

# COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD



## REGULADOR DE VELOCIDAD ELECTROHIDRÁULICO CON CONTROL DIGITAL PROGRAMABLE PARA TURBINAS DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

ESPECIFICACIÓN  
CFE GA4L0-56

FEBRERO 2000

MÉXICO

## P R E F A C I O

Esta **especificación** ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE. La propuesta inicial fue preparada por la **Gerencia de LAPEM**.

Revisaron y aprobaron la presente **especificación** las áreas siguientes:

### COORDINACIÓN DE PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

#### GERENCIA DE LAPEM

#### SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de **LAPEM**, cuyo Departamento de Normalización coordinará la revisión.

Esta **especificación** revisa y sustituye a todas las relacionadas con regulador de velocidad electrohídrico con control digital programable para turbinas de centrales termoeléctricas que se hayan publicado dentro del campo de aplicación de la presente.

**AUTORIZO:**



**DR. RAÚL FUENTES SAMANIEGO**  
**SUBDIRECTOR TÉCNICO**

NOTA: Entran en vigor a partir de: **000228**

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN _____	1
2	NORMAS QUE SE APLICAN _____	1
3	DEFINICIONES _____	2
3.1	Mecanismo de Control _____	2
3.2	Válvulas de Control _____	3
3.3	Válvulas de Paro o Estrangulamiento _____	3
3.4	Intervalo de Sincronización _____	3
3.5	Controlador de Carga _____	3
3.6	Controlador de Velocidad _____	3
3.7	Sistema de Control de Velocidad / Carga _____	3
3.8	Ajuste de Referencia de Velocidad / Carga _____	3
3.9	Limitador de Posición de Válvula (Limitador de Carga) _____	3
3.10	Banda Muerta del Sistema de Control de Velocidad _____	3
3.11	Estatismo Permanente _____	4
3.12	Plan de Control de Calidad (PCC) _____	4
4	ALCANCE DEL SUMINISTRO _____	4
4.1	Suministro Incluido _____	5
4.2	Suministro Opcional _____	6
5	REQUISITOS DEL SISTEMA _____	6
5.1	Regulador de Velocidad con Controlador Electrónico Digital Programable PID _____	6
5.2	Controlador Electrónico de Respaldo Automático _____	7
5.3	Interfaz Humano - Máquina (Estación de Operación) _____	7
5.4	Tablero de Emergencia _____	9
5.5	Equipo Portátil y Programas para Diagnóstico, Pruebas, Simulación, Mantenimiento y Configuración _____	9
5.6	Convertidores Electrohidráulicos _____	10
5.7	Programas para Ejecución y Aplicación, con sus Licencias ("Software") _____	10

5.8	Dispositivos de Medición de las Variables Requeridas para la Supervisión, Control, Protección y Pruebas _____	10
5.9	Gabinetes para los Módulos Electrónicos y Accesorios Requeridos _____	10
5.10	Sistema de Fuentes de Alimentación con Redundancia _____	11
5.11	Requisitos de Diseño Digital _____	11
5.12	Protección por Sobrevelocidad _____	13
5.13	Requerimientos Eléctricos _____	13
5.14	Componentes y Materiales Requeridos en las Etapas de Montaje, Puesta en Servicio y Pruebas de Aceptación _____	14
5.15	Sistema de Potencia Hidráulica _____	14
5.16	Sistema de Protección Contra Incendio _____	15
5.17	Recubrimientos Anticorrosivos, Pinturas y Acabados _____	15
5.18	Empaque y Previsiones para Embarque, Transporte y Almacenamiento de Equipo y Materiales _____	15
6	<b>CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES</b> _____	15
6.1	Limitador de Carga _____	15
6.2	Lógica de Control y Protección _____	17
6.3	Equipos para Medición y Control de Velocidad _____	17
6.4	Estabilidad _____	17
6.5	Condiciones Estables _____	17
6.6	Rechazos de Carga _____	17
6.7	Estatismo Permanente _____	17
6.8	Banda Muerta _____	18
6.9	Tiempo Muerto _____	18
6.10	Intervalo de Sincronización _____	18
6.11	Controlador Principal Velocidad / Carga _____	18
6.12	Regulador de Presión Inicial _____	18
6.13	Limitador por Vacío _____	18
6.14	Protecciones por Aceleración _____	18

6.15	Prueba de Libertad de Vástagos _____	18
6.16	Ganancias _____	19
7	<b>CONTROL DE CALIDAD</b> _____	19
7.1	Pruebas en Fábrica _____	19
7.2	Pruebas en Campo _____	25
8	<b>PARTES DE REPUESTO Y HERRAMIENTAS ESPECIALES</b> _____	25
8.1	Partes de Repuesto Requeridas por la Comisión _____	25
8.2	Partes de Repuesto Recomendadas _____	26
8.3	Herramientas Especiales _____	27
9	<b>INFORMACIÓN REQUERIDA</b> _____	27
9.1	Información entre Fabricantes _____	27
9.2	Información Requerida en la Propuesta _____	27
9.3	Información Requerida Después de Colocar el Contrato _____	27
10	<b>MONTAJE, SUPERVISIÓN DE MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO</b> _____	29
11	<b>CAPACITACIÓN</b> _____	29
12	<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PENALIZACIÓN</b> _____	29
13	<b>CUESTIONARIO</b> _____	30
13.1	Experiencia _____	30
13.2	Garantías _____	31
13.3	Características del Equipo _____	31
13.4	Tiempos de Entrega de la Información Requerida Después de Colocar el Contrato _____	33
14	<b>RESPONSABILIDADES</b> _____	34
15	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> _____	35
TABLA 1	Plan típico de calidad de fabricación _____	24
DIAGRAMA 1	Típico del sistema de control electrohidráulico de turbinas de vapor _____	16
GRÁFICA 1	Curva de estatismo _____	4

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Definir las características mínimas que debe cumplir el regulador de velocidad electrohidráulico con control digital programable para turbinas de centrales termoeléctricas que adquiere la Comisión.

**2 NORMAS QUE SE APLICAN**

CFE D2100-18-1996	Aceites Lubricantes para Turbinas.
CFE D8500-01-1999	Guía para la Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02-1999	Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-03-1998	Recubrimientos Anticorrosivos y Pinturas para Centrales Termoeléctricas.
CFE E0000-20-1997	Cables Control.
CFE E0000-25-1991	Conductores con Aislamiento y Cubierta Termofijos Libres de Halógenos para Instalaciones Hasta 600 V, 90 °C.
CFE L0000-11-1988	Empaque, Embarque, Recepción, Manejo y Almacenamiento de Bienes Adquiridos por CFE.
CFE L0000-15-1992	Código de Colores.
CFE L0000-32-1989	Manuales Técnicos.
CFE MPSR0-02-1997	Prueba de Comportamiento del Sistema de Control de Velocidad y Carga Tipo Electrohidráulico en Centrales Termoeléctricas.
CFE MPSE0-35-1998	Pruebas a Sistemas o Redes de Tierra en Centrales y Subestaciones Eléctricas.
CFE XF000-05-1999	Recipientes a Presión y Atmosféricos no Sujetos a Fuego Directo.
CFE XXA00-29-1998	Sistemas de Protección Contra Incendio a Base de Espuma en Centrales Termoeléctricas.
NMX-J-075/1-ANCE-1994	Máquinas Rotatorias - Motores de Inducción de Corriente Alterna del Tipo Rotor en Corto Circuito, en Potencias de 0,062 a 373 kW Especificaciones.
NMX-J-235-1997	Gabinetes para Equipos Eléctricos de Control y Distribución.
NOM-008-SCFI-1993	Sistema General de Unidades de Medida.

NOM-011-STPS-1993	Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo Donde se Genere Ruido.
NOM-080-STPS-1993	Higiene Industrial - Medio Ambiente Laboral - Determinación del Nivel Sonoro Continuo Equivalente al que se Exponen los Trabajadores en los Centros de Trabajo.
NOM-122-STPS-1996	Condiciones de Seguridad e Higiene para el Funcionamiento de los Recipientes Sujetos a Presión y Generadores de Vapor o Calderas que Operen en los Centros de Trabajo.
IEC 60068-2-1-1990	Environmental Testing - Part 2: Tests. Test A: Cold.
IEC 60068-2-2-1974	Basic Environmental Testing Procedures - Part 2: Tests - Test B: Dry Heat.
IEC 60068-2-6-1995	Environmental Testing - Part 2: Tests. Test Fc: Vibration (Sinusoidal).
IEC 60068-2-30-1980	Basic Environmental Testig Procedures - Part 2: Tests - Test Db and guidance: Damp Heat, Cyclic (12+ 12- Hour Cycle).
IEC 61000-4-2-1995	Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques - Section 2: Electrostatic Discharge Immunity Test. Basic EMC Publication.
IEC-61000-4-3-1995	Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques - Section 3: Radiated, Radio - Frecuency, Electromagnetic Field Immunity Test.
IEC-61000-4-4-1995	Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques - Section 4: Electrical Fast -Transient/burst Immunity Test. Basic EMC Publication.
ISO 2372-1974	Mechanical Vibration of Machines with Operating Speeds from 10 to 200 Revs/s Basis for Specifying Evaluation Standards.

**NOTA:** En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en la fecha de apertura de las propuestas de la licitación, salvo que la Comisión indique otra cosa.

**3 DEFINICIONES**

**3.1 Mecanismo de Control**

El mecanismo de control es el conjunto de sistemas, dispositivos y mecanismos entre un controlador y los elementos de admisión de vapor a la turbina.

**3.2 Válvulas de Control**

Son aquellos dispositivos que controlan la entrada del vapor a la turbina y son actuadas por un controlador a través del mecanismo de control.

**3.3 Válvulas de Paro o de Estrangulamiento**

Son aquellas válvulas que normalmente proveen interrupción rápida de la entrada de vapor a la turbina. Las válvulas de estrangulamiento son algunas veces utilizadas para control de la velocidad durante el arranque.

**3.4 Intervalo de Sincronización**

Es el intervalo de velocidad dentro del cual el generador puede ser sincronizado a la red eléctrica.

**3.5 Controlador de Carga**

El controlador de carga es el conjunto de componentes y elementos de control que son responsables de la salida de energía eléctrica y la referencia de carga, que provee una señal de entrada al mecanismo de control con el propósito de controlar la carga.

**3.6 Controlador de Velocidad**

El controlador de velocidad es el conjunto de componentes y elementos de control que son responsables de la velocidad y la referencia de velocidad, que suministra una señal de entrada al mecanismo de control con el propósito de controlar la velocidad.

**3.7 Sistema de Control de Velocidad / Carga**

Combinación de dispositivos y mecanismos que controlan la velocidad y la carga de un generador eléctrico movido por una turbina de vapor. Este sistema incluye los elementos sensores de velocidad y carga, elementos de referencia, controlador(es), mecanismo(s) de control, válvulas de control, sistema de suministro de presión hidráulica y servomotor(es) controlador(es) de la turbina.

**3.8 Ajuste de Referencia de Velocidad / Carga**

Es el dispositivo por medio del cual la referencia del sistema de control puede ser ajustada para cambiar la velocidad o la carga de la turbina mientras que la turbina está en operación.

**3.9 Limitador de Posición de Válvula (Limitador de Carga)**

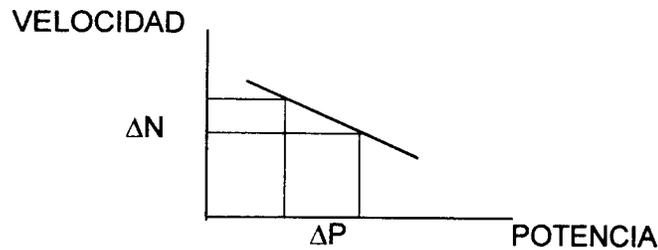
Es el dispositivo responsable de evitar que la(s) válvula(s) de control de la turbina, sobrepase una posición de apertura mas allá de su valor de ajuste.

**3.10 Banda Muerta del Sistema de Control de Velocidad**

Es la banda entre dos valores de la velocidad de la turbina dentro de la cual el sistema de control no genera acción reguladora. La señal de mando se supone constante.

### 3.11 Estatismo Permanente

Es la razón del cambio de velocidad con respecto al cambio de potencia expresado en por ciento. El estatismo permanente está basado en la velocidad de régimen para cada punto de la potencia, véase gráfica 1.



$$|Bp| = \frac{\left(\frac{\Delta N}{N_n}\right)}{\left(\frac{\Delta P}{P_n}\right)} \cdot 100$$

Donde:

|Bp| = Estatismo Permanente  
 ΔN= Diferencia de Velocidad  
 ΔP= Diferencia de Potencia  
 Nn= Velocidad Nominal  
 Pn= Potencia Nominal

**GRÁFICA 1 - Curva de estatismo**

**NOTA:** La curva de velocidad contra potencia debe ser caracterizada sobre el intervalo completo desde potencia cero hasta potencia máxima.

### 3.12 Plan de Control de Calidad (PCC)

Es un documento que define los controles de calidad del proceso de fabricación y las normas que indican los métodos de prueba y criterios de aceptación.

## 4 ALCANCE DEL SUMINISTRO

El alcance del suministro incluye el diseño, fabricación, transporte, montaje, supervisión de montaje, capacitación, pruebas y puesta en servicio del regulador de velocidad con control digital programable completo, "software" y "hardware", con los elementos para detección de la velocidad, y todas las partes y accesorios requeridos para controlar la velocidad y carga de la unidad generadora donde será instalado, así como lo indicado en esta especificación en forma descriptiva pero no limitativa.

**4.1 Suministro Incluido**

- a) Regulador de velocidad cuyas funciones son realizadas por un controlador electrónico digital programable, tipo proporcional, integral y derivativo.
- b) Controlador electrónico de respaldo automático.
- c) Actuadores y convertidores electrohidráulicos.
- d) Interfaz humano-máquina remota.
- e) Programas para ejecución y aplicación con sus licencias ("software").
- f) Dispositivos de medición de las variables requeridas para la supervisión, control, protección y pruebas.
- g) Gabinetes para alojar los módulos electrónicos y accesorios requeridos.
- h) Sistema de fuentes de alimentación con redundancia.
- i) Puertos de comunicación con protocolos compatibles con equipos externos.
- j) Funciones de autodiagnóstico en línea de cualquier falla inclusive a nivel de tarjetas electrónicas.
- k) Protección de sobrevelocidad.
- l) Equipo portátil y programas para diagnóstico, pruebas, simulación, mantenimiento y configuración orientada por objetos con licencia de ejecución y desarrollo.
- m) Cables de control y de fuerza.
- n) Sistema de tierras para equipo de instrumentación y control.
- o) Componentes y materiales requeridos en las etapas de montaje, puesta en servicio y pruebas de aceptación.
- p) Materiales para interconexión con otros equipos.
- q) Unidad de potencia hidráulica para control y protección.
- r) Motores eléctricos, arrancadores y gabinetes para equipo eléctrico.
- s) Sistema contra incendio.
- t) Partes de repuesto y herramientas especiales.
- u) Recubrimientos anticorrosivos, pinturas y acabados.
- v) Empaque y previsiones para embarque, transporte y almacenamiento de equipo y materiales.

#### **4.2 Suministro Opcional**

A continuación se indican los conceptos que integran el suministro opcional, los cuales deben cotizarse obligatoriamente, por separado y en forma unitaria:

- a) Tablero de emergencia.
- b) Partes de repuesto recomendadas por el fabricante.
- c) Equipo y herramientas no especiales.

### **5 REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los reguladores suministrados bajo esta especificación deben sensor la velocidad de giro y la carga del generador eléctrico, procesarlas digitalmente y generar señal(es) de control para regular la velocidad y la carga de la turbina de vapor, de acuerdo a los requerimientos de esta especificación y del fabricante de la turbina.

#### **5.1 Regulador de Velocidad con Controlador Electrónico Digital Programable PID**

El regulador de velocidad debe ser capaz de operar los servomotores de la turbina de manera que la respuesta de la velocidad en eventos transitorios sea aceptable en tiempo y forma, tener características de operación estables y exactas, de gran sensibilidad y pronta respuesta mismos que deben ser verificados de acuerdo al procedimiento CFE MPSR0-02 y en apego a esta especificación.

Deben proveerse 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 y para propósitos de prueba a la velocidad de disparo por sobrevelocidad. Adicionalmente debe estar previsto que estos medios y elementos no interfieran con las acciones de gobierno en operación con carga.

Deben incorporarse medios de limitación de velocidad que eviten que esta llegue a valores peligrosos en cualquier evento.

El sistema de control debe ser diseñado para operar la turbina en los modos automático y manual. La transferencia de un modo a otro debe hacerse sin provocar disturbios. Las protecciones deben permanecer en servicio en cualquier modo de operación.

En los diferentes modos de operación, debe 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 %, cuando la unidad generadora es operada aisladamente o en paralelo con otros generadores.

Al realizarse la sincronización, el regulador de velocidad, debe llevar automáticamente a la unidad generadora a operar al régimen de carga mínimo previamente establecido, con el fin de evitar la operación del generador en condición de potencia inversa, previéndose la forma de deshabilitar esta demanda mínima de carga, con fines de prueba de la protección por potencia inversa.

El regulador de velocidad contiene de manera indicativa pero no limitativa, lo siguiente:

- a) Sistema de control de velocidad que incluye:
  - control de velocidad,
  - control de aceleración.

- 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 pérdida de vacío,
  - limitación de carga por comandos externos.
- c)** Otros:
  - disparo y restablecimiento,
  - modos de operación (manual y automático),
  - control para la transferencia de válvulas,
  - pruebas,
  - protecciones.

El proveedor puede proponer adicionalmente otras funciones y modos de operación que incrementen la eficiencia y permitan arranques rápidos y seguros, incluyendo para ello en su propuesta técnica, una descripción clara y completa de los mismos.

El regulador debe poder comunicarse con el autómatas principal de la unidad, por medio de los puertos de comunicación, con el protocolo adecuado y compatible con el equipo existente.

**5.2 Controlador Electrónico de Respaldo Automático**

Debe tener un controlador electrónico de respaldo con características iguales al descrito en el inciso anterior, donde a la falla del controlador principal, se transfieran automáticamente todas las funciones al de respaldo, sin alterar la operación de la turbina.

**5.3 Interfaz Humano - Máquina (Estación de Operación)**

**5.3.1 Computadora**

La interfaz humano - máquina debe tener las siguientes características:

- a)** Gabinete tipo escritorio o minitorre.
- b)** Monitor de 533,4 mm.
- c)** Microprocesador de 450 MHz o superior.
- d)** Memoria RAM de 64 MB o mayor.

- e) Memoria de video de 8 MB o superior.
- f) Disco duro de 10 GB o mayor.
- g) Teclado de 114 letras en español.
- h) Unidad de disco flexible de 88,9 mm de 1,44 MB integrado.
- i) Adaptador de tarjeta de red que incluya conector para cable coaxial, UTP puerto AUI.
- j) Unidad de CD-ROM reproductora y grabadora de velocidad 32X soportando: CD ROM/XA, video CD y audio CD.
- k) Modem ITU-T (CCITT) V.23.
- l) Transreceptor RS-232/RS-485.
- m) "Mouse" de tres botones.
- n) Dos puertos serie RS-232.
- o) Un puerto paralelo.
- p) Sistema operativo "windows", versión actualizada.
- q) Conjunto de protocolos TCP/IP.
- r) Sistema operativo "windows" versión actualizada.
- s) Programación orientada a objetos, zoom, ambiente de ventanas y menú.
- t) Conjunto de protocolos TCP/IP.
- u) Paquete de programas ("software") para configuración y mantenimiento del sistema.
- v) Paquetes de programas ("software") de aplicación del sistema de acuerdo al protocolo solicitado.
- w) Paquete de programas ("software") para monitoreo que incluya la supervisión de redes LAN y WAN.
- x) Paquete de programas ("software") para simulación.
- y) Paquete de programas ("software") para elaboración de informes técnicos.

**5.3.2 Impresora**

Impresora láser para eventos:

- a) Velocidad de impresión de 12 páginas/minuto o superior.
- b) Calidad de impresión 1200 X 1200 DPI.
- c) Memoria de 4 MB.

**5.3.3 Mobiliario**

- a) Escritorio tipo industrial para computadora.
- b) Mesa tipo industrial para impresora.
- c) Sillón ejecutivo ergonómico.

**5.4 Tablero de Emergencia**

Es el dispositivo de interconexión entre el humano y la máquina ("hardware"). Debe tener un monitor de tecnología LCD (pantalla de cristal líquido) a color y el teclado tipo membrana.

Las siguientes funciones como mínimo, deben estar habilitadas en el tablero de emergencia, para garantizar el paro de la turbina en condiciones seguras:

- a) Dos botones en serie con contactos para el disparo manual de la turbina.
- b) Indicador de velocidad.
- c) Indicador de carga real.
- d) Indicador de presión de aceite del regulador de velocidad.
- e) Estado de turbina restablecida/disparada.
- f) Conmutadores para arranque/paro de la unidad de potencia hidráulica.

**5.5 Equipo Portátil y Programas para Diagnóstico, Pruebas, Simulación, Mantenimiento y Configuración**

- a) Pantalla de 287 mm, tipo LCD a color de matriz activa SVGA.
- b) Microprocesador de 450 MHz o superior.
- c) Memoria RAM de 64 MB o mayor.
- d) Memoria de video de 8 MB en el bus PCI o superior.
- e) Disco duro de 10 GB o mayor.
- f) Teclado de 82 letras en español.
- g) Unidad de disco flexible de 88,9 mm, de 1,44 MB integrado, o de capacidad superior.
- h) Adaptador de tarjeta de red que incluya conector para cable coaxial, UTP puerto AUI.
- i) Unidad de CD-ROM de velocidad 32X soportando: CD ROM/XA, video CD y audio CD.
- j) Módem ITU-T (CCITT) V.23, externo.
- k) Transreceptor RS-232/RS-485.
- l) Sistema de sonido integrado, totalmente compatible con "sound blaster" y con el sistema de sonido de "windows". Incluye puertos de entrada/salida de sonido y un micrófono integrado.

- m) "Mouse" integrado de tres botones, o táctil.
- n) Dos (2) puertos serie RS-232.
- o) Un (1) puerto paralelo.
- p) Dos (2) ranuras PCMCIA, una tipo II y una tipo III.
- q) Batería con duración de 3 h de ión-litio.
- r) Adaptador para CA (120 V.C.A), incluyendo cargador de batería.
- s) Estuche de uso rudo para transportación.

**5.6 Convertidores Electrohidráulicos**

Estas servoválvulas deben ser autocontenidas y diseñadas de acuerdo a los últimos desarrollos comerciales del fabricante.

**5.7 Programas para Ejecución y Aplicación, con sus Licencias ("Software")**

Debe incluir todos aquellos programas necesarios para: configuración, modificación, ajuste, operación, información y mantenimiento, los cuales deben ejecutarse en sistemas operativos abiertos.

Se deben suministrar las licencias de uso de los programas que se proporcionan.

**5.8 Dispositivos de Medición de las Variables Requeridas para la Supervisión, Control, Protección y Pruebas**

El suministro incluye todos los elementos sensores, transductores, transmisores y acondicionadores, necesarios para medir las variables requeridas, los cuales deben cumplir con lo establecido con la norma NOM-008-SCFI.

**5.9 Gabinetes para los Módulos Electrónicos y Accesorios Requeridos**

El diseño del gabinete debe ser modular, con el equipo lógico arreglado en grupos funcionales claramente identificados.

Deben proporcionarse en cada gabinete placas de datos de tipo permanente y planos de identificación para localizar claramente los dispositivos funcionales individuales.

Los gabinetes deben ser de un solo ensamble, de construcción de acuerdo a la norma NMX-J-235, tipo 12 y ser auto-soportados. Todas las puertas, cajones, ménsulas y otras partes móviles que soporten masas deben ser construidas para prevenir ondulamientos o deformaciones. Los gabinetes deben tener frentes removibles y puertas en la parte posterior, las cuales deben ser capaces de abrirse un mínimo de 150 grados.

Los gabinetes deben tener amortiguadores de vibración que cumplan con los siguientes criterios:

$$k < (2\pi f)^2 m * 80 \%$$

$$c < 2 \sqrt{k/m} * 60 \%$$

Donde :

- m = masa soportada,
- k = rigidez,
- c = amortiguamiento,
- f = frecuencia predominante de la base.

Debe proporcionarse espacio para 20 % de expansión de los módulos lógicos y cableado asociado, con cada agrupación de módulos.

**5.10 Sistema de Fuentes de Alimentación con Redundancia**

El regulador de velocidad debe tener tres fuentes de alimentación, cada una con la capacidad suficiente para alimentar a la electrónica del mismo, dos de ellas alimentadas con corriente directa de fuentes diferentes y la tercera alimentada con corriente alterna.

La conmutación de las fuentes de alimentación debe hacerse en forma automática e instantánea evitando que el regulador de velocidad quede en algún momento sin energía y no se debe afectar la operación normal del mismo.

Debe contar con un sistema de auto verificación y señalización remota, que permita conocer el estado actual de las fuentes y cuál de ellas está en condición de falla.

Se deben suministrar contactos libres para alarma, en caso de falla de fuentes de alimentación y las indicaciones locales necesarias para identificar el bloque funcional fallado.

El proveedor debe suministrar la información completa del sistema de fuentes de alimentación propuesto, para aprobación por la Comisión.

**5.11 Requisitos de Diseño Digital**

El sistema de control digital debe tener un microprocesador, hacer cálculos de aritmética de punto flotante, tener memoria programable y en caso de falla de alimentación, las memorias no deben perder la información contenida, memoria permanente para almacenamiento del programa (tipo EEPROM o superior).

El tiempo del ciclo de ejecución del programa debe ser menor de 10 ms.

Los valores digitales y analógicos de los lazos de control deben ser accesibles desde el gabinete para módulos electrónicos donde esté alojado el equipo principal y en los buses de comunicación.

Todos los parámetros, ajustes y programas del sistema de control deben ser accesibles desde la interfaz humano-máquina y a través del equipo portátil de configuración en cualquier nodo de los buses de comunicación.

Todos estos requisitos de diseño deben ser demostrables bajo pruebas de aceptación.

Cuando se adquieran dos o más unidades del mismo proveedor, todos los componentes deben cumplir con el requisito de intercambiabilidad.

Las características del sistema de control deben ser:

Componentes electrónicos de estado sólido de especificaciones industriales, utilizando equipo basado en microprocesadores, para operar continuamente y en forma adecuada en condiciones ambientales de -10 a 55 ° C y humedad relativa de 10 a 95 % sin condensación.

Se establece como base para el diseño del regulador de velocidad, un sistema digital electrohidráulico, funcionalmente distribuido y físicamente centralizado en el cuarto de gabinetes del edificio de control.

Medición simple, para los circuitos que solo sean de supervisión.

Medición de velocidad con lógica 2 de 3 para las funciones de control y protección.

Todas las señales de entrada y salida deben ser optoacopladas y las salidas deben tener relés de interposición.

Para propósitos de mantenimiento debe permitir operar manualmente los elementos finales de control desde la interfase del operador, cuando el sistema automático está fuera de servicio o inhabilitado.

El sistema de control a suministrar, debe ser un desarrollo instalado aprobado en operación normal, en turbinas de capacidad similar, cuando menos durante dos años, y ser compatible con sistemas abiertos.

Todas las tarjetas electrónicas deben ser fabricadas aplicando protección anticorrosiva para condiciones severas. Las tarjetas deben estar fijadas a una barra de sujeción.

Las señales de entrada y salida de cada bloque funcional dentro de la parte electrónica del regulador de velocidad, deben ser alambradas a una clavija de prueba, accesible desde el frente del gabinete, para facilitar la medición del circuito. Estos puntos de prueba deben estar eléctricamente aislados, para evitar que el aterrizaje de una clavija cause cambios en la salida del circuito que se verifica. Las señales que se deben proporcionar como mínimo son:

- a) Velocidad de la turbina.
- b) Posición de válvulas de control.
- c) Posición de válvulas interceptoras.
- d) Posición de válvulas de corte.
- e) Posición de válvulas de estrangulamiento.
- f) Presión del aceite de control.
- g) Posición de válvulas especiales.
- h) Potencia eléctrica MW.

Estas señales deben ser acondicionadas para obtener mediciones analógicas de 4 a 20 mA y digitales.

El proveedor debe considerar todas las especificaciones originales de la turbina y del generador, para obtener una apropiada regulación de velocidad y carga.

Arquitectura dividida: La lógica de control en el cuarto de gabinetes y los dispositivos de mando e indicación en la sala de control serán a través de computadoras personales de uso industrial con procesadores actuales o sistema equivalente.

Módulos de interfaz (físicos o de programación) y accesorios para realizar las pruebas de simulación en campo.

El regulador de velocidad debe estar preparado para recibir señales externas provenientes de dispositivos para despachos de generación (control automático de generación), control coordinado de la unidad y otras que la Comisión requiera de acuerdo a las **Características Particulares**.

Los circuitos de control deben cumplir con la norma IEC 61000-4-3 referente a interferencias electromagnéticas, así como la IEC 61000-4-2 referente a inmunidad a descargas electrostáticas y la IEC 61000-4-4 referente a inmunidad a transitorios.

**5.11.1 Puertos de comunicación con protocolos compatibles con equipos externos**

Debe tener como mínimo dos puertos de comunicación uno tipo RS232 y otro tipo RS485, para enlazarse con el controlador principal de la unidad generadora. El protocolo debe ser compatible con el controlador principal de la unidad que se indica en las **Características Particulares**.

**5.11.2 Funciones de autodiagnóstico en línea, inclusive a nivel de tarjetas electrónicas**

Se debe suministrar un sistema de autodiagnóstico en línea y en todos los estados y modos de operación de la unidad, que permita reconocer y localizar rápidamente el origen y tipo de las fallas del sistema de control, elementos primarios de medición, así como de las tarjetas electrónicas.

No se acepta utilizar el sistema convencional de alarmas (panel de ventanas físicas) como elemento principal para las funciones de diagnóstico.

El proveedor debe listar en su propuesta técnica, todas las fallas que sean factibles de detectar por el sistema de autodiagnóstico.

A continuación se da una lista mínima de las alarmas requeridas:

- a) Contactos de control y protección del regulador.
- b) Falta de cumplimiento de un permisivo.
- c) Falta de tensión de alimentación.
- d) Falta de tensión de control.
- e) Falta de tensión en la lógica de protección.

Debe proveer señales de salida de estas alarmas hacia el sistema de control, automatización y adquisición de datos de la unidad generadora.

**5.12 Protección por Sobrevelocidad**

El proveedor debe proveer los puntos de direccionamiento para la conexión de las llegadas de los dispositivos de sobrevelocidad, proporcionados por el fabricante de la turbina, tanto del canal eléctrico como del mecánico.

El ajuste de la protección eléctrica debe ser programable al 110 %  $\pm$  1 % de la velocidad nominal.

**5.13 Requerimientos Eléctricos**

**5.13.1 Sistema de tierras para equipo de instrumentación y control**

El proveedor debe suministrar un sistema de tierras dedicado, que cumpla con los requerimientos de prueba del procedimiento CFE MPSE0-35.

**5.13.2 Materiales para interconexión con otros equipos**

El proveedor debe suministrar todos los cables, conectores, accesorios, convertidores de protocolo, transreceptores y todos los materiales para interconectar el regulador con otros equipos.

**5.13.3 Motores eléctricos, arrancadores y gabinetes para equipo eléctrico**

Los motores eléctricos, arrancadores y gabinetes que contienen el equipo eléctrico deben suministrarse de acuerdo a las normas NMX-J-075/1 y NMX-J-235, respectivamente.

**5.13.4 Cables de control y de fuerza**

**5.13.4.1 Cables de control**

El proveedor debe suministrar los cables de control para interconectar los propios elementos del regulador de velocidad, con el sistema de control integral de toda la unidad, incluido el sistema de adquisición de datos.

Estos cables deben de ser libres de halógenos, de baja emisión de humos y baja toxicidad.

Todos los cables de control que se conectan al regulador de velocidad deben ser blindados, prefabricados y de desconexión rápida, de acuerdo con la especificación CFE E0000-20.

**5.13.4.2 Cables de fuerza**

El proveedor debe suministrar los cables de fuerza necesarios para interconectar los diferentes equipos que componen el regulador de velocidad de acuerdo a la especificación CFE E0000-25. El suministro incluye arneses, acometidas, conectores, ductos, soportes y accesorios necesarios.

**5.14 Componentes y Materiales Requeridos en las Etapas de Montaje, Puesta en Servicio y Pruebas de Aceptación**

Este suministro incluye el aceite requerido para la unidad de potencia hidráulica, desde el primer llenado hasta su aceptación, el cual debe cumplir con lo establecido en la especificación CFE D2100-18. Así como los equipos necesarios para tratamiento y filtrado de este aceite y los materiales de consumo que se requieran para la etapa de montaje, puesta en servicio y pruebas de aceptación.

**5.15 Sistema de Potencia Hidráulica**

El regulador debe tomar la potencia de actuación sostenida y suficiente para controlar la posición de los servomotores del sistema hidráulico que en condiciones normales de operación garanticen su respuesta confiable y segura, tanto en transitorios como arranques o paros sucesivos de turbina.

Este sistema debe integrarse en una unidad de potencia hidráulica que incluya al menos el siguiente equipo:

- a) Bombas de 100 % de capacidad (al menos dos).
- b) Tanque colector de aceite.
- c) Tanque para contener el aceite a presión.
- d) Acumuladores de presión con nitrógeno.
- e) Enfriador(es) de aceite.
- f) Válvulas de control y de seguridad.
- g) Válvulas, solenoides, filtros, instrumentos y accesorios necesarios.
- h) Aceite y aditivos para la puesta en servicio y operación normal.
- i) Equipo y accesorios para acondicionamiento del aceite.
- j) Tubería, conectores y soportería necesaria.

**5.16 Sistema de Protección Contra Incendio**

El proveedor debe suministrar un sistema de detección y extinción contra incendio que se integre con los sistemas existentes en la unidad generadora, protegiendo los siguientes equipos:

- a) Unidad de potencia hidráulica.
- b) Gabinete del regulador electrónico de velocidad.
- c) Gabinete de equipo eléctrico (arrancadores y equipos auxiliares).

Este sistema debe cumplir con lo establecido en la especificación CFE XXA00-19.

**5.17 Recubrimientos Anticorrosivos, Pinturas y Acabados**

Se debe cumplir con las especificaciones CFE D8500-01, D8500-02, D8500-03 y L0000-15.

**5.18 Empaque y Previsiones para Embarque, Transporte y Almacenamiento de Equipo y Materiales**

Se debe cumplir con la especificación CFE L0000-11.

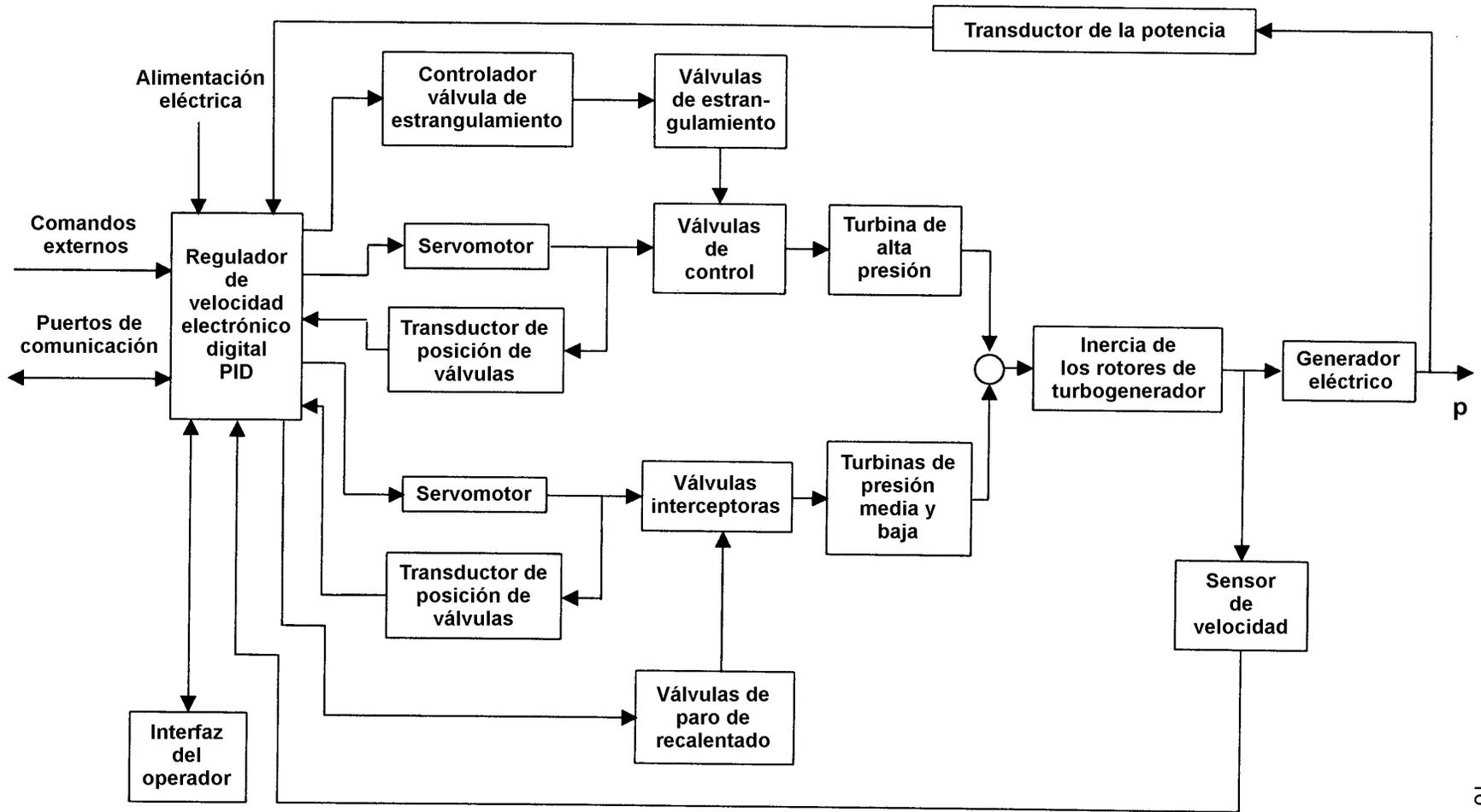
**6 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES**

Los reguladores suministrados bajo esta especificación deben sensor 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 regulador, y de ahí desarrollar una señal de control hidráulica de suficiente potencia para regular la admisión de vapor y controlar la respuesta de la turbina de acuerdo a los requerimientos de esta especificación. Véase diagrama 1.

**6.1 Limitador de Carga**

El regulador debe tener la facilidad para fijar de manera programable en la interfaz del operador, 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 debe ser habilitada o inhibida por medio de comandos en la interfaz del operador, en la cual se tendrá indicación de la condición existente.

DIAGRAMA 1 - Típico del sistema de control electrohidráulico de turbinas de vapor



**6.2 Lógica de Control y Protección**

El regulador debe ser capaz de interactuar con los elementos de control lógico 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 el generador eléctrico.

El proveedor puede implementar lo anterior utilizando desarrollos propios del fabricante, los cuales deben ser aprobados previamente por la Comisión.

**6.3 Equipos para Medición y Control de Velocidad**

El proveedor debe suministrar el equipo y los componentes necesarios para obtener la señal de velocidad con triple redundancia, cuyos sensores estén instalados alrededor de la flecha de la turbina, que entreguen una señal proporcional a la velocidad de la turbina. Su alcance y exactitud deben ser compatibles con los requerimientos de funcionamiento del controlador de velocidad, así como con las características de la turbina y el generador eléctrico. Debe sensar velocidades desde cero hasta velocidad de desboque.

No se aceptan dispositivos de tipo óptico, ni tampoco el empleo de señales provenientes de los transformadores de potencial del generador.

**6.4 Estabilidad**

El sistema de regulación debe 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.

**6.5 Condiciones Estables**

El índice de estabilidad (banda de valores en estado estacionario) de la velocidad para operación a velocidad de sincronismo sin carga y con carga debe ser menor de 0,07 % de la velocidad nominal, con el estatismo ajustado en 5 %.

**6.6 Rechazos de Carga**

Cuando la unidad está operando sincronizada a la red eléctrica, en condiciones nominales de vapor principal y la máxima potencia garantizada sea rechazada, la operación del regulador de velocidad debe evitar que la velocidad alcance el valor ajustado para disparo por sobrevelocidad y regrese la unidad a su velocidad nominal, en un tiempo determinado.

El regulador de velocidad debe ser capaz de reducir (amortiguar), las oscilaciones de velocidad inmediatas posteriores al primer sobrepaso de velocidad, de acuerdo a lo establecido en el procedimiento CFE MPSR0-02.

**6.7 Estatismo Permanente**

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

**6.8 Banda Muerta**

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

**6.9 Tiempo Muerto**

Para obtener respuesta de las válvulas de control de la turbina, el tiempo muerto del regulador debe ser menor de 0,1 segundos.

**6.10 Intervalo de Sincronización**

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

**6.11 Controlador Principal Velocidad / Carga**

El regulador debe tener la facilidad para fijar de manera programable en la interfaz del operador, 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 debe ser seleccionable en la interfaz del operador para los modos automático y manual, proporcionando indicación del modo seleccionado.

**6.12 Regulador de Presión Inicial**

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 debe limitar la admisión de vapor, con el propósito de evitar la condensación en los últimos pasos de la turbina.

**6.13 Limitador por Vacío**

Cuando la unidad está sincronizada a la red eléctrica, en condiciones nominales de vapor principal y el vacío del condensador decaiga hasta un valor preestablecido, la operación del limitador por vacío debe limitar la admisión de vapor, con el propósito de evitar la condensación y calentamiento en los últimos pasos de la turbina.

**6.14 Protecciones por Aceleración**

El regulador debe tener la capacidad de detectar durante un rechazo de carga, cuando la unidad esté operando entre el 5 y el 15 % de la potencia nominal, cuando la aceleración de la turbina es excesivamente alta y generar la señal de cierre hacia las válvulas de control, para prevenir una sobrevelocidad de la turbina.

El regulador debe tener la capacidad de detectar durante un rechazo de carga, cuando la unidad esté operando entre el 15 y el 40 % de la potencia nominal, cuando la aceleración de la turbina es excesivamente alta y generar la señal de cierre hacia las válvulas interceptoras, para prevenir una sobrevelocidad de la turbina.

El regulador debe 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, cuando la aceleración de la turbina es excesivamente alta y generar la señal de cierre hacia las válvulas de control e interceptoras, para prevenir una sobrevelocidad de la turbina.

**6.15 Prueba de Libertad de Vástagos**

El regulador debe permitir por medio de la interfaz de operación, efectuar prueba de libertad de vástagos de las válvulas de la turbina, abriéndolas y cerrándolas totalmente en condiciones preestablecidas.

**6.16 Ganancias**

Las acciones proporcional, integral y derivativa deben ser ajustables por medio de la estación de configuración en forma digital para satisfacer los requerimientos de la turbina, el generador y la red eléctrica.

Los cambios en las acciones ajustables serán transferidos en forma automática y sin provocar disturbios. Dichos cambios deben realizarse en las diferentes condiciones de operación de la unidad:

- a) Con turbina disparada.
- b) Turbina rodando (sin carga).
- c) Sincronizada a la red eléctrica.
- d) Sincronizada a un sistema aislado.

**7 CONTROL DE CALIDAD**

El proveedor debe entregar a la Comisión su propuesta técnica, el plan de control de calidad (PCC), el programa de fabricación y el programa de pruebas del regulador de velocidad.

De surgir la necesidad de reparaciones mayores a equipos o componentes durante su proceso de manufactura y pruebas en fábrica, estos equipos o componentes no serán aceptados por la Comisión.

Las pruebas subcontratadas por el proveedor deben ser realizadas por personal calificado y equipos que tengan certificados de calibración vigentes.

Las pruebas mínimas que la Comisión requiere sean realizadas por el licitante y de las cuales se reserva el derecho de atestiguar, se citan a continuación:

**7.1 Pruebas en Fábrica**

**7.1.1 Verificación del alcance del suministro**

Se verificará que el suministro está de acuerdo con lo ofrecido por el proveedor y que cumpla con las características enunciadas en el punto relacionado con el alcance del suministro y en lo que aplique al de suministros opcionales.

**7.1.2 Inspección visual**

Se verificarán las características físicas del equipo y se comprobará que incluye tecnología de punta, que sean componentes nuevos y que no tengan daños físicos en su estructura.

**7.1.3 Pruebas en fábrica, parte electrónica**

**7.1.3.1 Pruebas tecnológicas**

El proveedor debe evidenciar mediante certificados de laboratorios reconocidos, el cumplimiento de los siguientes parámetros, sin dañar, ni degradar al regulador de velocidad:

- soportar temperaturas ambientales en el intervalo de -10 °C a 55 °C durante 16 h de acuerdo a las normas IEC 60068-2-1 e IEC 60068-2-2,
- soportar cambios de temperaturas en el intervalo anterior, con humedad relativa de hasta el 95 % sin condensación de acuerdo a la norma IEC 60068-2-30,
- soportar vibración de aceleración hasta de 0,5 G de acuerdo a la norma IEC 60068-2-6,
- no crear interferencias electromagnéticas de intensidades mayores a 1 V/m /MHz de acuerdo a la norma IEC 61000-4-3,
- soportar radiaciones electromagnéticas hasta de 1 V/m/MHz de acuerdo a la norma IEC 61000-4-3,
- soportar transitorios rápidos de alta tensión de 4 a 8 kV con un tiempo de decaimiento de 10 a 50 ms según de acuerdo a la norma IEC 61000-4-4,
- soportar una onda oscilatoria de frecuencia de 1 MHz a 1,5 MHz con una intensidad de 2,5 kV a 3,0 kV (véase referencia 1 del capítulo 15),
- debe soportar 10 descargas electrostáticas de 15 kV de acuerdo a la norma IEC-61000-4-2.

**7.1.3.2 Pruebas funcionales**

**a) Características del procesador.**

- capacidad de hacer cálculos,
- verificación de las memorias NVRAM y EEPROM,
- velocidad de procesamiento.

**b) Diagnósticos y autodiagnósticos.**

**c) Protecciones por fallas en fuentes de alimentación.**

**d) Variaciones de tensión en fuentes de alimentación.**

**e) Consumo en fuentes de alimentación.**

**f) Entradas digitales.**

**g) Entradas analógicas.**

- verificación de la exactitud en entradas analógicas que sea menor o igual a 0,02 %.

**h) Salidas digitales.**

**i) Salidas analógicas.**

- verificación de la exactitud en salidas analógicas que sea menor o igual a 0,02 %.

- j) Alarmas.
  - verificación de las condiciones anormales del regulador de velocidad y del proceso.
- k) Pruebas de cambio de milenio.
  - verificación de cambio de milenio,
  - verificación cambios de horario de verano al de invierno y viceversa,
  - verificación de día bisiestro durante el siguiente milenio,
  - verificación de cambios del año durante el siguiente milenio.
- l) Funciones de la interfaz humano-máquina (de operación).
  - comando de operación manual y automática,
  - comando de incremento/decremento de carga,
  - comando de incremento/decremento de velocidad,
  - paro de emergencia,
  - indicación de velocidad,
  - indicación de carga real,
  - indicación de carga demandada,
  - indicación de presión de aceite del regulador de velocidad,
  - indicación de nivel de aceite del tanque de presión,
  - indicación de posición de válvulas,
  - ajuste de velocidad,
  - ajuste del limitador de carga,
  - ajuste de carga,
  - estado de turbina restablecida/disparada,
  - estado de falla del sistema de control,
  - comando de prueba de sobrevelocidad,
  - comando de prueba de válvulas,
  - comando de prueba de bombas ,
  - indicación de estado de los parámetros:
    - máquina en vacío,

- máquina sincronizada en red interconectada,
- máquina sincronizada aislada,
- máquina limitada.

**m)** Verificación del controlador electrónico de respaldo automático:

Debe verificarse que el controlador de respaldo (en reserva) tiene características iguales que el controlador principal (en operación), verificando las funciones indicadas en el punto anterior.

Deben simularse fallas en el controlador principal para verificar que conmuta automáticamente al controlador de respaldo y para regresar a la condición inicial de la prueba.

**n)** Equipo portátil y programas de aplicación.

**n1)** Verificación de las características del equipo portátil:

- pantalla de 287 mm, tipo LCD a color de matriz activa SVGA,
- microprocesador de 450 MHz o superior,
- memoria RAM de 64 MB o mayor,
- memoria de video de 8 MB en el bus PCI o superior,
- disco duro de 10 GB o mayor,
- teclado de 82 letras en español,
- unidad de disco flexible de 88,9 mm de 1,44 MB integrado, o de capacidad superior,
- adaptador de tarjeta de red que incluya conector para cable coaxial, UTP puerto AUI,
- unidad de CD-ROM de velocidad 32X soportando: CD ROM/XA, video CD y audio CD,
- módem ITU-T (CCITT) V.23, externo,
- transreceptor RS-232/RS-485,
- sistema de sonido integrado, totalmente compatible con "sound blaster" y con el sistema de sonido de "windows". Incluye puertos de entrada/salida de sonido y un micrófono integrado,
- "mouse" integrado de tres botones, o táctil,
- dos (2) puertos serie RS-232,
- un (1) puerto paralelo,
- dos (2) ranuras PCMCIA, una tipo II y una tipo III,
- batería con duración de 3 h de níquel ión-litio,
- adaptador para CA (120 VCA), incluyendo cargador de batería,
- estuche de uso rudo para transportación.

**n2)** Verificación de los programas de aplicación:

- sistema operativo "windows" versión actualizada,
- programación orientada a objetos, "zoom", ambiente de ventanas y menú,
- conjunto de protocolos TCP/IP,
- paquete de programas ("software") para configuración y mantenimiento del sistema,
- paquetes de programas ("software") de aplicación del sistema de acuerdo al protocolo solicitado,
- paquete de programas ("software") para monitoreo que incluya la supervisión de redes LAN y WAN,
- paquete de programas ("software") para simulación,
- paquete de programas ("software") para elaboración de informes técnicos.

**n3)** Verificación de licencias de uso de los paquetes de programas ("software") incluidos.

**n4)** Funciones a través de equipo portátil de configuración.

Debe efectuar todas las funciones existentes en la interfase humano - máquina, además de las necesarias para configurar, mantener, simular y diagnosticar cualquier condición del sistema.

**n5)** Verificación de características de comunicación:

- puertos de comunicación,
- protocolos de comunicación,
- medios de comunicación.

**7.1.3.3 Verificación de documentación**

Se debe cumplir con la especificación CFE L0000-32.

El proveedor debe asegurar por escrito que no se afectarán las funciones de los equipos y componentes que operen con microprocesadores, debido al cambio de milenio.

**7.1.4 Pruebas en fábrica, parte mecánica**

**7.1.4.1 El plan de control de calidad debe cumplir como mínimo lo siguiente**

- los Acumuladores de presión gas/aceite, deben cumplir con la especificación CFE XF000-05 y con la NOM-122-STPS,
- los motores eléctricos deben cumplir con la norma NMX-J-075/1,
- los demás componentes deben cumplir con lo indicado en la tabla 1 siguiente:

TABLA 1 - Plan típico de calidad de fabricación

Componente	Sub-componente conjunto	Control o prueba						
		Material	T. T.	END nota 1	P.H. nota 2	Vibración y balanceo nota 3	Nivel de ruido nota 4	Prueba de comportamiento
Bombas de potencia hidráulica	Carcasa	C	Relv.	MT	--	--	--	--
	Engranajes/impulsores	C	End. Sup.	PT	--	--	--	--
	Flechas	C	Temp. y Rev.	UT	--	--	--	--
	Chumaceras	C	--	PT	--	--	--	--
	Sello mecánico	C	--	PT	--	--	--	--
	Conjunto bomba-motor	--	--	--	R véase ref. 2 del cap. 15	R (ISO 2372)	R (NOM)	R véase ref. 2 del cap. 15
Cambiador de calor		C	--	PT	R	--	--	--
Tubería y accesorios		C	--	--	--	--	--	--
Soldaduras		C	Relv.	RT, PT	R véase ref. 3 del cap. 15	--	--	--
Válvulas manuales	Asientos	C	--	--	--	--	--	--
	Válvula completa		--	--	R	--	--	--

**Nomenclatura :**

TT	Tratamiento térmico	C	Certificado
END	Ensayos No Destructivos	R	Reporte
UT	Ultrasonido	PH	Prueba Hidrostática
RT	Radiografiado	Temp	Templado
PT	Líquidos Penetrantes	Rev	Revenido
MT	Partículas Magnéticas	Relv	Relevado de esfuerzos
		End. Sup.	Endurecido Superficial

**NOTAS:**

1. END de acuerdo con la referencia 3 del capítulo 15.
2. La prueba hidrostática debe realizarse a 1,5 veces la presión de diseño por un tiempo menor a 3 min y a la presión de diseño por el tiempo que sea necesario para inspeccionar.
3. De acuerdo con ISO 2372.
4. De acuerdo con NOM-011-STPS y NOM-080-STPS.

**7.1.5 Pruebas de simulación en fábrica**

Las pruebas de simulación lógica y analógica en fábrica se deben efectuar con todos los componentes del regulador de velocidad en operación, con cargas ficticias como servomotores y con lazos de retroalimentación de acuerdo a los modelos de la turbina y el generador, con la finalidad de verificar la funcionalidad del regulador de velocidad.

**7.2 Pruebas en Campo**

Las pruebas en campo se deben efectuar en conjunto entre la Comisión y el proveedor, bajo la responsabilidad de este último, con la finalidad de demostrar que el equipo cumple con las especificaciones, que está apropiadamente instalado, ajustado y verificado, de acuerdo al procedimiento CFE MPSR0-02. Cualquier falla que surja durante las pruebas, debe ser inmediatamente reportada por escrito a Comisión, el proveedor debe proponer la mejor solución para ser evaluada y en su caso autorizada por la Comisión y sin costo para la misma.

El proveedor debe proporcionar todos los instrumentos, equipos, programas ("software"), conexiones y componentes requeridos para la realización de estas pruebas.

La Comisión verificará antes de cada prueba los certificados de vigencia de calibración de los patrones, instrumentos y equipos de medición y prueba que el proveedor utilice durante las mismas.

**7.2.1 Pruebas de simulación en campo**

Las pruebas de simulación en campo se deben efectuar con todos los componentes del regulador de velocidad en operación, con la unidad fuera de línea, sin admisión de vapor a la turbina y como retroalimentación los modelos de la turbina y generador.

**7.2.2 Pruebas de aceptación**

Las pruebas de aceptación de los reguladores de velocidad se deben efectuar en cada una de las unidades de la central. Las pruebas deben llevarse a cabo en la fecha pactada en el contrato correspondiente.

Las pruebas tienen por objeto verificar las características indicadas en esta especificación comprobándose para las diferentes condiciones de operación de la unidad: rodado sin carga, sincronizada a la red y en sistema aislado.

Las pruebas de aceptación serán efectuadas por el licitante y atestiguadas por personal de la Comisión con base en el procedimiento CFE MPSR0-02.

**8 PARTES DE REPUESTO Y HERRAMIENTAS ESPECIALES**

**8.1 Partes de Repuesto Requeridas por la Comisión**

El proveedor debe suministrar un repuesto por cada siete (o menos) componentes activos iguales, indicando sus precios unitarios. Las partes típicas se enuncian a continuación:

- a) Monitor.
- b) Teclado.
- c) Ratón ("mouse").

- d) Impresora.
- e) Fuente de alimentación de corriente directa.
- f) Fuente de alimentación de corriente alterna.
- g) Tarjeta de entradas analógicas.
- h) Tarjeta de salidas analógicas.
- i) Tarjeta de entradas digitales.
- j) Tarjeta de salidas digitales.
- k) Tarjeta amplificadora de señales analógicas.
- l) Tarjeta de CPU.
- m) Disco duro.
- n) Unidad de disco ("drive").
- o) Indicador de presión.
- p) Interruptor de presión.
- q) Medidor de flujo.
- r) Transmisor de posición de servomotor.
- s) Válvula manual.
- t) Servoválvula.
- u) Válvula solenoide.
- v) Válvula de control.
- w) Sensor de velocidad de la turbina.
- x) Bomba.
- y) Motor.
- z) Elemento filtrante.

La lista anterior es descriptiva mas no limitativa.

**8.2 Partes de Repuesto Recomendadas**

El proveedor debe proponer por separado un lote de partes de repuesto que considere necesarias, adicionales a las indicadas en el párrafo anterior, con concepto y precio unitario, garantizando su existencia por los siguientes quince años. La adquisición de estas partes de repuesto es opcional para la Comisión.

### **8.3 Herramientas Especiales**

El proveedor debe suministrar las herramientas especiales que se requieren para el montaje, desmontaje, mantenimiento, pruebas y puesta en servicio del regulador de velocidad, entendiéndose que dichas herramientas son todas aquellas de uso no estándar, de uso exclusivo para el equipo que se suministra y las cuales no pueden utilizarse en otros equipos.

## **9 INFORMACIÓN REQUERIDA**

### **9.1 Información entre Fabricantes**

El proveedor del regulador de velocidad debe establecer y mantener amplia comunicación con los fabricantes de la turbina y del generador, para garantizar el diseño y ajustes del regulador de velocidad que asegure la correcta operación de la unidad generadora. El intercambio de información entre los fabricantes debe ser directamente entre ellos con conocimiento de Comisión.

### **9.2 Información Requerida en la Propuesta**

La propuesta debe contener la siguiente documentación:

- a) Cuestionario contestado en las hojas correspondientes a esta especificación.
- b) Lista general de equipos.
- c) Dibujos preliminares mostrando arreglo y dimensiones generales del regulador de velocidad.
- d) Masas aproximadas de los equipos.
- e) Dibujos seccionales mostrando la configuración constructiva y arreglos del regulador de velocidad.
- f) Descripción del regulador de velocidad incluyendo funciones, diagrama de bloques y curvas características.
- g) Descripción de subsistemas.
- h) Lista de instrumentos.
- i) Hojas de datos de instrumentos.
- j) Programa calendarizado del proyecto incluyendo ruta crítica.

### **9.3 Información Requerida Después de Colocar el Contrato**

El proveedor se obliga a enviar a la Comisión para cada unidad, un original y cuatro copias en forma impresa, además en almacenamiento masivo de datos bajo formato comercial (disco) de los siguientes dibujos.

#### **9.3.1 Información requerida antes del montaje**

- a) Programa calendarizado del proyecto incluyendo ruta crítica y fechas de ejecución.
- b) Dibujos del arreglo del equipo completo, con dimensiones y masas.
- c) Diagramas de alambrado y de interconexión.

Todo el alambrado que vaya a ser instalado (incluyendo alambrado prefabricado) debe ser mostrado claramente en diagramas de interconexión indicando su origen y destino.

- d) Lista de señales de entrada, de salida e internas.
- e) Lista de cables.
  - el proveedor debe proporcionar una lista de cables, en la que se incluya el número de conductores, su sección transversal, aislamiento y blindaje,
  - debe incluir todos los cables prefabricados, identificación, localización de origen y destino, descripción del servicio y longitud,
  - debe suministrar una lista de todas las canalizaciones eléctricas, incluyendo identificación, diámetro, localización de los puntos de origen y destino, tipo y material,
  - esta lista deben tener espacio suficiente para incluir la identificación asignada por Comisión.
- f) Manual de instalación y montaje.
- g) Manual de puntos de ajuste.
- h) Placa metálica de datos de fijación permanente para cada regulador de velocidad en la que se indique al menos lo siguiente:
  - nombre y dirección del fabricante,
  - serie, modelo, tipo y fecha de fabricación,
  - datos generales de la unidad donde se instale.

**9.3.2 Información requerida antes de la puesta en servicio**

- a) Diagramas de control lógico y analógico, los cuales deben mostrar claramente las interacciones entre el sistema de control y otros sistemas periféricos y la interconexión y operación interna del sistema.
- b) Diagramas funcionales (diagramas de bloques) para cada subsistema de control en los que se presente las capacidades operativas de cada circuito y componente, sin necesidad de recurrir a otros dibujos. Debe incluir la función de transferencia del sistema.
- c) Libros de documentación de puesta en servicio que incluya procedimientos y formatos para registro de las pruebas.

**9.3.3 Información requerida al término de los trabajos**

- a) Libro de documentación de la puesta en servicio.
 

Debe contener la información completa de la realización y registros de resultados de las pruebas efectuadas, así como la información en su versión final “tal como se construyó” (as built).
- b) Manual de operación y mantenimiento.

Estos manuales deben cumplir con la especificación CFE L0000-32.

**10 MONTAJE, SUPERVISIÓN DE MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**

El proveedor debe desglosar en su propuesta los importes y costos unitarios referentes al montaje, supervisión de montaje, pruebas y puesta en servicio del equipo amparado por esta especificación,

El proveedor es responsable de la organización, programación y ejecución de todos los trabajos del montaje, supervisión de montaje, pruebas y de la puesta en servicio, así como de verificar el estado del equipo y cumplir con las instrucciones y recomendaciones contenidas en los manuales de montaje, operación, mantenimiento y puesta en servicio.

Debe entregar un informe semanal de actividades y avances a la Comisión. Asimismo en los casos especiales en que el montaje, pruebas, o puesta en servicio no sean realizados correctamente, se presente alguna falla o se prevean anomalías posteriores.

Cualquier falla que surja durante esta etapa, debe ser inmediatamente informada por escrito a Comisión, el proveedor debe proponer la mejor solución para ser evaluada y en su caso autorizada por la Comisión y sin costo para la misma. Debe presentarse a la Comisión un informe escrito una vez corregida la falla.

Todos los supervisores de montaje y puesta en servicio deben entender y hablar correctamente el idioma español, de lo contrario, el licitante se obliga a enviar un traductor sin ningún cargo extra, la Comisión se reserva el derecho de juzgar la capacidad y habilidad de comunicación de cada uno de los supervisores.

Sin limitar cualquiera de las obligaciones o responsabilidades del licitante, este debe presentar evidencias de capacidad de sus supervisores. En el caso de que la Comisión no considere aceptable la capacidad técnica del personal enviado, el proveedor está obligado a sustituirlo por personal apto.

**11 CAPACITACIÓN**

El proveedor debe impartir cursos de capacitación y entrenamiento que incluyan el material didáctico requerido, para el personal de operación y mantenimiento de la Comisión. Debe presentar en su propuesta una descripción detallada de su programa, el cual debe sujetarse a la aprobación previa de la Comisión.

**12 CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PENALIZACIÓN**

Los criterios de evaluación y penalización que rijan esta propuesta deben ser los indicados en las bases legales establecidas para esta adquisición.





No.	Concepto	Respuesta	Características
1	Controlador electrónico digital programable, tipo Proporcional, integral y derivativo		
2	Controlador electrónico de respaldo automático		
3	Actuadores y convertidores electrohidráulicos		
4	Interfaz humano-máquina remota		
5	Tablero de emergencia		
6	Equipo portátil y programas para diagnóstico, pruebas, simulación, mantenimiento y configuración orientada por objetos con licencia de ejecución y desarrollo		
7	Puertos de comunicación con protocolos compatibles con equipos externos		
8	Funciones de autodiagnóstico en línea de cualquier falla inclusive a nivel de tarjetas electrónicas		
9	Programas para ejecución y aplicación con sus licencias ("software")		
10	Protección de sobrevelocidad		
11	Índice de estabilidad de velocidad propuesto		
12	Índice de estabilidad de potencia propuesto		
13	Intervalo del estatismo permanente		
14	Valor de banda muerta de velocidad		
15	Valor de tiempo muerto del regulador		
16	Intervalo de sincronización		
17	Valor del intervalo de ajuste de la acción proporcional		
18	Valor del intervalo de ajuste de la acción integral		
19	Valor del intervalo de ajuste de la acción derivativa		
20	Tiempo de ciclo de ejecución del programa		
21	Otras funciones o modos de operación		
22	Elementos de conexión con el autómata principal de la unidad		
23	Cantidad y tipo de señales analógicas y digitales de entrada / salida		
24	Contactos para alarma y protección		
25	Dispositivos de medición de las variables requeridas para la supervisión, control, protección y pruebas		
26	Sistema de fuentes de alimentación con redundancia		

27	Sistema de tierras para equipo de instrumentación y control		
28	Gabinetes para alojar los módulos electrónicos y accesorios requeridos		
29	Materiales para interconexión con otros equipos		
30	Unidad de potencia hidráulica		
31	Acondicionamiento de aceite		
32	Aceite de la unidad de potencia hidráulica		
33	Motores eléctricos, arrancadores y gabinetes para equipo eléctrico		
34	Cables de control y de fuerza		
35	Sistema contra incendio		
36	Componentes y materiales requeridos en las etapas de montaje, puesta en servicio y pruebas de aceptación		
37	Partes de repuesto y herramientas especiales		
38	Recubrimientos anticorrosivos, pinturas y acabados		
39	Empaque y provisiones para embarque, transporte y almacenamiento de equipo y materiales		
40	Capacitación		

**13.4 Tiempos de Entrega de la Información Requerida Después de Colocar el Contrato**

DOCUMENTACIÓN

días

- a) Información requerida antes del montaje \_\_\_\_\_
- b) Información requerida antes de la puesta en servicio \_\_\_\_\_
- c) Información requerida al término de los trabajos \_\_\_\_\_



**15 BIBLIOGRAFÍA**

- 1 ANSI C37.90.1-1989 Standard Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Protective Relays and Relay Systems (R-1995).
- 2 HIS Hydraulic Institute Standards for Centrifugal, Rotary and Reciprocating Pumps.
- 3 ASME SEC V-1995 - Nondestructive Examination.



# COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PARA: REGULADOR DE VELOCIDAD ELECTROHIDRÁULICO CON CONTROL DIGITAL PROGRAMABLE PARA TURBINAS DE CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

Correspondiente a la especificación CFE GA4L0-56

1 de 2

## CARACTERÍSTICAS

1. Nombre de la central \_\_\_\_\_
2. Ubicación \_\_\_\_\_
3. Capacidad de la unidad \_\_\_\_\_
4. Datos geográficos de la central \_\_\_\_\_
5. Cantidad de reguladores a suministrar \_\_\_\_\_
6. Turbina:
  - Marca \_\_\_\_\_
  - Modelo \_\_\_\_\_
  - Serie \_\_\_\_\_
  - Año de construcción \_\_\_\_\_
  - Capacidad \_\_\_\_\_
  - Potencia máxima \_\_\_\_\_
  - Presión del vapor de admisión \_\_\_\_\_
  - Temperatura del vapor de admisión \_\_\_\_\_
  - Presión de carga \_\_\_\_\_
  - Velocidad \_\_\_\_\_
  - Número de etapas \_\_\_\_\_
  - Tipo de construcción \_\_\_\_\_
  - Ciclo termodinámico \_\_\_\_\_
7. Generador eléctrico:
  - Marca \_\_\_\_\_
  - Modelo \_\_\_\_\_
  - Serie \_\_\_\_\_
  - Año de construcción \_\_\_\_\_
  - Capacidad \_\_\_\_\_
  - Potencia máxima \_\_\_\_\_
8. Sistema de control de unidad:
  - Marca \_\_\_\_\_
  - Modelo \_\_\_\_\_
  - Tipo \_\_\_\_\_
  - Serie \_\_\_\_\_
  - Protocolo de comunicación \_\_\_\_\_
  - Año de construcción \_\_\_\_\_

CPE - 404

