

## **ANEXO “D”**

SISTEMAS DE CONTROL ELECTROHIDRÁULICO DE TURBINA (EHC),  
EVALUADOR DE ESFUERZOS DEL ROTOR,  
SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI)  
PARA UNIDADES U3, U4, U5 Y U6

C.T. PDTE. ADOLFO LOPEZ MATEOS

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2.1 CONDICIONES ACTUALES POR UNIDAD</b> .....	<b>4</b>
<b>2 ALCANCE DEL SUMINISTRO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 SUMINISTRO INCLUIDO</b> .....	<b>5</b>
<b>3 SISTEMA DE CONTROL ELECTROHIDRÁULICO EHC</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 REQUISITOS DEL SISTEMA EHC</b> .....	<b>5</b>
3.1.1 Control lógico y analógico. ....	6
3.1.2 Requisitos de diseño.....	7
3.1.3 Protección por sobre velocidad. ....	8
3.1.4 Lógica de protección.....	8
3.1.5 Dispositivos virtuales.....	10
3.1.6 Pruebas en línea.....	11
<b>4 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL EHC</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 AJUSTE DE CARGA</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2 LÓGICA DE CONTROL Y PROTECCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>4.3 MEDICIÓN Y CONTROL DE VELOCIDAD</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4 ESTABILIDAD</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4.1 CONDICIONES ESTABLES</b> .....	<b>13</b>
<b>4.5 RECHAZOS DE CARGA</b> .....	<b>13</b>
<b>4.6 ESTATISMO PERMANENTE</b> .....	<b>13</b>
<b>4.7 BANDA MUERTA</b> .....	<b>13</b>
4.7.1 Tiempo muerto.....	13
<b>4.8 INTERVALO DE SINCRONIZACIÓN</b> .....	<b>13</b>
4.8.1 Controlador principal velocidad/carga.....	13
4.8.2 Regulador de presión de vapor principal.....	14
<b>4.9 CALCULO DE ESFUERZOS</b> .....	<b>14</b>
4.9.1 Generalidades.....	14
4.9.2 REQUISITOS DEL SISTEMA DE EVALUADOR DE ESFUERZO DEL ROTOR.....	14
<b>4.9.3 CARACTERÍSTICAS DEL EVALUADOR DE ESFUERZOS DEL ROTOR</b> .....	<b>15</b>
4.9.3.1 Características funcionales.....	15
4.9.3.2 Operación del Evaluador de Esfuerzo del Rotor.....	15
4.9.3.3 Dispositivos virtuales.....	15
4.9.3.4 Monogramas de Operación de la Turbina.....	15
4.9.3.5 Indicación de los esfuerzos.....	15
4.9.3.6 Indicación instantánea de esfuerzos de los rotores.....	16
<b>4.9.4 MONITOR VALIDEZ SEÑALES DE ENTRADA</b> .....	<b>16</b>
<b>4.10 DESBALANCE POTENCIA CARGA (LVA)</b> .....	<b>16</b>
<b>4.11 PRUEBA DE LIBERTAD DE VÁSTAGOS</b> .....	<b>16</b>
<b>4.12 CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE APERTURA DE VÁLVULAS</b> .....	<b>17</b>
4.12.1 Caracterización de curvas de apertura de válvulas.....	17
<b>4.13 FUNCIÓN SIMULADOR DE TURBINA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6</b> .....	<b>17</b>
<b>4.14 SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN AUTOMÁTICA PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6</b> .....	<b>17</b>
<b>5 SISTEMA SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI) PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6</b> .....	<b>18</b>
5.1 REQUISITOS DEL SISTEMA SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI).....	18
5.2 DISPOSITIVOS VIRTUALES.....	18
5.3 CARACTERÍSTICAS DEL TSI.....	19
5.4 MEDICIÓN MECANICAS DEL SISTEMA.....	19
5.5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN CHUMACERAS.....	21

<b>5.6</b>	<b>PROGRAMACIÓN, OPERACIÓN Y CONFIGURACIÓN.</b>	<b>22</b>
<b>5.7</b>	<b>COMUNICACIONES.</b>	<b>22</b>
<b>5.8</b>	<b>ANÁLISIS DINÁMICO PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6.</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>AMPLIFICADOR ELECTROHIDRAULICO</b>	<b>24</b>
<b>6.1</b>	<b>Amplificador Electrohidráulico (AEH) de las válvulas de regulación</b>	<b>24</b>
<b>6.2</b>	<b>Amplificador Electrohidráulico de las válvulas de paro no reguladas.</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>27</b>

## **SISTEMA DE CONTROL ELECTROHIDRÁULICO DE TURBINA (EHC), SISTEMA SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI) PARA LA C.T. PDTE. ADOLFO LOPEZ MATEOS**

### **1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Este Anexo “ D” tiene el propósito de definir las características mínimas que deberá cumplir el Proveedor con el fin de satisfacer los requerimientos y características particulares para la integración al SISTEMA INTEGRAL, de los grupos funcionales: Sistema de Control Electrohidráulico EHC, Evaluador de Esfuerzos del Rotor, Sistema de Amplificadores Electrohidráulicos (AEH) y Sistema Supervisorio de Turbina (TSI), sistema de protecciones de turbina, que adquiere la Comisión para las Unidades U3, U4, U5 y U6 de las Complejo Termoeléctrico Pdte. Adolfo López Mateos.

**El nuevo Sistema de Control Electrohidráulico EHC debe tener la capacidad de interconectarse con el sistema SICLE.**

#### **1.2.1 CONDICIONES ACTUALES POR UNIDAD**

- a) 350 MW nominales, 3600 rpm, árbol AP / MP / BP común.
- b) Regulador de velocidad/carga Marca Alstom, modelo Micro-Rec, tipo digital
- c) 2 válvulas de paro de alta presión (AP) con mando individual mediante orden lógica. Dos etapas de aceite, 1) Aceite de disparo 10 Bar, 2) y aceite de mando 120 Bar
- d) 4 válvulas de control de alta presión (AP) con mando individual mediante una tarjeta de posicionamiento en +/- 500mA, con retorno de medida de posición de 4-20mA. Dos etapas de aceite, 1) Aceite de control 10 Bar, 2) y aceite de mando 120 Bar
- e) 2 válvulas de paro de mediana presión (PM) con mando individual mediante orden lógica. Dos etapas de aceite, 1) Aceite de disparo 10 Bar, 2) y aceite de mando 120 Bar
- f) 2 válvulas de control de mediana presión (PM) con mando individual mediante una tarjeta de posicionamiento de +/- 500mA, con retorno de medición de posición de 4-20mA. Dos etapas de aceite, 1) Aceite de control 10 Bar, 2) y aceite de mando 120 Bar
- g) Amplificadores Electrohidráulicos de las válvulas de regulación de dos pasos: El primer paso es alimentado de un circuito de 10 bar (realiza una acción de seguridad en las válvulas de regulación); el segundo paso se alimenta de un circuito de 120 bar (opera una corredera distribuidora de 3 vías que admite el fluido de 120 bar bajo el gato del servomotor).
- h) Amplificadores Electrohidráulicos con comandos de cierre y apertura por medio de solenoides de las válvulas de paro.
- i) Medición de velocidad por medio de bobinas electromagnéticas para la regulación y protección de la turbina dispuestas en el extremo gobernador del Turbogruppo.
- j) Block electrohidráulico de disparo de dos vías
- k) Alimentación eléctrica del sistema original de 24 Vcd por medio de un rectificador de 480 Vca y su banco de baterías de 24Vcd. La alimentación general garantizada es 480Vca.
- l) Sistema Supervisorio de Turbogruppo marca Cis Amrein, modelo VMDS, que cuenta con: mediciones de vibración radiales de 6 chumaceras en ambos planos “x, y”, sensores sísmicos solo para el plano “x” de las 7 chumaceras, medición doble de posición rotor, expansión diferencial de alta presión, expansión diferencial de baja presión, expansión carcasa, ángulo de fase, excentricidad, aditamentos de montaje tipo cola de pescado magnéticos para sensores de no contacto en las mediciones de expansión diferencial y bayonetas para sensores de vibración radial de diferentes

A continuación se describen las características principales de las mediciones de vibración de los Turbogrupos de unidades 3, 4, 5 y 6 del CTPALM:

## **2 ALCANCE DEL SUMINISTRO**

El alcance del suministro incluye el diseño, fabricación, transporte, montaje, supervisión de montaje, capacitación, pruebas y puesta en servicio del control digital programable completo, en "software" y "hardware" para los Sistemas de Control Electrohidráulico (EHC), Evaluador de Esfuerzos del Rotor, Sistema de Amplificadores Electrohidráulicos y Sistema Supervisorio de Turbina (TSI) y protecciones de turbina para las Unidades U3, U4, U5 y U6, para adquisición y acondicionamiento de las variables, requeridas para el control de la velocidad y carga de las Unidades donde serán instalados, así como lo indicado en este Anexo " D " en forma descriptiva pero no limitativa, pudiendo estar integrados el EHC, y TSI con la aplicación de evaluación de esfuerzos del rotor en un mismo sistema.

### **2.1 SUMINISTRO INCLUIDO**

- a) Sistema de Control Electrohidráulico EHC, cuyas funciones serán realizadas por un control digital que cumpla con características de operación estable y de respuesta a eventos transitorios, aceptables en tiempo y forma, para el control lógico, analógico y de protección de turbinas de vapor para las Unidades U3, U4, U5 y U6. La (s) estación (es) de operación deben estar totalmente integradas al SISTEMA INTEGRAL, funcionando de manera transparente al operador, así mismo se debe contar con una estación de mantenimiento y diagnóstico en el cuarto de computadoras del SISTEMA INTEGRAL.
- b) Suministro, instalación y puesta en servicio del Sistema Supervisorio de Turbina (TSI) incluyendo: Rack de montaje, software, módulos, sensores, conectores, accesorios de acondicionamiento y cableado a tablilla terminal, así como su interconexión y comunicación al SISTEMA INTEGRAL para las Unidades 3, 4, 5 y 6.
- c) Suministro, instalación y puesta en servicio del software del Evaluador de Esfuerzo del Rotor, así como su interconexión y comunicación con el EHC y al SISTEMA INTEGRAL para las Unidades 3, 4, 5 y 6.
- d) Suministro, instalación y puesta en servicio de los elementos que sustituyen las funciones de regulación de los servomotores originales (AEH's) que opera a cuatro válvulas de alta presión y dos de mediana presión, como lo son: servoválvulas, bloques y accesorios hidráulicos y eléctricos, sensores y acondicionadores de posición, compatibles con el nuevo Sistema Control Electrohidráulico EHC.
- e) Suministro, instalación y puesta en servicio de los elementos que operen los Amplificadores Electrohidráulicos de las válvulas de paro, compatibles con el nuevo Sistema de Control Electrohidráulico para su funcionamiento con el sistema de protecciones de Turbogrupos.

## **3 SISTEMA DE CONTROL ELECTROHIDRÁULICO EHC**

### **3.1 REQUISITOS DEL SISTEMA EHC**

El EHC deberá medir la velocidad de giro de la turbina, la carga del generador eléctrico y la presión de vapor, entre otras variables, procesarlas digitalmente y generar las señales de control para regular la velocidad y la carga de la turbina de vapor, de acuerdo a los requerimientos de este Anexo " D " y dentro de las especificaciones del fabricante de la turbina.

### 3.1.1 Control lógico y analógico.

El EHC deberá ser capaz de operar los servomecanismos de la turbina de manera que la respuesta de la velocidad y carga en eventos transitorios sean aceptables en tiempo y forma, y tener características de operación estable y exacta, para cumplir con los requerimientos de las pruebas de comportamiento de acuerdo al fabricante.

El Proveedor deberá diseñar el EHC de manera que proporcione los medios y elementos necesarios para que la turbina en condición de rodado sin carga, pueda ser llevada en forma controlada a su velocidad nominal con protecciones de disparo en los eventos por sobrevelocidad. Deberán incorporarse al Evaluador de Esfuerzo del Rotor medios de limitación de velocidad y carga que eviten que la turbina alcance valores fuera de las características operativas especificadas por el fabricante del turbogenerador.

El Sistema EHC deberá ser diseñado para operar la turbina en los modos automático y manual. La transferencia de un modo a otro deberá hacerse sin provocar disturbios en la velocidad y carga. Las protecciones deberán permanecer en servicio en cualquier modo de operación.

En los diferentes modos de operación, el sistema EHC deberá ser capaz automáticamente, de poner en servicio la turbina desde velocidad cero, pasando por el rodado en vacío, sincronización, transferencia de arco total a arco parcial y toma de carga hasta 100 %, con la unidad generadora operando aisladamente o en paralelo con otros generadores.

En el evento de sincronización, de la Unidad el sistema EHC operará en el régimen de carga mínima previamente establecido, con el fin de evitar la operación del generador en condición de potencia inversa.

El EHC contendrá de manera indicativa pero no limitativa, las siguientes funciones:

- a) Sistema de control de velocidad que incluye:
  - Control de velocidad.
  - Control de aceleración.
  - Circuito oscilador basculante para velocidades críticas (Woobulator).
  - Indicación de velocidad objetivo
  - Indicación de velocidad actual
  - Indicación de velocidad demandada
- b) Sistema de control de carga que incluye:
  - Control de carga.
  - Control de frecuencia - carga.
  - Razón de cambio de carga.
  - Limitación de carga.
  - Limitación de carga por presión de vapor principal.
  - Limitación de carga por comandos externos.
  - Indicación de carga objetivo
  - Indicación de carga actual
  - Indicación de carga demandada.
- c) Otros:
  - Disparo y restablecimiento.
  - Modos de operación (manual y automático).

- Modos de admisión de vapor en arco total o arco Parcial.
- Pruebas en línea de la Lógica de protección.
- Prueba de hermeticidad de válvulas
- Prueba de libertad de vástagos
- Protecciones de sobre velocidad, baja presión de aceite de lubricación, alta vibración, disparo por caldera, disparo de generador eléctrico, pérdida de vacío, baja presión aceite de control, bajo flujo de enfriamiento, desplazamiento axial del rotor, alta temperatura de escape, falla alimentación total del sistema y de inestabilidad de otros parámetros de operación.
- Precalentamiento de caja de válvulas y rotor.
- Simulador de turbina. (Ver Sección 4.13)

### 3.1.2 Requisitos de diseño.

Las características del Sistema EHC deberán ser:

- Medición redundante de velocidad con lógica 2 de 3 para las funciones de control y protección.
- El Proveedor deberá considerar todas las especificaciones originales del fabricante de la turbina y del generador, para obtener una apropiada regulación de velocidad y carga.
- Para el Sistema de Control Electrohidráulico EHC, se utilizarán todos los instrumentos instalados actualmente entre otros: transmisores de presión, transmisores de posición, elementos de temperatura, válvulas solenoides, válvulas de acción rápida, interruptores de posición, interruptores de presión, sensores de velocidad de giro, etc., y de acuerdo a la compatibilidad de estos, con la tecnología propuesta por el Proveedor se deberá considerar en su alcance la utilización o la sustitución incluyendo el suministro e instalación de los instrumentos finales de control y de medición, mencionados anteriormente.
- Para el Sistema Supervisorio de Turbina TSI, el Proveedor debe considerar en su alcance el suministro de los sensores primarios del Turbogruppo, así como su acondicionamiento hacia el sistema de monitores también suministrados, lo cuales se indican en la Tabla No. 2.
- Para la medición de temperatura de metales y de chumaceras de turbina Tabla No. 3, el Proveedor del SISTEMA INTEGRAL, debe considerar en el alcance de su diseño, el acondicionamiento de todas las señales provenientes de Termopares y RTD's (termómetros de resistencia donde aplique) Pt100 según IEC 751 a tres hilos, instalados actualmente, para comunicación al SISTEMA INTEGRAL a través de un acondicionador de señal con salida de 4 a 20 mA DC de manera que sea un solo modelo de módulo de entrada analógica en el SISTEMA INTEGRAL para las señales de temperatura.
- El Proveedor debe considerar el diseño, suministro e instalación de todo lo necesario para el alojamiento, alimentación y supervisión de los acondicionadores de señal de termopares y RTD's y el procesamiento de las alarmas originadas por fallas de alimentación o pérdida de señal del elemento sensor.
- El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL deberá considerar, la integración de las señales de termopares y RTD's de metales y de chumaceras de la Tabla No. 2 en las funciones del SISTEMA INTEGRAL pues no están incluidas en los listados en las señales de entrada de 4 a 20 mA, en las tablas de entradas/salidas en la sección 4.4.8 de la especificación del SISTEMA INTEGRAL para Unidades 3, 4, 5 y 6, en igual número las señales de termopares y RTD's que van directas desde el turbogenerador.
- El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL deberá entregar señales de salidas lógicas y analógicas (4-

20mA) para el sistema SICLE. A estas señales se le podrán asignar cualquier variable de medición de la base de datos del Sistema de Control Electrohidráulico EHC desde la estación de ingeniería.

- El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL considerará el “Listado de entradas /salidas” y deberá suministrar los dispositivos para acondicionar el 10% adicional de entradas/salidas de cada tipo. Estos dispositivos estarán debidamente instalados, cableados, energizados y configurados y esto no deberá afectar el desempeño del sistema, asimismo, deben estar distribuidas en las tarjetas empleadas. También se requiere un 10% de slots o ranuras libres para futuras ampliaciones de funciones.

### 3.1.3 Protección por sobre velocidad.

El Proveedor deberá proveer los puntos de direccionamiento, para los dispositivos de sobre velocidad, proporcionados por el fabricante de la turbina. El ajuste de la protección eléctrica deberá ser programable al 110 %  $\pm$  1 % de la velocidad nominal.

El Proveedor deberá considerar en su diseño para el control de velocidad y para protección por sobre velocidad, la conexión de un canal de velocidad por cada uno de los sensores de velocidad, independiente e integrada en el EHC formando una lógica 2 de 3. Actualmente el sistema cuenta con cuatro (4) mediciones de velocidad (sensores de velocidad tipo bobina magnetizada), de los cuales uno (1) está de reserva y 3 son empleados para regulación, sirviendo dos de estos para las funciones de protección, de tal forma que uno (1) está asignado a cada vía de disparo. Existen dos vías de lógica de disparo idénticas pero que funcionan de forma independientes entre si, operando distintas válvulas de disparo.

El Motor del tornaflecha se arranca automáticamente al disparo de turbina y embraga por medios mecánicos.

Existen dos sensores tipo magnético, los cuales son utilizados para las lógicas de automatismo de las bombas de levante, aceite de lubricación, tornaflecha e indicación de velocidad en el sistema de adquisición de datos.

El Proveedor deberá considerar dentro del alcance del suministro, nuevos sensores de velocidad, conectores compatibles con la tecnología propuesta y mencionar en su caso si se acopla a los originales, incluyendo cableado y accesorios y las modificaciones para su montaje, ajustes de gap y cableado a tablilla terminal, incluyendo sensores de reserva ya instalados.

### 3.1.4 Lógica de protección.

El Sistema de Control Electrohidráulico EHC actual, recibe señales a través de contactos secos de los equipos y dispositivos instalados en la turbina y sistemas auxiliares, así como las generadas por el propio sistema, para la operación de la Lógica de Protección de Turbina.

Las señales que causan disparo de turbina están conectadas de manera directa a la Lógica de Protección de Turbina en el Sistema EHC actual, con salidas en voltajes, para la operación de válvulas solenoides de los mecanismos de protección y disparo. Estos Lógica de Protección y los mecanismos de protección deberá considerarlos por el Proveedor, dentro del alcance del diseño e implementación del nuevo Sistema EHC, por lo que el Proveedor deberá integrar en su diseño la operación de esa lógica de Protección de acuerdo a las especificaciones del fabricante de la turbina.

La Lógica de Protección de Turbina deberá de realizarse por duplicado, es decir mediante dos vías totalmente independientes e idénticas, mismas que deberán contar con indicaciones que identifiquen el origen del primer disparo que originó la operación de la lógica de protección, esto mismo deberá de ser registrado en los eventos del SISTEMA INTEGRAL.



El sistema de auto diagnóstico del control electrohidráulico digital, debe alertar al operador de cualquier falla de los instrumentos o dispositivos electrónicos mediante un sistema de alarmas propio del control y debe proveer señales de salida de dichas condiciones hacia el SISTEMA INTEGRAL.

Cuando la máquina esté operando con las condiciones nominales de presión de vapor y velocidad, y se presente un rechazo total de carga, la operación del gobernador de velocidad debe evitar que la sobre velocidad alcance el valor ajustado para disparo por sobre velocidad. El estatismo permanente debe ser ajustable entre 0 y 10%.

Las características de la turbina y su sistema de gobierno deben ser tales que el turbogenerador pueda operar en paralelo con otra(s) maquinas sin producir fenómenos anormales ni individual ni colectivamente. Con el fin de evitar la readmisión de vapor a la turbina, el sistema de disparo debe bloquearse de tal forma que solo pueda ser restablecido hasta que las condiciones de arranque de turbina se cumplan en la lógica de control.

El regulador debe operar las válvulas de control de la turbina en estado estable a lo largo del rango de carga para el caso de rechazo de carga del 100 % de la potencia nominal. Debe ser capaz de controlar de una manera estable la velocidad de la turbina así como la potencia de salida entre cero y máxima potencia, inclusive cuando la Unidad generadora es operada aisladamente o cuando es operada en paralelo con otros generadores.

El sistema de control debe ser diseñado para poder operar la turbina en el modo automático y manual. En los modos de operación debe poderse arrancar la turbina desde velocidad cero hasta 100 % de carga, pasando por el rodado en vacío, sincronización y toma o variación de carga, transferencia automática de arco total a arco parcial, interviniendo en su caso como limitante directa y automática, el sistema evaluador de esfuerzos del rotor de la turbina para mantener el arranque y los cambios de carga dentro de márgenes de seguridad.

Al realizarse la sincronización, el regulador de velocidad deberá llevar automáticamente al turbogenerador a operar al régimen de carga mínimo previamente establecido con el fin de evitar la operación de la protección por potencia inversa, previéndose la forma de inhibir esta demanda mínima de carga con fines de prueba de dicha protección.

El proveedor deberá considerar en el diseño que el EHC cuente con:

- a) Rango de ajuste de velocidad de sincronización: El control de velocidad debe cubrir el rango de 95 % a 105 % de la velocidad nominal.
- b) Ganancia proporcional y tiempos derivativo e integral. La ganancia proporcional y los tiempos derivativos e integral debe ser ajustable en forma digital. El EHC debe permitir hacer cambios en los ajustes con maquina en vacío, maquina sincronizada a la red y maquina en sistema aislado.
- c) Rechazo de carga.- Después de un rechazo de carga la velocidad debe regresar al punto de referencia, pudiendo ser este el valor de la velocidad nominal o estable mas el estatismo ajustado, debiendo regresar este parámetro a la condición estable en un tiempo menor a 120 segundos.
- d) Valvuleo Rápido. (Early Valve Actuation ó Fast Acting Valve) o función LVA. - Esta función consiste en el cierre y apertura rápida de las válvulas de gobierno e interceptoras ( configurable), cuando se produce una variación potencia mecánica-carga debido a una desestabilización del Sistema Eléctrico Nacional; al cierre de válvulas interceptoras disminuye la carga mecánica y eléctrica con lo que se evita la pérdida de estabilidad del Sistema.
- e) El sistema de deberá de contar con una estación de ingeniería que sirva para, visualizar en forma grafica el estado en tiempo real de las lógicas, secuencias y diagramas de control, así como la parametrización de sus bloques funcionales, de tal forma que permita la intervención para

supervisión, mantenimiento y la modificación de parámetros y diagramas, esto mediante el empleo de las claves (passwords) con los atributos correspondientes. La función de visualización de lógicas y diagramas también deben de estar disponibles en la estación del operador como parte del SISTEMA INTEGRAL.

Los eventos que actualmente causan disparo de turbina en la lógica de dos vías son:

- Baja presión de aceite lubricante.
- Bajo nivel del tanque de aceite lubricante.
- Protección al cojinete de empuje por desplazamiento axial del rotor (este es dual proveniente del Sistema Supervisorio de turbina).
- Temperatura metal cuerpo de Alta Presión (AP).
- Bajo vacío.
- Baja presión de fluido hidráulico.
- Sobre velocidad.
- Falla sistema de regulación.
- Falla sistema de Supervisorio de turbina.
- Disparo por alta vibración menor de 3500 rpm, configurable.
- Disparo por generador de vapor.
- Disparo por generador eléctrico.
- Disparo por falla de 24 VCD y de 125 VCD.
- Disparo paro de emergencia.
- Disparo local de turbina.

El Proveedor deberá prever lo necesario para mantener el esquema actual de la Lógica de Protección para el nuevo EHC del SISTEMA INTEGRAL, implementará la lógica de control y protección existente desarrollada por el fabricante de la turbina, la Comisión proporcionará dicha información al Licitante ganador, el Proveedor considerará incluir con el nuevo EHC y lo que genere el SISTEMA INTEGRAL esas funciones de protección. Si el Proveedor identifica condiciones de mejora a la lógica existente, estas serán presentadas a la Comisión para su evaluación y aprobación.

### 3.1.5 Dispositivos virtuales.

El Proveedor diseñará los esquemáticos para tener en las pantallas de la Estaciones de operación con iconos para comandos e indicaciones de estado, como mínimo no limitativo de las siguientes funciones;

- Selector de operación manual o automática.
- Selector de velocidad de forma directa (de acuerdo a la curva de arranque), sin embargo totalmente configurable a libre ajuste del operador de acuerdo a sus necesidades.
- Selector de tipo de arranque: 120, 180 y 360 rpm/minuto (aceleración).
- Selector de transferencia arco total a arco total a parcial con carga, para prueba de las válvulas de turbina, existe programado un cambio de arco total a parcial de forma automática después de sincronización 60 minutos (este podrá ser configurable)
- Selector de incremento o decremento de carga.

- Selector para presión inicial.
- Control limitador de carga.
- Control limitador de demanda.
- Selector de razón de cambio de carga para: 1/2, 1, 3, 5 y 10 % / minuto. sin embargo totalmente configurable a libre ajuste del operador de acuerdo a sus necesidades
- Limitador de posición de válvulas de Control.
- Selector de insensibilidad dentro-fuera (Kdf).
- Selector de prueba de disparos.
- Selector para la prueba de sobre velocidad real.
- Selector y ajuste de diferencia de presión de limitación de vapor principal en rango de +/- 20 Bar.
- Indicación de esfuerzos del rotor
- Indicación de velocidad.
- Indicación de consumo de corriente por cada servo válvula.
- Indicación de posición y demanda de cada válvula de admisión de vapor.
- Indicación de carga actual.
- Indicación de demanda de carga.
- Indicación de presión vapor principal.
- Indicación de presión del primer paso.
- Indicación de las temperaturas que intervienen en las lógicas de control.

Nota.- No se permite la utilización de pantallas de mando tipo táctil (touch screen)

Desde los diagramas esquemáticos podrán ser accesados los diagramas lógicos o de control asociados a las variables consultadas.

### 3.1.6 Pruebas en línea.

Se tendrá en las pantallas de las Estaciones de Operación los siguientes iconos para comandos, con bloqueo de disparo y con indicación del estado en prueba, para la operación de los siguientes dispositivos:

- Prueba de libertad de vástagos de : válvulas de **Paro Principal, Válvulas de Control, Válvulas Interceptoras y Válvulas de Paro de Recalentado.**
- Prueba de disparo de turbina por sobre velocidad.
- Prueba de disparo por vacío.
- Prueba de disparo por aceite lubricante.
- Prueba de disparos externos.

## 4 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL EHC.

El Sistema EHC deberá medir la velocidad de giro/carga de la unidad generadora, generar una señal acorde a la diferencia entre su velocidad/carga y la referencia de velocidad/carga del control, y procesar las funciones para las señales de control a los actuadores hidráulicos, por medio de las servoválvulas, para de esta manera regular la admisión de vapor y controlar la respuesta de la turbina a los requerimientos de control del SISTEMA INTEGRAL. Este sistema de control debe de estar completamente ligado con el control del generador de vapor para su funcionamiento en control coordinado, turbina en seguimiento y caldera en seguimiento y control de presión deslizante.

#### **4.1 AJUSTE DE CARGA.**

El Sistema EHC deberá tener la capacidad para fijar de manera programable en la Estación de Operación, la potencia máxima deseada de la turbina y ajustable desde cero hasta el régimen de máxima carga continua (MCR) de la unidad generadora. Esta función deberá ser habilitada o inhibida en la Estación de Operación, en la cual se tendrá indicación de la condición existente.

#### **4.2 LÓGICA DE CONTROL Y PROTECCIÓN.**

El Sistema EHC deberá tener la capacidad de interactuar con los elementos de control lógico y analógico asociados a la unidad generadora para su operación secuencial desde su arranque, sincronización, variación de carga y paro normal, así como en condiciones de emergencia, mediante dispositivos de protección de acuerdo a los criterios establecidos por la Comisión y los establecidos por el fabricante de la turbina y del generador eléctrico.

El Proveedor deberá incluir en el diseño del nuevo Sistema EHC el esquema actual para la lógica de protección para el disparo de turbina que cumpla con el criterio del fabricante de la turbina. La comisión pondrá a disposición del Proveedor para consulta la información del fabricante de turbina.

El Proveedor deberá implementar en el SISTEMA INTEGRAL, la interface y otros arreglos de protección, que garanticen la respuesta a las señales de la Lógica de Protección del Sistema EHC, de la manera más rápida y segura para el cierre rápido de las válvulas de turbina y evitar llegar a sobre velocidad.

La Comisión proporcionará al Proveedor la lógica de control y protección desarrollada por el fabricante de la turbina. Cualquier sugerencia de mejora a la lógica de control, será presentada a la Comisión para su aprobación y posterior implementación.

Se deben de considerar dentro de las estrategias de control el funcionamiento armónico de la turbina para funcionamiento ante los Run-Back (reducción automática de carga) por pérdida de equipos primarios, el cual debe de operar desde cualquier carga de la unidad arriba del 60% de la nominal.

#### **4.3 MEDICIÓN Y CONTROL DE VELOCIDAD.**

El Proveedor debe suministrar el equipo y los componentes necesarios para acondicionar la señal de entrada redundante de velocidad, cuyos sensores estarán instalados alrededor de la flecha de la turbina, que entreguen una señal proporcional a la velocidad de la turbina. Su alcance y exactitud deberán ser compatibles con los requerimientos de funcionamiento del controlador de velocidad, así como con las características de la turbina y el generador eléctrico.

Los sensores, proporcionarán señales desde velocidad cero hasta velocidad de desboque. La resolución y exactitud de la medición de velocidad deberá ser de  $\pm 1$  RPM. No se aceptan dispositivos de tipo óptico, ni tampoco el empleo de medición inferida de velocidad por medio de las señales provenientes de los transformadores de potencial del generador.

#### **4.4 ESTABILIDAD.**

En el Sistema EHC deberá ser capaz de controlar de manera estable, la velocidad de la turbina en todo el intervalo de potencia desde potencia cero hasta potencia máxima, inclusive cuando la unidad generadora se encuentre operando aisladamente o en paralelo con otros generadores. Los requerimientos de estabilidad se incluyen para condiciones sostenidas, rechazos de carga y cambios súbitos de carga aislada; en todos los casos y para cualquier carga.

#### 4.4.1 CONDICIONES ESTABLES.

El porcentaje de oscilaciones **NATURALES (RESIDUALES) (OR)** será aceptable si la estabilidad es menor o igual al 0,08% (2.88 rpm) para operación a velocidad de sincronismo sin carga y con carga, con el estatismo ajustado en 5%.

#### 4.5 RECHAZOS DE CARGA.

Cuando la unidad esté operando sincronizada a la red eléctrica, en condiciones nominales de vapor principal y la potencia del generador eléctrico sea rechazada, la operación del Sistema EHC deberá evitar que la velocidad alcance el valor ajustado para disparo por sobre velocidad y regrese la unidad a su velocidad nominal, en un tiempo determinado.

El EHC deberá ser capaz de reducir (amortiguar), las oscilaciones de velocidad inmediatas posteriores al primer sobrepaso de velocidad. de acuerdo a lo establecido para las **“PRUEBAS DE RESPUESTA DE VELOCIDAD Y CARGA DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTROHIDRÁULICO DE TURBINA DEL SISTEMA INTEGRAL”**

#### 4.6 ESTATISMO PERMANENTE.

Deberá programarse un estatismo del 5%, siendo éste definido como la razón del cambio de velocidad con respecto al cambio de potencia expresado en por ciento. La curva de velocidad contra potencia deberá ser caracterizada sobre el intervalo completo desde potencia cero hasta potencia máxima.

El estatismo permanente deberá ser programable por medio de la estación de configuración y ajustable entre 0,95 y 10 % y éste valor no debe ser modificable en la estación del operador.

#### 4.7 BANDA MUERTA.

La banda muerta permanente deberá ser programable por medio de la estación de configuración y ajustable entre 0,0 y 0,25 y éste valor no debe ser modificable en la estación del operador.

La banda muerta de velocidad a valor nominal deberá ser menor de 0,06 %.

##### 4.7.1 Tiempo muerto.

Para obtener respuesta de las válvulas de control de la turbina, el tiempo muerto del EHC deberá ser menor de 0.10 segundo. Dependiendo de la respuesta del Sistema EHC este tiempo podría ser menor para prevenir el evento de sobre velocidad.

#### 4.8 INTERVALO DE SINCRONIZACIÓN.

La velocidad de la turbina en condición de vacío (sin carga eléctrica) deberá ser ajustable a un valor de  $\pm 5$  % de la velocidad nominal.

##### 4.8.1 Controlador principal velocidad/carga.

El EHC deberá tener la capacidad de fijar, de manera programable en la Estación de Operación, la velocidad y potencia deseada de la turbina y ajustable desde cero hasta el régimen de máxima carga continua (MCR) de la unidad generadora. Esta función deberá ser seleccionable en la Estación de Operación para los modos automático y manual, proporcionando indicación del modo seleccionado.

#### 4.8.2 Regulador de presión de vapor principal.

Cuando la unidad está sincronizada a la red eléctrica, en condiciones nominales de vapor principal y la presión de ésta decaiga hasta un valor preestablecido, la operación del regulador de presión inicial del Sistema EHC deberá limitar la admisión de vapor (cerrar controladamente las válvulas), para tratar de recuperar la presión con el propósito de evitar la condensación en los últimos pasos de la turbina, en el control original se encuentra el valor por default de 5 Bar, el cual se conservará pero deberá de ser manipulable por el operador en un rango de +/- 20 Bar. Esta función proporcional deberá ser seleccionable en la Estación de Operación para los modos Dentro y Fuera, proporcionando indicación del modo seleccionado.

### 4.9 CALCULO DE ESFUERZOS.

#### 4.9.1 Generalidades

Los rotores de alta presión, presión intermedia y baja presión son los elementos críticos en las turbinas de vapor debido a sus diámetros relativamente grandes y a las variaciones de temperatura que sufren durante el control de velocidad y carga, las acciones del operador de Unidad en el control EHC son tomadas para reducir y mantener tan baja como sea posible la diferencia de temperatura de vapor a metal por medio del control adecuado de temperatura del vapor principal y de recalentado y por el control del régimen de carga y descarga, para aumentar la confiabilidad de operación del Turbogruppo.

Los esfuerzos térmicos en los rotores de alta presión y presión intermedia son comparados con el esfuerzo máximo admisible a partir de curvas de diseño del fabricante de la turbina, mediante las señales obtenidas de termopares, sensores de velocidad del rotor y carga del generador. El resultado de la comparación es presentado en pantalla al operador en tiempo real, como un gradiente de temperatura que permitirá detectar y señalar las condiciones de operación, a medida que la turbina pasa por las fases de arranque y toma de carga, para que los límites admisibles de esfuerzos del rotor no sean excedidos y llevar a cabo las acciones operativas que seleccionan el gradiente más apropiado de la turbina y el control de la turbina sea mantenido solo dentro de los puntos permitidos.

Durante arranques fríos, los esfuerzos térmicos son positivos. Después de la sincronización, la carga debe aumentarse lentamente a la carga especificada de calentamiento inicial del rotor.

Durante la carga debe mantenerse un margen adecuado para evitar excursiones de esfuerzo térmico por encima del límite de 100%. Si los esfuerzos rebasan este límite, se dará salida a alarma requiriendo acción por parte del operador para controlar mayores aumentos.

La función Indicador de esfuerzos del rotor permitirá de acuerdo a los valores de parámetros de operación preestablecidos de la turbina de vapor, á servir de referencia al Operador Tablerista de la Unidad para efectuar el arranque y la toma de carga para proteger los componentes de turbina de la fatiga térmica. Los cálculos operativos estarán basados en la distribución de temperaturas y en los valores pre-establecidos en los nomogramas de operación de la turbina.

#### 4.9.2 REQUISITOS DEL SISTEMA DE EVALUADOR DE ESFUERZO DEL ROTOR.

El sistema evaluador de esfuerzos del rotor (software y hardware) forma parte de las funciones del EHC y puede residir en el directamente.

Para el desarrollo de los cálculos deberán de respetarse los considerados en la ingeniería de detalle del fabricante de las turbinas, que para este caso es Alstom.

### **4.9.3 CARACTERÍSTICAS DEL EVALUADOR DE ESFUERZOS DEL ROTOR.**

#### **4.9.3.1** Características funcionales.

La comparación de los valores operativos será a partir de las señales obtenidas de las mediciones de : presión de vapor, temperaturas, velocidad del rotor y carga del generador, en caso de que estos parámetros excedan los límites establecidos operará la LIMITACION automática de carga a un valor seguro hasta que el valor operativo regrese a valores aceptables. El Evaluador de esfuerzos del rotor detectará y señalará las condiciones de operación anormales a medida que la unidad pasa por las fases de arranque y toma de carga, para que los límites admisibles no sean excedidos y para llevar a cabo las acciones operativas que seleccionan el gradiente más apropiado de la turbina para que el control de la turbina sea mantenido solo dentro de los puntos permitidos.

#### **4.9.3.2** Operación del Evaluador de Esfuerzo del Rotor.

Desde la estación de operación del SISTEMA INTEGRAL será posible ver tanto los esfuerzos actuales como los gradientes de aceleración y toma de carga fijados por el Evaluador de Esfuerzo del Rotor.

#### **4.9.3.3** Dispositivos virtuales.

El Proveedor diseñará los esquemáticos para tener en las pantallas de la Estación de Operación las siguientes funciones con iconos de comandos e indicaciones de estado.

- Indicación de los esfuerzos instantáneos e integrados.
- Indicaciones de estados y alarmas.
- Gradientes de aceleración y toma de carga.

#### **4.9.3.4** Monogramas de Operación de la Turbina.

Dentro de las funciones del Evaluador de Esfuerzos de Rotor, el Proveedor incluirá en las pantallas de operación las curvas de operación del fabricante de turbina. Curvas documentadas en lo Monogramas de operación de turbina, que gráficamente indican las zonas de operación, niveles de esfuerzos recomendados, regímenes de aceleración, metas de temperatura de precalentamiento con diferentes ajustes, carga inicial y aplicación de carga.

Se requiere que el Proveedor capture las curvas de operación del fabricante para ser desplegadas en graficas de comportamiento que indiquen al operador de la Unidad, en tiempo real, el punto de operación de la turbina a partir de las señales obtenidas de los termopares, velocidad del rotor y carga del generador. Indicando con alarmas el punto o la tendencia a exceder de los límites operativos de las curvas de referencia.

Los valores calculados estarán disponibles para las gráficas de tendencia y reportes de variables analógicas.

#### **4.9.3.5** Indicación de los esfuerzos.

Indicación de los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzo en % zona vapor sobrecalentado (SH)
- Esfuerzo en % zona vapor recalentado (RH)
- Esfuerzo en % Cross-Over.

El proveedor será responsable de acondicionar o implementar las mediciones necesarias para estas funciones ya sea directamente de campo o a través del SISTEMA INTEGRAL.

#### 4.9.3.6 Indicación instantánea de esfuerzos de los rotores.

- En las zonas críticas de la Turbina, las cuales se determinarán de la información existente del fabricante de la Turbina, el Evaluador de esfuerzos del rotor derivara los esfuerzos térmicos en el rotor y en la carcasa, utilizando los termopares existentes instalados en distintos punto a lo largo de la carcasa, los cuales ya están instalados en las zonas críticas.
- La Comisión dispondrá para consulta del Proveedor, la lógica referente al Sistema de monitoreo del Evaluador de esfuerzos del rotor existente instalado por el fabricante de la turbina. Esta información estará disponible para consulta del Licitante ganador en la reunión de inicio del proyecto para la implementación del SISTEMA INTEGRAL. Esto no incluye la ingeniería de detalle la cual es propiedad del fabricante de la turbina.

#### 4.9.4 MONITOR VALIDEZ SEÑALES DE ENTRADA.

Esta subrutina llevará a cabo prueba sobre cada señal analógica que entra al Evaluador de esfuerzos del rotor y verifica su validez. Se efectuará un filtrado de cada señal.

Si una o más señales fueran válidas, la falla de las señales analógicas será señalizada en la Estación de Operación como "falla mediciones analógicas".

La Subrutina también supervisará el control de las señales redundantes que llegan desde el campo. Si ambas señales son correctas, se calculará su promedio luego de filtrarlos. Si uno de los canales redundantes es inválido, será rechazado y la entrada correcta será la que se envíe al programa. Si ambos canales son inválidos, las fallas serán señalizadas al control como alarmas.

Cuando una señal analógica individual o ambas señales de una medición redundante sean inválidas, se presentará un bloqueo automático de la carga y el programa enviará una señal de alarma al operador. Solo hasta que la o las señales involucradas en el cálculo sean restablecidas se tendrá disponibilidad de las funciones de control para efectuar movimientos de carga.

#### 4.10 DESBALANCE POTENCIA CARGA (LVA)

El Sistema EHC deberá tener la capacidad de detectar durante un rechazo de carga, cuando la unidad esté operando entre el 40 y el 100 % de la potencia nominal, una diferencia mayor del 40% entre la potencia mecánica y la carga, para generar la señal de cierre hacia las válvulas (fast valving) de control e interceptoras, para prevenir una sobre velocidad de la turbina.

La medición de potencia mecánica será por medio de la señal de presión de recalentado o referencia de apertura IP y la de carga a través de la corriente del generador eléctrico. Esto es apegado a los esquemas de control del fabricante original.

#### 4.11 PRUEBA DE LIBERTAD DE VÁSTAGOS.

El Sistema EHC permitirá por medio de la Estación de Operación, efectuar pruebas de libertad de vástagos de las válvulas de la turbina, con la unidad en servicio abriéndolas y cerrándolas totalmente en lógicas de prueba preestablecidas por el fabricante.

Actualmente la prueba se realiza en arco total (todas las válvulas de control abiertas), seleccionando el orden de válvula a probar por el operador.



## 4.12 CARACTERIZACIÓN DE CURVAS DE APERTURA DE VÁLVULAS.

### 4.12.1 Caracterización de curvas de apertura de válvulas.

El Sistema EHC deberá permitir la caracterización de curvas de apertura independiente para cada una de las válvulas de control e interceptoras para cada modo de admisión de vapor, por lo que la caracterización y operación deberá ser individual entre sí para cada válvula de gobierno de alta presión (AP) y válvula interceptora de mediana presión (MP).

Actualmente el control de posición de cada válvula de turbina se realiza por la manipulación de la presión de admisión de aceite de control al actuador de cada válvula por acción del fluido de mando de baja presión proveniente de un servo actuador accionando sobre un amplificador electrohidráulico AEH (el cual se pretende sea sustituido) y la señal del transductor de posición se utiliza para cerrar el lazo de posicionamiento de la válvula, al existir una desviación entre la demanda y la posición de cada válvula mayor al 10%, el control efectúa una acción de cancelar la demanda (llevarla a cero) de la válvula que presente la desviación a fin de detectar la causa de esta condición, la cual se restablece una vez corregida esta desviación.

## 4.13 FUNCIÓN SIMULADOR DE TURBINA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6.

El Sistema EHC deberá incluir una función llamada “Simulador de Turbina”, esta función permitirá simular las señales de velocidad, presión de vapor principal y presión de la primera etapa, interruptor de maquina desde la estación de ingeniería, por medio de la selección manual de esta función durante un mantenimiento al sistema con unidad parada, con el objetivo de probar la lógica de control y de protección del Sistema EHC, dando salida real a los comandos del control, comprobando el cambio de estado físico en los actuadores de las válvulas y elementos finales de control del EHC.

Esta función “Simulador de turbina” deberá ser integrado en el alcance del suministro del EHC para las Unidades 3, 4, 5 y 6.

## 4.14 SISTEMA DE SINCRONIZACIÓN AUTOMÁTICA PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6.

El Proveedor debe incluir un sistema completo de sincronización automática con ajuste de velocidad de la turbina y de voltaje y de fase del generador eléctrico para igualar con los de la red. Incluyendo el suministro, instalación y programación del Relevador de sincronización (25) de verificación de sincronismo de tipo digital por unidad.

Debe contemplar la operación automática, semiautomática y manual de la sincronización.

La instrumentación para sincronización se instalará en el tablero auxiliar del operador, incluyendo: sincronoscopio, indicaciones digitales de voltaje y frecuencia independientes para generador y subestación, y mandos de cierre, este mando estará también habilitado en una pantalla virtual del SISTEMA INTEGRAL. El proveedor deberá suministrar, instalar y ajustar el nuevo verificador de sincronismo 25 (verificador) y 25A (sincronizador automático).

El suministro, Instalación y cableado de estos equipos estará a cargo del Proveedor.

Estas indicaciones deberán ser tomadas directamente de los secundarios de los transformadores de potencial en las tablillas del tablero de protecciones. Será responsabilidad del proveedor la adecuación o escalamiento de estas señales al nuevo sistema de **verificación**. La escala y exactitud de la tensión de corriente alterna debe ser 25 kV/300 kV, 0.5 % escala completa, para frecuencia debe ser 55/63 HZ, 0.5 % escala completa, para las Unidades 3, 4, 5 y 6.

El Sistema de sincronización deberá contener al menos la siguiente funcionalidad:

- Corrección de relación de transformación.
- Corrección para compensación de ángulo de fases.

- Permisivos de umbral para baja y alta tensión.
- Permisivos de umbral para baja y alta diferencia de frecuencia.
- Determinación de condiciones de sincronismo en base a diferenciales de tensión, frecuencia y ángulo
- Permisivo para velocidad de impacto (velocidad de cambio angular)
- Compensación por velocidad de cierre de interruptor
- Acceso al ajuste de todos los parámetros.

El Proveedor incluirá el suministro, instalación y ajuste del Relevador digital de verificación de sincronización (25), por unidad, entre los buses de servicios propios para el cambio de auxiliares, para transferencias lentas (voluntarias por el operador) y transferencias rápidas (por interlock de disparos de unidad).

## **5 SISTEMA SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI) PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6**

### **5.1 REQUISITOS DEL SISTEMA SUPERVISORIO DE TURBINA (TSI)**

Los turbogeneradores requieren de la medición continua de la magnitud y la dirección de las variables de comportamiento durante las etapas de arranque, toma de carga y paro, por las diferencias de masas, coeficiente térmico y disipación de calor a que son expuestos.

Si las tolerancias específicas permitidas dentro de la máquina son excedidas puede ocasionar contacto y fricción entre los elementos fijos y móviles que se encuentran a gran velocidad, lo que resulta en un daño catastrófico del turbogenerador.

EL Proveedor deberá prever la interconexión y comunicación al SISTEMA INTEGRAL, para que las señales que alcancen los valores límite de alarma y disparo sean comunicados al EHC para las acciones correspondientes en la lógica de Control.

Se requiere un Sistema TSI basado en tecnología de punta con las características de programación configurable, que proporcione la información de las señales de las variables, de los transductores, estados de alarma y las señales de disparo, la lógica de alarmas y disparo se programará dentro del propio sistema Supervisorio TSI.

El Sistema TSI deberá ser de tipo modular y contar con un bastidor que contenga las fuentes de poder, módulos de supervisión, comunicación y demás accesorios del TSI.

El bastidor del TSI podrá ser montado preferentemente en uno de los gabinetes del SISTEMA INTEGRAL o en un gabinete adicional suministrado por el Proveedor.

El Sistema TSI debe de contemplar el suministro de un servidor de análisis dinámico (hardware y software con licencias) que se enlace a las cuatro unidades y adicionalmente con los sistemas instalados en las unidades 1 y 2 (los cuales son de la marca Bently Nevada de la serie 3500), y tendrá la capacidad de guardar los históricos de comportamiento dinámico de los turbogeneradores, como lo son vibraciones relativas y sísmicas, gráficas polares, espectros, etc. Este sistema deberá de tener conexión con la red interna de comisión mediante los firewall correspondientes. Todos los suministros de equipo, cableado, accesorios de red y mano de obra son proporcionados por el Proveedor.

### **5.2 DISPOSITIVOS VIRTUALES.**

El Proveedor diseñará los esquemáticos para tener en las pantallas de las Estaciones de Operación las siguientes indicaciones de estado.

- Velocidad
- Vibración en chumaceras relativa y sísmica.
- Expansión carcasa (Dilatación diferencial absoluta).
- Dilatación diferencial alta y baja presión.
- Desplazamiento axial del rotor.
- Temperatura en chumaceras.
- Temperaturas en turbina de Alta, Intermedia y Baja Presión.
- Presión de fluido de control.

### 5.3 CARACTERÍSTICAS DEL TSI

El Sistema TSI deberá poseer las siguientes características:

- Sistema modular de inserción, mantenimiento y con posibilidad de expansión.
- Cualquier módulo instalado en el frente del rack podrá ser removido o reemplazado con el TSI energizado sin afectar la operación y medición que se lleva a cabo en los otros módulos.
- El suministro de alimentación es de 24 VCD redundante (la alimentación disponible es de 220 VCA, 60 Hz)
- Sensores magnéticos de no contacto para las señales de: ángulo de fase, posición de la chumacera de empuje (desplazamiento axial del rotor doble) y excentricidad.
- Sensores sísmicos en chumaceras.
- Sensor LVDT para señal de expansión carcasa(Dilatacion diferencial absoluta)..
- Sensores de Dilatación diferencial para turbinas de alta y baja presión AP/BP.
- Protección contra falla de un solo punto de medición.
- Comunicaciones redundantes. Puertos de comunicación RS232 y RJ45
- Conexiones de prueba coaxiales frontales.
- Estación portátil de configuración con software y licencias.

### 5.4 MEDICIÓN MECANICAS DEL SISTEMA.

El Proveedor deberá considerar para el nuevo TSI el suministro del equipo, sensores, transductores, cables de extensión, cables de red, cables de control y alimentación eléctrica para funcionamiento del rack de monitores que comprenda las siguientes mediciones mecánicas:

- Sísmica sobre la cubierta de la chumacera (X, Y).
- Relativa sobre la flecha (X, Y).
- Vibración absoluta sobre flecha (X, Y) por medio de la suma vectorial de las mediciones sísmica y relativa.
- Axial sobre la cubierta de la chumacera de empuje de la flecha.
- El Proveedor deberá considerar el suministro de los sensores por chumacera de la siguiente manera:  
Dos sensores tipo de desplazamiento de no contacto con la flecha de turbina en arreglo X, Y a 90°.  
Dos sensores tipo velocidad (sísmicos) piezoeléctricos en arreglo X, Y a 90°, montados sobre la cubierta de la chumacera.

Un sensor tipo velocidad (sísmico) montado sobre la cubierta de la chumacera No.4 para medir la vibración axial.

Tabla No. 2

Mediciones del nuevo Supervisorio de Turbina (TSI) para Unidades 3, 4, 5 Y 6.

Variable	Canales	Sensores	U3	U4	U5	U6	Total	Rango de medición
Vibración relativa (sensor de no contacto)	Doble canal (X, Y)	2 por chumacera	14	14	14	14	72	0 – 0.250 mm
Vibración sísmica (velocidad)	Doble canal (X, Y)	2 por chumacera	14	14	14	14	72	0 – 40 mm/s
Angulo de fase	Un canal	1	1	1	1	1	4	0 – 360 °
Expansión carcasa	Un canal	1	1	1	1	1	4	0 – 50 mm
Dilatación dif. De AMP	Un canal	1	1	1	1	1	4	-14 a +14 mm
Dilatación dif. De BP	Un canal	1	1	1	1	1	4	-9 a +9 mm
Posición axial del rotor	Doble canal	2	2	2	2	2	8	-1,4 a +1,4 mm
Excentricidad *	Un canal	1	1	1	1	1	4	0 – 0.250 mm
Vibración sísmica (velocidad) *	Un canal (Z)	1	1	1	1	1	4	0 – 40 mm/s

NOTA.- \* Estas mediciones son nuevas por lo tanto se deberá de considerar lo necesario para su instalación verificando los planos de construcción correspondientes.

El Proveedor deberá considerar el suministro de conectores, cableado, modificaciones y accesorios para montaje, ajustes, cableado a tablilla terminal y comunicación de los sensores al TSI.

El Proveedor deberá considerar dentro del suministro del nuevo Sistema, los materiales y arreglos necesarios para el montaje de los nuevos sensores en chumaceras de la turbina.

El Proveedor deberá considerar la actividad de modificación u adecuación de los soportes para los sensores sísmicos y de no contacto de las cubiertas de las chumaceras, en caso necesario.

Los sensores, cables de extensión, transductores de proximidad (Proximitor) deberán tener la capacidad de trabajar dentro las siguientes condiciones:

Sensores y cables de extensión. -10°C a 100°C.

Transductores de proximidad (Proximitor). -50°C a 100°C.

Resistencia a la humedad 85 % sin condensación.

En particular los sensores de dilatación diferencial de la turbina AMP deberán de ser especiales para alta temperatura con el cable de extensión de la longitud necesaria hasta el transductor de tal forma que no se requieran empalmes hasta el transductor correspondiente (cable de una sola pieza).

Voltaje de alimentación: de Transductores de proximidad.

Ambiente de operación de los sensores en contacto continuo con aceite lubricante.

Todos los sensores para un mismo servicio deberán ser de una misma configuración y su montaje se efectuará desde el exterior de la cubierta de la chumacera.

Los transductores de proximidad (Proximitor), para un mismo servicio, deberán ser de una longitud única de cables de extensión. No se acepta el uso de sistemas con diferentes longitudes dentro de un mismo tren Turbogruppo.

El cuerpo exterior de los transductores de proximidad (Proximitor) debe ser eléctricamente aislado del chasis del alojamiento.

Los cables de conexión del sensor al transductor de proximidad (Proximitor) serán del tipo doble coaxial, blindado y la malla exterior no podrá ser utilizada para la conducción de señal, deberán contar con

armadura de protección en acero inoxidable integrada, teniendo en consideración las longitudes para su instalación segura y los límites de longitud estándar para los cables de extensión.

Programación, operación y configuración.

Se deberá proporcionar el software con la capacidad para programar cada canal en forma independiente de lo siguiente:

Escalas programables.

Dos niveles de alarma programables al 100% de la escala.

Salidas independientes de 4-20 mA.

Salidas de alarmas independientes por medio de relevadores con contactos secos 1P2T.

Comunicaciones.

El Sistema suministrado deberá contar con interfaz para comunicarse de manera digital con el SISTEMA INTEGRAL, así como por medio de las salidas analógicas y contactos secos 1P2T.

El Sistema suministrado deberá contar con interfaz para comunicarse de manera digital con el SISTEMA INTEGRAL, para las funciones de Análisis Dinámico.

Las salidas protegidas (buffered outputs) para cada canal, deberán estar disponibles al frente del gabinete para conexión de equipos.

Desde las estaciones de Operación del SISTEMA INTEGRAL será posible visualizar las señales, alarmas, puntos de ajuste y los estados de los correspondientes transductores del Sistema TSI.

## **5.5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN CHUMACERAS.**

El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL deberá considerar para la medición de temperatura de metales y de chumaceras de turbina (Tabla No. 3), en el nuevo TSI las siguientes mediciones de temperatura.

- Temperatura de metales en chumaceras.
- Temperaturas de aceite de lubricación.
- Temperaturas de vapor de sellos.
- Temperaturas y la presión de fluido de control (aceite de alta presión).

El acondicionamiento de todas las señales provenientes de Termopares y RTD's (termómetros de resistencia, en caso de existir) Pt100 según IEC 751 a tres hilos, instalados actualmente, para comunicación al SISTEMA INTEGRAL a través de un acondicionador de señal con salida de 4 a 20 mA DC.

Los acondicionadores de temperatura podrán ser concentrados en su señal de salida para ser enviados vía bus al SISTEMA INTEGRAL. Los módulos de comunicación y el bus deberán ser físicamente redundantes y por trayectorias distintas que eviten la pérdida de medición por daño físico de uno de los buses.

Los gabinetes en campo y los módulos ahí alojados no requerirán de aire acondicionado para su confiable operación, por lo que es responsabilidad del Proveedor la selección de los modelos de los dispositivos que soporten las condiciones ambientales de trabajo a que se verán expuestos.

El Proveedor considerará el diseño, suministro e instalación de todo lo necesario para el alojamiento, alimentación y supervisión de los acondicionadores de señal de termopares y RTD's (que existan) y el

procesamiento de las alarmas originadas por fallas de alimentación o pérdida de señal del elemento sensor.

Se debe considerar adicionalmente la medición de presión del fluido de control como una entrada de 4 a 20 mA.

Tabla No. 3

Mediciones de temperatura del nuevo Supervisorio de Turbina (TSI) para Unidades 3, 4, 5 y 6.

SUPERVISORIO DE TURBINA GMA001AR UNIDADES 3, 4, 5 Y 6						
CAMPO	CAMPO	ENTRADAS			SALIDAS	
TAG	DESCRIPCION	TIPO DE SENSOR	RANGO	UNIDADES	ALARMA	DISPARO
GGR TE_026B	TEMP AC LUB SALIDA CHUM EMPUJE "DEL"	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 75°C	> 80 °C
GGR TE_028B	TEMP AC LUB SALIDA CHUM EMPUJE "TRAS"	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 75°C	> 80 °C
GGR TE_063B	TEMP METAL COJINETE GENE DEL	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 95°C	> 110 °C
GGR TE_064B	TEMP METAL COJINETE GENE TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 95°C	> 110 °C
GGR TE_066B	TEMP METAL COJINETE EXC TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 95°C	> 110 °C
GGR TE_071B	TEMP METAL COJINETE AMP DEL CARA TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 115°C	> 130 °C
GGR TE_074B	TEMP METAL COJINETE AMP TRAS CARA TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 115°C	> 130 °C
GGR TE_075B	TEMP METAL COJINETE BP DEL CARA TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 115°C	> 130 °C
GGR TE_076B	TEMP METAL COJINETE BP TRAS CARA TRAS	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 115°C	> 130 °C
GGR TE_020B	TEMP AC LUB DESPUES VAL TERMOSTATICA	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 60 °C	
GFR TE_002	TEMP FLUIDO AP EN EL TANQUE	TIPO "E"	0 ~ 160	°C	< 30 °C	> 60 °C
GFR PT_015	PRESION DE FLUIDO DE AP	4 ~ 20 ma	0 ~ 160	bar	< 100 bar	> 130 bar
CET TE_012	TEMP DE VAPOR DE SELLOS	TIPO "E"	0 ~ 300	°C	< 120 °C	> 200 °C
GMA TE_084A	TEMP DE VAPOR DE ESCAPE BP	TIPO "E"	0 ~ 150	°C	> 80 °C	

## 5.6 PROGRAMACIÓN, OPERACIÓN Y CONFIGURACIÓN.

Se deberá proporcionar la capacidad para ser programado cada canal en forma independiente y simultánea para lo siguiente:

- Escalas programables.
- Salidas protegidas (buffered outputs) para cada canal.
- Dos niveles de alarma programables al 100% de la escala.
- Salidas independientes de 4-20 mA.
- Salidas de alarmas independientes por medio de relevadores con contactos secos 1PDT.

## 5.7 COMUNICACIONES.

El Sistema TSI deberá contar con interfaz para comunicarse de manera digital con el SISTEMA INTEGRAL, así como por medio de las salidas analógicas por cada canal de adquisición y contactos secos 1P1T. Así mismo el medio de conexión y comunicación con el sistema de análisis dinámico.

Las salidas protegidas (buffered outputs) para cada canal, deberán estar disponibles al frente del gabinete para conexión de equipos de análisis dinámico.

Desde las Estaciones de Operación del SISTEMA INTEGRAL será posible visualizar las señales, alarmas, puntos de ajuste y los estados de los correspondientes transductores del Sistema TSI.

## **5.8 ANÁLISIS DINÁMICO PARA UNIDADES 3, 4, 5 Y 6.**

El Proveedor suministrará, la capacidad de análisis dinámico en tiempo real de las señales de vibración para la supervisión de la operación, el cálculo y diagnóstico en tiempo real para análisis de condiciones de operación normales y anormales a medida que la unidad pasa por las fases de arranque y toma de carga, anticipando la detección de comportamiento fuera de especificaciones del turbogenerador en cada unidad generadora.

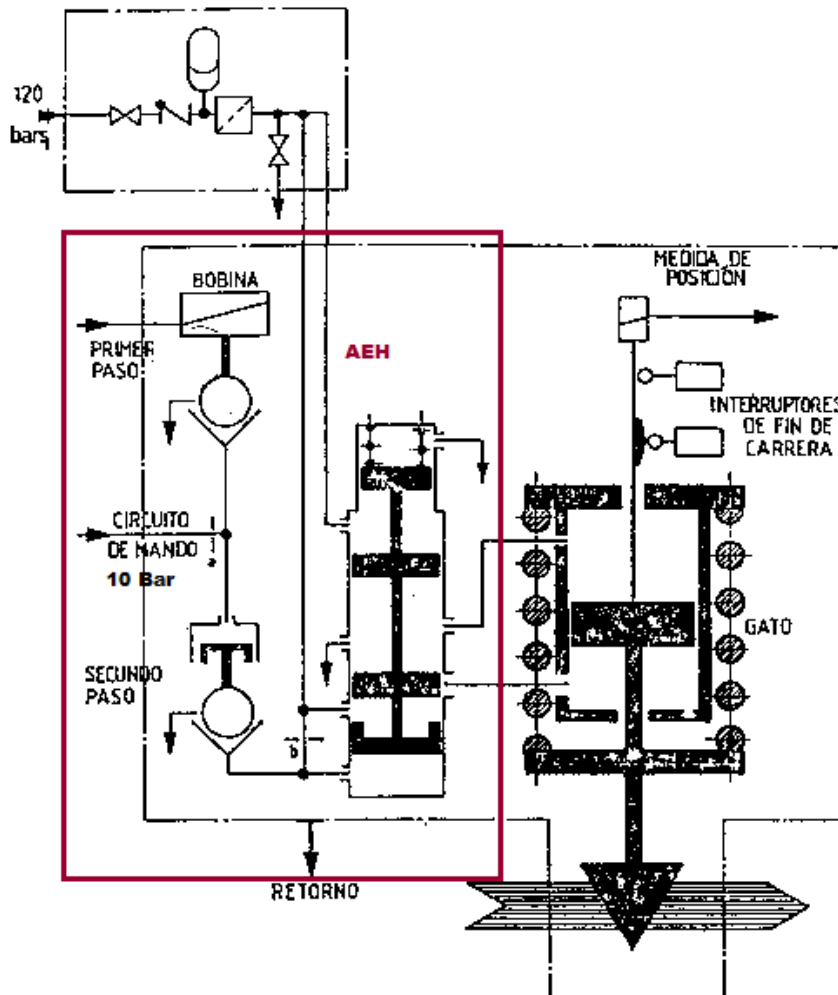
El Proveedor debe integrar en un servidor dedicado la plataforma en software y hardware con capacidad de adquisición de datos proveniente de los sensores en turbina, con resolución adecuada que permita el análisis dinámico de los transitorios mediante diagramas polares, de Nyquist, Bode y de espectros, entre otros, del comportamiento dinámico del turbogenerador, con capacidad de graficas de tendencias y de registro histórico, emisión de reportes, representación gráfica de valores y alarmas en pantallas del operador de la unidad y conexión a la intranet de Comisión para compartir la información con otros niveles jerárquicos de CFE, información necesaria para el análisis de fallas y para la alineación y balanceo del turbogenerador. Esto incluye la integración de los sistemas supervisorios de las unidades 1 y 2, realizando lo necesario para su conexión y comunicación

## 6 AMPLIFICADOR ELECTROHIDRAULICO

### 6.1 Amplificador Electrohidráulico (AEH) de las válvulas de regulación

Actualmente, cada servomotor se opera por un AEH que es la interface entre el regulador (que recibe corriente de 0 a +500 mA que manipula aceite de 10 Bar), enviando una presión proporcional al amplificador hidráulico que manipula aceite a 120 Bar para posicionar el pistón actuador de la válvula de regulación.

La regulación de posición del servomotor tiene un lazo proporcional integral y derivativo, realizado por el regulador electrónico entre la posición del gato del servomotor y la corriente de mando de la bobina.



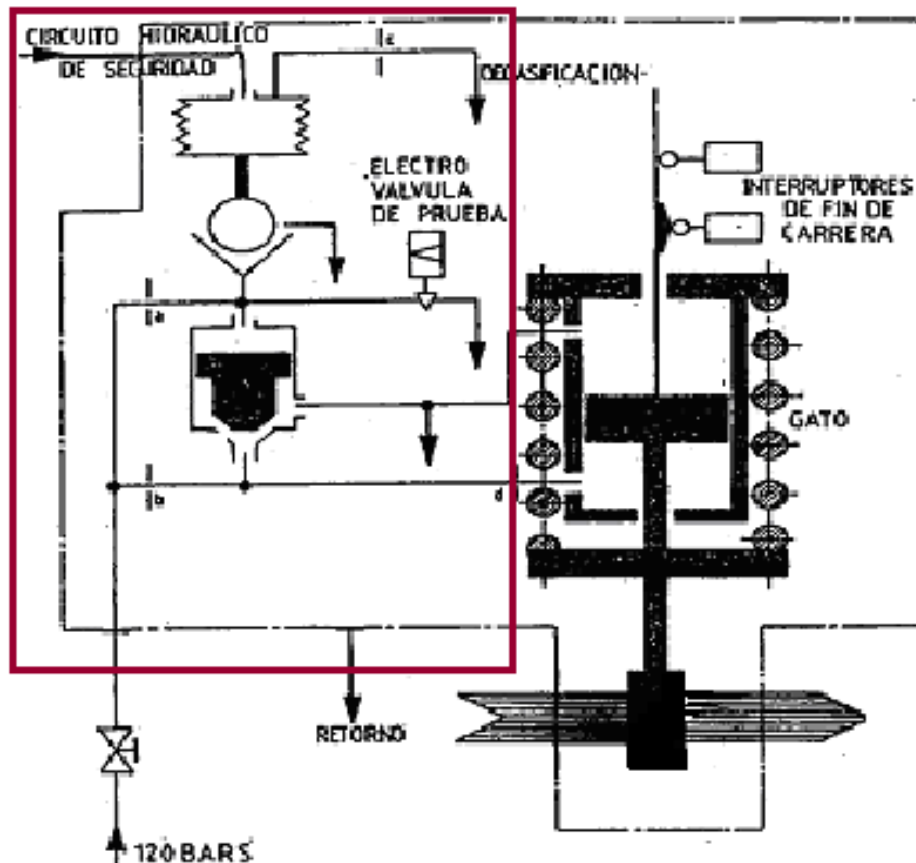
El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL desarrollará la ingeniería para la sustitución de los AEH's de regulación de las válvulas de gobierno e interceptoras originales, misma que será objeto de evaluación por esta Comisión. El diseño deberá contemplar el uso de servoválvulas de alta presión y los medios de operación en paros de emergencia y rechazos de carga (función fast valving), así mismo deberán de



establecerse los medios para que al existir alguna falla o requerimiento en la servoválvula, esta pueda ser puesta fuera de servicio, aislándola del sistema hidráulico para su intervención aunque la unidad se encuentre en línea. En términos generales deberá de cumplir con las condiciones de velocidad de respuesta de apertura cierre como mínimo de las originales, así como del posicionamiento de acuerdo a la demanda del sistema de control, las pruebas de respuesta en rampa y de escalón se efectuarán de acuerdo a los procedimientos establecidos para este propósito y que son avalados por el LAPEM. El alcance del suministro incluye los planos, fabricación y/o suministro de equipo y accesorios, refaccionamiento, montaje y puesta en servicio de los mismos

## 6.2 Amplificador Electrohidráulico de las válvulas de paro no reguladas.

Actualmente la apertura de estas válvulas es llevada a cabo por restablecimiento del aceite de seguridades el cual se incrementa hasta 10 Bar, acción que se lleva a cabo en el restablecimiento de turbina, de tal manera que al perderse esta presión las válvulas se cierran inmediatamente. La prueba de cierre/apertura de las válvulas de paro se efectúan por medio de una válvula solenoide de tipo doble bobina de 24 VCD comandada desde el sistema de control en la función de prueba de válvulas.



El Proveedor del SISTEMA INTEGRAL desarrollará la ingeniería de diseño para la sustitución de los AEH's de paro originales, misma que será objeto de evaluación por esta Comisión. En términos generales deberá de cumplir con las condiciones de velocidad de respuesta de apertura cierre como mínimo de las originales y conservar el objeto de su función que es obtener un cierre seguro en la operación de paros de emergencia provenientes del sistema de protección del Turbogruppo. El alcance del suministro incluye los planos, fabricación y/o suministro de equipo y accesorios, refaccionamiento, montaje y puesta en servicio de los mismos.

## 7 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 2	
Mediciones del nuevo Supervisorio de Turbina (TSI) para Unidades 3, 4, 5 Y 6.....	17
Tabla No. 3	
Mediciones de temperatura del nuevo Supervisorio de Turbina (TSI) para Unidades 3, 4, 5 y 6.....	19