERMOCUPLAS COJINETES GENERADOR LE Y LOE	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICIONES DE RESISTENCIA AISLAMIENTO Y CABLEADO	CTRL	II	A	1(8)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	ROTOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ROTOR	PRUEBAS ELECTRICAS PREDICTIVAS ROTOR: * MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO E INDICE DE POLARIZACION * MEDICION RESISTENCIA OHMICA	ELEC	I	A	2(100)	ENSA	FS	PREDICT
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	PRUEBAS ELECTRICAS PREDICTIVAS ESTATOR : * MEDICION RESISTENCIA OHMICA * MEDICION SALTO DE TENSION * MEDICION TANGENTE DELTA * MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO E INDICE DE POLARIZACION	ELEC	II	A	4(48)	LIMP	FS	PREDICT
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	LIMPIEZA CABEZA DE BOBINAS	ELEC	I	A	4 (48)	MEDI	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	REVISION Y PRUEBAS, MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO TERMOCUPLAS Y RTD'S	ELEC	I	A	2(36)	MEDI	FS	PREDICT
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	FILTROS ADMISION AIRE	INSPECCION Y/O SUSTITUCION DE ELEMENTOS	MEC	II	6M	1(6)	SUST	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	MANOMETROS DIFERENCIALES	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	II	A	1(4)	REVI	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD CARCASA GENERADOR	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y AISLAMIENTO	CTRL	II	A	1(6)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD INGRESO AIRE FRIO	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y AISLAMIENTO	CTRL	II	A	1(6)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD DUCTO AIRE CALIENTE	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y AISLAMIENTO	CTRL	II	A	1(6)	PRUE	FS	PREV

TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	DESCARGADOR DE SOBRETENSION	INSPECCION, LIMPIEZA Y SILICONADO	ELEC	II	A	1(6)	INSP	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	TRANSFORMADORES DE MEDIDA GENERADOR	INSPECCION Y MEDICIONES	ELEC	II	A	3(12)	INSP	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	TRANSFORMADORES DE MEDIDA GENERADOR	VERIFICACION Y PRUEBAS	ELEC	II	5A	4(20)	PRUE	FS	PREDICT
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	PROTECCION ELECTRICA GENERADOR	REVISION Y LIMPIEZA DEL GABINETE	ELEC	II	A	1(6)	REVI	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	PROTECCION ELECTRICA GENERADOR	VERIFICACIONES DE AJUSTES Y PRUEBAS RELES Y SINCRONIZADOR	ELEC	I	2A	2(16)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	MEDIDORES ENERGIA GENERADOR	VERIFICACION MEDIDORES PARAMETROS ELECTRICOS MULTIFUNCION SINEAX GENERADOR Y RED	ELEC	II	A	1(6)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	SINCRONIZADOR GENERADOR	VERIFICACION Y PRUEBAS	ELEC	II	2A	2(16)	PRUE	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	BARRAS ENCAPSULADAS 16,5 KV	INSPECCION Y LIMPIEZA	ELEC	II	A	4(16)	INSP	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	EQUIPOS CUBICULO SURGE Y VT (11BAB)	REVISION Y LIMPIEZA DE CELDAS	ELEC	II	A	1(6)	REVI	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	SWITCH'S ALIMENTACION REGULADOR DE TENSION	VERIFICACION Y LIMPIEZA	ELEC	II	A	2(16)	VERI	FS	PREV
TERMICA	SIEMENS	GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	CUBICULO NEUTRO	REVISION Y MEDICION	ELEC	II	A	1(4)	MEDI	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	CUBICULOS SALIDA LADOS LINEA Y NEUTRO	REVISION Y MEDICION DE CUBICULOS	ELEC	I	A	2(24)	REVI	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	BARRAS ENCAPSULADAS 13.8 KV	INSPECCION Y LIMPIEZA	ELEC	II	A	2(20)	INSP	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	COLECTOR	ANILLOS DEL COLECTOR	VERIFICACION Y LIMPIEZA	ELEC	I	6M	2(16)	VERI	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	COLECTOR	PORTAESCOBILLAS	INSPECCION Y/O SUSTITUCION DE CARBONES	ELEC	I	SEM	1(4)	SUST	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	COLECTOR	TERMOCUPLAS	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICIONES DE RESISTENCIA AISLAMIENTO Y CABLEADO	CTRL	I	A	1(6)	PRUE	FS	PREV
TERNICA	SIEMENS	GENERADOR	COLECTOR	PRESSURE SWITCH	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	II	A	1(4)	PRUE	FS	PREV

Tabla 5.1 Planes de mantenimiento para el generador eléctrico

## **CAPÍTULO VI**

### **6 COSTOS DEL MANTENIMIENTO RCM2**

#### **6.1 Costo del programa anual de mantenimiento.**

El objetivo de esta etapa es determinar el costo total de mantenimiento, resultado que se mostrará en la ficha de costo por tipo de mantenimiento.

Identificación de los elementos del costo de mantenimiento.

En este paso se determinará a juicio de expertos los materiales, piezas de repuesto, mano de obra directa propia y contratada y costos indirectos que se utilizan en el mantenimiento de los subsistemas escogidos.

Para ello, se deberá tener en cuenta los elementos que inciden en la identificación de los elementos del costo de mantenimiento.

Determinación del costo de los materiales y/o piezas de repuesto utilizados por tipos de mantenimiento.

Para la obtención del costo de los materiales y/o piezas de repuesto se multiplicó la norma bruta de cada tipo de material y pieza por sus precios correspondientes, ofreciendo el costo de cada material por mantenimiento y agrupados por subsistemas.

En la tabla siguiente realizamos el cálculo de los costos de mantenimiento para cada actividad del programa anual, se consideran:

- Costo de mano de obra
- Costo de herramientas
- Costo de materiales
- Costo de repuestos

### CALCULO DE LOS COSTOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.

SISTEMA	SUBSISTEMA	EQUIPO	ACTIVIDADES	ESP.	TIPO	HH	FREC. DIAS	FREC.	COSTO MANO DE OBRA	COSTO HERR.	COSTO MATERIAL	COSTO REPUES.	TOTAL SOLES.
GENERADOR	CALEFACCION GENERADOR	RESISTENCIAS DE CALEFACCION COMPARTIMIENTO	MEDICION RESISTENCIAS DE CALEFACCION COMPARTIMIENTO, EXCITATRIZ Y CUBICULO NEUTRO	ELEC	PREV	8	360	ANUAL	224	202	560	1344	2,329.60
GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	COJINETES GENERADOR LE Y LOE	INSPECCION Y LIMPIEZA	MEC	PREV	2	180	SEMESTRAL	56	50	140	336	582.40
GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	TRANSMISORES DE VIBRACION COJINETES GENERADOR LE Y LOE	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	PREV	6	180	SEMESTRAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	COJINETES DEL GENERADOR	TERMOCUPLAS COJINETES GENERADOR LE Y LOE	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICIONES DE RESISTENCIA AISLAMIENTO Y CABLEADO	CTRL	PREV	8	360	ANUAL	224	202	560	1344	2,329.60
GENERADOR	ROTOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ROTOR	PRUEBAS ELECTRICAS PREDICTIVAS ROTOR: * MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO E INDICE DE POLARIZACION * MEDICION RESISTENCIA OHMICA	ELEC	PRED	100	360	ANUAL	2800	2520	7000	16800	29,120.00

GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	PRUEBAS ELECTRICAS PREDICTIVAS ESTATOR : * MEDICION RESISTENCIA OHMICA * MEDICION SALTO DE TENSION * MEDICION TANGENTE DELTA * MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO E INDICE DE POLARIZACION	ELEC	PRED	48	360	ANUAL	1344	1210	3360	8064	13,977.60
GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	LIMPIEZA CABEZA DE BOBINAS	ELEC	PREV	48	360	ANUAL	1344	1210	3360	8064	13,977.60
GENERADOR	ESTATOR DEL GENERADOR	BOBINAS DEL ESTATOR	REVISION Y PRUEBAS, MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO TERMOCUPLAS Y RTD'S	ELEC	PRED	36	360	ANUAL	1008	907	2520	6048	10,483.20
GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	FILTROS ADMISION AIRE	INSPECCION Y/O SUSTITUCION DE ELEMENTOS	MEC	PREV	6	180	SEMESTRAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	MANOMETROS DIFERENCIALES	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	PREV	4	360	ANUAL	112	101	280	672	1,164.80
GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD CARCASA GENERADOR	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y AISLAMIENTO	CTRL	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD INGRESO AIRE FRIO	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y AISLAMIENTO	CTRL	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	REFRIGERACION GENERADOR	RTD DUCTO AIRE CALIENTE	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICION DE RESISTENCIA Y	CTRL	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20

			AISLAMIENTO										
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	DESCARGADOR DE	INSPECCION, LIMPIEZA Y SILICONADO	ELEC	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	SOBRETENSION	INSPECCION Y MEDICIONES	ELEC	PREV	12	360	ANUAL	336	302	840	2016	3,494.40
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	TRANSFORMADORES DE MEDIDA GENERADOR	VERIFICACION Y PRUEBAS	ELEC	PRED	20	360	ANUAL	560	504	1400	3360	5,824.00
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	PROTECCION ELECTRICA GENERADOR	REVISION Y LIMPIEZA DEL GABINETE	ELEC	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	PROTECCION ELECTRICA GENERADOR	VERIFICACIONES DE AJUSTES Y PRUEBAS RELES Y SINCRONIZADOR	ELEC	PREV	16	360	ANUAL	448	403	1120	2688	4,659.20
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	MEDIDORES ENERGIA GENERADOR	VERIFICACION MEDIDORES PARAMETROS ELECTRICOS MULTIFUNCION SINEAX GENERADOR Y RED	ELEC	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	PROTECCION Y MEDIDAS GENERADOR	SINCRONIZADOR GENERADOR	VERIFICACION Y PRUEBAS	ELEC	PREV	16	360	ANUAL	448	403	1120	2688	4,659.20
GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	BARRAS ENCAPSULADAS 16,5 KV	INSPECCION Y LIMPIEZA	ELEC	PREV	16	360	ANUAL	448	403	1120	2688	4,659.20
GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	EQUIPOS CUBICULO SURGE Y VT (11BAB)	REVISION Y LIMPIEZA DE CELDAS	ELEC	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	SWITCH'S ALIMENTACION REGULADOR DE TENSION	VERIFICACION Y LIMPIEZA	ELEC	PREV	16	360	ANUAL	448	403	1120	2688	4,659.20
GENERADOR	COMPARTIMIENTO GENERADOR	CUBICULO NEUTRO	REVISION Y MEDICION	ELEC	PREV	4	360	ANUAL	112	101	280	672	1,164.80

GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	CUBICULOS SALIDA LADOS LINEA Y NEUTRO	REVISION Y MEDICION DE CUBICULOS	ELEC	PREV	24	360	ANUAL	672	605	1680	4032	6,988.80
GENERADOR	SALIDA DEL GENERADOR	BARRAS ENCAPSULADAS 13.8 KV	INSPECCION Y LIMPIEZA	ELEC	PREV	20	360	ANUAL	560	504	1400	3360	5,824.00
GENERADOR	COLECTOR	ANILLOS DEL COLECTOR	VERIFICACION Y LIMPIEZA	ELEC	PREV	16	180	SEMESTRAL	448	403	1120	2688	4,659.20
GENERADOR	COLECTOR	PORTAESCOBILLAS	INSPECCION Y/O SUSTITUCION DE CARBONES	ELEC	PREV	4	30	MENSUAL	112	101	280	672	1,164.80
GENERADOR	COLECTOR	TERMOCUPLAS	VERIFICACION, PRUEBAS, MEDICIONES DE RESISTENCIA AISLAMIENTO Y CABLEADO	CTRL	PREV	6	360	ANUAL	168	151	420	1008	1,747.20
GENERADOR	COLECTOR	PRESSURE SWITCH	VERIFICACION Y PRUEBAS	CTRL	PREV	4	360	ANUAL	112	101	280	672	1,164.80

**COSTO TOTAL SOLES: S/. 140,358.40**  
**TOTAL DOLARES: \$ 48,399.45**  
**COSTO AL MES \$ 4,033.29**

## 6.2 Tendencia mensual del la implementación del RCM2

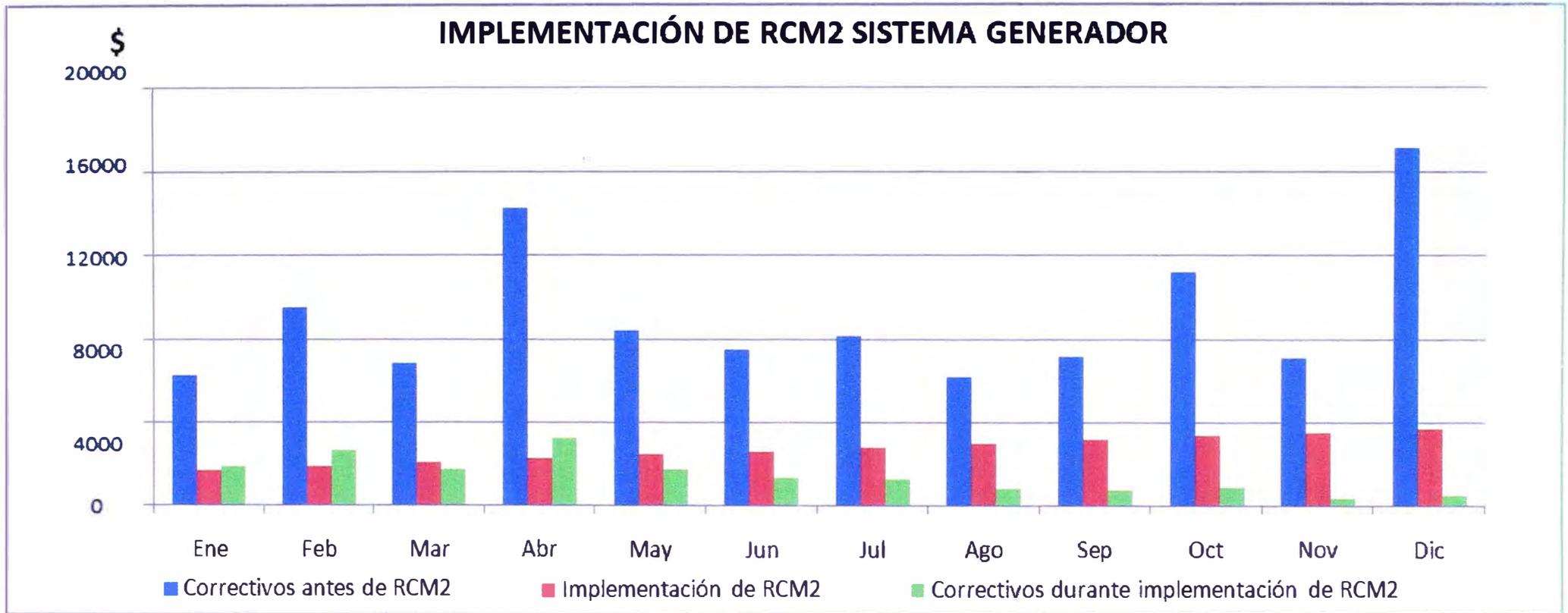


Figura 6.1 Implementación del RCM2

### 6.3 Indicadores del Sistema Generador.

Tiempo Producción antes de RCM2	=	6,218.26	horas
Tiempo de Fallas antes de RCM2	=	2,421.75	horas
Tiempo Producción después de RCM2	=	6,878.17	horas
Tiempo de Fallas después de RCM2	=	1,761.83	horas
Tiempo Total	=	8,640.00	horas

DISPONIBILIDAD antes de RCM2	=	$\frac{6,218.26}{8,640.00}$	=	71.97%
------------------------------	---	-----------------------------	---	--------

DISPONIBILIDAD después de RCM2	=	$\frac{6,878.17}{8,640.00}$	=	79.61%
--------------------------------	---	-----------------------------	---	--------

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Se obtuvieron:

- 41 modos de falla estudiados:

- Operacionales: 4
- Afectan a la seguridad: 1
- Afectan al Medio Ambiente: 1

•16 se tratarán sin cambios, es decir del mismo modo en que se venían tratando.

- Distribución de Tareas:

- A condición: 5
- Reacondicionamiento cíclico: 4
- Rediseño: 13
- Análisis aparte: 16
- Búsqueda de falla: 7

- Distribución de tareas según áreas:

- Mantenimiento Mecánico: 7
- Mantenimiento Eléctrico: 9
- Control: 4
- Operaciones: 4

(a) Se define al Sistema de Generador como prioritario para la conservación del activo fijo, ya que tiene relación directa con la operación de la unidad.

(b) El estudio RCM2 llevó a la actualización de los planos del sistema.

(c) Se mejoraron los procedimientos de operación del sistema generador.

(d) El ahorro anual en los modos de falla que tienen consecuencias operacionales, Cabe señalar que el mayor conocimiento del sistema, llevará a reducir los tiempos de respuesta ante cualquier falla del sistema.

(e) Con el análisis se ha ejercitado el trabajo en equipo y se han identificado oportunidades de mejora en el plan de mantenimiento, cumpliendo con la mejora continua de procesos, postulado en la política de la empresa.

Ponemos como ejemplo tres casos en la mejora del plan de mantenimiento anual.

## **7.2 Recomendaciones**

### **7.2.1 Inspección y/o sustitución de elementos de filtro en admisión del aire de refrigeración del generador.**

Debido a que la curva de capacidad de la máquina nos muestra que el enfriamiento del generador esta ligado directamente con la generación de potencia de la máquina.

En la revisión del historial de las pantallas de operación observamos que para la fecha 21/02/2010 se inicio la indisponibilidad del grupo SIEMENS por cambio de filtros primarios y secundarios en la admisión de la casa de filtros del generador.

En la revisión de notificaciones de incidencias encontramos que el diferencial de presión mostrado se encontraba en su límite de operación.

Reanudado la operación con los filtros nuevos observamos que los RTD's sensan valores que están dentro de los parámetros seteados para la refrigeración. Por ende el enfriamiento del generador es optimo y podemos llegara a sincronizar el grupo en menor tiempo, así como también podemos obtener y manejar valores de potencia mas altos según la curva de capacidad del generador SIEMENS.

### **7.2.2 Inspección, medición y/o sustitución de carbones en porta escobillas del colector (Brushes)**

Para prevenir el falso contacto, por cristalización del carbón, lo cual provocaría sobrecalentamiento de los carbones llegando a una temperatura mayor a los 90 ° C. al ocurrir este problema perderíamos la función primaria del colector que es la de transferir corriente directa de la fuente para la excitación al devanado para el campo del generador y por ende se tendría que reducir la potencia activa y reactiva.

### HISTORIAL DE LAS CURVAS DE OPERACIÓN DEL GENERADOR SIEMENS



Figura 6.1 Curva de operación del generador

### PARAMETROS OPERATIVOS DEL GENERADOR Y COLECTOR SIEMENS

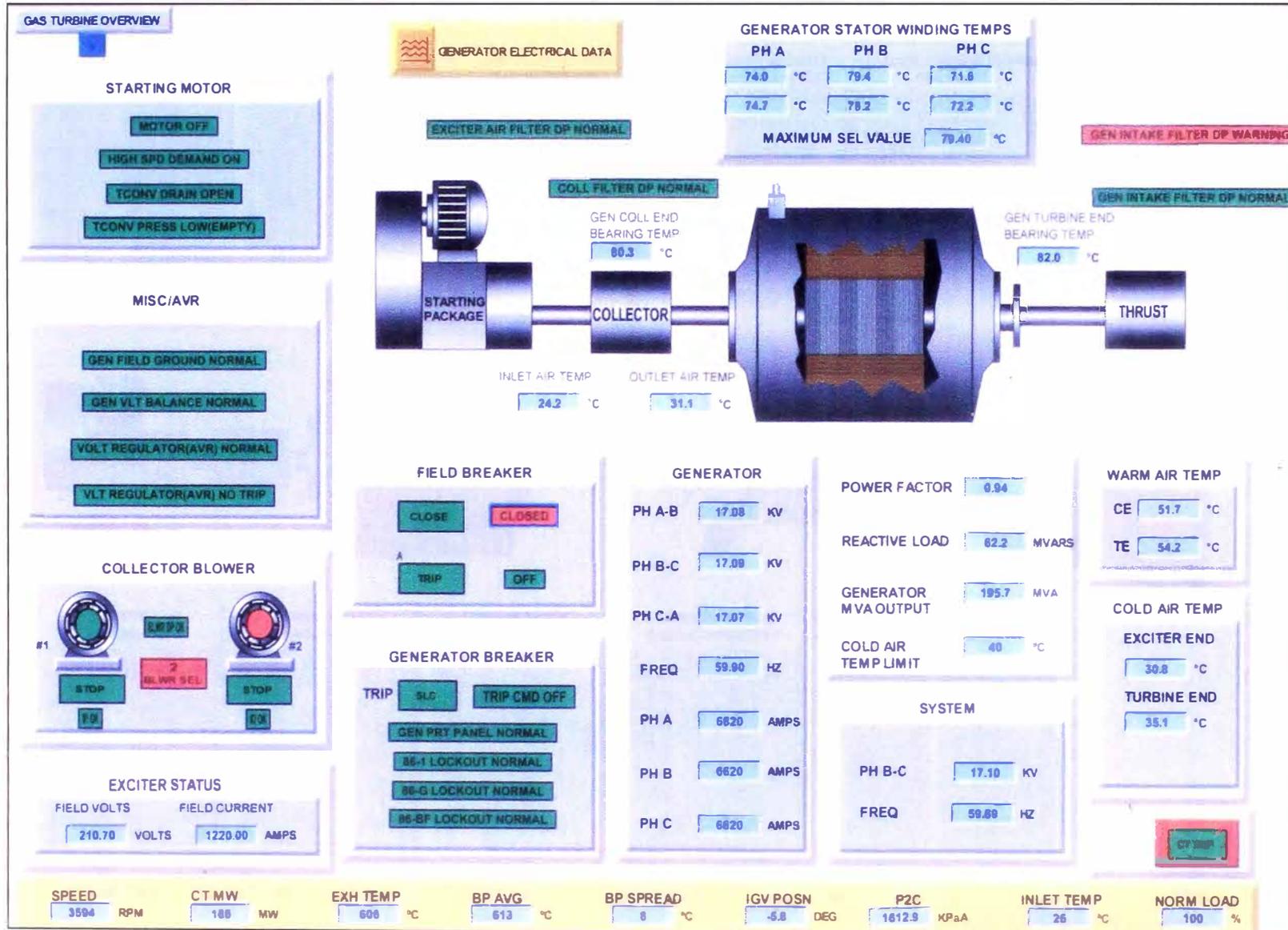


Figura 6.2 Pantalla de operación del generador

## PARAMETROS DE TEMPERATURA Y VIBRACION DEL GENERADOR SIEMENS

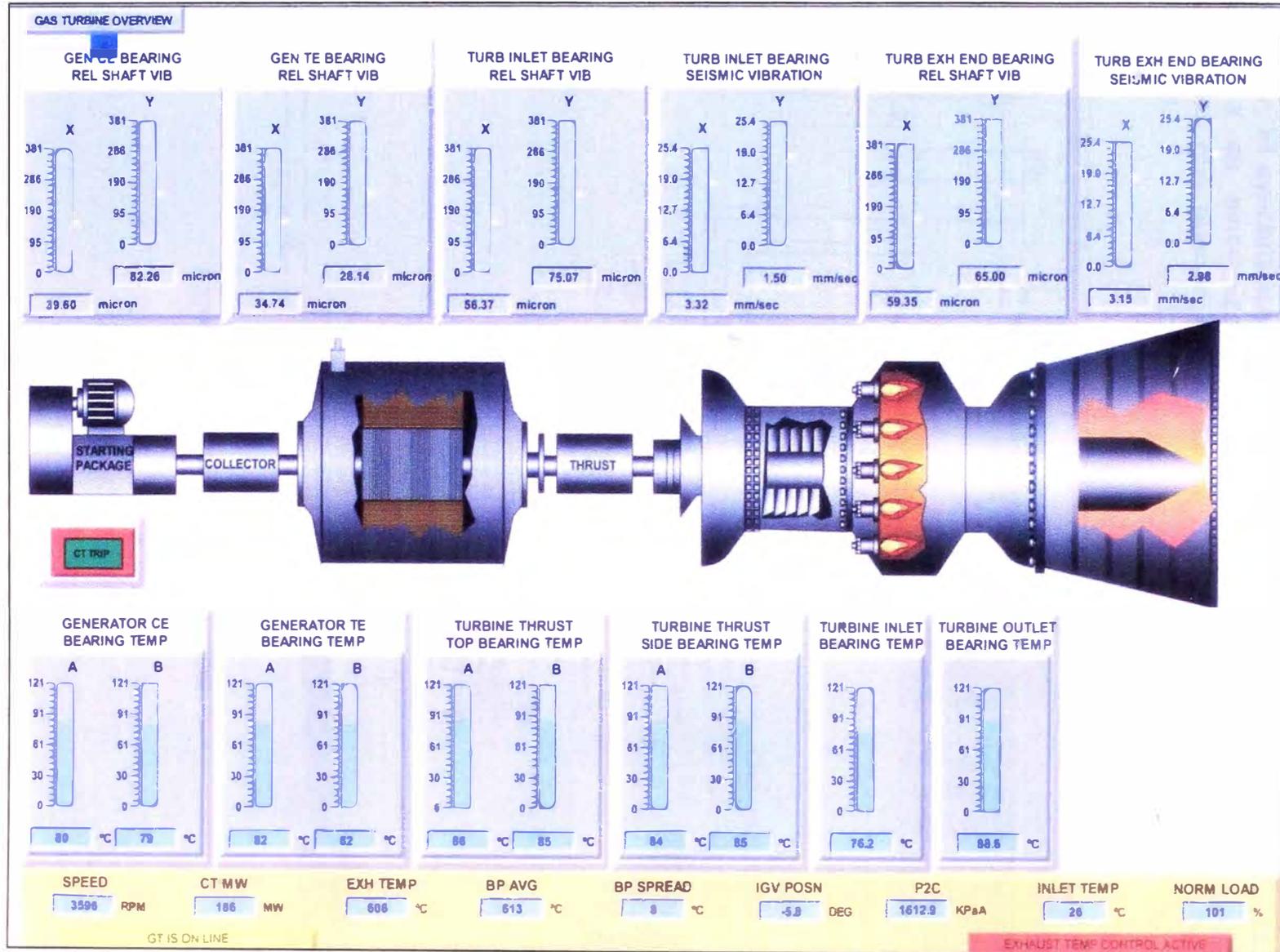


Figura 6.3 Sensores de temperatura y vibración del generador

### 7.2.3 Verificaciones de ajustes y pruebas relés y sincronizador.

Debido a que el relé de sincronización ajusta automáticamente la velocidad y el voltaje a los valores de la red y da la señal para que el interruptor principal del generador cierre. Un synchro-aceptor (aceptador de sincronismo) localizado en el panel de relés monitorea la diferencia en la fase a ambos lados del interruptor. El synchro-aceptor reconoce la tasa a la cual ambos sistemas se acercan a su sincronización y previene un cierre del interruptor bajo condiciones que puedan causar daños al equipo o un disturbio del sistema generador.

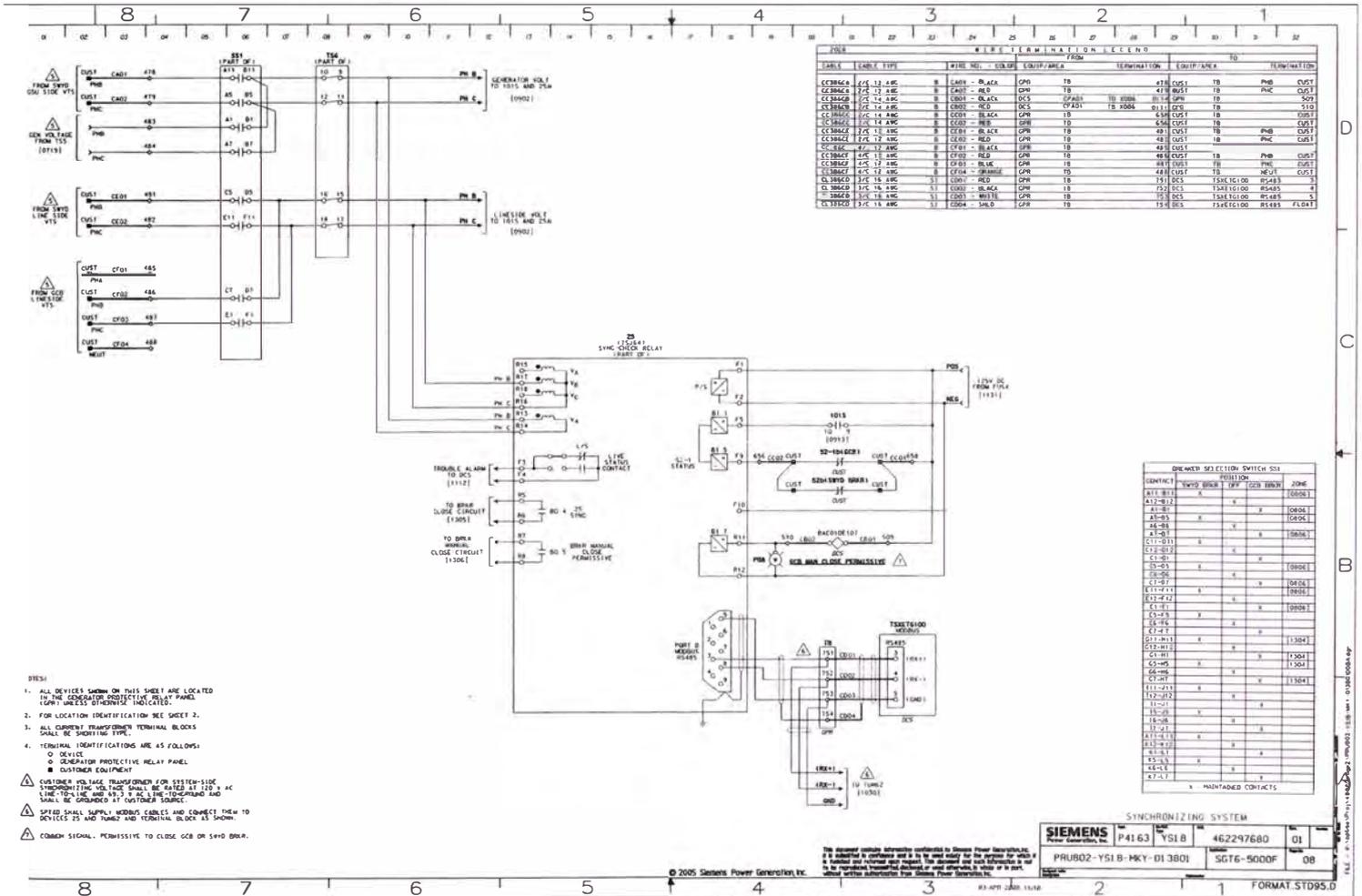


Figura 6.4 Relés y Sincronizador

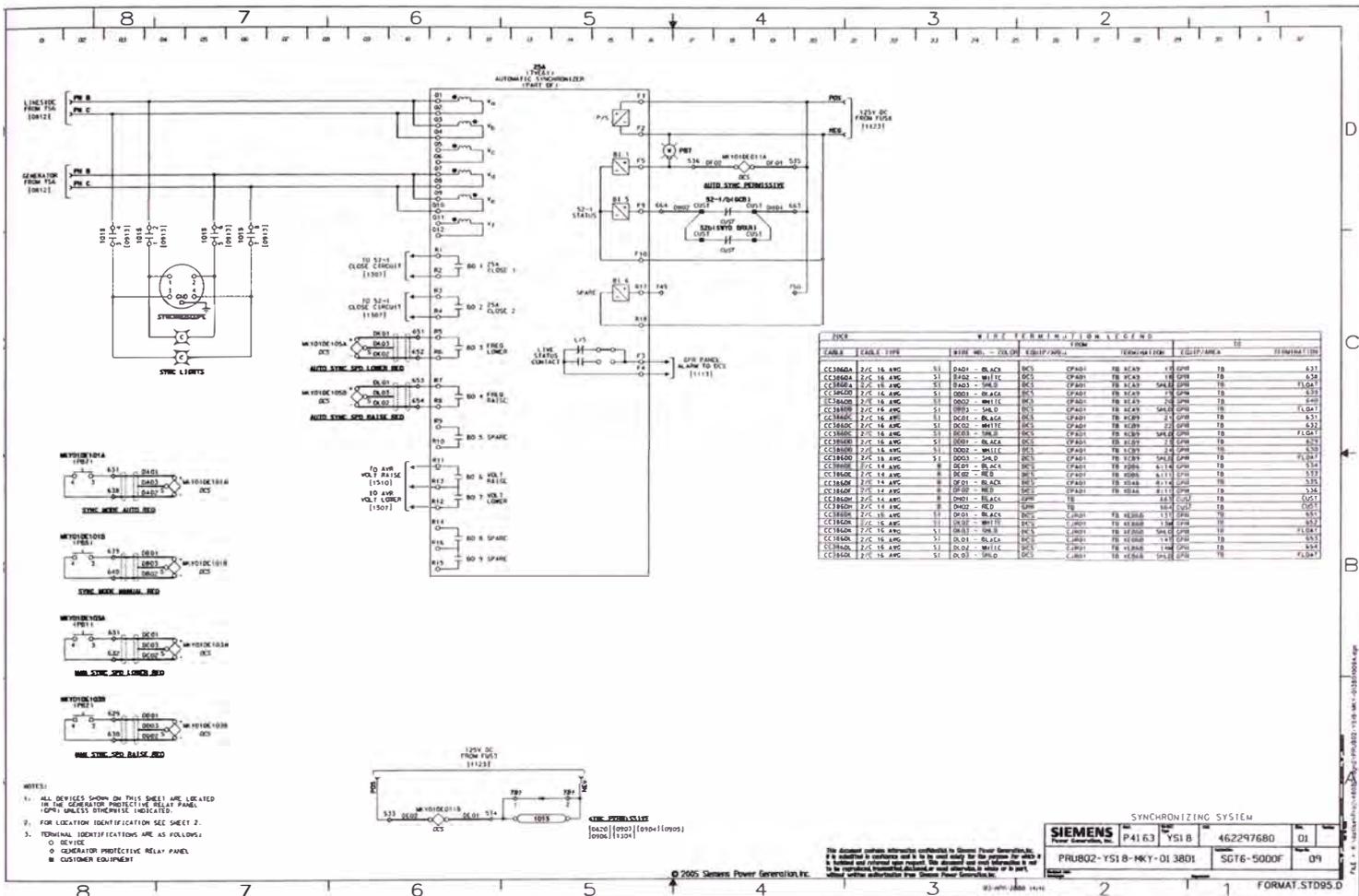


Figura 6.5 Sistema Sincronizador

## 8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- **RCMII Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Reliability Centred Maintenance. John Moubray**
- **Manual Del Generador Instruction Book Number: MK-10056 Volume MK Generator Type: SGen6-1000A. SIEMENS**
- **Manual de adiestramiento y familiarización con la turbina a gas SGT6-5000F SIEMENS**
- **<http://www.energy.siemens.com/hq/en/automation/power-generation/sppa-t3000.htm>**
- **[www.hammondpowersolutions.com/products/](http://www.hammondpowersolutions.com/products/)**
- **<http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/generators/SGen-1000A.pdf>**

**ANEXOS**

**MANUALES DE EQUIPOS**

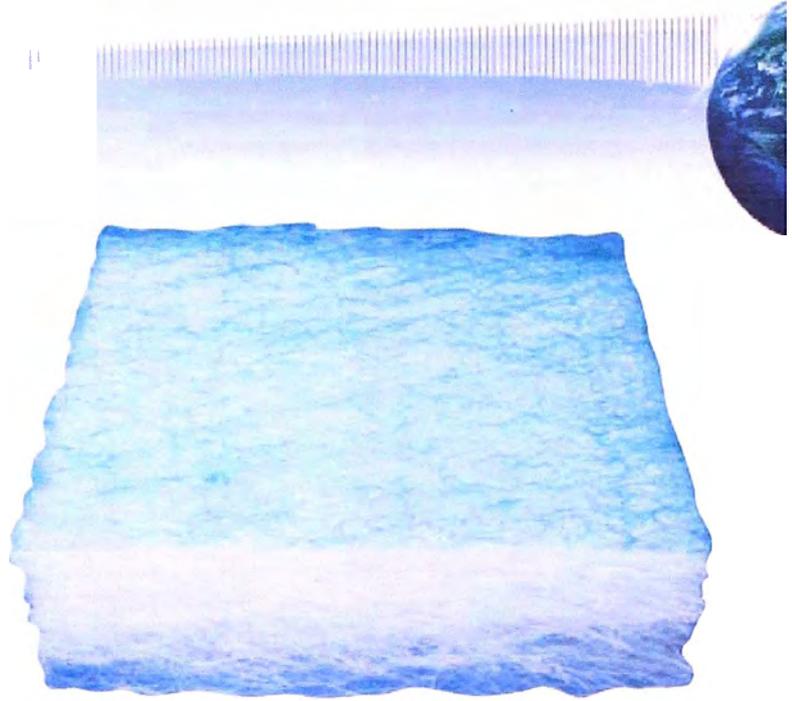


*Better Air is Our Business®*

## **AmericanAirFilter® AmerKleen M80**

### **Disposable Air Filter**

**An excellent air filter which uses Viscosine™ coating for enhanced filter efficiency. Its progressive density construction provides high dust holding capacity with a low pressure drop.**



### **Description**

The AmerKleen M80 has been used in both onshore and offshore locations as a prefilter, and it is particularly well suited for reciprocating engine, gas turbine, and smooth flow compressor air intake systems. It is a disposable, adhesive impregnated glass fiber pad held in a permanent retaining frame. The frame provides a quick opening latch, allowing the AmerKleen M80 to be easily replaced. Since no filter frame is required with each purchase, the AmerKleen M80 is less expensive to replace when compared to beverage board or plastic framed filters.



*Universal Prefilter Frame*



*Easy Installation*

### **High Dust Holding Capacity**

AmerKleen media are designed with "Progressive Density" construction. Fibers on the air entering side are interlaced in an open pattern which becomes progressively tighter. Dirt loads from back to front, taking advantage of the entire thickness of the media. This construction prevents face-loading, and increases arrestance and dust holding capacity.



*Progressive Density  
Media Construction*

### **Construction**

AmerKleen media is made of continuous filament fiberglass. At each point where these fibers cross, thermosetting plastic bonds them together to form a strong, thick resilient pad.

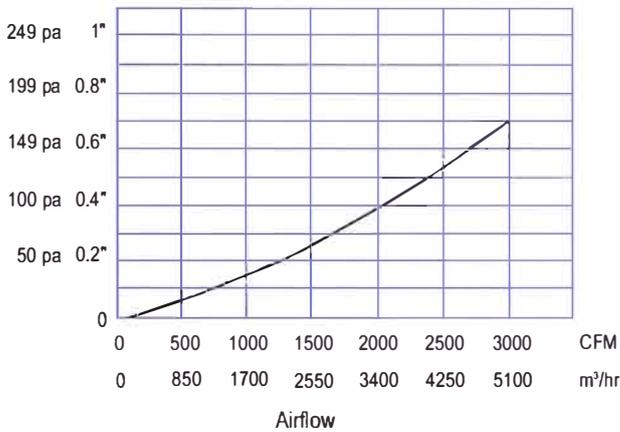
A Viscosine™ adhesive helps retain particles as they impinge on fibers, preventing them from breaking away and flowing downstream. Viscosine impregnated fibers will not migrate at temperatures up to 212°F/100°C.

# AmericanAirFilter

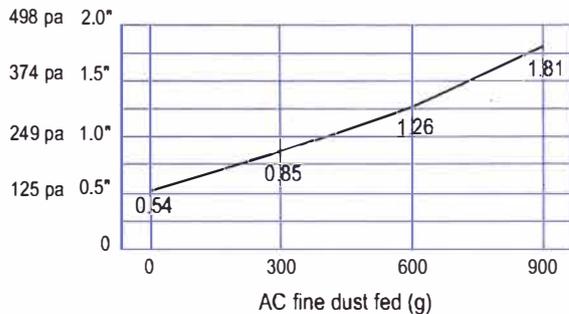
## AmerKleen M80

### AmerKleen M80 Technical Data

Rated Face Velocity	625 FPM/3.18 m/sec
Initial Resistance	0.5" w.g./125 pa
Recommended Final Resistance	1.5" w.g./374 pa
Average Arrestance (AC fine test dust)	89%
Thickness	3.75"/95 mm
Height & Width	24" x 24"/610 mm x 610 mm nominal



Airflow resistance for a clean AmerKleen M80 pad, rated airflow is 2500 CFM/4250 m³/hr.



Dust holding capacity for an AmerKleen pad with AC fine test dust at rated airflow of 2500 CFM/4250 m³/hr.

### Contact Information

AAF Ltd.  
Bassington Lane, Cramlington  
Northumberland NE23 8AF, UK  
Telephone: ++44 1670 713477  
Fax: ++44 1670 714370

AAF International  
10300 Ormsby Park Place  
Suite 600, Louisville KY 40223 USA  
Telephone: ++1 502 637 0411  
Toll Free: 888 AAF 3596  
Fax: ++1 502 637 0401

AAF SA  
Rue William Dian, Boite Postale 3  
27620 Gasny, France  
Telephone: ++33 232 536060  
Fax: ++33 232 521917

AAF-S.A  
C/Urarteia 11, P. Industrial Ali-Gobeo  
01010 Vitoria, Spain  
Telephone: ++34 945 241 800  
Fax: ++34 945 248 086

AAF S.r.l.  
Via E. Mattei 11  
22076 Mozzate-Co, Italy  
Telephone: ++39 0331 838611  
Fax: ++39 0331 838644

AAF McQuay  
PO Box 28564, Dubai, U.A.E.  
Telephone: ++971 4 3397688  
Fax: ++971 4 3397881

AAF (Wuhan) Co. Ltd.  
268 CheCheng Road  
Wuhan Economic &  
Technological Development Zone  
Wuhan, Hubei Province, P.R. China  
Telephone: +86 27 8423 6705  
Fax: +86 27 8423 6646

AAF S. de R.L. de C.V.  
Av. Pimero de Mayo 85  
San Andres Atenco  
C.P. 54040 Tlalnepantla, Mexico  
Telephone: ++52 55 5565 5200  
Fax: ++52 55 5390 5814

ISO Certified Firm

AAF has a policy of continuous product research and improvement and reserves the right to change design and specifications without notice.

©2009 AAF International  
MFAS-1-323G DEC '09



Better Air is Our Business®

# DuraVee® HXL

*Filtro barrera de gran capacidad y alta eficiencia para maquinaria rotatoria*

- **Alta eficiencia y gran capacidad de retención del polvo**
- **Superficie de la media extendida**
- **Media filtrante resistente al agua**
- **Estructura robusta**
- **Estructura completamente polimérica**
- **Completamente incinerable**
- **Sin halógeno**



DuraVee® HXL es un filtro de gran rendimiento y alta eficiencia desarrollado especialmente para el sector de la maquinaria rotatoria. Está diseñado para soportar las duras condiciones de los compresores centrífugos, las turbinas de gas y las máquinas que sufren grandes vibraciones o pulsaciones.

"La capacidad de retención de polvo del DuraVee HXL es superior a la del filtro con espesor 12 pulgadas, alargando el tiempo entre cada recambio".

## **Media filtrante**

La media DuraVee® HXL es resistente al agua y puede soportar la exposición a la humedad presente en la corriente de aire. Cuando está húmedo, experimenta un

aumento temporal de su resistencia, que rápidamente vuelve a la normalidad tan pronto como se evapora la humedad. Su diseño asegura una carga en profundidad a lo largo de toda la superficie de la media filtrante.

## **Estructura**

El cabezal y las paredes de la célula aseguran una estructura robusta y resistente a los golpes durante el transporte y el manejo. Gracias a su estructura rígida y a su mínima profundidad, los filtros DuraVee son fáciles de instalar tanto en los sistemas con acceso frontal como en aquellos con acceso posterior y lateral.

## **Espaciadores**

Los separadores termofusibles mantienen un espaciado uniforme entre los pliegues, con el fin de permitir un flujo óptimo de aire tanto de entrada como de salida del filtro. También aseguran una gran superficie efectiva de media para obtener una baja resistencia y una gran capacidad de retención del polvo.

## **Temperatura de utilización**

Los filtros DuraVee® HXL pueden trabajar a temperaturas de hasta 70°C. El filtro es completamente incinerable.

*Better Air is Our Business®*



## Datos técnicos

Tipo	HXL 60		HXL 90		HXL 95		HXL 98		HXL 100	
Tamaño nominal (pulgadas)	24x24x17		24x24x17		24x24x17		24x24x17		24x24x17	
Tamaño real (mm)	592x592x440		592x592x440		592x592x440		592x592x440		592x592x440	
Pérdida de carga inicial	Pa	in WG	Pa	in WG	Pa	in WG	Pa	in WG	Pa	in WG
a 5100 m³/h / 3000 CFM	110	0.44	115	0.46	120	0.48	145	0.58	190	0.76
a 4250 m³/h / 2500 CFM	80	0.32	91	0.36	100	0.40	115	0.46	145	0.58
a 3400 m³/h / 2000 CFM	55	0.22	70	0.28	75	0.30	80	0.32	110	0.44
Pérdida de carga final (Pa) <sup>2)</sup>	635	2.5	635	2.5	635	2.50	635	2.50	635	2.50
Presión de rotura	7600	30	7600	30	7600	30	7600	30	7600	30
Superficie de la media filtrante m²/ft²	28,1 / 302		28,1 / 302		28,1 / 302		28,1 / 302		28,1 / 302	
Eficiencia media EN779 (%) <sup>1)</sup>	60-80		80-90		90-95		>95		>99	
Retención media sobre el polvo fino de prueba AC (ACFTD)	100		100		100		100		100	
Clasificación de filtro EN77 / EN1822 <sup>1)</sup>	F6		F7		F8		F9		H10	
Clasificación de filtro ASHRAE 52.2 <sup>1)</sup>	MERV 13		MERV 14		MERV 15 / MERV 16		MERV 16			

### Notas:

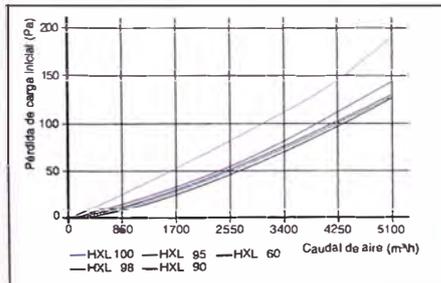
1) Todos los datos de rendimiento están basados en EN779:2002 / EN1822 y ASHRAE 52.2.

2) Máximo valor recomendado. Los filtros se pueden utilizar con una menor resistencia final sin que esto afecte a su eficiencia de filtración.

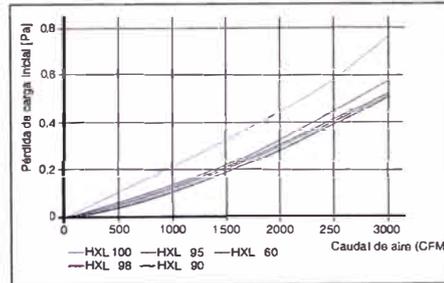
## Características

Temperatura máxima de utilización	: 70°C
Media	: Fibra de vidrio de alta eficiencia y resistente al agua
Paredes de la célula y cabezal	: Poliestireno y ABS
Espaciadores	: Termofusible ('hot-melt')
Protecciones frontales	: Malla de plástico en la cara de salida del aire
Junta	: Junta en la cara de salida del aire de serie

Caudal de aire frente a Pérdida de carga (metrica)



Caudal de aire frente a Pérdida de carga (US)



**AAF, S.A.**  
 Apto. 468 – 01080 Vitoria  
 Urartea, 11 – Polig. Ali-Gobeco  
 01010 Vitoria – España  
 Tel.: 945214851 / Fax: 945248905  
 airfiltration@aaf.es  
 www.aaf.es

**Oficinas Regionales:**  
 Barcelona: tel.: 937271071  
 Madrid: tel.: 916624866  
 Oviedo: tel.: 985271152  
 Sevilla: tel.: 954256108  
 Valencia: tel.: 639022942  
 Portugal: tel.: 351219373638

**AAF Bureau International:**  
 Amsterdam (NL), Athens (GR), Brussels (B), Cramlington (GB),  
 Dortmund (D), Dubai (UAE), Helsinki (Fin), Istanbul (TR),  
 Lisbon (P), Louisville, Ky (USA), Madrid (E), Mexico (Mex),  
 Mozzate-Co (I), Paris (F), Bangalore (IND), Riyadh (KSA),  
 Shah Alam (Mal), Suzhou, Shenzhen (PRC), Singapore,  
 Taiwan, Vienna (A) **AAF Agents:** Johannesburg (RSA)



AAF tiene una política de continua investigación y mejora del producto y se reserva el derecho de hacer cambios de diseño y especificaciones sin previo aviso.

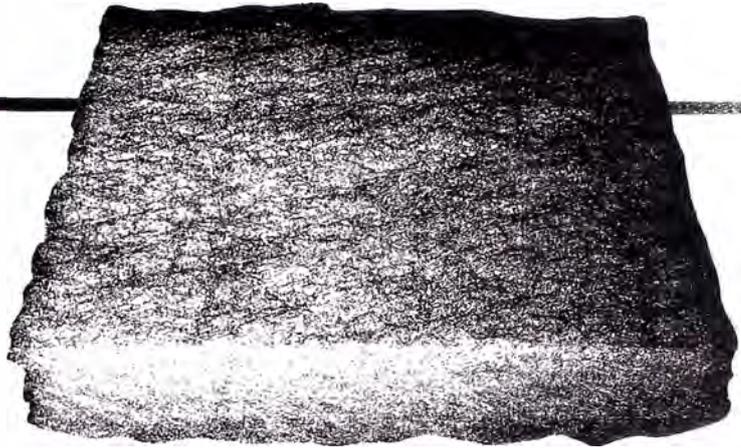
RM-2-328-SP-2-0306

© 2006 AAF International



# M-81 D/C Pad

**Demister  
Coalescing  
Pad**



### MIST ELIMINATOR

The M-81 Demister-Coalescing Pad is a heavy-duty, high efficiency mist eliminator pad that can be used in several different configurations to meet the specific needs of any application. Because the M-81 Pad operates at a low pressure drop and is easily replaceable, it is economical to use in engine and compressor applications. The unique construction of the M-81 D/C Pad provides excellent free moisture removal at velocities up to 850 FPM.

### WATER RESISTANT MEDIA

The M-81 Demister-Coalescing Pad Media is made from a two inch thick blanket of continuous filament fiberglass. A specially formulated water resistant binder is applied during the glass spinning process that allows the media to maintain its shape and resiliency while saturated with water.

### PROGRESSIVE DENSITY INCREASES MOISTURE HOLDING CAPACITY

M-81 media is designed with "Progressive Density" construction. Fibers on the air entering side are interlaced in an open pattern which becomes progressively tighter. This construction prevents faceloading, and increases the amount of water each pad can hold.

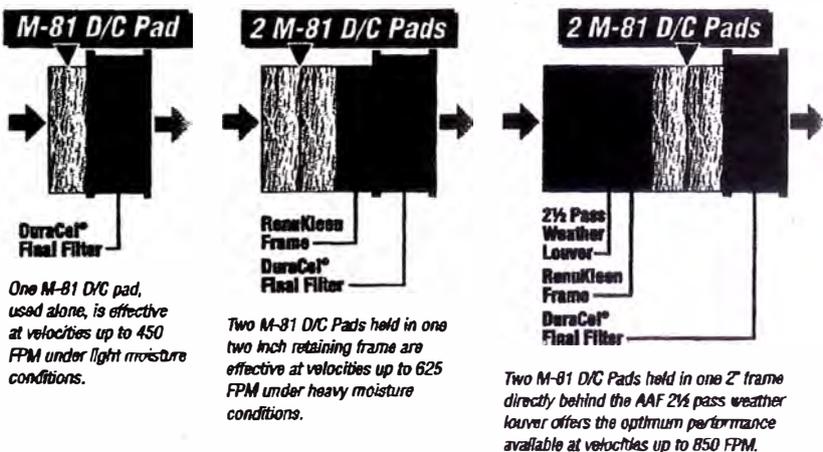


*Progressive Density Media Construction*

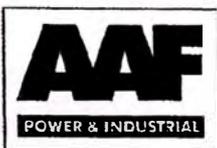
### APPLICATION

M-81 D/C Pads should be used in engine and compressor intake packages that require the elimination of mist/free moisture from the environment. They are typically used on offshore platforms, sea coast areas, behind air washers, and at plant sites that have long periods of heavy rain and/or frequent heavy fog and mist.

*The M-81 D/C Pad can be used in several configurations with increasing degrees of effectiveness.*



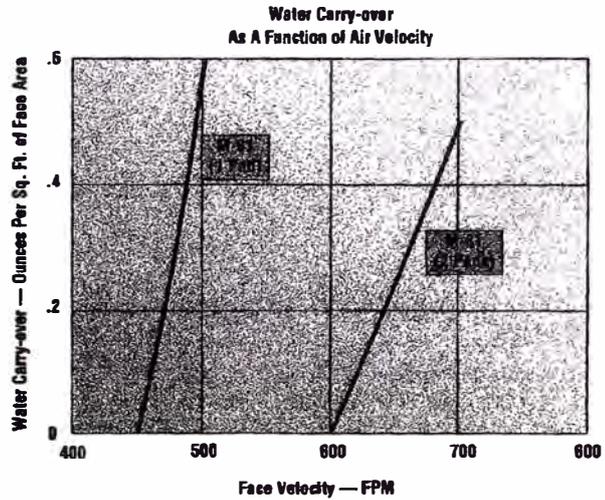
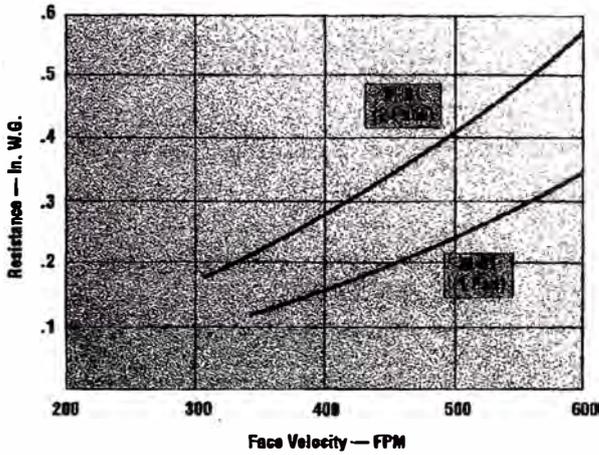
Drain shelves and troughs or trapped drains should always be provided for on intake housings where heavy moisture is anticipated. AAF demister sections are available with integral drainage systems designed to meet each application's specific needs.





# M-81 D/C Pad

## PERFORMANCE DATA



Test Conditions: 4" per hour rainfall with 15 mph wind directed into air intake.

## PRODUCT INFORMATION

Actual Size	Quantity Per Carton	Shipping Wt. Per Carton (Lbs.)
25" x 25" x 2"	20	11.3



10300 ORMSBY PARK PL STE 600  
LOUISVILLE KY 40223-6189  
P O BOX 35690  
LOUISVILLE KY 40232-5690  
www.aafintl.com

For Additional Information Call  
**888.AAF.3596**  
**FAX 502.637.0147**

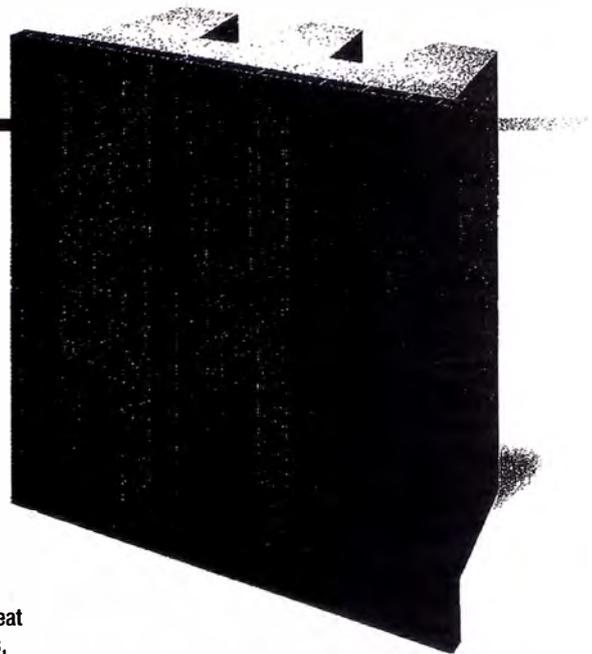




## DuraVee™

### High Efficiency Compact Mini-Pleat Filter

DuraVee is an exceptionally high efficiency filter utilizing a glass fiber woven media. Available in two efficiencies, it is designed for use as the final filter stage in machinery intake systems where rigid construction and long service life are essential.



#### DESIGNED FOR SUPERIOR PERFORMANCE

##### ■ High Capacity, Low Resistance Operation

The DuraVee filter derives its name from the innovative construction design consisting of six mini-pleat media packs assembled into a series of three V-banks. Setting the mini-pleat packs in a multiple V-bank arrangement substantially increases the amount of media contained in the filter by up to 40% more than conventional rigid filter packs. This results in a greater airflow capacity, low resistance, and high dust holding capacity.



(Rear view of DuraVee filter) The V-bank configuration provides greater airflow capacity and longer service life.

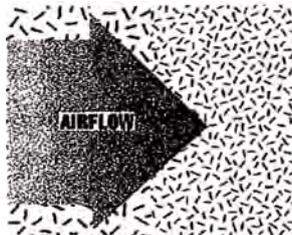
##### ■ Applications

The rigid design, with multiple mini-pleat media packs, thermoplastic separators, plastic cell sides/header, and aluminum struts, makes DuraVee filters ideally suited for the most difficult environmental conditions including:

- ✓ High airflow
- ✓ High temperature
- ✓ Turbulent airflow
- ✓ High relative humidity
- ✓ Intermittent exposure to water

##### ■ Dual Density Media

The DuraVee media is manufactured with two layers of microglass paper fibers: coarser fibers on the air entering side and finer fibers on the air leaving side. The progressive density produced by this process ensures a full depth loading of dirt, providing a high dust loading capacity which extends the life of the filter.



COARSE FIBERS    FINER FIBERS  
Air entering side    Air leaving side

##### ■ Rigid Construction Maintains Media Pack Integrity

The mini-pleat media packs are bonded inside the cell sides with a urethane sealant, forming a completely unutilized, rigid filter that does not rack and resists damage during shipping and handling. The bonded media packs also prevent bypass leakage.

##### ■ Low Profile Thermoplastic Separators

Separators made from continuous beads of thermoplastic material maintain uniform spacing between pleats to allow optimal airflow into and through the filter with minimum resistance. The low profile beads of thermoplastic create a media pack with minimum pleat spacing. The separators ensure a large effective area for low resistance and high dust holding capacity.

##### ■ Water Repellent Media

The media is water repellent and can withstand intermittent exposure to free moisture in the airstream without affecting filter performance. DuraVee filters are the ideal choice for installation on off-shore platforms, humid areas, or where moisture is often present.



# DuraVee™

### ■ Corrosion Resistant Components

The plastic and aluminum components are corrosion resistant over the life of the filter. The filter contains no metal components which could produce rust, and flake off during the service life.

### ■ Operating Temperature

All DuraVee filter elements can operate continuously at temperatures up to 176°F.

### ■ Light Weight Header and Support Frames

Plastic and aluminum components result in a light weight filter in spite of the large amount of media contained in the product.

### ■ Comprehensive Testing

Extensive use is made of the ASHRAE test facilities in Louisville, Kentucky. Filters from the production line are also regularly tested by independent test labs to validate the specifications; a further guarantee for quality.

### ■ Quality Assurance Program

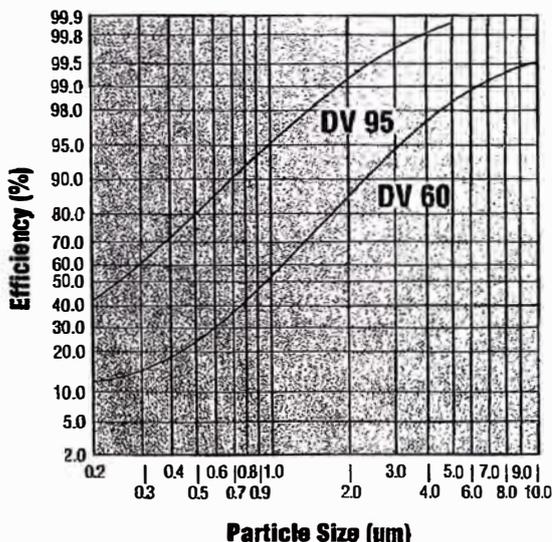
The Quality Assurance Program for DuraVee filters has been incorporated as an integral part of the manufacturing process. From raw materials to finished product, AAF quality checks ensure consistent and strict adherence to specifications.



ASHRAE test ducts ensure DuraVee filters meet rated performance standards.

Style Code:	DV60	DV95
Actual Size: (w x h x d)	23 3/4 x 23 3/4 x 11 1/2	
Initial Resistance (In. W.G.)	.45	.66
Gross Media Area (Sq. Ft.)	175	175
Airflow Capacity (CFM)	up to 3000	
Avg. Atmospheric Dust Spot Eff. (%)	61	94
Dust Holding Capacity (g)	1490	1260

### EFFICIENCY BY PARTICLE SIZE



### Notes:

- Performance data has been obtained using the ASHRAE 52-76 test method modified by using AC Fine Test dust to replace ASHRAE test dust (equivalent to ASHRAE 52.1-1992.)
- Initial resistance and dust holding capacity measured @2500 cfm.
- Efficiency is measured with an optical particle counter on clean filters using atmospheric dust as a test aerosol.
- DuraVee filters are classified UL Class2.
- Recommended final resistance is 2.5" w.g.
- Burst pressure is 19" w.g.
- Extruded aluminum components are of alloy 6063 T5, mill finish.
- Filter net weight is 15.5 lbs.
- Each filter is individually packed in a cardboard box. Gross weight is 18.0 lbs.



10300 ORMSBY PARK PL STE 600  
LOUISVILLE KY 40223-6169  
P O BOX 35690  
LOUISVILLE KY 40232-5690  
www.zafm.com

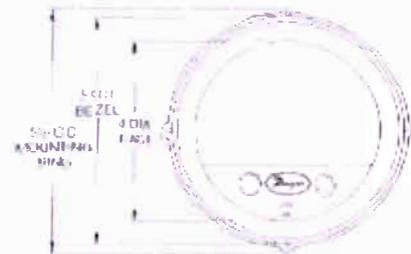
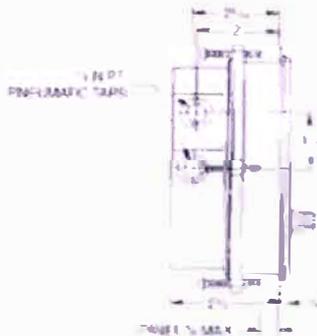
For Additional Information Call  
**888.AAF.3596**  
**FAX 502.637.0147**





**SERIES 3000 MR PHOTOHELIC®  
DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH/GAGE**

**Specifications - Installation and Operating Instructions**



The Dwyer Series 3000 MR Photohelic® switch/gage is a dual purpose instrument which combines an analog differential pressure gage with two SPDT miniature relays. The black pointer continuously indicates the amount of pressure being applied and the two red pointers, which are set with external adjustment knobs, show where the relays will actuate in response to changing pressure.

The switching action of the set points occurs as a shield attached to the indicating pointer either admits or blocks a stationary LED light beam to two photo transistors attached to the adjustable red set point indicators. Comparator circuitry then results in the final relay operation.

Thanks to the unique magnetic linkage, these units exhibit low hysteresis, ±2% of full scale accuracy, ±1% switch repeatability and overpressurization capability to 25 psig even on the lowest differential pressure ranges.

**SPECIFICATIONS**

- Maximum Pressure:** 25 psig
- Media Compatibility:** air and non-combustible, non-corrosive gases
- Accuracy:** ±2% of full scale
- Operating Temperature:** 20-120°F (dry air)
- Finish:** Baked dark gray epoxy hammerloid
- Weight:** 1 lb., 10 oz.
- Pressure Connections:** 1/8-27 NPT female (duplicated side and back)
- Power Supply:** 24 VDC regulated (maximum: 3 watts)
- Relay Contacts:** 2 SPDT rated 10 amp @ 30 VDC 0.3 amp @ 110 VDC or 0.5 amp @ 125 VAC. Gold over silver—suitable for dry circuits.
- Electrical Connections:** 18" 18 conductor cable assembly
- Accessories:** Mounting ring, Snap ring  
 (4) 6-32 x 1-1/4" RH machine screws (panel mounting)  
 (3) 6-32 x 5/16" RH machine screws (surface mounting)  
 (2) 3/16" tubing to 1/8" NPT adapters  
 (2) 1/8" NPT plugs, 18" cable assembly

**ELECTRICAL CONNECTIONS**

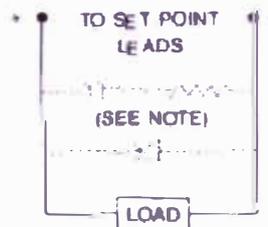
**CAUTION: DO NOT EXCEED SPECIFIED SUPPLY VOLTAGE RATINGS. PERMANENT DAMAGE NOT COVERED BY WARRANTY WILL RESULT. THIS UNIT IS NOT DESIGNED FOR AC LINE VOLTAGE OPERATION.**

Electrical connections are made by means of the cable assembly supplied which has a multi-pin female plug installed on one end which mates with the male connector on the rear of the gage. Wire leads on the opposite end of the assembly are connected in accordance with the drawing and chart below.



		LETTER	COLOR
POWER SUPPLY	+	A	RED
	-	E	BLACK
LOW SET-POINT	COM	C	BROWN
	NC	B	VIOLET
	NO	D	BLUE
HIGH SET-POINT	COM	H	GREEN
	NC	J	WHITE
	NO	F	ORANGE

Note: An RC (resistor/capacitor) snubber is required when switching inductive loads such as a solenoid or contactor. Specify Dwyer part number A-600. For DC circuits, also include a 1N4005 diode.



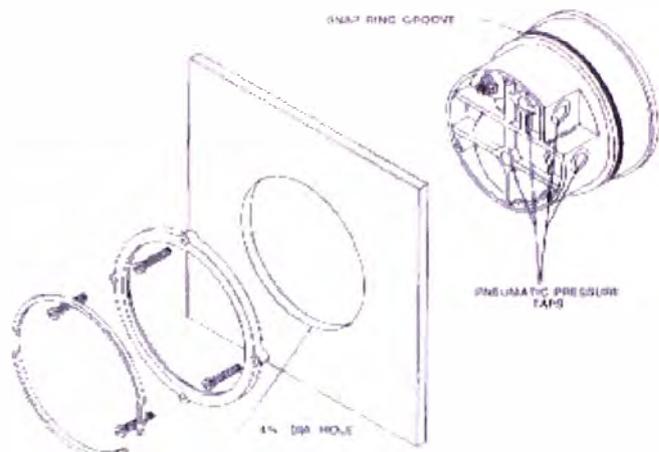
**DWYER INSTRUMENTS, INC.**  
 P.O. BOX 373 • MICHIGAN CITY, INDIANA 46361, U.S.A.

Telephone 219/679-8000  
 Fax 219/672-9057

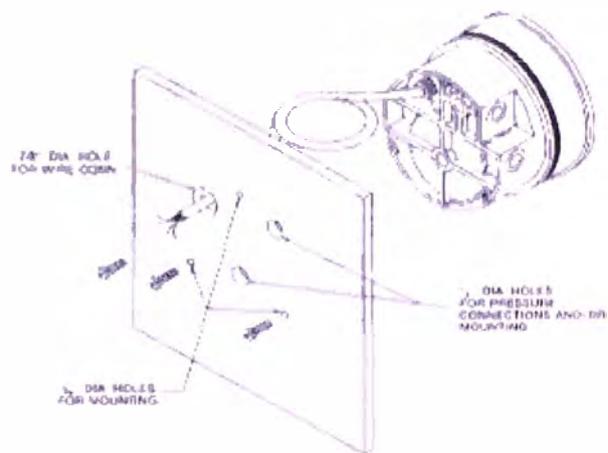
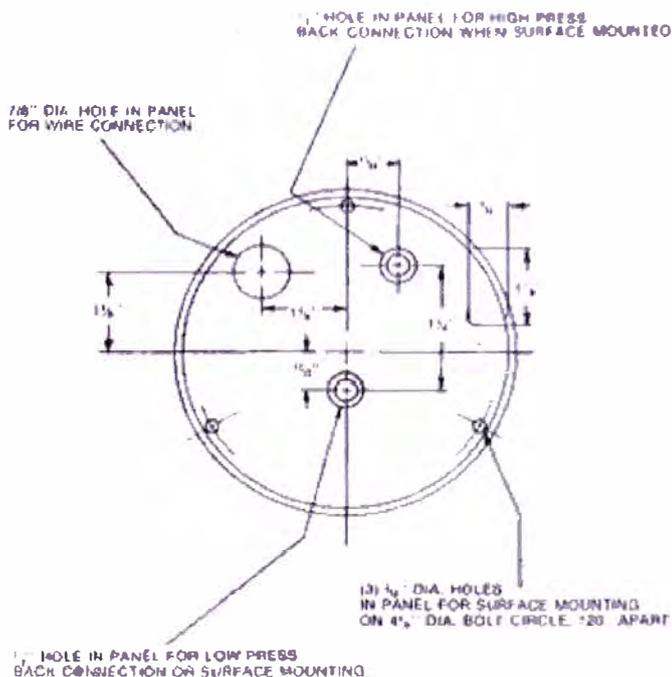
## INSTALLATION

- 1. LOCATION:** Select a location where the temperature of the unit will be between 20°F and 120°F. The tubing leading pressure to the instrument can be run practically any length required but long lengths will increase response time slightly. Avoid surfaces with excessive vibration.
- 2. POSITION:** All standard models are calibrated with the diaphragm vertical and should be used in that position for maximum accuracy. If your application requires mounting in other than a vertical position, be sure to specify this when ordering.
- 3. PRESSURE CONNECTIONS:** For convenience, two sets of 1/4" NPT female ports are available. Plug the unused set with pipe plugs provided. Attach tubing from positive pressure source to port marked "HI" or from negative (Vacuum) source to port marked "LOW". In either case, opposite port must be vented to atmosphere. In dusty environments, we recommend use of an A-331 Filter Vent Plug to keep interior of instrument clean. For differential pressures the higher source is connected to the "HI" port and lower to the "LOW" port.

- 4. MOUNTING:** The Photohelic Switch Gage may be either panel mounted or surface mounted.



**A. PANEL MOUNTING:** Cut a 4 1/4" or 120mm dia. hole in panel and insert the complete unit from the front. Slip on the mounting ring and install the split snap ring in the groove on the bezel. Seat the mounting ring against the snap ring and thread the four screws through the tapped holes. Tighten screws against rear of panel.



**B. SURFACE MOUNTING:** Drill (3) 3/8" dia. holes for mounting screws and (1) 7/8" dia. hole for wire assembly as shown in hole location drawing. Insert screws from rear of panel and thread into tapped holes on back of Photohelic case. If rear pressure connections are to be used, make 1/2" dia. holes located as shown in hole location drawing in left column.

Once Photohelic unit is securely mounted, plug wire assembly into 9 pin connector on rear of unit, being careful to match pin locations.

- 5. ZEROING:** Once the Photohelic is mounted in its final position, check to be sure pointer aligns with zero on scale, when no pressure is applied and both low and high pressure ports are vented to atmosphere. To adjust, turn small slotted screw at center bottom of gage face.



**DWYER INSTRUMENTS, INC.**

P.O. Box 373, Michigan City, Indiana 46361, U.S.A.

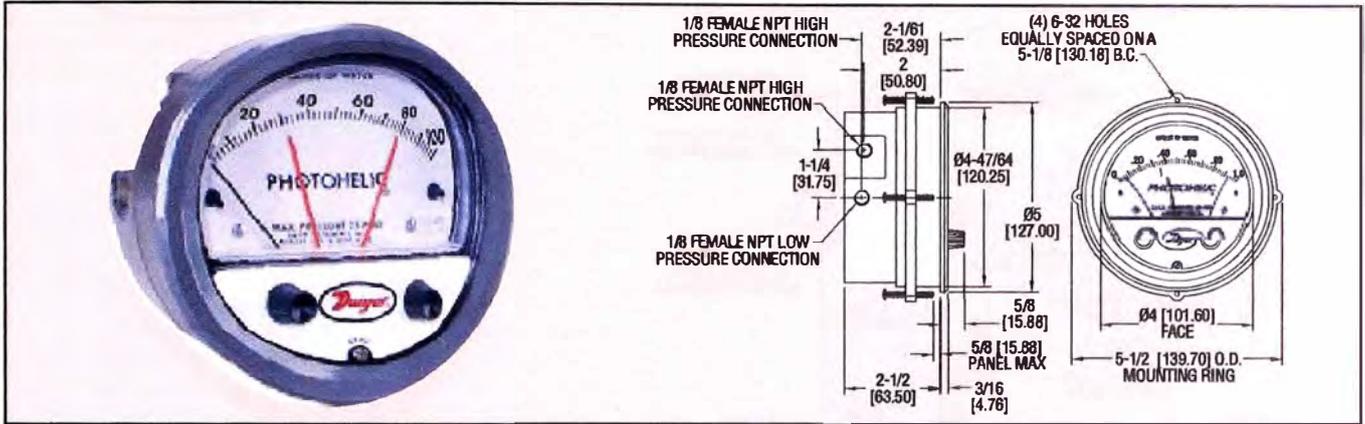
Phone: 219-872-8000 Fax: 219-872-9057



Series  
3000MR  
3000MRS

# Photohelic® Switch/Gages

Combines Differential Pressure Gage with Low/High Set-points



Using solid state technology, the Series 3000MR and 3000MRS Photohelic® switch/gages combine the functions of a precise, highly repeatable differential pressure switch with a large easy-to-read analog pressure gage employing the durable, time-proven Magnehelic® design. Switch setting is easy to adjust with large external knobs on the gage face. Gage reading is unaffected by switch operation – will indicate accurately even if power is interrupted. Solid state design now results in greatly reduced size and weight. Units can be flush mounted in 4-13/16" (122 mm) hole or surface mounted with hardware supplied. 3000MR models employ versatile electromechanical relays with gold over silver contacts – ideal for dry circuits. For applications requiring high cycle rates, choose 3000MRS models with SPST (N.O.) solid state relays. All models provide both low and high limit control and include 18-inch (45 cm) cable assemblies for electrical connections.

Gage accuracy is ±2% of full scale and switch repeatability is ±1%. Switch deadband is one pointer width – less than 1% of full scale. Compatible with air and other non-combustible, non-corrosive gases, they can be used in systems with pressures to 25 psig (1.725 bar). Optional construction is available for use to either 35 psig (2.42 bar) or 80 psig (5.51 bar).

**Included Accessories**  
Mounting ring, snap ring  
18" (45 cm) cable assembly  
(2) 3/8" tubing to 1/8" NPT adapters  
(2) 1/8" NPT pipe plugs

(4) 6-32 x 1 1/4" RH machine screws (panel mounting)  
(3) 6-32 x 3/8" RH machine screws (surface mounting)

## SPECIFICATIONS

### GAGE SPECIFICATIONS

**Service:** Air and non-combustible, compatible gases.  
**Wetted Materials:** Consult factory.  
**Accuracy:** ±2% of full scale (3000-0 ±3% of full scale). (3000-00 ±4% of full scale).  
**Pressure Limit:** -20" Hg. to 25 psig (-0.677 bar to 1.72 bar). MP option; 35 psig (2.41 bar), HP option; 80 psig (5.52 bar).  
**Temperature Limits:** 20 to 120°F. (-6.67 to 48.9°C).  
**Process Connections:** 1/8 female NPT (duplicated side and back).  
**Size:** 4" (101.6 mm) dial face, 5" (127 mm) O.D. x 3-1/8" (79.38 mm).  
**Weight:** 1.8 lb (816 g).

### SWITCH SPECIFICATIONS 3000MR

**Switch Type:** Each setpoint has 2 Form C relays (SPDT).  
**Relay Contacts:** (resistive load) 1 Form C rated 1.0A @ 30 VDC, 0.3A @ 110 VDC or 0.5A @ 125 VAC. Gold over clad silver - suitable for dry circuits.  
**Electrical Connections:** 18" (46 cm) cable assembly with 8 conductors. Optional lengths to 100' (30.5 m).  
**Power Requirements:** 24 VDC, regulated ±10%.  
**Mounting Orientation:** Diaphragm in vertical position. Consult factory for other position orientations.  
**Set Point Adjustment:** Adjustable knobs on face.  
**Agency Approvals:** CE.

### SWITCH SPECIFICATIONS 3000MRS

**Switch Type:** Each setpoint has a solid state relay.  
**Switching Voltage:** 20-280 VAC (47 - 63 Hz).  
**Switching Current:** 1.0 amp (AC) max., 0.01 mA (AC) min., (2) SPST N.O.  
**Electrical Connections:** 18" (46 cm) cable assembly with 6 conductors, Optional lengths to 100' (30.5 m).  
**Power Requirements:** 24 VDC, regulated ±10%.  
**Mounting Orientation:** Diaphragm in vertical position. Consult factory for other position orientations.  
**Set Point Adjustment:** Adjustable knobs on face.  
**Agency Approvals:** CE.

## SERIES 3000MR, 3000MRS PHOTOHELIC® MODELS & RANGES

Model Number	Range, Inches w.c.	Minor Divs.	Model Number	Range, Kilopascals	Minor Divs.
3000(MR)(MRS)*-00	0-0.25	.005	3000(MR)(MRS)-1kPa	0-1.0	.02
3000(MR)(MRS)*-0	0-0.5	.01	3000(MR)(MRS)-3kPa	0-3.0	.10
3001(MR)(MRS)	0-1.0	.02	3000(MR)(MRS)-4kPa	0-4.0	.10
3002(MR)(MRS)	0-2.0	.05			
3003(MR)(MRS)	0-3.0	.10	<b>Model Number</b>	<b>Range, MM W.C.</b>	<b>Minor Divs.</b>
3005(MR)(MRS)	0-5.0	.10	3000(MR)(MRS)-6MM*	0-6	.20
3010(MR)(MRS)	0-10	.20	3000(MR)(MRS)-10MM	0-10	.50
3015(MR)(MRS)	0-15	.50	3000(MR)(MRS)-25MM	0-25	.50
3020(MR)(MRS)	0-20	.50	3000(MR)(MRS)-50MM	0-50	1.0
3030(MR)(MRS)	0-30	1.0	3000(MR)(MRS)-100MM	0-100	2.0
3060(MR)(MRS)	0-50	1.0			
3100(MR)(MRS)	0-100	2.0	<b>Model Number</b>	<b>Range, CM W.C.</b>	<b>Minor Divs.</b>
			3000(MR)(MRS)-20CM	0-20	.50

## OPTIONS — ACCESSORIES

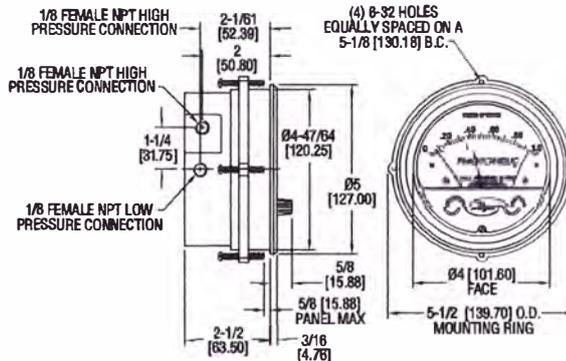
**Tamper-proof Knobs,** require spanner type key (supplied) to change set-points. Add suffix **-TAMP**  
**Low Temperature Option** for use under 20°F (-6.7°C). Add suffix **-LT**  
**Medium Pressure** increases maximum rated pressure to 35 psig (2.41 bar). Add suffix **-MP**  
**High Pressure** increases maximum rated pressure to 80 psig (5.5 bar). Add suffix **-HP**  
**A-298 Flat Aluminum Bracket,** for flush mounting 3000MR/MRS  
**A-370 Mounting Bracket,** flush mount 3000MR/MRS bracket. Bracket is then surface mounted. Steel with gray hammertone epoxy finish  
**A-600 R/C Snubber:** Recommended for inductive loads like a solenoid or contactor

\* ±3% of full scale. \*\* ±4% of full scale.



# Series 3000MR Photohelic® Differential Pressure Switch/Gage

## Specifications — Installation and Operating Instructions



Using solid state technology, the Series 3000MR Photohelic® switch/gage combines the functions of a precise, highly repeatable differential pressure switch with a large easy-to-read analog pressure gage employing the durable, time-proven Magnehelic® design. Switch setting is easy to adjust with large external knobs on the gage face. Gage reading is unaffected by switch operation — will indicate accurately even if power is interrupted. Solid state design now results in greatly reduced size and weight. Units can be flush mounted in 4 1/8" (122 mm) hole or surface mounted with hardware supplied. 3000MR models employ versatile electro-mechanical relays with gold over silver contacts — ideal for dry circuits. All models provide both low and high limit control and include 18-inch (45 cm) cable assemblies for electrical connections.

Gage accuracy is ±2% of full scale and switch repeatability is ±1%. Switch deadband is one pointer width — less than 1% of full scale. Compatible with air and other non-combustible, non-corrosive gases, they can be used in systems with pressures to 25 psig (1.725 bar). Optional construction is available for use to either 35 psig (2.42 bar) or 80 psig (5.51 bar).

### Accessories

- Mounting ring, snap ring
- 18" (45 cm) cable assembly
- (2) 3/8" tubing to 1/8" NPT adapters
- (2) 1/8" NPT pipe plugs
- (4) 6-32 x 1 1/4" RH machine screws (panel mounting)
- (3) 6-32 x 3/8" RH machine screws (surface mounting)

### SPECIFICATIONS

#### GAGE SPECIFICATIONS

- Service:** Air and non-combustible, compatible gases.
- Wetted Materials:** Consult Factory.
- Accuracy:** ±2% of full scale (3000-0 ±3% of full scale).
- Pressure Limit:** -20" Hg. to 25 psig (-0.677 bar to 1.72 bar). MP option: 35 psig (2.41 bar), HP option: 80 psig (5.52 bar).
- Temperature Limits:** 20 to 120°F. (-6.67 to 48.9°C).
- Process Connections:** 1/8 female NPT (duplicated side and back).
- Size:** 4" (101.6 mm) dial face, 5" (127 mm) O.D. x 3-1/8" (79.38 mm).
- Weight:** 1.8 lb., (816 g).

#### SWITCH SPECIFICATIONS 3000MR

- Switch Type:** Each setpoint has 1 Form C relay (SPDT).
- Relay Contacts:** (resistive load) 1 Form C rated 1.0 amp @ 30 VDC, 0.3 amp @ 110 VDC or 0.5 amp @ 125 VAC. Gold over clad silver - suitable for dry circuits.
- Electrical Connections:** 18" (46 cm) cable assembly with 8 conductors. Optional lengths to 100' (30.5 m).
- Power Requirements:** 24 VDC, regulated ± 10%.
- Mounting Orientation:** Diaphragm in vertical position. Consult factory for other position orientations.
- Set Point Adjustment:** Adjustable knobs on face.



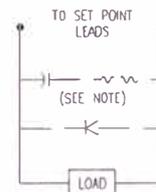
Power Supply	LETTER		COLOR
	+	-	
Low Set Point	COM	C	Brown
	NC	B	Violet
	NO	D	Blue
High Set Point	COM	H	Green
	NC	J	White
	NO	F	Orange

### ELECTRICAL CONNECTIONS

**CAUTION:** Do not exceed specified electrical ratings. Permanent damage not covered by warranty will result. This unit is not designed for AC line voltage operation.

Electrical connections are made by means of the cable assembly supplied which has a multi-pin female plug installed on one end which mates with the male connector on the rear of the gage. Wire leads on the opposite end of the assembly are connected in accordance with the drawing and chart to the right.

**Note:** An R/C (resistor/capacitor) snubber is required when switching inductive loads such as a solenoid or contactor. specify Dwyer part number A-600. For DC circuits, also include a 1N4005 diode.



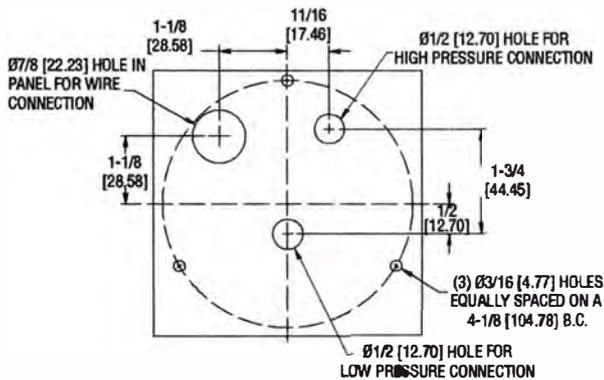
**DWYER INSTRUMENTS, INC.**  
P.O. BOX 373 • MICHIGAN CITY, INDIANA 46361, U.S.A.

Phone: 219/879-8000  
Fax: 219/872-9057

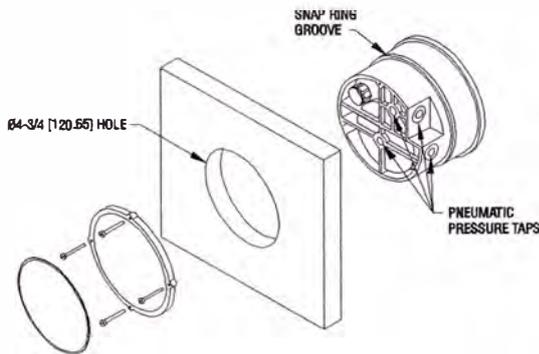
www.dwyer-inst.com  
e-mail: info@dwyer-inst.com

## INSTALLATION

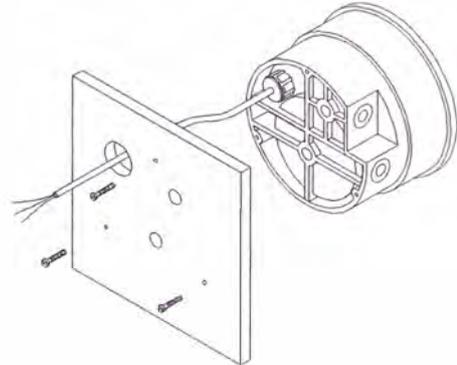
- 1. LOCATION:** Select a location where the temperature of the unit will be between 20°F and 120°F (-6.67 to 48.9°C). The tubing feeding pressure to the instrument can be run practically any length required but long lengths will increase response time slightly. Avoid surfaces with excessive vibration.
- 2. POSITION:** All standard models are calibrated with the diaphragm vertical and should be used in that position for maximum accuracy. If your application requires mounting in other than a vertical position, be sure to specify this when ordering.
- 3. PRESSURE CONNECTIONS:** For convenience, two sets of 1/8" female NPT ports are available. Plug the unused set with pipe plugs provided. Attach tubing from positive pressure source to port marked "HI" or from negative (Vacuum) source to port marked "LOW". In either case, opposite port must be vented to atmosphere. In dusty environments, we recommend use of an A-331 Filter Vent Plug to keep interior of instrument clean. For differential pressures the higher source is connected to the "HI" port and lower to the "LOW" port.



- 4. MOUNTING:** The Photohelic® Switch/Gage may be either panel mounted or surface mounted.



- A. PANEL MOUNTING:** Cut a 4-3/4" or 120mm dia. hole in panel and insert the complete unit from the front. Slip on the mounting ring and install the split snap ring in the groove on the bezel. Seat the mounting ring against the snap ring and thread the four screws through the tapped holes. Tighten screws against rear of panel.



- B. SURFACE MOUNTING:** Drill (3) 3/16" dia. holes for mounting screws and (1) 7/8" dia. hole for wire assembly as shown in hole location drawing. Insert screws from rear of panel and thread into tapped holes on back of Photohelic® case. If rear pressure connections are to be used, make 1/2" dia. holes located as shown in hole location drawing in left column.

Once Photohelic® unit is securely mounted, plug wire assembly into 9 pin connector on rear of unit, being careful to match pin locations.

- 5. ZEROING:** Once the Photohelic® is mounted in its final position, check to be sure pointer aligns with zero on scale, when no pressure is applied and both low and high pressure ports are vented to atmosphere. To adjust, turn small slotted screw at center-bottom of gage face.

## MAINTENANCE

Dwyer Photohelic® Switch/Gages are precision instruments, expertly assembled and calibrated at the factory. They require no lubrication or periodic servicing. If the interior is protected from dust, dirt corrosive gases and fluids, years of trouble-free service may be expected. Zero adjustment should be checked and reset occasionally to maintain accuracy. Any repairs necessary to either the Dwyer Photohelic® gage or the electronic components should be performed by a trained instrument mechanic. In most cases, this is best accomplished by returning the complete Photohelic® Switch/Gage to the Dwyer factory.

The Series 3000MR Photohelic® Differential Pressure Switch/Gage is not field serviceable and should be returned if repair is needed (field repair should not be attempted and may void warranty). Be sure to include a brief description of the problem plus any relevant application notes. Contact customer service to receive a return goods authorization number before shipping.

Published by and copyright © 2008:  
Siemens AG  
Energy Sector  
Freyeslebenstrasse 1  
91058 Erlangen, Germany

Siemens Power Generation, Inc.  
4400 Alafaya Trail  
Orlando, FL 32826-2399, USA

For more information, contact our  
Customer Support Center  
Phone: +49 180/524 70 00  
Fax: +49 180/524 24 71  
(Subject to charges, e.g.: 0,12 €/min.)  
e-mail: support.energy@siemens.com  
www.siemens.com/energy-support

All rights reserved.  
Subject to change without prior notice.  
Printed on paper treated with chlorine-free bleach.

Trademarks mentioned in this document are  
the property of Siemens AG, its affiliates, or their  
respective owners.

The information in this document contains general  
descriptions of the technical options available, which  
may not apply in all cases. The required technical  
options should therefore be specified in the contract.



## Siemens Air-Cooled Generators SGen-1000A Series Efficient and Reliable

165 MVA to 350 MVA

Answers for energy.

# Air-cooled generators

Siemens offers in its Siemens Generator (SGen™) product line advanced air-cooled, two-pole generators, called SGen-1000A series, with ratings between 165 and 350 MVA for steam and gas turbines. This generator product line brings together all of the experience gained in the manufacturing of more than 9,000 generators over the past 100 years, with a combined total of more than 700 GW of installed capacity.

Siemens generator design principles, which have been validated both in the manufacturing process and in continuous generator operation, have been further improved by applying the patents and experience that came to us through acquisition of Westinghouse's Power Generation Business Unit, with the objective of increasing the benefits to plant operations.

Consistent improvements in the design of these generators have enabled efficiencies up to and more than 98.94% to be achieved at rated load, setting a new record among air-cooled generators worldwide.

The proven modular system makes it possible to produce a wide range of generators by using rotors with different diameters as well as different active body lengths.

The same active generator components are used in both the air-cooled and hydrogen-cooled generators. This means that customers who choose air-cooled generators benefit from the manufacturing and operational advances made with respect to hydrogen-cooled generators.

A design requiring low maintenance in connection with our worldwide service network guarantees the highest availability.

The complete stator core and winding assembly is Global Vacuum Pressure Impregnated (GVPI) with an epoxy-mica (MICALASTIC®) insulation system that provides uniform electrical insulation and added mechanical strength.

Acoustic weatherproof enclosures provided for outdoor installation and sound attenuation.

Collector housing for static excitation system. Brushless exciters also available.

The radially direct cooled stator core provides maximum heat transfer capability for the stator winding with minimum flow resistance for the overall cooling circuit.

Radial path rotor cooling with flow path that provides a uniform flow and temperature distribution and reduces field current requirements.

Shipping dimensions and configuration suitable for transport by rail in most countries.

Symmetrical ventilation system uses two low-pressure air blowers in conjunction with a multi-zone stator cooling construction.

The aluminium "high-efficiency endplate" acts as both a mechanical pressure plate for the laminated stator core and a shield for the magnetic field. The design of the generator makes use of materials that reduce eddy-current losses in the area of the pressure plate.

The RIGI-FLEX® end-winding support system has been in successful operation since the 1980s. This well-proven bracing system provides rigidity to withstand transient fault loads combined with flexibility to withstand normal operation cyclic thermal expansion and contraction, which occurs during startups and load changes.

Installation and foundation design is simplified through the use of a baseframe.

Symmetrical arrangement of the coolers (TEWAC application shown) supports a uniform temperature profile.

The use of multiple cooling zones in the active part of the generator yields a more uniform temperature profile.

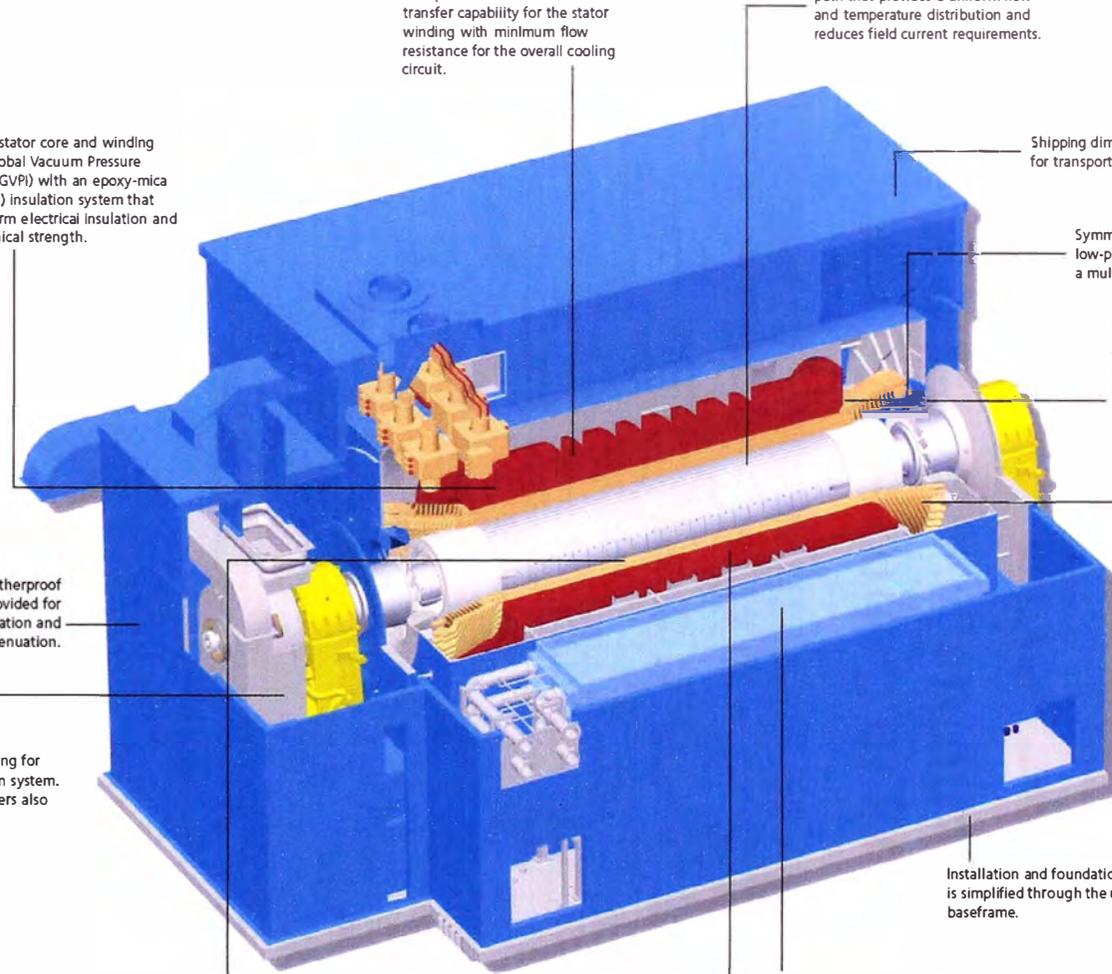
The stator core is flexibly supported in the outer casing by spring assemblies. This prevents vibration at double rotational frequency from impacting the outer casing and thus the foundation tabletop.

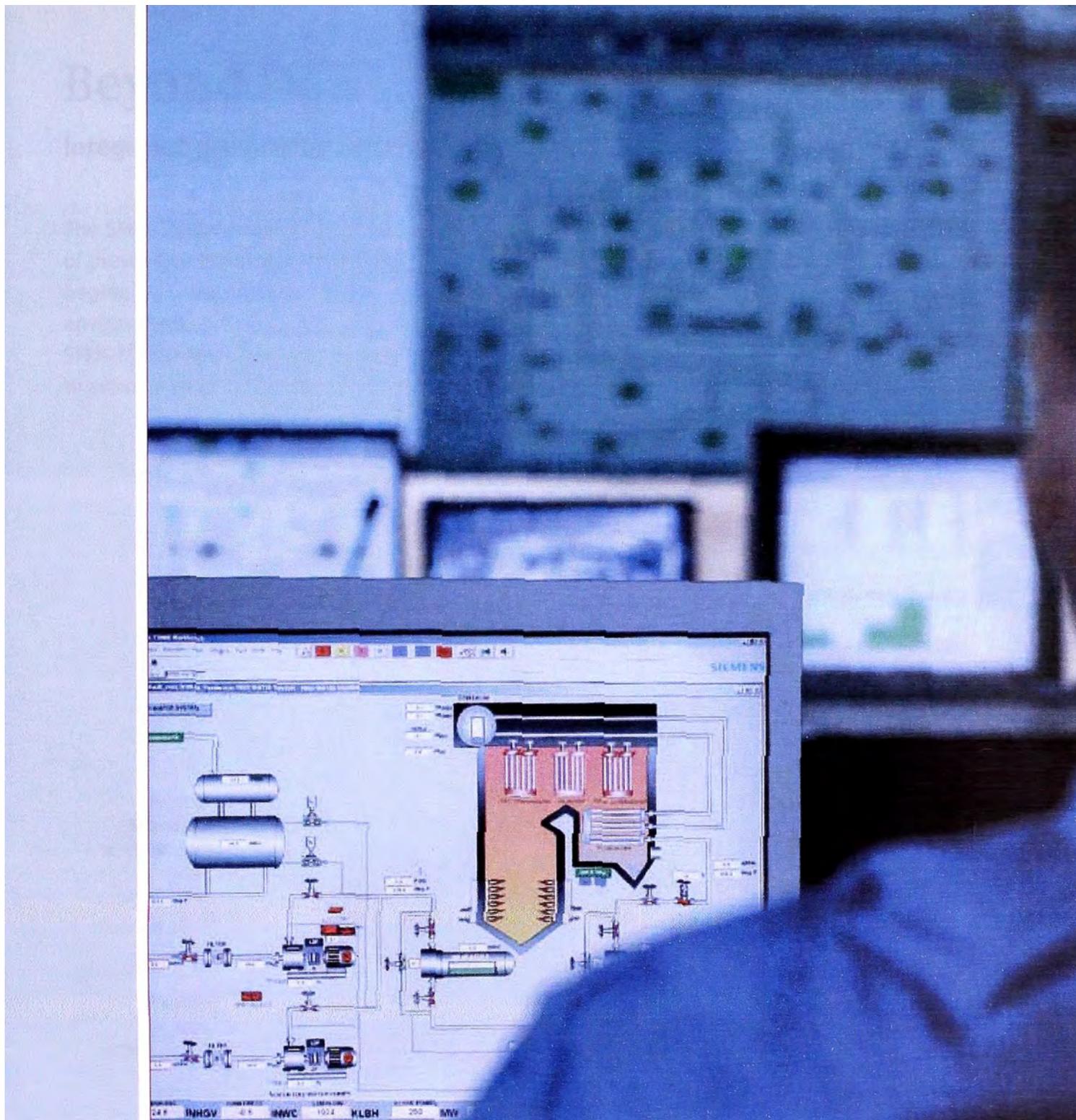
Technical data					
Frequency	Model	Power factor	Apparent power	Efficiency	Terminal voltage
50 Hz	SGen5-1000A	0.85	165 MVA to 350 MVA	up to 98.94%	10.5 kV to 20 kV
60 Hz	SGen6-1000A	0.85	165 MVA to 310 MVA	up to 98.94%	13.8 kV to 18 kV

<b>Coolant:</b>	Air-, OAC (Open Air-Cooled) or TEWAC (Totally Enclosed Water to Air-Cooled)
<b>Design:</b>	In accordance with IEC and ANSI standards
<b>Thermal classification:</b>	Class F insulation system
<b>Type of enclosure:</b>	IP55 (IEC34-5); suitable for outdoor installation
<b>Excitation:</b>	Static or brushless
<b>Transport dimensions:</b>	Suitable for rail transport in most countries

Customer benefits
■ Highest efficiency among air-cooled turbo-generators
■ Uniform temperature profile for decades of reliable service
■ Suitable for outdoor installation
■ Simplified installation through use of a baseframe
■ Transport dimensions suitable for rail transport in most countries
■ Design based on field-proven generator component designs





# The Benchmark in Controls – Technical Highlights

Siemens Power Plant Automation™ – SPPA-T3000

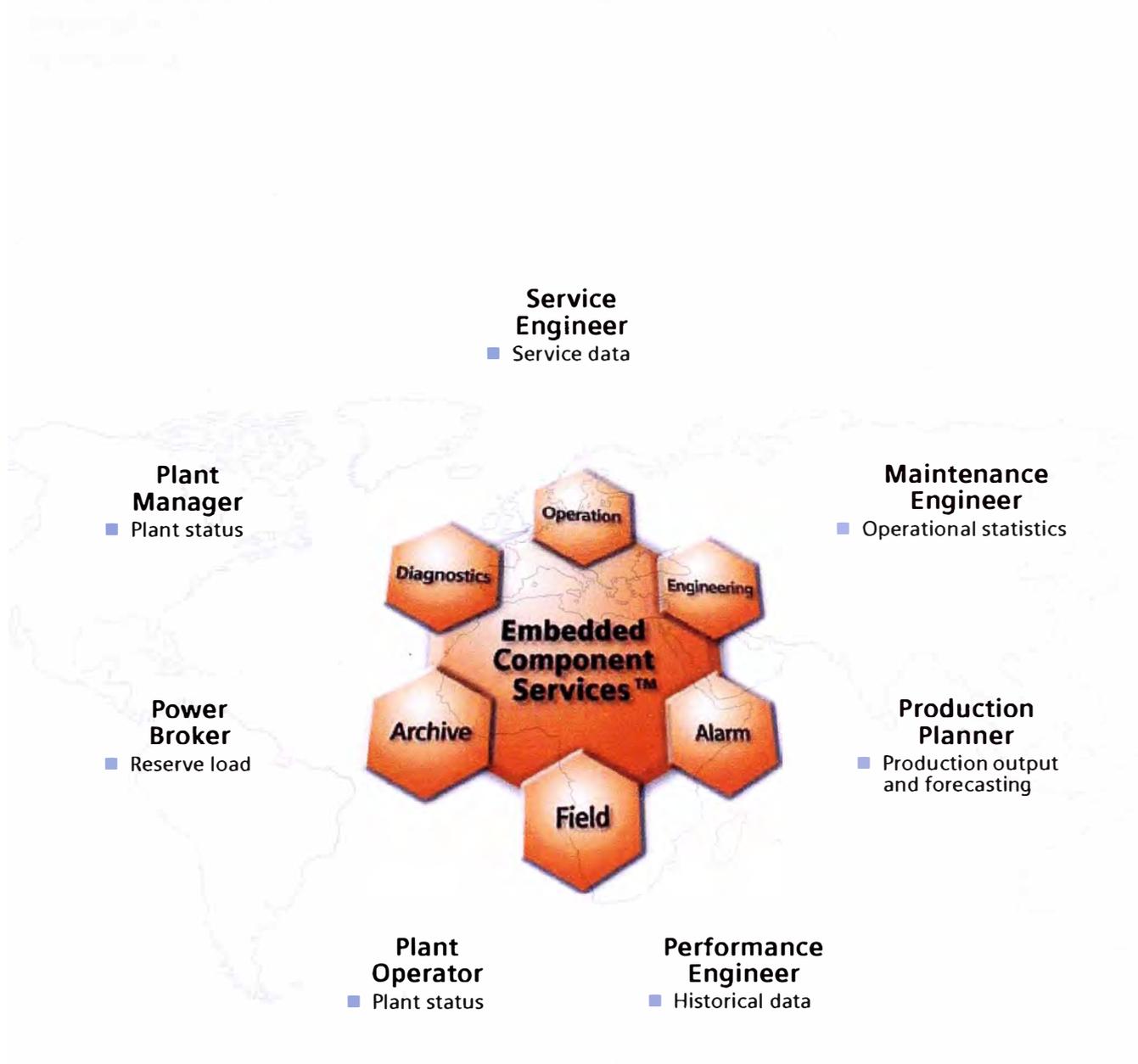
Answers for energy.

**SIEMENS**

# Beyond DCS

## Integrated platform for power generation management

The SPPA-T3000 architecture is based on Web technology. The Web has become a standard method of providing distributed information to many different platforms, and its capabilities are only just beginning to be exploited. In the near future more applications will be integrated into the Web environment, taking further advantage of the ability to access and share information worldwide. SPPA-T3000 has been designed to take advantage of the Web's current and future capabilities and to provide information easily across a wide range of computing platforms and formats.

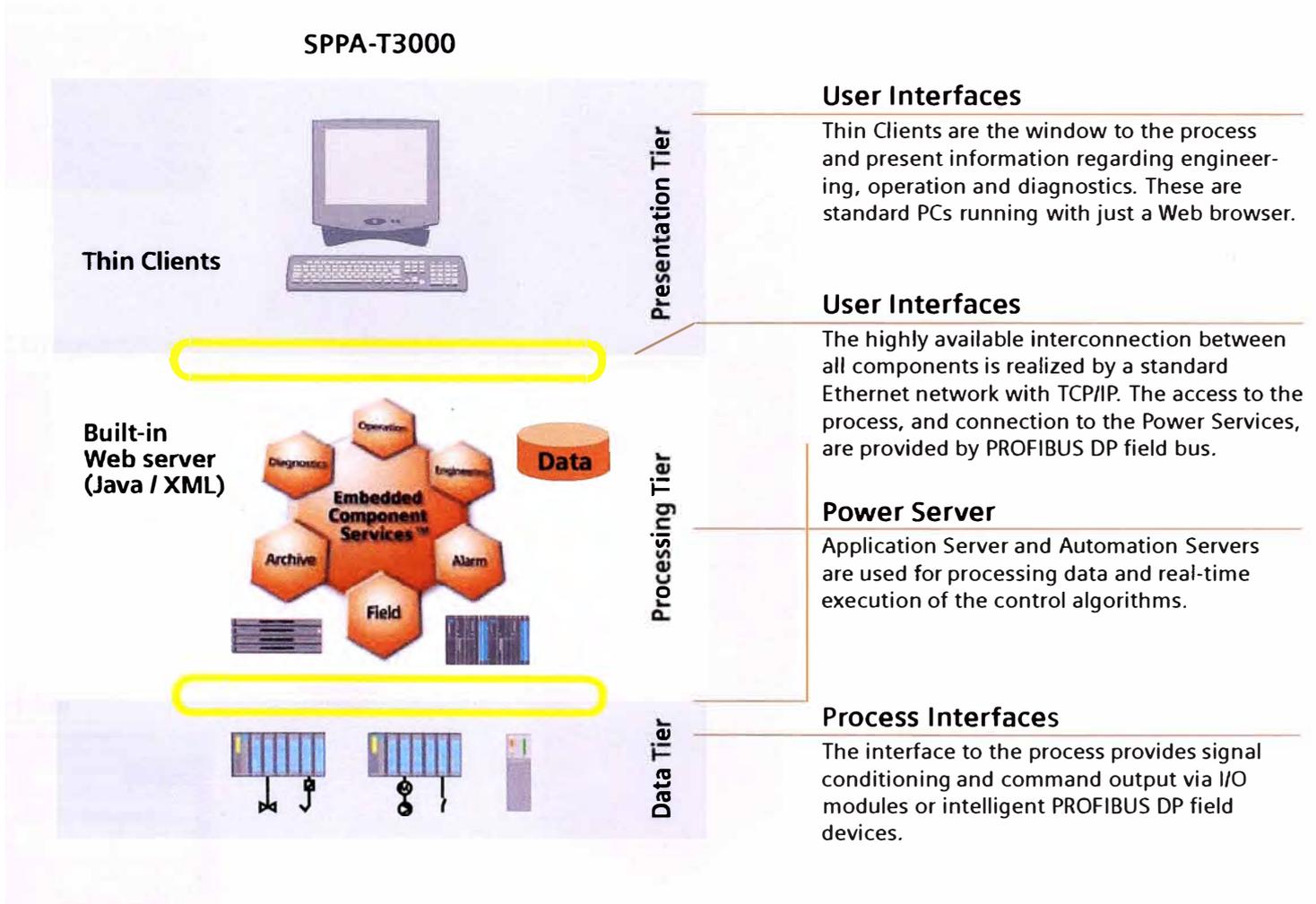


For further information: [sppa-t3000.pg@siemens.com](mailto:sppa-t3000.pg@siemens.com), [www.siemens.com/sppa-t3000](http://www.siemens.com/sppa-t3000)

# SPPA-T3000 system architecture

## Simplified system architecture eliminates sub-systems

SPPA-T3000 combines the reliability of proven, real-time process controllers with new technologies to establish a simple and robust platform. The system is designed to provide real-time data – at the right place, at the right time – to give power plant owners and operators the information they need to make the right decisions, thus improving their ability to be competitive. The SPPA-T3000 process control system is developed based on the needs of today's power plants with an integrated system architecture for all automation tasks, from engineering and commissioning to operation and diagnostics. This approach results in system architecture that simplifies the system structure and eliminates the need for the required sub-systems as used in traditional control systems.



# Embedded Component Services™

The software heart of SPPA-T3000

Embedded Component Services™, the heart of the SPPA-T3000 system, give you what you have been looking for: a single user interface for all tasks via intuitive links throughout the entire system. And best of all – you can access it from virtually any Internet-capable computer.

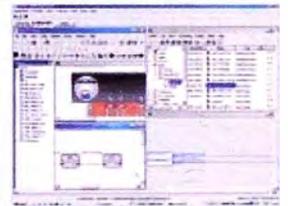
The Embedded Component Services™ software ...

- intrinsically embeds data into every object
- enables different views for different user roles
- makes the information available, at a glance

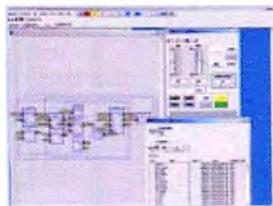
Operation



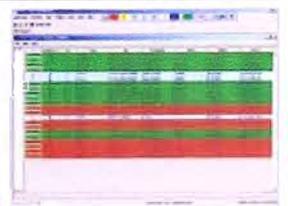
Engineering



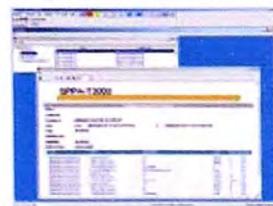
I&C Diagnostics



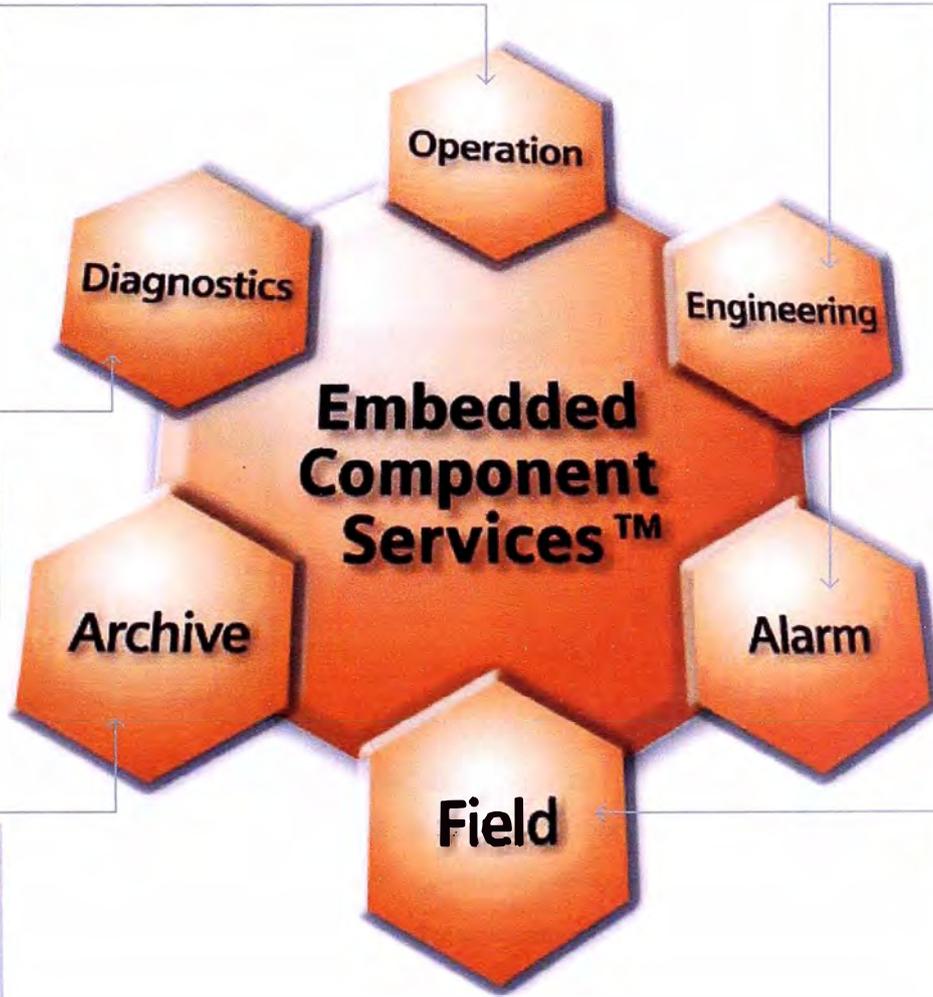
Alarm



Archive



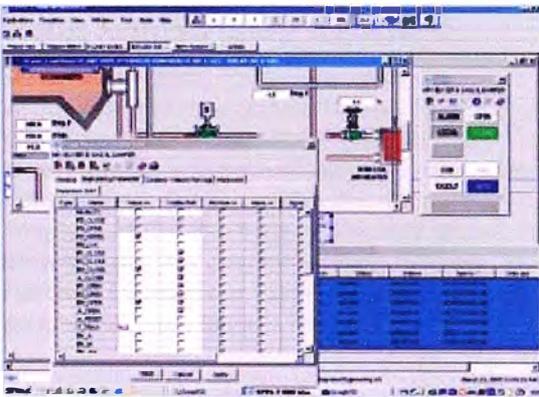
Field



# Easy to use

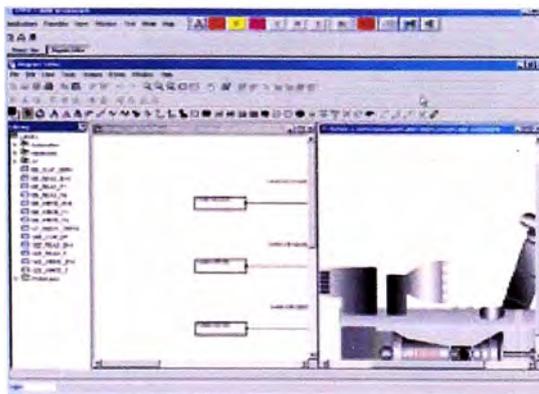
## Operation, engineering and I&C Diagnostics with SPPA-T3000

System features designed to make the activities of operators, maintenance personnel and engineers intuitive. This results in an efficient operation and engineering mode to help with sound decision making and flawless change implementation. Non-restricted concurrent workflow down to each single object offers flexibility for any task.



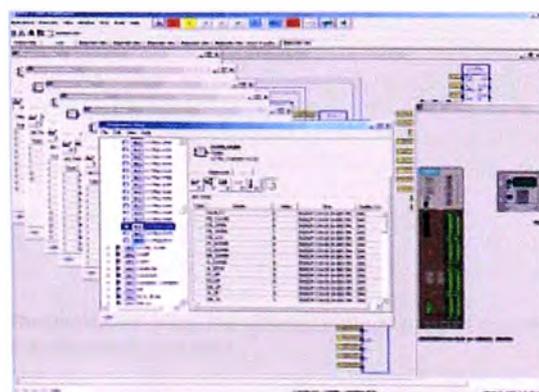
### Operation

- Simple arrangement for all work view displays
- Easy access to all information via Point View
- Easily created user-specific alarm displays and reports



### Engineering

- Simple, online change configuration right from the Workbench
- Simple, straight forward automation and display design
- Fast on-line undo of last configuration changes with quick roll-back



### I&C Diagnostics

- No special computer equipment or location for troubleshooting
- Context-sensitive online I&C diagnostics information at a glance
- Comprehensive status of all components from any view

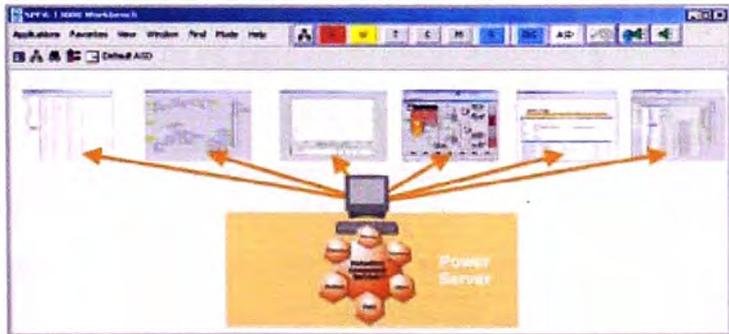
# Operation

## The power plant at your fingertips

The SPPA-T3000 operator interface is more than just operation and monitoring; the focus is on the management of information and data. All the functions necessary for plant operation – or information access – are comprehensively integrated in the SPPA-T3000 Workbench. Real-time data displays, high-speed and high-resolution process graphics, alarm screens and many other views simplify the review and analysis of live and historical process data.

### An overview of your plant and business status from virtually anywhere

SPPA-T3000 offers the unique ability for operators, shift supervisors, maintenance and service personnel to perform their tasks from almost any workplace. The SPPA-T3000 Workbench is designed to integrate all views for plant operations, modifications, tuning, configuration, I&C diagnostics or optimization. Simply start the Workbench from any screen via an Internet browser, and you can access Plant Displays, the Point View, Function Diagrams or Diagnostics View depending on your assigned role and access rights.



The Workbench offers the different views to perform operation engineering and I C diagnostics functions

### Simplified working procedures

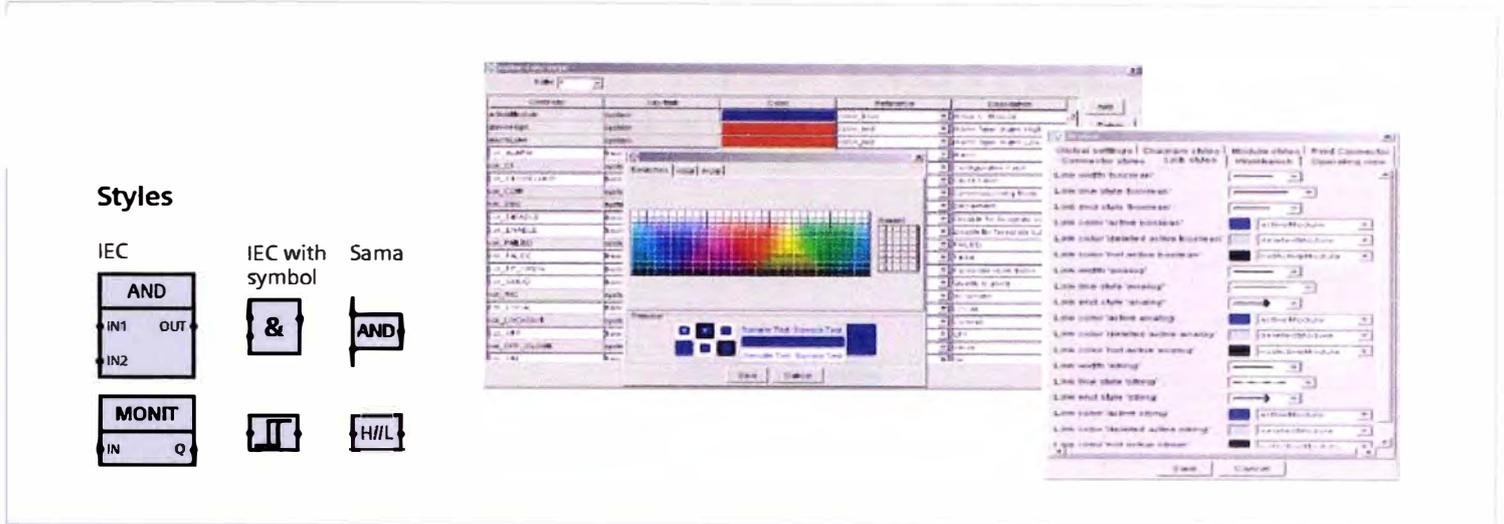
When plant personnel need comprehensive information about any individual device or function, the Point View offers all information, including real-time values, configuration data, parameters, etc., related to each individual object at the click of a mouse. The Point View not only displays information, but also provides the ability to perform operations, point forcing or modifications from virtually every workplace.

Page	Name	Value	Quality	Time Stamp	Alarm	Force Value	Force	Description
01	00	000	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0001 Value
01	01	010	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0002 Value
01	02	020	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0003 Value
01	03	030	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0004 Value
01	04	040	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0005 Value
01	05	050	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0006 Value
01	06	060	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0007 Value
01	07	070	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0008 Value
01	08	080	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0009 Value
01	09	090	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0010 Value
01	10	100	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0011 Value
01	11	110	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0012 Value
01	12	120	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0013 Value
01	13	130	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0014 Value
01	14	140	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0015 Value
01	15	150	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0016 Value
01	16	160	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0017 Value
01	17	170	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0018 Value
01	18	180	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0019 Value
01	19	190	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0020 Value
01	20	200	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0021 Value
01	21	210	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0022 Value
01	22	220	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0023 Value
01	23	230	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0024 Value
01	24	240	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0025 Value
01	25	250	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0026 Value
01	26	260	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0027 Value
01	27	270	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0028 Value
01	28	280	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0029 Value
01	29	290	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0030 Value
01	30	300	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0031 Value
01	31	310	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0032 Value
01	32	320	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0033 Value
01	33	330	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0034 Value
01	34	340	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0035 Value
01	35	350	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0036 Value
01	36	360	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0037 Value
01	37	370	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0038 Value
01	38	380	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0039 Value
01	39	390	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0040 Value
01	40	400	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0041 Value
01	41	410	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0042 Value
01	42	420	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0043 Value
01	43	430	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0044 Value
01	44	440	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0045 Value
01	45	450	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0046 Value
01	46	460	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0047 Value
01	47	470	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0048 Value
01	48	480	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0049 Value
01	49	490	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0050 Value
01	50	500	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0051 Value
01	51	510	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0052 Value
01	52	520	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0053 Value
01	53	530	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0054 Value
01	54	540	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0055 Value
01	55	550	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0056 Value
01	56	560	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0057 Value
01	57	570	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0058 Value
01	58	580	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0059 Value
01	59	590	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0060 Value
01	60	600	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0061 Value
01	61	610	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0062 Value
01	62	620	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0063 Value
01	63	630	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0064 Value
01	64	640	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0065 Value
01	65	650	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0066 Value
01	66	660	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0067 Value
01	67	670	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0068 Value
01	68	680	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0069 Value
01	69	690	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0070 Value
01	70	700	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0071 Value
01	71	710	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0072 Value
01	72	720	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0073 Value
01	73	730	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0074 Value
01	74	740	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0075 Value
01	75	750	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0076 Value
01	76	760	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0077 Value
01	77	770	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0078 Value
01	78	780	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0079 Value
01	79	790	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0080 Value
01	80	800	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0081 Value
01	81	810	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0082 Value
01	82	820	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0083 Value
01	83	830	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0084 Value
01	84	840	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0085 Value
01	85	850	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0086 Value
01	86	860	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0087 Value
01	87	870	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0088 Value
01	88	880	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0089 Value
01	89	890	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0090 Value
01	90	900	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0091 Value
01	91	910	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0092 Value
01	92	920	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0093 Value
01	93	930	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0094 Value
01	94	940	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0095 Value
01	95	950	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0096 Value
01	96	960	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0097 Value
01	97	970	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0098 Value
01	98	980	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0099 Value
01	99	990	00000000	20050211 04:59:00.0	0	0.0		0100 Value

The Point View shows all data and information related to a tag in a clear format. It also provides the ability to navigate to other views

## Customized displays for consistent, user-friendly and user-specific operation

User-specific desktops tailored to individual roles provide the right view for operation, maintenance, engineering, optimization or management. You can customize the interface to meet your needs. Modifications can easily be made, right from the point where the necessity is recognized, to configure online, change displays and modify settings.



Different styles can be switched even online. Even different users can display different styles to work according to their own preferences.

## Accelerated analysis helps ensure trouble-free plant operation

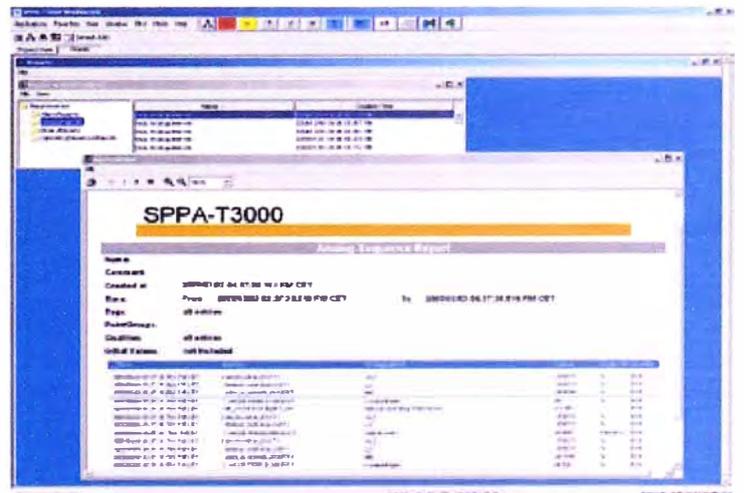
During critical situations a quick and comprehensive overview is essential. SPPA-T3000 provides a sophisticated alarm system designed to enable operators to control any situation. The alarm information, as well as the way in which it is displayed, is easily customized. The trip report facilitates troubleshooting following a plant incident. Reports can be generated automatically, and can easily be adapted to meet any requirement. Also, generated reports can be stored in standard printer format or in a commercial spreadsheet format, such as pdf or csv, for further processing in an office environment or at a later time.



This Alarm Sequence Displays (ASD) shows all alarms in a chronological sequence. The plant topology on the left side supports fast navigations and selections. Additionally, the ASD can be displayed in Alarm Point View, which shows one line for all alarm types of an alarm source, including an alarm counter.

## Just a mouse click away – one source for plant optimization

SPPA-T3000 is designed to provide archiving of all information throughout the plant lifetime. Reconstruction and analysis of start-ups, trip events and plant equipment malfunctions are possible. The information can be used for process optimization and improvement of production in alignment with business goals. Applications such as plant management, production planning, expert systems and optimization programs can access the archived data via standard interfaces.



This screenshot shows the call-up of a stored analog report. The same display enables both the creation and generation of reports.

# INSTRUCTION AND INSTALLATION MANUAL



## INSTRUCTION MANUAL

### Operation And Maintenance Instructions

#### 1. General Information

The Temp-Pro Thermocouple assembly you have selected is a precision temperature sensing unit which offers accurate readings under your specified industrial field conditions. Reasonable care, however, must be exercised in handling these sensors. Specified operating limits (see *Table 1* on page 2) must not be exceeded. Rough handling, bending, or dropping of the sensor must be avoided.

#### 2. Unpacking and Inspection

Immediately upon receipt, the sensors should be examined for possible in-transit damage and for physical conformance to specifications, In the case of damage, file a claim with the carrier and notify Temp-Pro Inc. without delay.

#### 3. Thermocouple Assemblies and Technical Requirements

**3.1. EMF Values:** Each thermocouple has been manufactured to meet the EMF vs. Temperature characteristics specified by NIST (National Institute of Standards and Technologies). These tables are available at Temp-Pro and can be supplied to you upon request.

**3.2. Calibration:** Temp-Pro has a calibration Laboratory for calibration and verification of Temperature vs. EMF of the thermocouples supplied to the customers and provides calibration data when requested by the customer.

**3.3. General Information:** General information related to commonly used thermocouples in industries are shown in *Table 1* (page 2) including the temperature range, color coding, tolerances, etc.

**3.4. Insulation Resistance (IR) Test of the Thermocouples:** This is the most common test done on UNGROUNDED Thermocouples (and RTDs). See test method under MEASURING IR on page 6 of this manual.



**TABLE 1**

INITIAL CALIBRATION TOLERANCES TO THERMOCOUPLE								
THERMOCOUPLE TYPE			°C			°F		
WIRE ALLOYS	COLOR CODE	ANSI TYPE SYMBOL	TEMPERATURE RANGE	STANDARD LIMITS	SPECIAL LIMITS	TEMPERATURE RANGE	STANDARD LIMITS	SPECIAL LIMITS
Copper (+) vs. Constantan (-)	Blue Red	T	-200° to -650° -65° to +130° +130° to +350°	±1.5% ±1° ±0.75%	±0.8% ±0.5° ±0.4%	-330° to -85° -85° to +270° +270° to +660°	±1.5% ±1.8° ±0.75%	±0.8% ±0.9° ±0.4%
*Iron (+) vs. Constantan (-)	White Red	J	0° to +285° +285° to +750°	±2.2° ±0.75%	±1.1° ±0.4%	+32° to +545° +545° to +1400°	±4° ±0.75%	±2° ±0.4%
Chromel™ (+) vs. Constantan (-)	Yellow Red	E	-200° to -170° -170° to +250° +250° to +340° +340° to +900°	±1% ±1.7° ±1.7° ±0.5%	±1° ±1° ±0.4% ±0.4%	-330° to -270° -270° to +480° +480° to +640° +640° to +1600°	±1% ±3° ±3° ±0.5%	±1.8° ±1.8° ±0.4% ±0.4%
Chromel™ (+) vs. *Alumel™ (-)	Yellow Red	K	-200° to -110° -110° to 0° 0° to +285° +285° to +1250°	±2% ±2.2° ±2.2° ±0.75%	±1.1° ±0.4%	-330° to -165° -165° to +32° +32° to +545° +545° to +2300°	±2% ±4° ±4° ±0.75%	±2° ±0.4%
Nicrosil (+) vs. Nisil (-)		N	0° to 285° +285° to +1250°	±2.2° ±0.75%	±1.1° ±0.4%	+32° to +545° +545° to +2300°	±4° ±0.75%	±2° ±0.4%
Platinum - 10% Rhodium (+) vs. Platinum (-)		S	0° to +600° +600° to +1450°	±1.5° ±0.25%	±0.6° ±0.1%	+32° to +1110° +1110° to +2650°	±2.7° ±0.25%	±1.1° ±0.1%
Platinum - 13% Rhodium (+) vs. Platinum		R	0° to +600° +600° to +1450°	±1.5° ±0.25%	±0.6° ±0.1%	+32° to +1110° +1110° to +2650°	±2.7° ±0.25%	±1.1° ±0.1%
Platinum - 30% Rhodium (+) vs. Platinum - 6% Rhodium (-)		B	+870° to +1700°	±0.5%	±0.25%	+1600° to +3100°	±0.5%	±0.25%
Tungsten (+) vs. Tungsten -26% Rhenium (-)		WR	+400° to 2300°	±1%		+800° to +4200°	±1%	
Tungsten - 3% Rhenium (+) vs. Tungsten - 25% Rhenium (-)		W3	+400° to 2300°	±1%		+800° to +4200°	±1%	
Tungsten - 5% Rhenium (+) vs. Tungsten - 26% Rhenium (-)		W5	+400° to +2300°	±1%		+800° to +4200°	±1%	

\* Magnetic

™ Trademark, Hoskins Manufacturing Co.

T not ANSI type symbol

NOTE: Percent limits apply directly to temperature in degrees Celsius, but for degrees Fahrenheit equivalents are applied to the number of degrees Fahrenheit above or below the ice point (+32 degrees Fahrenheit).

[i.e., Limit (degrees F) = (Temperature (degrees F) - 32 (degrees F)) \* Percentage]



### 4. Resistance Thermometer Detector (RTD) Assembly and Technical Requirements

**4.1. Outputs and Measurements:** The output of RTD is resistance and can be measured with a Digital Multimeter.

**4.2. General Information:** General Information about different types of RTDs are shown in *Table 2* below.

**TABLE 2**

RESISTANCE TEST READING			
ELEMENT TYPE	TEMP. COEF. (TCR)	OHMS AT 0° C	OHMS AT 25° C
Platinum (DIN)	.00385	100.00	109.73
Platinum	.00392	100.00	109.91
Nickel	.00426	90.38	99.11
Nickel	.006720	120.00	140.20
Copper	.004274	9.04	10.00
Nickel - Iron	.005188	604.00	676.00



**4.3. Temperature vs. Resistance:** Temperature vs. Resistance of the most commonly used RTDs are shown in *Table 3* on page 5.

**4.4. Insulation Resistance of the RTDs:** The Insulation Resistance Test of RTD is similar to Thermocouple except, use maximum 100 VDC as an applied voltage when using a megohmmeter (see *Measuring IR* on page 6)

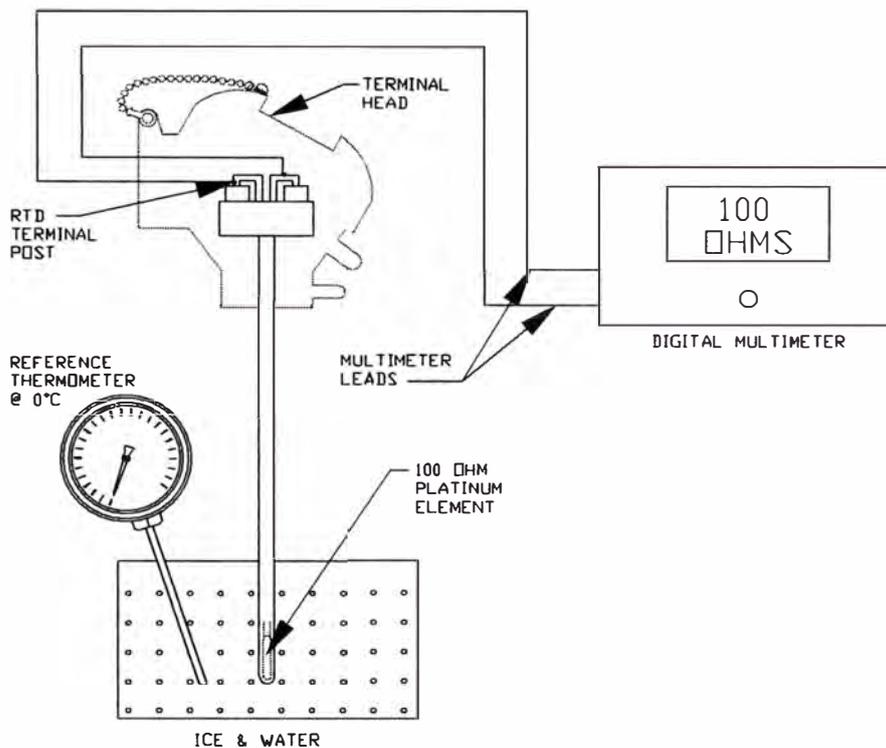
**4.5. Maintenance of RTDs, including Platinum RTDs:** Normally, RTDs do not require maintenance. Should there be any apparent change in response time or drift in signal output, remove sensor from the assembly (or thermowell) and check for any deposits of foreign materials on the tip of the probe, or on the terminal screws inside the enclosure.

**4.6. Checking Failure Conditions:** If any failure occurred during the operation, check operating conditions against sensor specifications (verify the output against those in *Table 3*, on page 5, for the RTD type).



**4.7. Calibration of RTD:** To determine the Resistance vs. Temperature characteristic of an RTD, the unit must be calibrated at a fixed temperature. The most commonly used fixed calibration environment is the ICE BATH. For instructions and the calibration method, see *Figure 1* below:

**Figure 1:** RTD Resistance Measurement Calibration Method



**4.8. Bench Test of RTD.** Use a Digital Multimeter for resistance measurement and a megohmmeter for Insulation Resistance Measurement.

**4.8.1.** Wipe dry external surfaces of sensor.

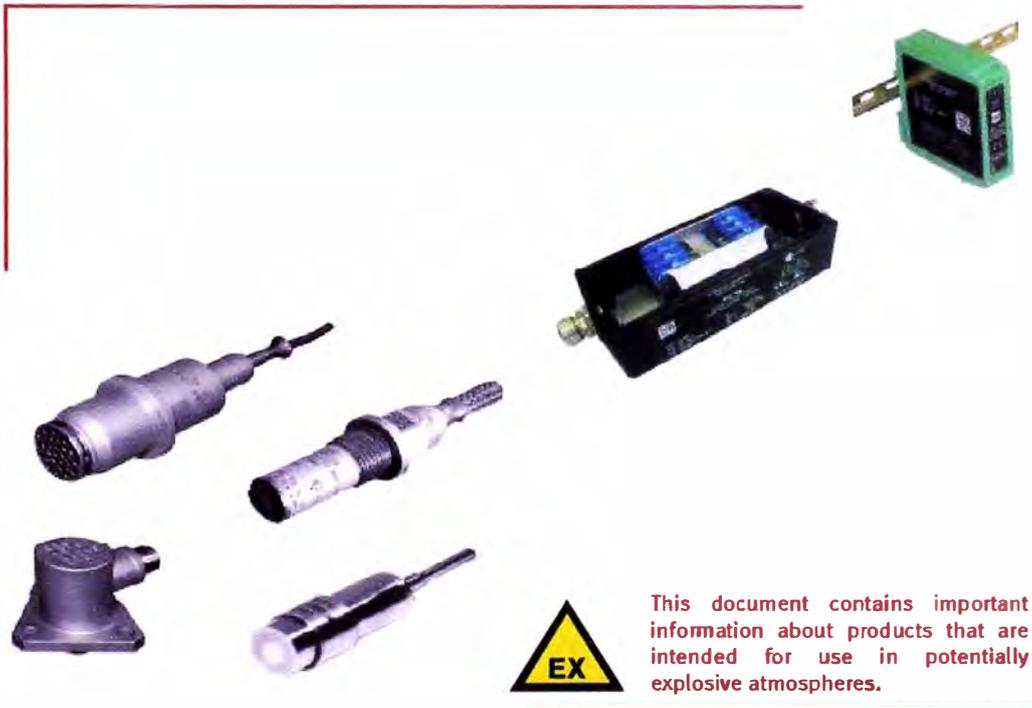
**4.8.2.** Refer to wiring diagram on the drawing and connect Digital Multimeter leads across opposite terminals of the platinum resistance winding extension wires. Resistance should read approximately 110 ohms at room temperature and 100 ohms in the ice bath. See the RTD calibration set-up and instruction, *Figure 1* on page 4.

**4.8.3.** Test Insulation Resistance by connecting one megohmmeter lead to wires on terminal (all wires shorted together) and the other to the external sheath (metal protection casing) of the sensor. Resistance reading should exceed 5 megohms unless otherwise specified (applied voltage should not exceed 100 VDC). See also Insulation Resistance Test of the Thermocouples, *Measuring IR*, on page 7 of this instruction manual.



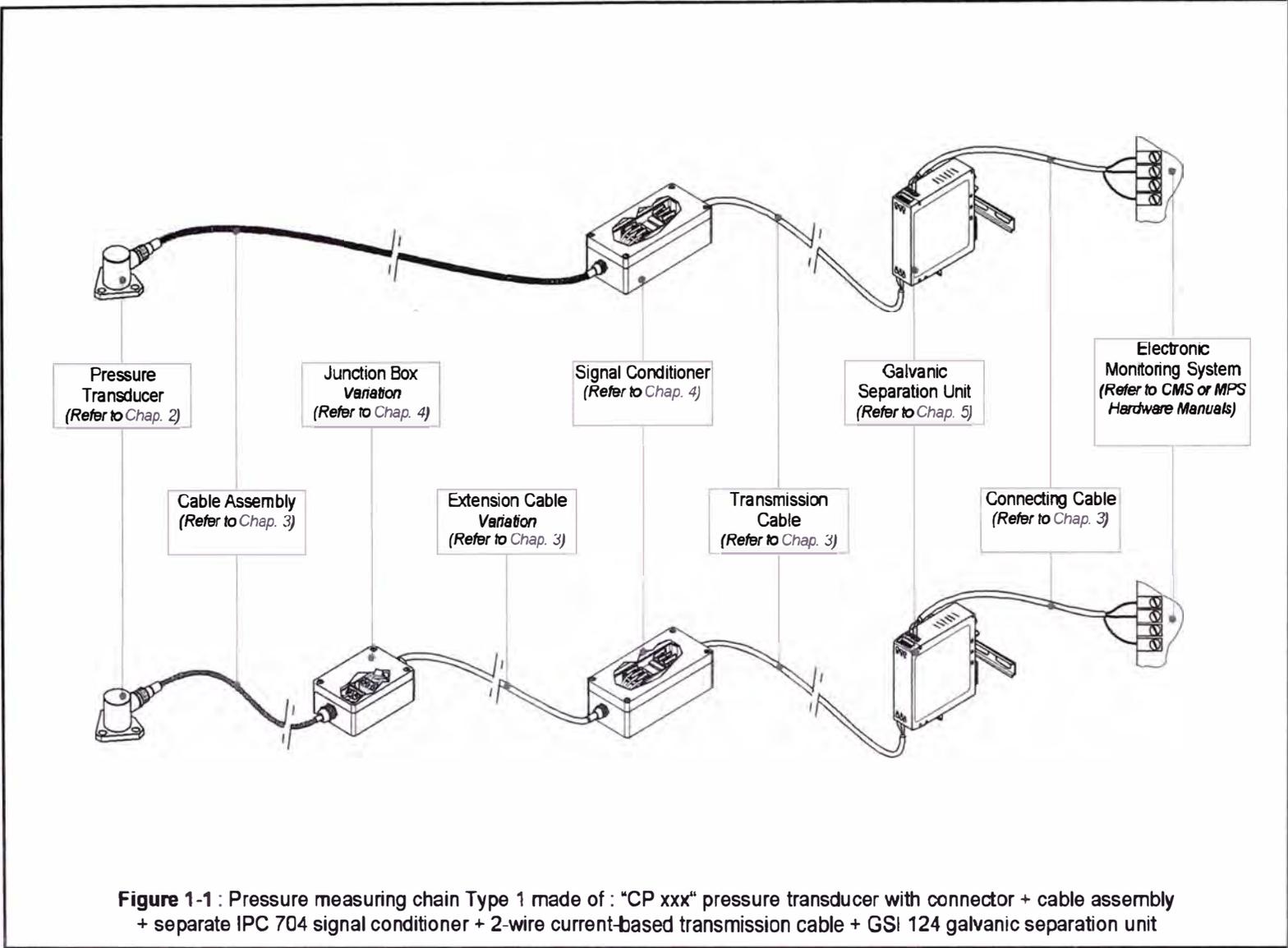
## Installation Manual

### Pressure Measuring Chains using “CP xxx” Piezoelectric Pressure Transducers



Vibro-Meter SA  
Route de Moncor 4  
CH - 1701 Fribourg  
SWITZERLAND

[www.vibro-meter.com](http://www.vibro-meter.com)



**Figure 1-1** : Pressure measuring chain Type 1 made of : "CP xxx" pressure transducer with connector + cable assembly + separate IPC 704 signal conditioner + 2-wire current-based transmission cable + GSI 124 galvanic separation unit

**2.2.2 Mounting Surface**

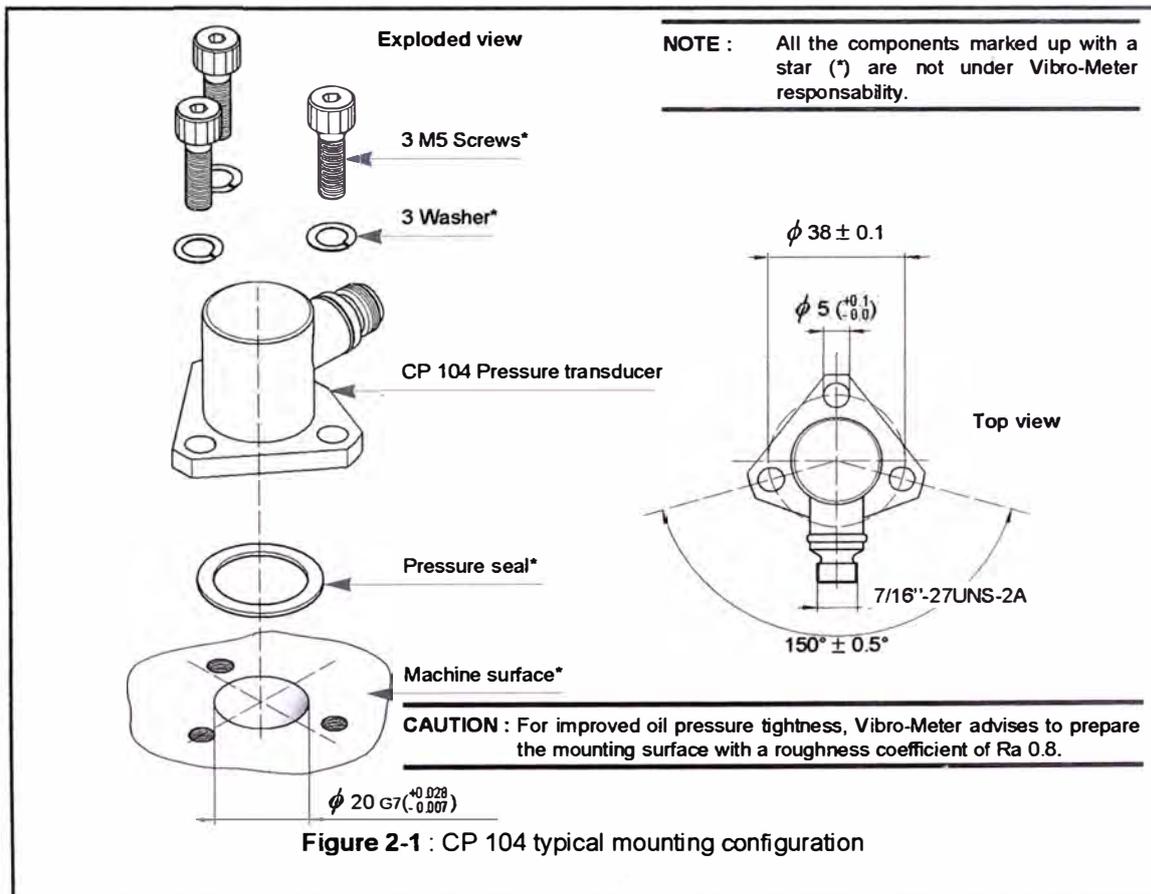
The pressure transducer must be mounted according to certain rules in order to operate correctly. Ideally, it should be screwed or bolted depending of its original shape to a properly machined surface. The preparation of this surface is described here.

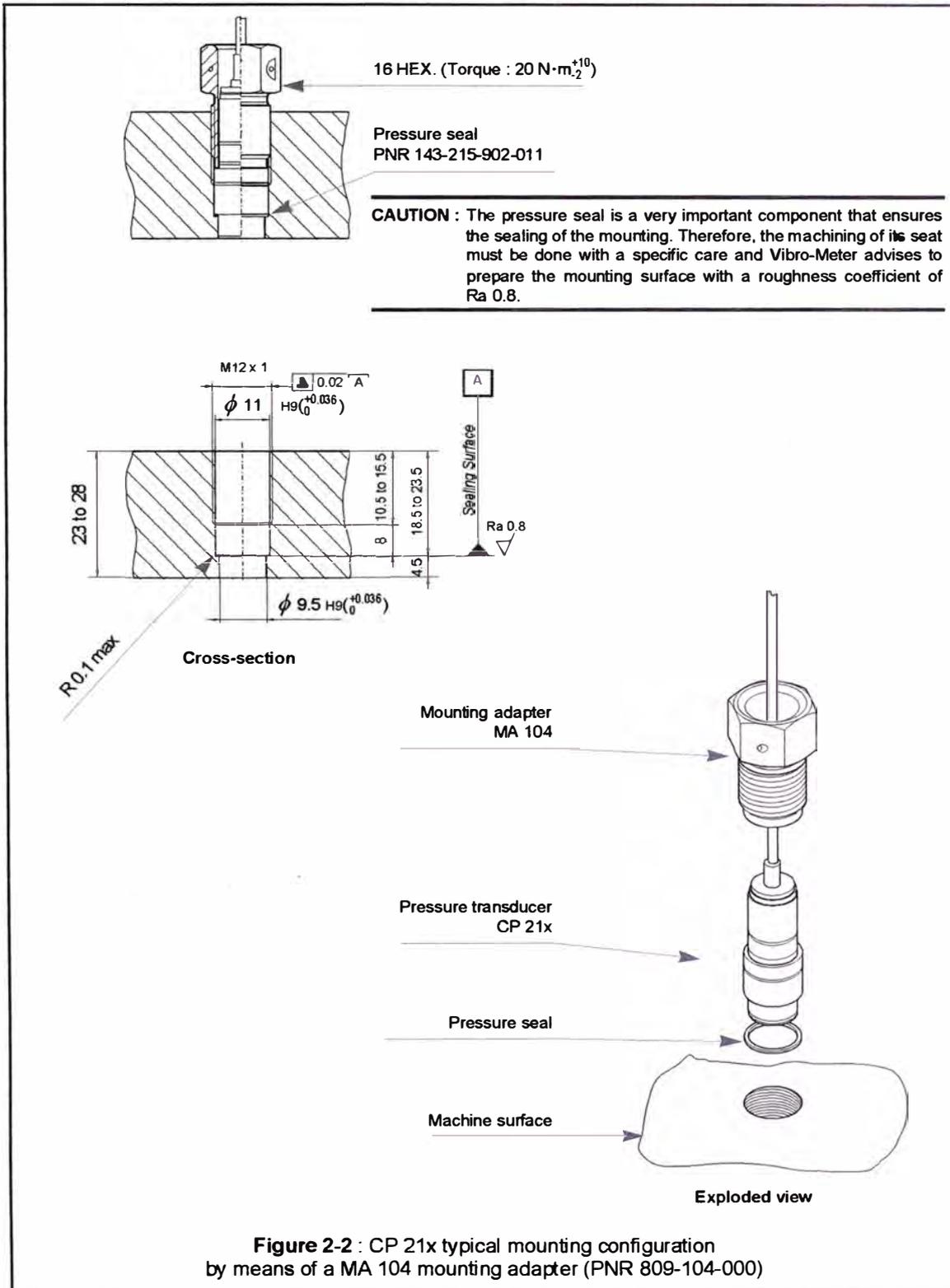
**NOTE :** The exact dimensions for your pressure transducer depend on the type used. This information can be found in the corresponding data sheet.

**2.2.3 Mounting and Measurement Aperture of Standard Pressure Transducers**

- The CP 104 pressure transducer is designed with 3 mounting holes. See Figure 2-1.
- The CP 103 is generally mounted in the pressure measurement aperture. The responsibility of the mounting of a CP 103 transducer type is given to the customer.
- The CP 21x can be fixed to the pressure measurement aperture by means of an adapter. See Figure 2-2 and Figure 2-3.
- The CP 235 is generally screwed in the pressure measurement aperture. See Figure 2-4.

**NOTE :** For the mounting of all other customised pressure transducers, please refer to the corresponding data sheet.





## 6 ELECTRICAL CONNECTIONS

### 6.1 General Precautions and Considerations

#### 6.1.1 Cables in Explosive Atmospheres



**THE LENGTHS OF THE CABLES (INTEGRAL CABLES AND CABLE ASSEMBLIES) INSTALLED IN AN EXPLOSIVE ATMOSPHERE MUST BE DETERMINED AS PER THE CRITERIA MENTIONED IN THE EC TYPE EXAMINATION CERTIFICATE FOR THE PRODUCT.**

### 6.2 General Cabling Diagrams

**NOTE :** Information on connecting the equipment to the monitoring system can be found on the project-specific wiring diagram delivered with the system.

Additional information is given in the general cabling diagrams listed in Table 6-1.

Measuring Chain Details and Transmission Type	Drawing Reference	See Figure Number
"CP xxx" pressure transducer with connector (type CG 505) + cable assembly + separate IPC 704 signal conditioner + 2-wire current-based transmission cable + GSI 124 galvanic separation unit	PZ 6775	Figure 6-1
"CP xxx" pressure transducer with integral cable + separate IPC 704 signal conditioner + 2-wire current-based transmission cable + GSI 124 galvanic separation unit	PZ 6774	Figure 6-2
"CP xxx" pressure transducer with connector (type CG 505) + cable assembly + separate IPC 704 signal conditioner + 3-wire voltage-based transmission cable  <b>THIS MEASUREMENT CHAIN TYPE IS NOT SUITABLE AND MUST NOT BE INSTALLED IN EXPLOSIVE ATMOSPHERES</b>	PZ 6776	Figure 6-3
"CP xxx" pressure transducer with integral cable + separate IPC 704 signal conditioner + 3-wire voltage-based transmission cable  <b>THIS MEASUREMENT CHAIN TYPE IS NOT SUITABLE AND MUST NOT BE INSTALLED IN EXPLOSIVE ATMOSPHERES</b>	PZ 6777	Figure 6-4

**Table 6-1 : Index of general cabling diagrams**

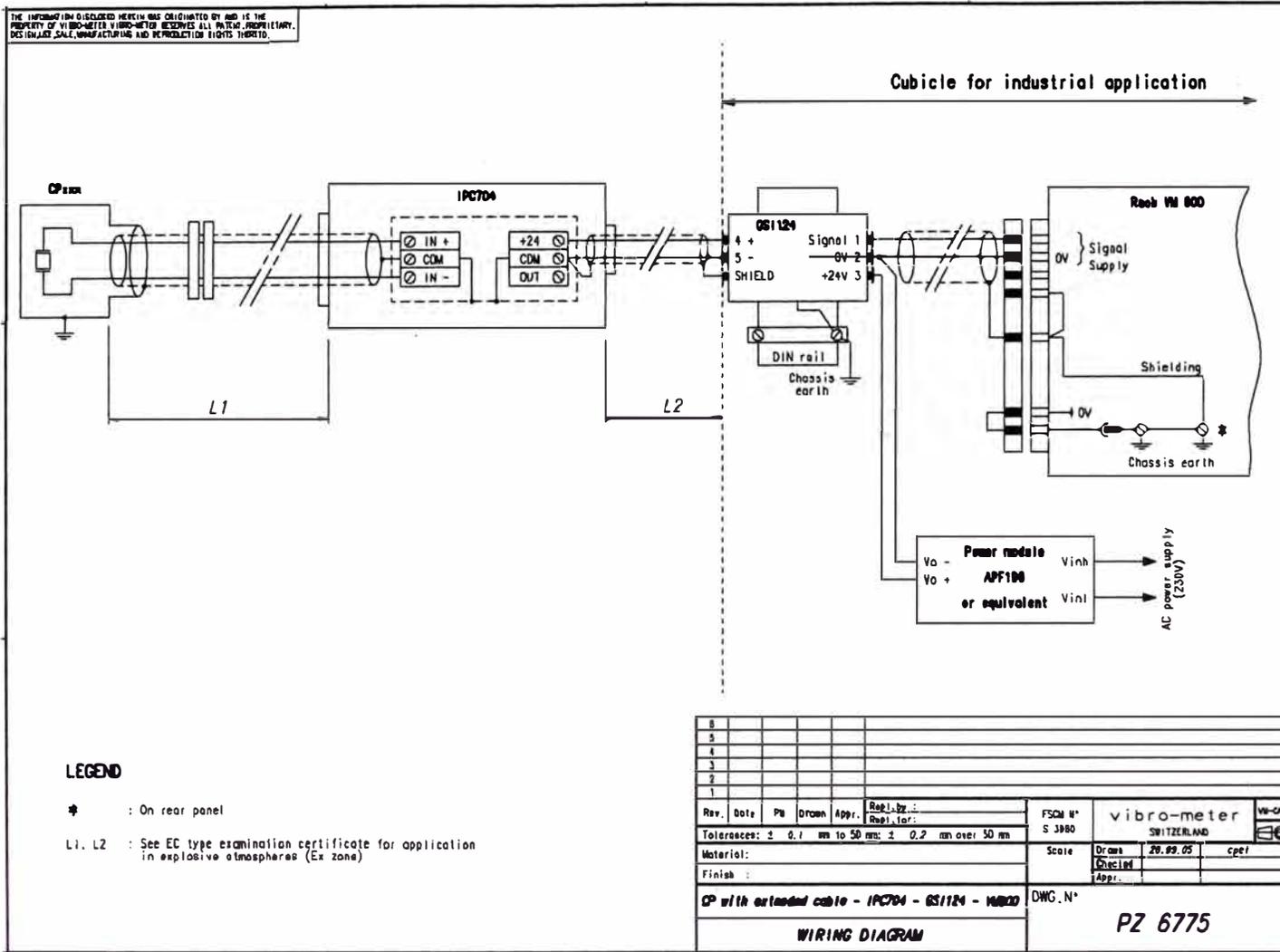
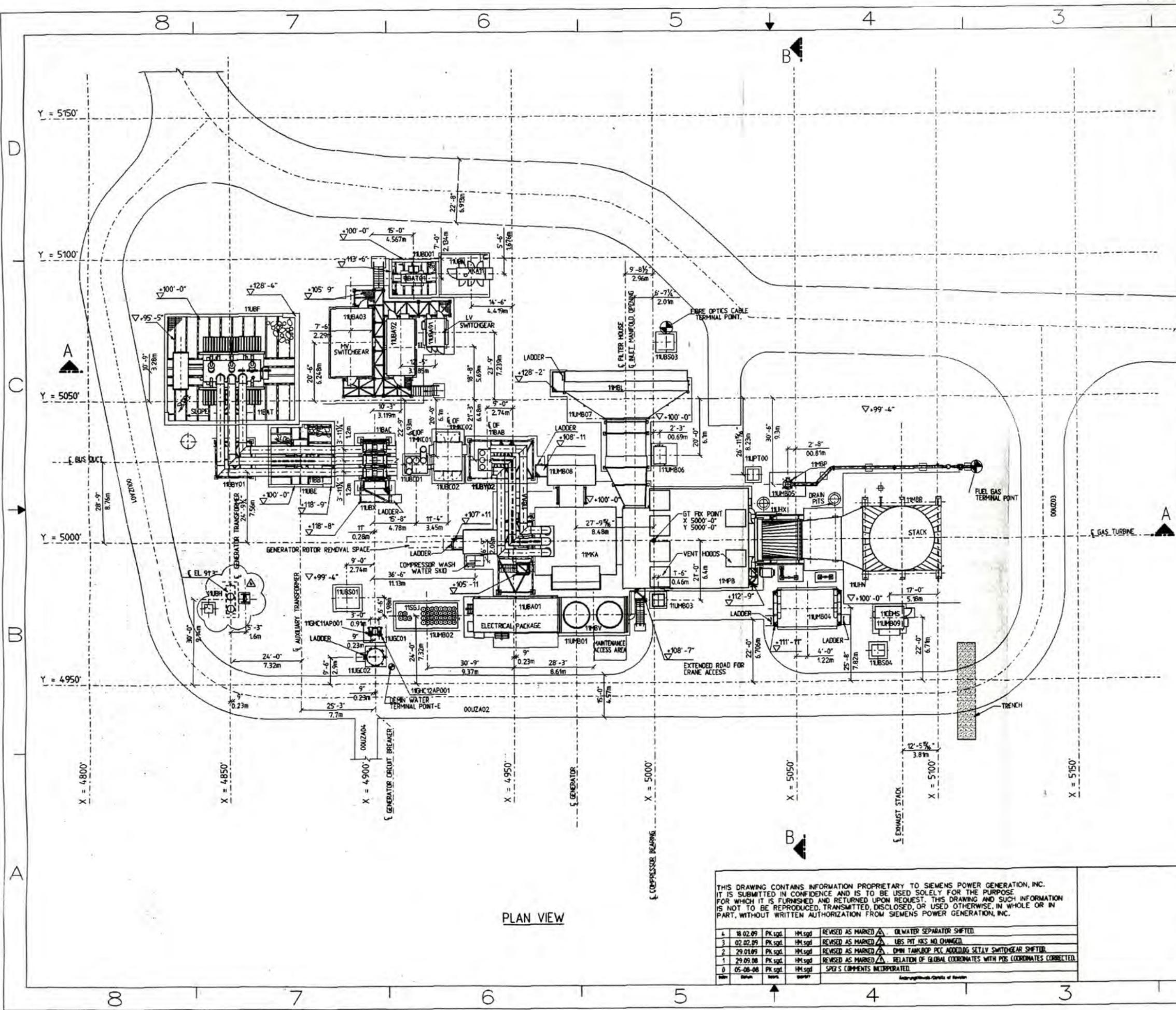


Figure 6-1 : Wiring of a pressure measuring chain made of : "CP xxx" pressure transducer with connector + cable assembly + separate IPC 704 signal conditioner + 2-wire current-based transmission cable + GSI 124 galvanic separation unit

# **PLANOS**

LAYOUT DE PLANTA

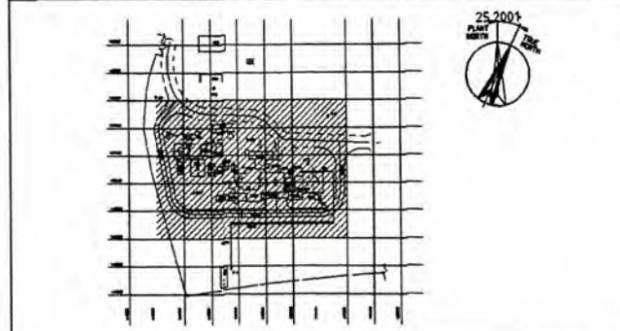


- ### BUILDING LEGEND
- 11UBA01 STRUCTURE FOR GT ELECTRICAL PACKAGE
  - 11UBA03 STRUCTURE FOR MV SWITCHGEAR
  - 11UBA91 STRUCTURE FOR LV SWITCHGEAR
  - 11UBA92 STRUCTURE FOR BOP PLC
  - 11UBC01 STRUCTURE FOR EXCITATION TRANSFORMER
  - 11UBC02 STRUCTURE FOR EXCITATION SKID
  - 11UBD01 STRUCTURE FOR LV TRANSFORMER
  - 11UBE STRUCTURE FOR UNIT AUXILIARY TRANSFORMER
  - 11UBF STRUCTURE FOR GENERATOR TRANSFORMER
  - 11UBH STRUCTURE FOR OIL WATER SEPARATOR
  - 11UBN EMERGENCY DIESEL GENERATOR
  - 11UBS01-04 STRUCTURE FOR CABLE PULLING PIT
  - 11UBX STRUCTURE FOR GENERATOR CIRCUIT BREAKER
  - 11UBY01-02 STRUCTURE FOR BUS DUCT SUPPORT
  - 11UC01-02 STRUCTURE FOR DEMINERALIZED WATER FORWARDING PUMPS & TANK
  - 11UHN STRUCTURE FOR EXHAUST STACK
  - 11UHX STRUCTURE FOR EXHAUST DIFFUSER AND EXPANSION JOINT ASSEMBLY
  - 11UMB01 STRUCTURE FOR COMBUSTION TURBINE GENERATOR
  - 11UMB02 STRUCTURE FOR FIRE PROTECTION SKID
  - 11UMB03 STRUCTURE FOR INSTRUMENTATION AIR COMPRESSOR
  - 11UMB04 STRUCTURE FOR ROTOR AIR COOLER
  - 11UMB05 STRUCTURE FOR FUEL GAS MAIN FILTER/SEPARATOR
  - 11UMB06 STRUCTURE FOR CONTROL OIL SKID
  - 11UMB07 STRUCTURE FOR FILTER INLET DUCT AND SILENCER
  - 11UMB08 STRUCTURE FOR GENERATOR FILTER AND LADDER FOUNDATION
  - 11UMB09 STRUCTURE FOR CONTINUOUS EMISSION MONITORING SYSTEM
  - 11UP00 STRUCTURE FOR WASTE WATER PIT
  - 00UZA01-04 ROADS

- ### EQUIPMENT LEGEND
- 11BAA GENERATOR BUS DUCT
  - 11BAB VT & SURGE CUBICLE
  - 11BAC GENERATOR CIRCUIT BREAKER
  - 11BAT GENERATOR STEP UP TRANSFORMER
  - 11BATO1 LV TRANSFORMER
  - 11BBT AUXILIARY TRANSFORMER
  - 11BBA GAS TURBINE
  - 11BBL GT AIR INLET FILTER
  - 11BMP FUEL GAS FILTER / SEPARATOR
  - 11BMR GT EXHAUST STACK
  - 11BVB LUBE OIL PACKAGE
  - 11BVB ENCLOSURE FOR GAS TURBINE
  - 11BVC GENERATOR (TEWAC)
  - 11BKA CO2 FIRE PROTECTION FOR GAS TURBINE
  - 11KCO1 EXCITATION TRANSFORMER
  - 11KCO2 EXCITATION SKID
  - 11KA11 EMERGENCY DIESEL GENERATOR SET
  - 11HC11AP001 DM WATER FORWARDING PUMP 1
  - 11HC12AP001 DM WATER FORWARDING PUMP 2
  - 11KEMS CONTINUOUS EMISSION MONITORING SYSTEM

- ### LEGEND :-
- GRATING
  - PIPE TRENCH
  - CENTER LINE
  - GRAVEL
- ### REFERENCE DRAWINGS :-
- PRU802-UC07-U-010001 PLOT PLAN
  - PRU802-UC07-U-010002 AXIS PLAN
  - PRU802-UC00-11MB-022002 POWER BLOCK GENERAL ARRANGEMENT SECTIONS
  - PRU802-UC07-U-010005 UNDERGROUND AND OUTDOOR SERVICES PLAN & SECTIONS PART-1
  - PRU802-UC07-U-010006 UNDERGROUND AND OUTDOOR SERVICES PLAN & SECTIONS PART-2

- ### NOTES:-
1. ALL DIMENSIONS AND LEVELS ARE IN FEET AND INCHES AS WELL AS IN METRES.
  2. THE ELEVATION SHOWN ON THE DRAWINGS ARE BASED ON PLANT ELEVATION SYSTEM. FINISHED FLOOR LEVEL (F.F.L.) = 100' CORRESPONDING TO ALTITUDE -578' 89.52" A.S.L. FINISHED GROUND LEVEL (F.G.L.) = 99'4" CORRESPONDING TO ALTITUDE -578' 99.52" A.S.L.
  3. THE COORDINATE SYSTEM SHOWN ON THE DRAWING IS PLANT COORDINATE SYSTEM. THE COORDINATES FOR COMPRESSOR BEARING CENTRE POINT ARE X=5000, Y=5000 CORRESPONDING TO E-280960.723, N- 8668199.627 RESPECTIVELY OF GLOBAL SYSTEM.



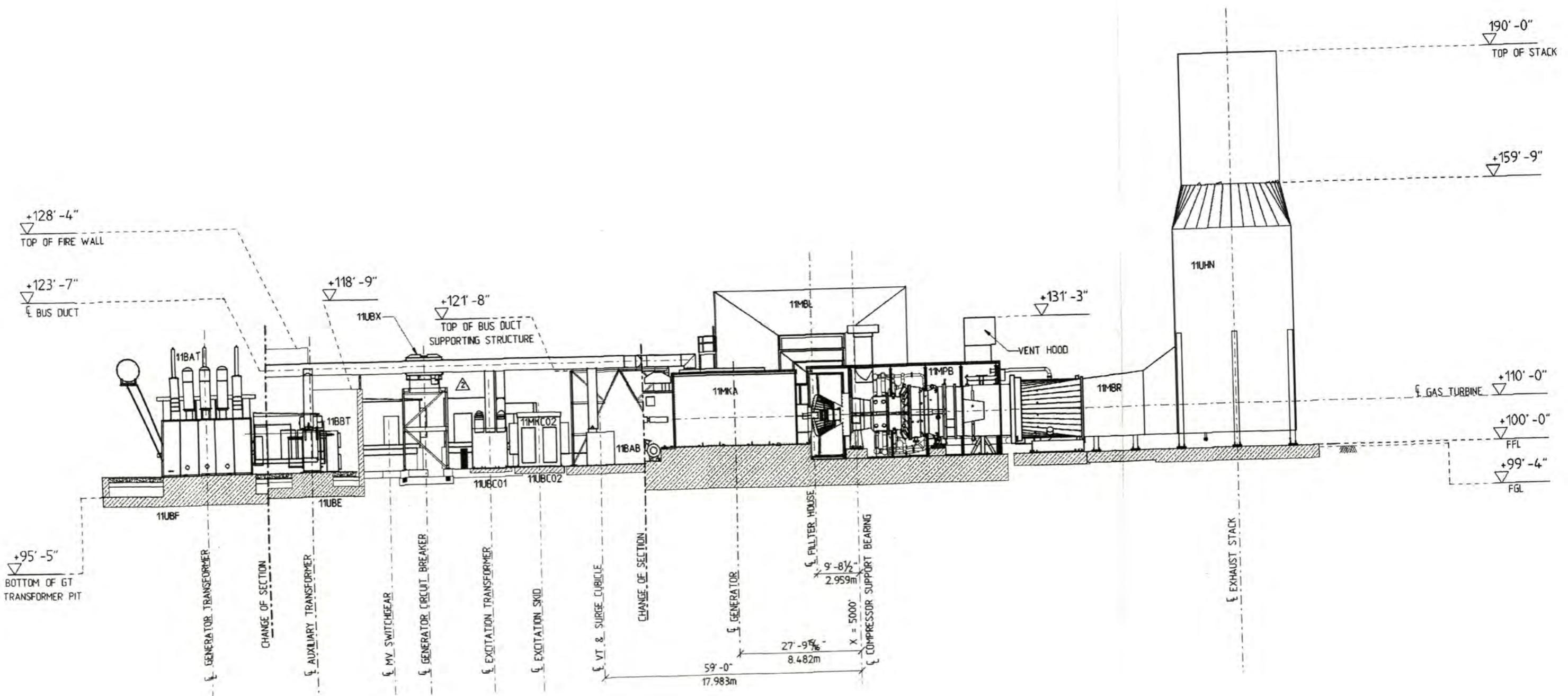
**SIEMENS** Siemens Power Generation, Inc.

Project/Project No.		EDELGE-SANTA ROSA POWER PROJECT		PRU802
Date	Rev	Revision	Scale	ANSI D
03.07.08	1	Revised sgt	1/4" = 1'-0"	UC00
03.07.08	2	Practical sgt		
04.07.08	3	11/16" hour sgt		
POWER BLOCK AREA GENERAL ARRANGEMENT PLAN				11UMB
Siemens AG Power Generation				4
SPEL 464002503				022001
PRU802-UE00-11UMB-022001				1

THIS DRAWING CONTAINS INFORMATION PROPRIETARY TO SIEMENS POWER GENERATION, INC. IT IS SUBMITTED IN CONFIDENCE AND IS TO BE USED SOLELY FOR THE PURPOSE FOR WHICH IT IS FURNISHED AND RETURNED UPON REQUEST. THIS DRAWING AND SUCH INFORMATION IS NOT TO BE REPRODUCED, TRANSMITTED, DISCLOSED, OR USED OTHERWISE, IN WHOLE OR IN PART, WITHOUT WRITTEN AUTHORIZATION FROM SIEMENS POWER GENERATION, INC.

No.	Date	By	Appr.	Description
4	18.02.09	PK sgt	HM sgt	REVISD AS MARKED. OIL WATER SEPARATOR SHIFTD.
3	02.02.09	PK sgt	HM sgt	REVISD AS MARKED. LBS PIT NCS NO CHANGED.
2	29.01.09	PK sgt	HM sgt	REVISD AS MARKED. DMN TANK/BOP PCL ADDING SETLY SWITCHGEAR SHIFTD.
1	29.09.08	PK sgt	HM sgt	REVISD AS MARKED. RELATION OF GLOBAL COORDINATES WITH POS COORDINATES CORRECTED.
0	05-08-08	PK sgt	HM sgt	SPEL'S COMMENTS INCORPORATED.

PLAN VIEW



+128'-4"  
TOP OF FIRE WALL

+123'-7"  
BUS DUCT

+95'-5"  
BOTTOM OF GT  
TRANSFORMER PIT

+118'-9"

+121'-8"  
TOP OF BUS DUCT  
SUPPORTING STRUCTURE

+131'-3"

190'-0"  
TOP OF STACK

+159'-9"

+110'-0"  
GAS TURBINE

+100'-0"  
FFL

+99'-4"  
FGL

GENERATOR TRANSFORMER

CHANGE OF SECTION

AUXILIARY TRANSFORMER

MV SWITCHGEAR

GENERATOR CIRCUIT BREAKER

EXCITATION TRANSFORMER

EXCITATION SKID

VT & SURGE CUBICLE

CHANGE OF SECTION

59'-0"  
17.983m

27'-9 1/8"  
8.482m

9'-8 1/2"  
2.959m

X = 5000'

COMPRESSOR SUPPORT BEARING

EXHAUST STACK