



## MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ

### Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I

DOCUMENTO 3267-23-EL-SP-001

REVISIÓN No. 3

Revisión	Modificaciones	Fecha
0	Borrador para revisión preliminar	2021-07-16
1	Emisión original	2021-09-28
2	Atención a comentarios	2021-12-09
3	Actualización	2022-03-28

#### Elaboración – Revisión – Aprobación

Revisión	Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
	Nombre	Firma	Nombre	Firma	Nombre	Firma
0	OSM/ LFA		OSM/JCR		LMA/JHF	
1	OSM/LFA		OSM/LFA		OSM/JCR	
2	OSM/LFA		OSM/LFA		OSM/JCR	
3	OSM/LFA		OSM/LFA		OSM/JCR	

Los derechos de autor de este documento son de HMV INGENIEROS LTDA., quien queda exonerada de toda responsabilidad si este documento es alterado o modificado. No se autoriza su empleo o reproducción total o parcial con fines diferentes al contratado.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

## TABLA DE CONTENIDO

1.	ALCANCE .....	4
2.	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EQUIPOS EXISTENTES .....	4
2.1	PLANTA HIDROELÉCTRICA .....	4
2.2	GENERADOR .....	4
2.3	RED ELÉCTRICA DISPONIBLE.....	5
3.	ESPECIFICACIONES .....	5
3.1	GENERALIDADES .....	6
3.1.1	NORMATIVAS APLICABLES .....	6
3.1.2	DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....	7
3.1.3	MATERIALES.....	7
3.1.4	INTERCAMBIABILIDAD .....	8
3.1.5	PUESTA A TIERRA.....	8
3.1.6	PLACAS DE IDENTIFICACIÓN.....	8
3.1.7	BORNERAS, TERMINALES, ALAMBRADO E IDENTIFICACIÓN DE CABLES .....	8
3.1.8	GABINETES.....	10
3.1.9	TROPICALIZACIÓN .....	11
3.1.10	ALIMENTACIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	12
3.1.11	DOCUMENTACIÓN .....	12
3.2	SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DE REGULACIÓN DE TENSIÓN Y EXCITACIÓN.....	14
3.2.1	CONTROLADORES.....	14
3.2.2	REGULACIÓN DE TENSIÓN .....	17
3.2.3	REGULACIÓN DE CORRIENTE DE CAMPO (CANAL MANUAL) .....	18
3.2.4	COMPENSADOR DE POTENCIA REACTIVA .....	19
3.2.5	ESTABILIZADOR DE SISTEMA DE POTENCIA (PSS) .....	19
3.2.6	REGISTRO DE EVENTOS.....	19
3.2.7	PROTECCIONES.....	21
3.2.8	LIMITADORES .....	23
3.2.9	SEGUIDORES AUTOMÁTICOS.....	24
3.2.10	GENERADORES Y AMPLIFICADORES DE PULSOS.....	24
3.2.11	AUTODIAGNÓSTICO .....	24
3.2.12	LÓGICA DE TRANSFERENCIA ENTRE LAS UNIDADES DE CONTROL DE EXCITACIÓN.....	24
3.2.13	COMUNICACIONES, PUERTOS Y INTERFACES.....	25
3.2.14	FUENTES DE ALIMENTACIÓN .....	29
3.2.15	INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA (IHM).....	30

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y  
regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

3.2.16 MANDOS DE CONTROL, SEÑALIZACIÓN Y ALARMAS .....	33
3.2.17 INTEGRACIÓN CON EL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN EXISTENTE DE LA CENTRAL.....	33
3.2.18 SOFTWARE DE LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN.....	34
3.2.19 SOFTWARE PARA LA VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS CONTROLADORES .....	34
3.2.20 CIBERSEGURIDAD .....	35
3.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA DE LA EXCITACIÓN .....	35
3.3.1 INTERRUPTOR DE CAMPO.....	36
3.3.2 CIRCUITO DE EXCITACIÓN INICIAL .....	36
3.3.3 CIRCUITO DE DESCARGA .....	37
3.3.4 BANCO DE PUENTES RECTIFICADORES.....	37
3.3.5 BARRAS (BUSES) DE POTENCIA EN C.A.....	38
3.3.6 BARRAS (BUSES) DE POTENCIA DE C.C. ....	38
3.3.7 RESISTENCIAS “SHUNT” PARA MEDICIÓN DE CORRIENTE DE CAMPO .....	38
3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	39
3.5 SUMINISTRO DE REPUESTOS .....	39
3.6 COMPUTADOR PORTÁTIL .....	40
3.7 MONTAJE .....	41
3.7.1 REUNIÓN DE PREPARACIÓN AL MONTAJE .....	41
3.7.2 ACTIVIDADES PREVIAS AL MONTAJE .....	41
3.7.3 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE.....	42
3.7.4 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA EL MONTAJE.....	43
3.7.5 MONTAJE DE REPUESTOS .....	43
3.7.6 PERSONAL DE MONTAJE, DESMONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	44
3.8 PRUEBAS .....	44
3.8.1 PRUEBAS DE CALIDAD DEL SISTEMA.....	44
3.8.2 PRUEBAS DE RUTINA .....	45
3.8.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FÁBRICA .....	46
3.8.4 PRUEBAS EN SITIO Y PUESTA EN SERVICIO .....	46
3.8.5 PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO .....	47
3.8.6 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DEL CNO.....	47
3.9 ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN.....	48
3.10 SERVICIO DE SOPORTE POSVENTA.....	49

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

## 1. ALCANCE

El alcance de estas especificaciones incluye las siguientes actividades:

Ingeniería, diseño, fabricación, pruebas en fábrica (FAT), embalaje, transporte a sitio, desmontaje de los equipos existentes, montaje, configuración y ajuste de todos los componentes, pruebas en sitio (SAT), pruebas CNO, puesta en marcha, servicio de acompañamiento en pruebas, integración con el Sistema de Control y Supervisión existente de la Central, configuración del sistema completo de excitación del tipo estática y regulación de tensión de las cuatro (4) unidades generadoras de URRÁ I.

Este alcance para el sistema completo de excitación y regulación de tensión de las cuatro (4) unidades generadoras de URRÁ I deberá cumplir las especificaciones detalladas en este documento y sus anexos.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y EQUIPOS EXISTENTES

A continuación, se presentan generalidades de la planta hidroeléctrica y equipos existentes relacionados con la modernización del sistema de excitación.

### 2.1 PLANTA HIDROELÉCTRICA

La Central Hidroeléctrica Urrá I, está localizada en el departamento de Córdoba, al noroccidente de Colombia. Su acceso es vía terrestre, con una distancia de 110 kilómetros desde Montería y de 30 kilómetros desde el municipio Tierralta.

Es una central que cuenta con un embalse de capacidad de 1822 hm<sup>3</sup> y una capacidad instalada de 340 MW, distribuidas en cuatro unidades turbina-generator de idéntica capacidad.

### 2.2 GENERADOR

En la Tabla 1 se presentan los datos básicos del generador y del sistema de excitación.

**Tabla 1. Datos básicos del generador y del sistema de excitación**

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Potencia nominal	MVA	92,7
Tensión nominal	kV	13,8
Velocidad	rpm	120
Frecuencia nominal	Hz	60
Factor de potencia nominal	-	0,9
Tipo de excitación	-	estática
Corriente nominal In	A c.c.	1900
Tensión nominal Un	V c.c.	300
Corriente máxima del sistema en operación continua	A c.c.	1900
Máxima corriente de campo en operación transitoria	A c.c.	3400
Tensión de techo positivo	pu de tensión de campo	2,5
Tensión de techo negativo	pu de tensión de campo	-2

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

### 2.3 RED ELÉCTRICA DISPONIBLE

La Central tendrá disponibles los siguientes suministros de energía eléctrica para los servicios auxiliares de los equipos:

- Corriente alterna a 60 Hz 460 Voltios +/- 5%, trifásico, para alimentación de los motores de los ventiladores del circuito de refrigeración.

Los sistemas esenciales de control, protección, medida, supervisión y comunicaciones serán alimentados a este nivel mediante inversores a su vez alimentados por baterías.

Corriente directa: 125 Voltios, + 10%, - 15%, dos hilos, aislado de tierra.

### 3. ESPECIFICACIONES

En esta sección se establecen los requisitos generales aplicables al sistema solicitado, materiales, inspección, diseño y métodos de fabricación, mano de obra, exámenes mediante ensayo no destructivos, equipo eléctrico, componentes y accesorios varios, relacionados con el suministro, montaje y desmontaje de los equipos cubiertos por estas especificaciones, de acuerdo con el alcance definido en cada ítem posterior que describe las especificaciones particulares.

Los requisitos que se estipulen expresamente para cada equipo en las especificaciones particulares prevalecerán sobre los que se indiquen en esta sección.

Los sistemas de excitación servirán para una operación óptima y estable bajo las más severas condiciones transitorias y pequeños cambios. Lo anterior con el fin de garantizar la estabilidad de estado permanente del generador durante operación con carga, operación sin carga y operación desconectado del sistema. Deberá garantizar la rápida amortiguación de oscilaciones cuando está acoplado al sistema, limitar la corriente y la tensión, y prestar máxima contribución de potencia reactiva a la red en condiciones estables y transitorias de operación.

Los equipos de control y los equipos de fuerza deberán estar en celdas independientes, por lo tanto, el tablero de control y fuerza local deberá tener como mínimo dos celdas, una para los equipos de control y otra para los equipos de fuerza. Como característica especial de este suministro, dentro de los tableros deberá alojarse un relé existente (Alstom Micom P391 para protección de tierra del rotor); por ende, el suministro deberá dejar los espacios, soportes y demás elementos necesarios para que este relé pueda ser instalado y conectado adecuadamente en el tablero de control con comunicación al Sistema de Control y Supervisión. Los tableros de control y fuerza estarán ubicados en el nivel 72.20 en la misma ubicación actual de los tableros de excitación (ver planos de referencia [19] y [20]).

Para los tableros de control deberán ser suministradas interfaces hombre-máquina IHM, que deberán contar con despliegues gráficos de los equipos de los sistemas de excitación y regulación de tensión.

Los sistemas de excitación deberán estar conformados por una etapa de potencia, un par de convertidores de tiristores con la posibilidad de funcionar en configuración 1+1 (uno en caliente y el otro en frío) o N-1, así como una etapa de control con base en dos controladores de tensión, los cuales deben contener las funciones de regulación, compensación, limitación, protección, control lógico, registro de eventos (entre ellos registro de transitorios). Los

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

controladores deberán estar contruidos con tecnología digital microprocesada de 64 bits, el sistema de excitación debe proporcionar  $\pm 2,5$  p.u. de tensión de techo de acuerdo con la resistencia y temperaturas del devanado de campo que se especifican en las características particulares.

El sistema de excitación deberá poder ser modelado de acuerdo con lo detallado en el Código de Redes [16] en especial en su anexo CO-2 [17] y todo lo detallado en el numeral 3.8 este documento.

El CONTRATISTA deberá entregar todos los manuales, software, hardware, configuración, programación y entrenamiento requerido para que URRÁ pueda hacer los ajustes necesarios durante la vida útil del equipo. Igualmente debe entregar memoria de cálculo de todos los ajustes de las funciones y equipos de los sistemas de excitación.

### 3.1 GENERALIDADES

#### 3.1.1 NORMATIVAS APLICABLES

A continuación, se listan las normativas aplicables para las especificaciones técnicas de este documento.

- [1] IEEE Standard Definitions for Excitation Systems for Synchronous Machines – IEEE Std 421.1-2007.
- [2] IEEE Guide for Identification, Testing, and Evaluation of the Dynamic Performance of Excitation Control Systems - IEEE Std 421.2-2014.
- [3] IEEE Standard for High-Potential Test Requirements for Excitation Systems for Synchronous Machines - IEEE Std 421.3-2016.
- [4] IEEE Guide for the Preparation of Excitation System Specifications – IEEE Std 421.4-2014
- [5] IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies - IEEE Std 421.5-2016
- [6] IEEE Recommended Practice for the Specification and Design of Field Discharge Equipment for Synchronous Machines - IEEE Std 421.6-2017
- [7] IEC International Standard - Low-voltage switchgear and controlgear Low-voltage switchgear and controlgear. IEC 60947-7. All parts.
- [8] ISA/IEC 62443 Industrial communication networks - Network and system security. All parts.
- [9] Acuerdo CNO 1413 Por el cual se aprueba la actualización de los procedimientos para solicitar el cambio de parámetros técnicos de las plantas de generación, activos de uso del STN, activos de conexión al STN y sistemas de almacenamiento de energía con baterías SAEB. 2021.
- [10] Acuerdo CNO 1358 Por el cual se establecen los requerimientos para la obtención y validación de parámetros del generador y los modelos del sistema de excitación, control de velocidad/potencia y estabilizadores de sistemas de potencia de las unidades de

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

generación sincrónicas del SIN despachadas centralmente, y se definen las pautas para las pruebas y reajustes de los controles de generación. 2020.

- [11] Acuerdo CNO 1357 Por el cual se modifica el procedimiento para la realización de las pruebas de potencia reactiva de unidades de generación sincrónicas despachadas centralmente. 2020.
- [12] Acuerdo CNO 1502 Por el cual se aprueba la actualización de la Guía de Ciberseguridad.
- [13] Acuerdo CNO 1457 Por el cual se establece el procedimiento de ajuste de los Estabilizadores de los Sistemas de Potencia PSSs del SIN
- [14] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. 2013.
- [15] IEC 60034-1:2017 Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
- [16] Resolución 025 de 1995 - Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. CREG 1995.
- [17] ANEXO CO-2 planeamiento eléctrico de la operación información básica - Resolución 025 de 1995 - Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional. CREG 1995.

Se deberán tener en cuenta estas o las que reemplacen o sustituyan.

### 3.1.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación, se listan documentos de referencia para las especificaciones técnicas de este documento.

- [18] Curva de capacidad del generador
- [19] CM 358 localización de equipos nivel 72.20 U1 y U2
- [20] CM 358 localización de equipos nivel 72.20 U3 y U4.

### 3.1.3 MATERIALES

Todos los materiales que se incorporen al suministro deberán ser nuevos, de primera calidad y deberán estar libres de defectos e imperfecciones. Donde se indique expresamente el material, sus propiedades y características deberán corresponder con las establecidas para las clasificaciones, grados, tipos o clases requeridos, de acuerdo con las normas y estándares especificados. Las especificaciones de los materiales indicados expresamente en estas deberán cumplir con las últimas ediciones de las normas de la ASTM o de normas equivalentes. Todos los materiales deberán obtenerse de proveedores de reconocido prestigio que cumplan con normas internacionales sobre procedimientos de fabricación, requerimientos de análisis y ensayos de propiedades mecánicas y químicas.

Las identificaciones o designaciones de cada uno de los materiales utilizados deberán indicarse en los planos de fabricación. En caso de que se proponga utilizar materiales cuyas especificaciones sean diferentes a las aquí requeridas, el CONTRATISTA deberá enviar información completa de dichos materiales, especialmente la documentación relacionada con sus propiedades mecánicas y químicas, y aquellas que demuestren que los hacen aptos para

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

la utilización que se les va a dar. El CONTRATISTA deberá elaborar una lista de materiales con sus respectivas designaciones y equivalencias con las normas ASTM y una clara información requerida sobre los materiales y las deberá presentarse simultáneamente con los planos donde estas se indican.

#### **3.1.4 INTERCAMBIABILIDAD**

Todos los componentes podrán ser intercambiables entre sí, de tal forma que puedan ser reemplazados en el menor tiempo posible, para minimizar las pérdidas de generación ocasionadas por eventuales fallas. El CONTRATISTA debe hacer las provisiones necesarias para este propósito en sus diseños.

#### **3.1.5 PUESTA A TIERRA**

Todas las partes metálicas expuestas y las referencias de tierra de los equipos se diseñarán para ser conectadas directamente al sistema de puesta a tierra de la central, teniendo en cuenta que dicho sistema tendrá un nivel de “ruido” eléctrico típico de este tipo de instalaciones. Cada equipo o sistema tendrá un terminal de conexión a tierra para conectar cables de cobre, con una sección hasta 70 mm<sup>2</sup> en el caso de instrumentos, equipos y tableros de control, y con una sección de entre 70 mm<sup>2</sup> y 140 mm<sup>2</sup> en el caso de equipos y tableros de fuerza.

#### **3.1.6 PLACAS DE IDENTIFICACIÓN**

Cada uno de los equipos, dispositivos e instrumentos deberá tener una placa de identificación permanente, la cual deberá fijarse en un punto visible, y mostrar el número de serie, nombre y dirección del fabricante, la capacidad, velocidad y tensión nominales, y las demás características e información que se requieran. De igual forma, el CONTRATISTA deberá suministrar placas de identificación para todos los instrumentos, relés, conmutadores de control, pulsadores, lámparas de indicación e interruptores donde el circuito eléctrico o la función particular de cada elemento no puedan ser fácilmente determinadas de otra manera. El texto de todas las placas de identificación deberá estar escrito en español y estar sujeto a la aprobación de URRÁ, como también el diseño de las placas de identificación.

La placa del regulador de tensión tendrá la siguiente información:

- Tipo de equipo
- Fabricante
- País, ciudad y dirección
- Número de serie
- Año y mes de fabricación
- Tipo de regulador

#### **3.1.7 BORNERAS, TERMINALES, ALAMBRADO E IDENTIFICACIÓN DE CABLES**

Todas las interfaces, para futuros cambios, reemplazos en mantenimientos, todas las interfaces externas deben interconectarse a través de bloques de terminales. No se permitirá conectar cables directamente al equipo.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

### 3.1.7.1 Borneras

Las borneras terminales de control deberán ser aptas para conectar dos terminales de cables 16 AWG, aisladas a 600 V y con capacidad de corriente de por lo menos 20 A.

Para los circuitos de fuerza, las borneras terminales deberán ser para trabajo pesado y que permitan la conexión de los terminales correspondientes y con aislamiento de 600 V para baja tensión.

Los bornes terminales deberán ser de poliamida, del tipo moldeado para ensamblar por grupos sobre riel DIN y tendrán un conector en cada borne del tipo resorte o clamp. Adicionalmente, deberán cumplir con la norma IEC 60947-7[7].

Deberán permitir la colocación intermedia de placas de separación o tapas entre borneras de diferente tamaño, con el fin de mantener distancias dieléctricas o para separar conjuntos de bornes que están unidos por puentes conectores.

Las borneras se deberán agrupar de manera independiente para el control y para la potencia (salida de interruptores).

Todos los bornes terminales deberán ser identificados con marquillas indelebles. Se deberá dejar un número de borneras libres equivalentes al 20% de las utilizadas.

Las borneras deben ser fabricadas por proveedores que tengan representación global.

Para facilitar la modernización, todas las interfaces externas deben interconectarse a través de bloques de terminales. No se aceptará la conexión de cables directamente a los equipos.

### 3.1.7.2 Alambrado interno

El alambrado dentro del tablero deberá ser identificado con marquillas; deberán ser fijados en su sitio con soportes o correas plásticas que no dañen el aislamiento. El alambrado que va a la puerta de tableros con bisagras deberá ser extra-flexible y deberá llevarse dentro de conduit plástico flexible.

El alambrado deberá ser bien organizado, agrupado y dispuesto en forma horizontal y vertical, con curvas bien definidas. Los trayectos largos de alambrado dentro del mismo tablero y el alambrado a las borneras terminales deberán ir en canaletas plásticas con perforaciones laterales para paso de los cables y con cubiertas removibles.

Las conexiones del alambrado deberán ser hechas solamente en los terminales de los aparatos y en las borneras terminales. No se aceptarán derivaciones ni empalmes intermedios en los conductores.

Las conexiones a un mismo cable exterior deben quedar localizadas en terminales contiguas de una misma bornera utilizando puentes. El aislamiento y claros a tierra deben estar diseñados de manera tal, que las partes vivas soporten una prueba de tensión de 1500 V, 60 Hz, durante un minuto.

Todos los contactos de reserva y puntos internos que tengan conexiones externas deberán cablearse a borneras.

El color del alambrado interno deberá estar de acuerdo con el RETIE.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Todos los cables deberán tener marcada una identificación indeleble y legible en la chaqueta o el aislamiento exterior.

Los cables monopolares serán identificados con la siguiente información sobre la superficie de cada conductor:

- Nombre del fabricante
- Calibre del conductor y su sección en mm<sup>2</sup>
- Máxima tensión de operación
- Temperatura máxima de operación del conductor

Los cables multipolares serán identificados con la siguiente información sobre la superficie del cable:

- Nombre del fabricante
- Calibre de cada conductor y su sección en mm<sup>2</sup>
- Tensión nominal
- Temperatura máxima de operación del conductor
- Número de conductores que conforman el cable multipolar.

### 3.1.7.3 Terminales para cables

El CONTRATISTA deberá suministrar terminales para cables en cobre electrolítico al 99%, estañados adecuados para las bornas terminales que suministre en los tableros, serán con aislamiento y del tipo compresión, los terminales para cables de fuerza serán del tipo barril largo totalmente sellado y sin costuras, para instalar con herramienta de compresión, estos terminales se emplearán para los cables mayores o iguales a calibre No. 6 AWG.

### 3.1.7.4 Terminales para cables de fibra óptica

El CONTRATISTA deberá suministrar terminales para cable de fibra óptica tipo SC.

### 3.1.7.5 Niveles de aislamiento

Los niveles de aislamiento mínimo para el sistema deberán ser los siguientes:

- a) Circuito de potencia 2,5 kV c.a. durante 1 min
- b) Mediciones de la máquina: 2 kV c.a. durante 1 min
- c) Interfaz E/S analógico: 1,5 kV durante 1 min
- d) Interfaz E/S digital: 1,5 kV durante 1 min

### 3.1.8 GABINETES

El Contratista suministrará gabinetes nuevos de primera calidad. Los gabinetes serán diseñados por el Contratista o por una firma especializada y reconocida internacionalmente en la fabricación de gabinetes, en todo caso, los diseños deberán ser aprobados por URRÁ antes de su fabricación.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Los gabinetes deberán ser estructuras auto soportadas, aptos para ser usados solos o en combinación con otros gabinetes para formar un conjunto uniforme

Los gabinetes deben tener las dimensiones suficientes para albergar todos los componentes del sistema.

Los gabinetes se deben dotar de paneles metálicos, en los costados laterales, posterior, techo y piso. En la parte frontal se debe proveer de bastidor basculante. Los gabinetes deben garantizar un grado de protección IP 42 de acuerdo con la norma IEC 60947-1. La puerta y el bastidor basculante se deben proveer de guías o cadenas de retención, para limitar su rotación y evitar averías. Las bisagras deben permitir que las puertas roten como mínimo 120° a partir de la posición cerrada.

El bastidor basculante se debe suministrar con manija y la puerta provista de cerradura con llave, la cual debe ser removible en posición de bloqueo o de desbloqueo. Deben suministrarse tres llaves maestras para todos los gabinetes.

La estructura principal se debe construir con perfiles acanalados de lámina de acero de un espesor mínimo calibre 12. Igualmente, las puertas deben tener un espesor mínimo calibre 14. Las láminas para los paneles laterales, posterior, techo y piso deben tener un espesor mínimo calibre 14. Los tornillos de fijación de los paneles laterales y posterior deben ser del tipo cabeza avellanada para permitir un perfecto acople con otros gabinetes. Los tornillos de fijación de los paneles laterales y posterior deben ser del tipo cabeza avellanada para permitir un perfecto acople con otros gabinetes.

Los gabinetes deben ser a prueba de animales. Deben tener aberturas con rejillas en la parte superior e inferior para ventilación y permitir el acceso de cables por la parte inferior. La pintura del acabado debe ser de color gris RAL-7035 granulado en el exterior y lisa en el interior; y los sistemas de ventilación debe ubicados en la puerta trasera del tablero.

La puerta de los tableros deberá ser modificada teniendo en cuenta las dimensiones de los accesorios e IHM que se instalarán en el tablero y si aplica, salidas de filtros de aire o sistema de respiración.

### **3.1.9 TROPICALIZACIÓN**

Todos los equipos, instrumentos, materiales y componentes deberán ser tropicalizados con el fin de evitar que puedan favorecer el crecimiento de hongos y otros parásitos o que puedan estar sujetos a deterioro por alta humedad.

Las siguientes son las condiciones ambientales en la casa de máquinas de la Central:

Rango de temperatura media promedio: 34-42 °C

Temperatura ambiente máxima: 47°C

Humedad relativa promedio: 75%

El aire ambiente puede presentar vapores de aceite que se impregnan en los filtros de aire de los tableros y los equipos.

Es responsabilidad del CONTRATISTA verificar las condiciones ambientales del sitio donde serán instalados los nuevos sistemas y garantizar el buen desempeño de todos los suministros

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

así como de los equipos electrónicos como el IHM, el Controlador y demás equipos instalados en los gabinetes. El CONTRATISTA debe incluir en su alcance los sistemas necesarios para el control óptimo de la temperatura y humedad de los equipos al interior de los gabinetes de acuerdo a los requerimientos técnicos que se deban cumplir para los equipos suministrados con la solución

### **3.1.10 ALIMENTACIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES**

En todos los sistemas que se tengan equipos en configuración principal y de reserva, dichos equipos deberán ser alimentados con fuentes de tensión independientes.

Los circuitos de control deberán ser conectados a una fuente de 125 Vcc para los equipos de control de nivel 1, 2 y 3.

### **3.1.11 DOCUMENTACIÓN**

El CONTRATISTA deberá suministrar la siguiente documentación con las características detalladas a continuación.

#### **3.1.11.1 Documentación de diseño del sistema**

La documentación para la ingeniería detallada deberá contener la definición detallada del sistema a suministrar por el CONTRATISTA, de manera que refleje las especificaciones de URRÁ.

Esta documentación deberá constar de los siguientes documentos, y los demás que considere el Contratista para caracterizar completamente el sistema a suministrar:

- Diagrama de bloques de los sistemas de excitación, unifilar con componentes principales.
- Alcance del suministro (Listados de hardware, repuestos, software y servicios).
- Especificaciones técnicas de los equipos y materiales, actualizadas conforme al suministro.
- Documento técnico con la descripción funcional de cada uno de los componentes del sistema.
- Cronograma de implementación del sistema.
- Plan de entrenamiento y capacitación (Fechas y contenido).
- Plan de pruebas FAT y SAT (incluir pruebas de señalización y mando desde el sistema SCADA).
- Lista de señales a utilizar, señales de interfaz y señales disponibles en el sistema.
- Documento con despliegues de los sistemas de excitación.
- Planos eléctricos de Ingeniería del proyecto (incluir archivos editables en DWG para futuras modernizaciones).
- Planos mecánicos del Proyecto con disposición de gabinetes en planta, disposición de equipos en los tableros, mostrando dimensiones e indicando requerimientos de espacios libres, energía, ventilación y todos los requerimientos necesarios que aseguren que los equipos son adecuados para la instalación en el sitio respectivo.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- Manuales de operación y mantenimiento en Idioma Español y en Idioma Inglés
- Protocolos de pruebas estándar para el sistema, incluyendo herramientas y equipo de pruebas.
- Documento con los modelos de control de los sistemas de regulación de tensión y estabilizador de potencia.
- Listado y descripción de alarmas.
- Función de transferencia completa, detallada y actualizada de los sistemas de excitación con intervalos de ajustes.
- Ajustes propuestos y memoria de cálculo.
- Programa de aplicación para configuración, mantenimiento, supervisión y operación
- Documentación relacionada con las labores de interfaz (documentación para montaje y desmontaje de equipos.).
- Inventario de activos y ciberactivos que hagan parte del suministro conforme a la guía de ciberseguridad
- Plan de recuperación y normalización de equipos en caso de fallas (IHM, PLCs, switch).
- Actualización de planos de unidad con referencia cruzada que tengan señalización desde excitación.
- Actualización del listado de direccionamiento IP utilizado.
- Procedimiento para creación usuarios y sus permisos para modificación de software o programación en las IHM y PLCs.
- Copia de las licencias de software o hardware que lo requieran y que hagan parte del suministro. (licencias Windows, entre otras).
- Listado de señales usadas por el protocolo de señalización y mandos IEC 60870-5-104 hacía el sistema scada y de la unidad de control.
- Actualización de la arquitectura y/o esquemas de las redes de comunicación y de sincronización de tiempo existentes en la Central Hidroeléctrica URRÁ I.
- Actualización de todos los planos, manuales y/o documentación de los sistemas SCADA, control y protección existente en la Central Hidroeléctrica URRÁ I y que deban ser intervenidos para la interfaz e integración de los nuevos sistemas de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras.

**3.1.11.2 Documentos del software del sistema de control**

El CONTRATISTA deberá suministrar toda la documentación necesaria para que URRÁ pueda usar, mantener, expandir o modificar los programas objeto de este suministro, y operar el software suministrado con los equipos de control.

**3.1.11.3 Documentación final del sistema**

La cual permitirá la operación y mantenimiento apropiado y seguro del sistema suministrado, incluirá como mínimo la siguiente información:

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- Manual de operación debe incluir como mínimo la descripción general del sistema, la configuración, instrucciones para mantenimiento preventivo, instrucciones para atención de fallas, etc. Dentro de estos se deberá incluir documentos de carga y descarga de aplicativos en los controladores y/o PLC y en las IHM, así como el procedimiento detallado de arranque desde cero o de paradas del sistema a través de una IHM o controlador/PLC. Instaladores o ejecutables de los sistemas operativos instalados, entre otros.
- Documentación de pruebas, que deberá incluir el reporte de las pruebas tipo, los protocolos de pruebas de aceptación en fábrica y en sitio.
- Documento con los modelos de control de los sistemas de regulador de tensión y estabilizador de potencia de la unidad de generación, en forma función de transferencia y con los parámetros de puesta en servicio, que puedan ser usados en un sistema de simulación.
- Manual de documentos de referencia (catálogos, planos de detalle, instructivos, manuales de usuarios, bases de datos, entre otros).
- Planos “As-built” en pdf y editables que reflejen el estado del sistema después de entrar en servicio: planos eléctricos y planos mecánicos.
- Copia de las licencias de software o hardware que lo requieran y que hagan parte del suministro. (licencias Windows, entre otras).

Los planos eléctricos y mecánicos finales del sistema deberán entregarse en formato A4 en pasta dura, debidamente marcada en la portada y en el lomo del libro. Deberán entregarse tres copias de cada juego de planos y una copia digital.

Los manuales deberán entregarse anillado doble O metálico.

### **3.2 SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DE REGULACIÓN DE TENSIÓN Y EXCITACIÓN**

Se entiende, para estas especificaciones, como sistemas electrónicos de control de regulación de tensión y excitación al conjunto de componentes electrónicos que pueden monitorear y modificar las diferentes variables en respuesta a las características del estado del sistema que comprende el generador síncrono, los componentes de potencia de la excitación, la excitatriz y la red eléctrica a la que estará conectada.

#### **3.2.1 CONTROLADORES**

El sistema de excitación deberá contener los componentes necesarios para poder operar en un arreglo redundante con dos controladores o unidades de control de excitación. El sistema también deberá poder funcionar normalmente con un solo controlador, es decir que cada controlador deberá tener la capacidad de funcionar y operar los dos canales de rectificación.

Los controladores de los sistemas de excitación estarán basados en tecnología microprocesada de alta velocidad (mínimo 500 MHz) de punto flotante de 64 Bits según IEEE.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

El sistema de control deberá ser de configuración de procesamiento distribuido; el programa y los datos deberán estar grabados en memoria Flash, sin necesidad de un respaldo de batería.

Las unidades de control deberán tener comunicación mediante fibra óptica nativa (es decir, sin elementos convertidores intermedio) con todos sus módulos periféricos con la finalidad de asegurar mejor inmunidad electromagnética teniendo en cuenta el nivel de “ruido” electromagnético (emisiones EMC) típico de este tipo de instalaciones.

El controlador deberá incluir el monitoreo de las señales de temperatura de los transformadores existentes para las temperaturas de cada devanado y del núcleo; e integrado con el sistema de control de la central.

El CONTRATISTA deberá desarrollar toda la ingeniería necesaria que garantice la integración e interfaz de los nuevos sistemas con los sistemas de control, protección y SCADA existentes en la Central Hidroeléctrica URRÁ I. Este alcance incluye la recopilación de información de los sistemas existentes, así como el suministro de todos los elementos, equipos y/o cableado requeridos.

### **3.2.1.1 Características funcionales**

Cada unidad de control de excitación debe contener las siguientes funciones:

- Regulación de tensión en terminales de generador
- Regulación de corriente de campo
- Medición de variables de los sistemas de excitación y del generador síncrono
- Compensación del factor de potencia
- Operación manual y automático con supervisión y mandos tanto locales como remotos
- Seguidor controlador en servicio – controlador redundante
- Limitación de mínima excitación
- Limitación por sobre excitación
- Limitación V/Hz
- Estabilizador del sistema de potencia PSS tipo 4B
- Registro de eventos
- Lógica de control
- Alarmas
- Protecciones
- Autodiagnóstico
- Control, disparo y supervisión de los tiristores de los puentes rectificadores de la etapa de potencia
- Medición de corriente y tensiones en los puentes rectificadores
- Control, disparo y supervisión del sistema de desexcitación
- Acoplamiento y coordinación con la lógica de disparo del conjunto turbina-generador-transformador

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- Interfaz local de usuario para configuración completa de parámetros y lógica de disparos
- Reportes de mantenimiento

En cada controlador las funciones de regulación de tensión en terminales de generador y la función de regulación de corriente de campo deben ser independientes.

Cada unidad de control de excitación debe disponer de circuitos independientes para las entradas de retroalimentación de tensión en terminales del generador.

**3.2.1.2 Índices de respuesta**

El sistema de excitación debe poseer la capacidad de presentar las siguientes características mínimas de respuesta:

- Sobrepaso de tensión del generador menor del 15% del escalón de 0,1 p.u. aplicado en vacío sin llegar a las tensiones de techo.
- Tiempo de respuesta menor de 0,25 s.
- Tiempo de estabilización menor de 1 s
- Coeficiente de amortiguamiento entre 0,5 y 1.
- Procesamiento de entradas y salidas digitales con ciclo de tiempo típico  $\leq 50$  ms.
- Procesamiento de señales analógicas con precisión mínima de 0,5%.
- Deberá continuar operando durante fallas en la red que produzcan una tensión en terminales del generador no menores de 25% del nominal. Una vez se restaure la tensión sobre este valor, deberá estar en capacidad de generar el máximo tensión de excitación posible con la tensión de alimentación disponible.
- El sistema de excitación deberá continuar operando en caso de rechazos de carga, regulando la tensión hasta una frecuencia de 150%.

**3.2.1.3 Procesos de desexcitación**

El sistema de excitación debe poseer la capacidad de presentar las siguientes características mínimas de respuesta:

El controlador de excitación debe procesar la información necesaria para iniciar el proceso de desexcitación en condiciones de apertura normal del interruptor de campo o en condiciones falla del sistema, o ante un paro de emergencia, para descargar el devanado de campo.

Para la secuencia de paro de emergencia el interruptor de campo debe ser capaz de seccionar la conexión del devanado de campo de forma inmediata en coordinación con el accionamiento de los dispositivos de descarga.

**3.2.1.4 Sincronización de tiempo**

La sincronización de tiempo de los controladores e IHMs de los sistemas de excitación deberá realizarse a través de la red Ethernet de control de la casa de máquinas de la central, mediante el protocolo SNTP o IRIG-B. Para ello el CONTRATISTA deberá desarrollar la

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

ingeniería necesaria para ello, recopilar la información de los sistemas existentes y garantizar la interfaz de los nuevos sistemas con los existentes. Este alcance incluye el suministro de todos los elementos, equipos y/o cableado requerido para la interfaz e integración con los sistemas existentes en la central URRÁ I.

### 3.2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN

El tablero del regulador de tensión deberá alojar al regulador electrónico propiamente dicho con todos sus módulos, tales como, controlador, las unidades de proceso, módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, fuentes de alimentación, módulos de comunicación, lecturas de instrumentos e indicaciones y cualquier otro módulo necesario para operar satisfactoriamente de acuerdo con las presentes especificaciones.

El regulador de tensión operará como un sub automatismo dentro del conjunto de control de la unidad y por lo tanto, el CONTRATISTA deberá suministrarlo con todo el equipo y programación necesaria para operar por sí mismo y para suministrar y recibir las señales requeridas para las secuencias de arranque y parada de la unidad y para su control y regulación. Los programas deberán incluir todos los enclavamientos propios del sistema y suministrar los requeridos por otros sistemas para garantizar una operación correcta y segura de los sistemas de excitación y de su relación con el sistema de control de unidad.

El controlador del regulador de tensión deberá tener la capacidad de recibir y emitir señales desde y hacia los equipos que conforman el sistema de control y supervisión de la Central y podrá recibir consignas de tensión y potencia reactiva desde el computador de unidad a través de la red redundante en fibra óptica y remotamente desde los niveles superiores de control por protocolo de comunicación IEC-60870-5-104.

El regulador de tensión deberá responder continua e instantáneamente para corregir cualquier cambio en la tensión del generador y mantener esta tensión bajo las condiciones de carga de estado estable, sin oscilaciones, dentro de un rango en estado estable de  $\pm 0,3\%$  del valor de la tensión nominal del generador, bajo cualquier condición dentro de los límites de operación del regulador y del generador.

El regulador automático deberá contar con estabilizador ajustable de los sistemas de excitación.

El regulador automático deberá permanecer en servicio durante y luego de cualquier rechazo de carga. En caso de rechazo de carga parcial o total, la tensión en terminales del generador no deberá sobrepasar el valor indicado en las características técnicas y deberá regular la tensión para estar dentro del  $0,3\%$  del valor de referencia dentro de los 3 segundos siguientes.

El módulo Regulador Automático de Tensión (AVR) digital debe ser un controlador para la electrónica de potencia, puede ser controlador dedicado o PLC. El mismo no solo controla la salida de tensión de los convertidores de potencia, sino que también debe contener limitadores, funciones de monitoreo y otros circuitos de control, tal como están listados en las características funcionales.

En caso de fallas externas, el regulador deberá inicialmente apoyar la red con toda la capacidad reactiva disponible del generador y de la excitación; sólo cuando se haya utilizado

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

la capacidad de sobrecarga de corto tiempo de generador, la excitación deberá pasar a limitar la corriente de campo, manteniendo dentro de lo posible la función de control de tensión.

El controlador calculará la temperatura de los devanados del rotor por el método de la resistencia detallado en la norma IEC 60034-1 [15], el cual deberá calibrarse en la planta.

### 3.2.2.1 Modos de operación y control

El regulador de tensión, según IEEE Std 421.5 [5], deberá tener los siguientes modos de operación y control:

#### I. Modo Local – Manual

En este modo, el sistema permite operar el regulador en modo paso a paso, desde el tablero de control local y a través de la IHM. Este modo de control solo se utilizará para propósitos de mantenimiento y ajustes.

#### II. Local – Automático

En este modo de control se podrá dar desde el tablero de control local y a través de la IHM, la orden de arrancar o parar al regulador y el control ejecutará la secuencia completa en forma automática. Este modo de control servirá para facilitar las labores de mantenimiento y puesta en servicio.

#### III. Remoto

En este modo el control y supervisión del regulador de voltaje se realizará a través del computador de unidad por medio de la red de comunicación y de acuerdo con las secuencias de arranque o de parada de la unidad y los requerimientos de carga del generador.

En el tablero del regulador de tensión se deberán tener las siguientes facilidades:

- Selección del modo de operación Local – Remoto.
- Selección del puente rectificador principal y del puente rectificador de respaldo, con indicación local y remota.
- Selección de habilitar y deshabilitar PSS
- Selección para ajustar la tensión del regulador entre un valor del 95% y el 105% del valor nominal de tensión.
- Selección para ajustar la corriente de campo desde el 0% al 120% del valor nominal de la excitación.
- Selección de operación para dar mando de excitar y desexcitar, con indicación local y remota.

El equipo deberá tener una operación estable y una respuesta de excitación rápida a todas las condiciones de operación del sistema de potencia.

### 3.2.3 REGULACIÓN DE CORRIENTE DE CAMPO (CANAL MANUAL)

Cada unidad de control de excitación debe contener un modo de operación para regulación de corriente de campo, el cual opera tomando como referencia la señal generada por el dispositivo de referencia manual.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Este modo de operación debe contener una lógica adecuada para que cuando la unidad opere en manual y haya una apertura del interruptor de máquina, la referencia de corriente se ajuste automáticamente al valor de corriente correspondiente a la tensión nominal en vacío.

En caso que el sistema esté operando con un solo controlador en modo automático, frente a una nueva falla, éste debe ser capaz de transferir la operación a control manual en cualquiera de las dos unidades de control del sistema de excitación.

### 3.2.4 COMPENSADOR DE POTENCIA REACTIVA

Debe ser ajustable para compensar cualquier valor entre -12%, +12% en pasos de 1% de la reactancia sincrónica del generador ( $X_d$ ).

### 3.2.5 ESTABILIZADOR DE SISTEMA DE POTENCIA (PSS)

La función de estabilización del sistema de potencia debe estar integrada de forma independiente para cada unidad de control de excitación ya sea integrada al controlador o en módulos externos independientes, esto es un PSS para cada unidad de control de excitación, en caso de requerir para su operación de sensores o transductores, el Contratista deberá suministrar sensores o transductores independientes para cada PSS, cuando los PSS estén contenidos en módulos externos, estos deben ser instalados en el mismo gabinete que contiene las unidades de control de excitación.

El PSS deberá cumplir con todo lo establecido en el en el acuerdo CNO 1457 [13], detectando las condiciones de oscilación del sistema, manifestados en el generador a través de variaciones de potencia, velocidad o frecuencia, a partir de lo cual el PSS debe generar una señal de compensación e introducirla en el lazo de control para producir una respuesta amortiguada cuyo efecto mejore el proceso de estabilización del generador. La señal de entrada al estabilizador de potencia puede provenir de la velocidad del rotor ( $w$ ), de la frecuencia (Hz) o de la potencia eléctrica del generador.

La función de estabilización del sistema de potencia deberá responder a la potencia acelerante mediante señales de potencia y de frecuencia y tener capacidad de autosintonía (función de transferencia según norma IEEE Standard 421.5[5] PSS 4B) reconociendo el comportamiento de la red y del generador mediante sistemas inteligentes.

El estabilizador del sistema de potencia deberá operar en el rango de 0,02 a 3 Hz de acuerdo con lo establecido en el acuerdo CNO 1457 [13], y deberá tener la opción de autoajustar sus parámetros de control de acuerdo con las oscilaciones del sistema de potencia, para buscar un desempeño óptimo en todo momento. Para tal efecto debe reconocer las características del sistema de potencia con base en la respuesta observada y operar en función de la potencia acelerante.

### 3.2.6 REGISTRO DE EVENTOS

Cada unidad controladora debe tener capacidad para registro de eventos con etiquetado de hora y fecha, con la precisión al milisegundo, para almacenar cambios de estado lógico de todas las funciones internas de control, así como el accionamiento de los elementos de seccionamiento de los sistemas de excitación, así mismo debe registrar como eventos los

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

accesos vía interfaz local de acceso, los accesos vía puerto de comunicación, así como los cambios de configuración.

Todos los parámetros, estados, alarmas y disparos deberán estar disponibles para consulta en línea por parte del sistema de control de la Central con la identificación y estampa de tiempo correspondiente.

Todos los registros deberán hacerse con estampa de tiempo sincronizada con el reloj GPS existente de la Central a través del protocolo IRIG-B, o si El CONTRATISTA define suministrar un nuevo GPS, deberá considerar todo lo requerido para su suministro e implementación en sitio y la señal de sincronismo deberá ser mediante protocolo IRIG-B.

### **3.2.6.1 REGISTRADOR DE TRANSITORIOS**

Dentro del registro de eventos también deberá haber registro de transitorios, el cual debe registrar el comportamiento de las corrientes, tensiones de generador, sistema de excitación, señales de control y transiciones de estado lógico interno y externo de los sistemas de excitación.

Este componente debe ser incluido en el sistema de excitación de acuerdo con lo indicado en las Características Particulares.

El registrador de transitorios debe cumplir al menos las siguientes características:

- I. Velocidad mínima de 300 muestras por ciclo (a 60 Hz) en cada canal.
- II. Canales independientes de captura muestreo y conversión para cada canal.
- III. Resolución de conversión analógica mínima a 64 bits.
- IV. Capacidad para registrar mínimo 16 canales analógicos
- V. Capacidad para registrar mínimo 32 canales digitales con entradas a la tensión de 24 Vc.c.
- VI. Unidad de almacenamiento dinámico en mínima de 512 MB (Memoria RAM).
- VII. Unidad de almacenamiento masivo con capacidad mínima de 256 GB SSD (Disco duro).
- VIII. Configuración de registrador vía software.
- IX. Capacidad para acceso remoto para extracción de registros a través del puerto de red "Ethernet" con protocolo TCP/IP.
- X. Fuente de alimentación c.c. 125 V.

Se deben poder registrar las formas de onda sin filtrado ni transductores de al menos 16 señales.

El registrador de transitorios deberá tener la posibilidad de configurar de al menos 36 canales de estado.

En los casos en que este componente sea incluido como un dispositivo independiente en el sistema de excitación; será condición indispensable que, al momento de realizar la primera

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

prueba de excitación del generador, el registrador de transitorios se encuentre totalmente instalado, configurado y en servicio. Además, este equipo deberá tener puertos de comunicación para acceso al registrador con fines de configuración y extracción de registros de fallas y transitorios y doble puerto ethernet para la integración al sistema de Supervisión y Control existente de la Central.

### 3.2.7 PROTECCIONES

El sistema de excitación debe contar con protecciones que supervisen su accionamiento, para detectar condiciones que rebasen los puntos de operación máximos permisibles y lo protejan en caso de fallas, generando señales de disparo, y señalización en el panel de alarmas local y remoto.

La operación de todas estas protecciones, así como de sus alarmas relacionadas deben estar contempladas en el registrador de eventos de los sistemas de excitación.

La configuración de estos parámetros, deberán ser previamente revisados y aprobados por el equipo de protecciones de URRÁ o por quien URRÁ designe para que haya una coordinación adecuada.

#### 3.2.7.1 Protecciones de los canales de regulación

Debe tener protecciones que vigilen la operación correcta de los dispositivos que conforman el regulador de tensión.

Cuando ocurra transferencia del canal automático al canal manual por la operación de alguna protección se debe proporcionar una señalización indicando que la transferencia fue en forma automática, para el caso de transferencias realizadas manualmente por el operador no se debe proporcionar la señalización antes mencionada. Como mínimo se deben tener las siguientes protecciones:

#### 3.2.7.2 Protección por pérdida de retroalimentación

Protege para que, en caso de falla en el circuito de retroalimentación, se realice la transferencia correspondiente a la unidad de control de excitación redundante o en caso de estar fallada la unidad de control de excitación redundante se transfiera al canal de regulación de corriente de campo.

#### 3.2.7.3 Protección por sobrecorriente de campo

Esta protección debe operar cuando por alguna razón la corriente de campo detectada en c.c. sobrepasa los límites permitidos por el rotor y ésta no puede ser controlada por los dispositivos propios de los canales automático y manual.

#### 3.2.7.4 Protección V /Hz

Debe operar con un tiempo de retardo ajustable cuando la tensión del generador rebase la relación:

$$\frac{\frac{V_g}{V_{gnom}}}{\frac{F_g}{F_{nom}}}$$

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

donde:

$V_g$  = Tensión del generador

$V_{gnom}$  = Tensión nominal del generador

$F$  = Frecuencia de la red

$F_{nom}$  = Frecuencia nominal

Tolerable por el generador, los transformadores principales, de servicios y de excitación.

El regulador debe proveer acceso para la programación a todos los ajustes requeridos.

### **3.2.7.5 Protecciones por pérdida de fuentes de alimentación**

Esta protección debe operar dentro de la lógica de falla total en la unidad de control de excitación y mandar transferencia a la unidad de control de excitación redundante, o disparo de unidad en el caso de falla de las dos unidades de control de excitación.

### **3.2.7.6 Protección del convertidor de tiristores**

Debe tener protecciones que vigilen y protejan la adecuada operación de éste. Con el generador en línea si se presenta una falla de un puente rectificador, se debe bloquear automáticamente el puente fallado, si los puentes restantes están en condiciones normales estos se deben mantener en operación, en caso de que los puentes restantes en servicio no sean capaces de mantener la carga se debe generar una secuencia de paro.

#### **3.2.7.6.1 Protección por sobrecorriente de tiristores**

Esta protección evita que existan corrientes excesivas que afecten la operación de los tiristores, debe hacerse a través de fusibles ultra - rápidos instalados en cada tiristor, provistos de contactos para alarmas y señal para el circuito de protección por falla de tiristores.

#### **3.2.7.6.2 Protección por sobre temperatura de tiristores**

El banco rectificador debe contar con sensores de temperatura para cada puente de tiristores.

#### **3.2.7.6.3 Protección por sobretensión en devanado de campo**

Esta protección debe suprimir cualquier transitorio de sobretensión en los tiristores producido por condiciones internas o externas que induzcan elevaciones de tensión en el devanado de campo, esta protección debe actuar antes de que se rebase la capacidad de los componentes de los sistemas de excitación.

#### **3.2.7.6.4 Protección por falla de pulsos de disparo en los tiristores**

Esta protección supervisa la continuidad de los pulsos de disparo en las compuertas de los tiristores de forma adecuada. La operación de esta protección debe mandar transferencia a la UCE redundante que dispone de su propio generador de pulsos independiente. Esta función debe estar coordinada adecuadamente con la función de monitoreo de tiristores del regulador de tensión.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

### 3.2.7.7 Protección por falla del sistema de enfriamiento

La operación de esta protección debe mandar bloqueo al puente afectado y enviar alarma al panel de control y consola de operación de unidad.

### 3.2.7.8 Otras protecciones

Como mínimo debe contener las siguientes funciones:

#### 3.2.7.8.1 Protección por tiempo excedido de excitación forzada

La finalidad de esta protección es mantener la integridad de los sistemas de excitación y debe operar cuando el tiempo de excitación inicial rebasa el tiempo establecido para una secuencia normal.

#### 3.2.7.8.2 Protección por sobretensiones (Crow Bar)

Tiene como función proteger a los puentes rectificadores y al campo del generador de sobretensiones por transitorios asociados con secuencias de desexcitación, descargas, operación asincrónica, maniobras de sincronización defectuosas entre otras.

#### 3.2.7.8.3 Protección contra inducción de corrientes en eje del rotor

Esta protección debe evitar la inducción de corrientes en eje del rotor por el sistema de excitación, este componente debe ser incluido en el sistema de excitación.

### 3.2.8 LIMITADORES

Los sistemas deberán suministrarse con al menos los siguientes limitadores:

#### 3.2.8.1 Limitador de mínima excitación o limitador de ángulo interno

En la región de subexcitación debe limitar al punto de operación del generador, debe permitir su ajuste para limitar la potencia reactiva de la unidad según el intervalo permitido por la curva de capacidad (capability curve) del generador.

El accionamiento de este limitador debe generar una señal de alarma la cual se debe instalar en los tableros de los sistemas de excitación, la consola de control y en el registrador de eventos.

#### 3.2.8.2 Limitador de máxima corriente de campo

En la región de sobre excitación debe prevenir el sobrecalentamiento del devanado del rotor de acuerdo con el intervalo de operación permitido por la curva característica de capacidad del generador.

El limitador de sobre excitación deberá ser temporizado, actuando por etapas en función del nivel de sobrecorriente de campo y de la temperatura del devanado rotórico.

El accionamiento de este limitador debe generar una señal de alarma la cual se debe instalar en los tableros de los sistemas de excitación, la consola de control y en el registrador de eventos.

Los limitadores de sobreexcitación y subexcitación no restringirán indebidamente el rango de operación del generador.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

### 3.2.8.3 Limitador de voltios/Hz

Debe operar corrigiendo la tensión en terminales del generador para evitar que la relación:

$$(V_g/V_{gnom}) / (F/F_{nom})$$

entre a la zona de daño por sobre excitación del generador, los transformadores principal y de servicios.

### 3.2.9 SEGUIDORES AUTOMÁTICOS

Las unidades de control de excitación deben contar con seguidores automáticos de las señales de control entre los canales de regulación y las unidades de control de excitación en forma bidireccional para que, en caso de transferencia del canal automático al canal manual, o viceversa y de la unidad controladora principal a la unidad controladora redundante o viceversa, no produzcan perturbaciones en la tensión del generador.

### 3.2.10 GENERADORES Y AMPLIFICADORES DE PULSOS

Cada unidad de control de excitación debe poseer un generador y amplificador de pulsos de disparo independientes y los circuitos necesarios para accionar sobre cualquiera de los bancos rectificadores. Las fuentes de alimentación de los generadores y amplificadores de pulsos deben ser independientes. Las señales de tensión por fase, del transformador de excitación para sincronía de pulsos, deben ser acopladas con un transformador o un medio de acoplamiento exclusivo para esta función y no derivar de esta señal para alimentación de fuentes para los componentes electrónicos.

Los generadores y amplificadores de pulsos para controlar los bancos de rectificadores deben tener la capacidad de trabajar con cualquiera de los controladores en automático-manual del sistema de excitación.

### 3.2.11 AUTODIAGNÓSTICO

Las unidades controladoras de excitación deberán contar con funciones de supervisión y autodiagnóstico, y verificación de los enlaces locales y remotos de comunicación.

La función de autodiagnóstico debe permitir la detección de fallas internas en el sistema de control, esta función debe operar de forma continua y generar un historial de los eventos detectados.

Esta función debe permitir su consulta a través de los puertos de comunicación, utilizando el software de diagnóstico y a través del panel de indicación de estado operativo.

### 3.2.12 LÓGICA DE TRANSFERENCIA ENTRE LAS UNIDADES DE CONTROL DE EXCITACIÓN

La lógica de transferencia debe operar dando prioridad a las funciones de regulación de tensión ante falla de los transformadores de potencial asociados con la retroalimentación de tensión en terminales de generador o ante una falla total de la unidad de control, las funciones de regulación de corriente de campo solo se deben activar ante la falla de las funciones de regulación de tensión disponibles en las dos unidades de control.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

La lógica de transferencia debe operar en ambos sentidos, esto es si se ha transferido de la unidad de control 1 a la unidad de control 2 por falla en los fusibles de los transformadores de tensión y éstos se han restablecido, la unidad de control 2 debe transferir bajo una condición de falla en su función de regulación de tensión, a la unidad de control 1.

La transferencia de los sistemas de excitación a un canal de regulación de corriente de campo, solo debe ocurrir cuando hayan fallado los canales de regulación de tensión en las dos unidades de control. Así mismo, cuando se haya restablecido la funcionalidad de un canal automático en una unidad de control, el sistema debe dar indicación de esta condición. La transferencia del canal de regulación de corriente de campo al canal de regulación de tensión se realizará de forma manual.

### **3.2.13 COMUNICACIONES, PUERTOS Y INTERFACES**

Los elementos de comunicaciones, puertos e interfaces deben cumplir con los requisitos necesarios para una correcta integración con el Sistema de Control y Supervisión existente de la Central y realización de pruebas de puesta en servicio y las exigidas por el CNO por el hecho de modernizar este sistema, acuerdos detallados en el numeral 3.1.1, o los que los modifiquen y sustituyan.

#### **3.2.13.1 Comunicaciones y puertos**

Para fines de acceso vía el equipo portátil de configuración, diagnóstico, programación, mantenimiento y pruebas del regulador, además de la integración con el sistema de control y supervisión existente de la central, cada unidad de control de excitación debe poseer al menos los puertos de comunicación y accesorios que se enumeran a continuación:

- a) Un puerto para configuración y monitoreo local, preferiblemente RJ-45 o alternativamente USB o serial.
- b) Puertos de comunicación Ethernet para la interfaz con el sistema de control y supervisión existente, se deberán tener en cuenta dos puertos de comunicación con protocolo IEC 60870-5-104
- c) Interfaces ópticas para comunicación con los módulos de entradas y de salidas (I/O) o convertidores

Los módulos de entradas y de salidas deberán actuar como filtros de tensión de suministro del equipo, proveer separación galvánica para las entradas por medio de opto acopladores y para las salidas por medio de relés de interposición, servir como interfaz entre el equipo y el proceso y adaptar las señales a los niveles de tensión de operación.

Cada módulo deberá incluir diodos emisores de luz para indicar el estado de las señales de entrada y salida.

Las unidades de Control y Medición deberán contar con interfaces diseñadas especialmente para uso en sistemas de control de excitación con al menos:

- a) 4 entradas analógicas,  $\pm 10V$  o  $\pm 20mA$ ., que deberán incluir diodos de protección en bornera

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- b) 12 salidas analógicas,  $\pm 10V$
- c) 6 entradas digitales de 24 Vcc aisladas por opto acopladores (Arranque, parada, online, off-line, subir, bajar, trip).
- d) 2 salidas a relés y 1 salida con aislamiento galvanizado 24 Vcc
- e) 4 entradas de medición de corriente de 5 o 1 A.
- f) 4 entradas de tensión 110 Vca.
- g) Función de watch-dog independiente.
- h) Equipado con entradas y salidas digitales y analógicas para recibir las señales vitales del sistema, o sea, si fallan los módulos interfaces, se puede manejar el sistema con las señales básicas que llegan en ese modulo.

A continuación, se describen los requisitos mínimos de interfaces que permitan realizar adecuadamente las pruebas iniciales y periódicas exigidas por el Consejo Nacional de Operación del sector eléctrico (CNO) asociadas con estos sistemas de excitación y de regulación de tensión.

### **3.2.13.2 Interfaz de entradas analógicas**

Para esta interfaz se debe proveer de forma adicional a las entradas requeridas por el sistema, dos entradas analógicas conectadas al punto de suma del detector de error del regulador de tensión del generador, estas entradas son requeridas para:

- Prueba de escalón y perturbación
- Instalación o remplazo de PSS

La conexión de entrada de estas señales debe estar disponible en borneras de conexión.

Las entradas analógicas deberán ser de  $\pm 10V$  o  $\pm 20mA$ .

Además, de debe disponer en este sistema un dispositivo que permita producir señales analógicas de prueba de escalón y perturbación.

### **3.2.13.3 Interfaz de salidas analógicas**

Cada unidad de control de excitación debe poseer una interfaz de salida analógica o por comunicaciones para al menos las siguientes señales internas. Estas señales deben estar disponibles en borneras de conexión de acuerdo con las señales requeridas, bien sea  $\pm 10 V$  o de 4-20 mA:

- a) Potencia activa
- b) Potencia reactiva
- c) Tensión de generador
- d) Corriente de generador
- e) Tensión de campo
- f) Corriente de campo

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- g) Tensión de control a pulsos de disparos
- h) Corriente por puente rectificador
- i) Entrada al PSS
- j) Salida del PSS
- k) Señal de referencia canal manual

**3.2.13.4 Interfaz de entradas de estado digital**

Cada unidad de control de excitación debe poseer una interfaz optoacoplada de entrada de mandos con conexión a bornera para al menos las siguientes funciones:

- a) Mando remoto habilitación – deshabilitación PSS
- b) Los requeridos por el diseño del sistema

Las entradas digitales serán de 24 Vcc aisladas por opto acopladores.

**3.2.13.5 Interfaz de salidas de estado lógico**

Cada unidad de control de excitación debe poseer una interfaz de salida con contactos secos para las condiciones de estado lógico de al menos las siguientes señales:

- a) Interruptor principal de generador
- b) Interruptor de campo
- c) Interruptor de excitación inicial
- d) Indicación de PSS en servicio
- e) Indicación de canal automático – manual en servicio
- f) Limitador V/Hz activado
- g) Limitador de subexcitación activado
- h) Limitador de sobre excitación activado
- i) Operación de disparo por falla de los sistemas de excitación
- j) Indicación límite superior – inferior de referencia canal automático
- k) Operación del crowbar
- l) Indicación límite superior – inferior de referencia canal manual
- m) Indicación unidad de control de excitación en servicio

Los contactos de salida deben soportar 5 A c.c. y 30 A c.a. durante un segundo (1s). Su capacidad de interrupción debe ser de al menos 180 VA resistivos y 60 VA inductivos a 24 Vcc.

**3.2.13.6 Patch Cord Eléctrico**

Todos los equipos que lo requieran, deben ser suministrados con sus respectivos patch cord de cable S/FTP CAT 6A o superior, 4x2 23-26 AWG de color gris, blindado, terminados en sus

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

extremos con terminales RJ45, debidamente conectorizados, sin que presenten daños o pérdidas por una mala conectorización.

Debe cumplir con las normas ANSI/TIA-568-C.2, ISO/IEC 11801 Clase EA, ANSI/TIA-1096-A, listado UL.

Los patch Cord de longitud comercial deben ser ensamblados y probados en fábrica. Solo cuando la longitud no sea comercial podrán ser conectorizados por EL CONTRATISTA.

**3.2.13.7 Cableado para fibra óptica**

El CONTRATISTA debe suministrar todos los conectores y los cables de fibra óptica requeridos para la integración de los nuevos equipos a la red del sistema de control y supervisión existente de la central, al igual que las cajas, distribuidores de fibra (ODF) y demás accesorios requeridos tales como pig-tail, patch-cord, conectores, panel de conexiones, organizadores, regletas, conexiones por fusiones y los demás elementos que se requieran para el correcto funcionamiento de la red de fibra multimodo que da soporte a la red.

El cable de fibra óptica deberá ser como mínimo de seis fibras ópticas tipo multimodo, completamente dieléctrico con protección anti-roedores, apto para instalación en ductos, cárcamos y bandejas porta cables, debe ser retardante a la llama, tener protección contra los rayos de luz ultravioleta, se debe garantizar protección contra la humedad y penetración de agua, deberá cumplir la norma IEC 60794 con una vida útil mínima de 20 años. La unidad óptica o núcleo óptico que contiene las fibras deberá construirse utilizando un tubo que proporcione protección holgada de las fibras respecto al cable, deben estar separadas en varios tubos de protección, estas deberán cumplir con norma IEC 60793; las fibras deberán poder operar dentro del rango de temperatura de -10°C a +60°C, sin que resulten afectadas las características ópticas y mecánicas de las mismas. El cable debe tener la cubierta externa en PVC.

**Tabla 2. Características principales para fibra óptica multimodo**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	Normas de fabricación		IEC 60793
2	Tipo de Fibra		Multimodo
3	Máxima atenuación en 1300 nm	dB	≤ 1,00
4	Máxima atenuación en 850 nm	dB	≤ 3,50

**Tabla 3. Características principales para cordón óptico (“patch-cord”) multimodo**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	Tipo de fibra		Multimodo
2	Diámetro exterior mínimo	mm	2,5
3	Longitud		

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
4	Tipo		Dúplex SC-SC
5	Máxima pérdida de inserción	dB	0,5
6	Máxima reflectancia	dB	-40
7	Color chaqueta		Según fibra
8	Vida útil mínima	Años	20

**Tabla 4. Características principales para distribuidor terminal óptico (ODF)**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO
1	Normas de fabricación		ITU-T L.202
2	Capacidad mínima de fusiones		>24
3	Máx. número de fusiones por bandeja		12
4	Máx. número de cables permisibles		2
5	Tipo de conector del "pig-tail"		Dúplex SC
6	Adaptadores intercambiables / tipo		Si / SC
7	Capacidad mínima de conectores		12 – Duplex
8	Máxima pérdida de inserción	dB	0,5
9	Máxima reflectancia	dB	-40
10	Recubrimiento cordón ("pig-tail") de aramida o similar		Si
11	Longitud mínima cordón	m	Indicar
12	Diámetro exterior mínimo cordón	mm	2,0
13	Peso	kg	Indicar
14	Dimensiones	Mm	Indicar
15	Vida útil mínima	Años	20

Los cables de fibra óptica deberán incluir hilos de reserva, mínimo 20%, y éstos deben dejarse disponibles hasta los puertos del ODF.

Durante el montaje de la red deberá vigilarse que la fibra no quede sometida a presiones indebidas, en su trayecto o en sus terminaciones de modo no se tengan pérdidas mayores a las normales de longitud, empalme e inserción: Las pruebas a los enlaces de fibra óptica deberán garantizar que las pérdidas en cada hilo de cada tramo sean inferiores a las máximas teóricas, de acuerdo con la longitud, la cantidad de empalmes, la cantidad y el tipo de conectores de cada tramo, para lo cual se debe considerar que los empalmes por fusión entre "pig-tails" del ODF y fibras del cable óptico, no deben tener una atenuación mayor a 0,2 dB.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I****3.2.14 FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

El sistema de excitación estará equipado con dos fuentes de alimentación conectadas en paralelo, a través de un módulo de paralelismo de fuente. Cada fuente debe tener la capacidad de suministrar toda la energía necesaria al regulador de tensión, es decir, en el caso de pérdida de una de las fuentes, la otra fuente asumirá automáticamente el suministro de toda la energía necesaria al regulador de voltaje. Las fuentes deben ser de fabricantes de mercado, de multiuso y de renombre internacional.

Deben incluir todos los filtros reguladores y todo lo necesario para acondicionar a los valores requeridos internamente, tanto de corriente alterna como de corriente directa, desde los tableros de servicios auxiliares y bancos de baterías de la central para las tensiones indicadas.

El sistema de excitación debe contar con fuentes de alimentación en módulos independientes y redundantes al menos para los siguientes dispositivos:

- a) Unidad de control de excitación 1
- b) Unidad de control de excitación 2
- c) Generador de pulsos para unidad de excitación 1
- d) Generador de pulsos para unidad de excitación 2
- e) Registrador de transitorios

**3.2.15 INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA (IHM)**

La interfaz hombre-máquina (IHM) de los tableros de control deberá consistir en un monitor industrial tipo LCD TFT a color, de matriz activa de 17 pulgadas o superior y mínimo 256 colores, con “touchscreen”, apropiada para desplegar toda la información del sistema y contar con todas las funciones requeridas de programación, supervisión, alarma y control.

La IHM deberá tener grado de protección IP65 como mínimo, capaz de soportar una temperatura ambiente de hasta 70°C, con alta resistencia a las vibraciones, y deberá tener sistema operativo más reciente con disco duro de estado sólido y memoria R/W no volátil de estado sólido. El procesador, la memoria SDRAM, la tarjeta de video y los demás accesorios que componen la interfaz hombre-máquina, deberán ser los de más avanzada tecnología y con las mejores características técnicas disponibles en el mercado.

En la IHM se deberán visualizar en diferentes despliegues, al menos los siguientes parámetros o información del sistema:

**Tabla 5. Parámetros a visualizar en la IHM**

ÍTEM	SEÑAL
1	Falla puente rectificador 1
2	Falla puente rectificador 2
3	Puente rectificador 1 en servicio

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

<b>ÍTEM</b>	<b>SEÑAL</b>
4	Puente rectificador 2 en servicio
5	Tensión de entrada puente rectificador 1
6	Tensión de entrada puente rectificador 2
7	Tensión de salida puente rectificador 1
8	Tensión de salida puente rectificador 2
9	Tensiones fase a fase del generador en kV, para cada una de las fases
10	Corriente puente rectificador 1
11	Corriente puente rectificador 2
12	Interruptor de campo abierto
13	Interruptor de campo cerrado
14	Sobrecarga puente rectificador 1
15	Sobrecarga puente rectificador 2
16	Limitadores activos
17	Falla transformador de excitación
18	Falla ventilador 1
19	Falla ventilador 2
20	Falla alimentación por corriente alterna
21	Falla alimentación por corriente continua
22	Temperatura devanados del rotor
23	Excitación en control manual
24	Excitación en control automático
25	Excitación en control automático de potencia reactiva
26	PSS activo

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

ÍTEM	SEÑAL
27	PSS desactivado
28	Factor de potencia
29	Corriente alterna para cada una de las fases del generador
30	Corriente en el devanado de campo
31	Tensión en el devanado de campo
32	Potencia reactiva.
33	Potencia activa
34	Parámetros de ajuste del regulador
35	Registro de alarmas y eventos

Los despliegues realizados en la IHM deberán ser presentados a URRÁ para su revisión y aprobación.

La IHM usada para el monitoreo y control de los sistemas de excitación, deberá estar localizada en la puerta del tablero de control de excitación para operación local. La IHM estará protegida por contraseñas de 8 caracteres incluidos (minúsculas mayúsculas y símbolos) con mínimo de tres niveles diferentes de acceso: Operador, Mantenimiento e Ingeniería/administrador. La IHM proveerá todos los botones de comando e indicadores requeridos. La IHM servirá de análisis y deberá tener como mínimo las siguientes visualizaciones:

a) Operación

- Indicación de la instrumentación principal para el control del sistema: tensión de generador, corriente del generador, tensión de excitación, corriente de excitación, potencia reactiva, potencia activa.
- Los botones de comando para el control del sistema predefinido para operación local. Además de toda la información de status del sistema.
- A través de la IHM se debe permitir la modificación de los ajustes para el disparo de las oscilografías que se requieran registrar para posterior análisis.

b) Curva de capacidad

- Debe mostrar el punto de operación del sistema conteniendo la curva de capacidad del generador con limitadores, medición de potencia y status del sistema.

c) Diagrama Unifilar

- Unifilar básico con información del interruptor de campo (abierto/cerrado), información de la tensión y corriente del campo y del generador.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

## d) Eventos y Registro de Datos

- Indicación de las fallas y alarma en cada canal (listado dinámico), con información de la fecha, hora y descripción con las instrucciones para la solución de problemas.
- La IHM grabará mínimo 2000 eventos en orden cronológico.
- Deberá permitir salvar y recargar el listado de eventos.

## e) Perturbaciones

- Permitirá seleccionar mínimo diez señales al mismo tiempo definidos libremente con escaneo ( $\leq 100$  ms del muestro) y con grabación del tiempo (hasta  $\geq 24$  horas).
- Permitirá salvar y recargar las señales y auto ajuste / zoom e indicación del canal único.

## f) Otros

- Deberá permitir la visualización de parámetros.
- Herramientas especiales para pruebas y apoyo al mantenimiento, incluido despliegues (pantallas) específicas para labores de ensayos y pruebas.
- Deberá permitir grabar parámetros e información adicional del sistema, como límites máximos y mínimos.
- Cuando se esté trabajando en modo pruebas que se genere una señal de alarma leve y evento con el fin de recordar que está dicho modo activo cuando se está procediendo a la normalización de la unidad o una vez se salga del despliegue de pruebas este modo se deshabilite.

**3.2.16 MANDOS DE CONTROL, SEÑALIZACIÓN Y ALARMAS**

Los selectores de los mandos de control (transferencia entre canales de operación, apertura y cierre del interruptor de campo, subir y bajar excitación), así como los indicadores de estado requeridos por el sistema de excitación, deberán estar programados en la IHM del tablero de control para la operación de los sistemas de excitación.

Así mismo, en este mismo dispositivo, se tendrá la señalización visual de alarmas y señalización de condiciones operativas en los tableros de los dispositivos de potencia (puentes rectificadores e interruptor de campo), información que también deberá llegar a la consola de control del generador.

**3.2.17 INTEGRACIÓN CON EL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN EXISTENTE DE LA CENTRAL.**

Los controladores de los sistemas de regulación de tensión y excitación deberán integrarse al sistema de control y supervisión existente de la planta vía Ethernet con protocolo IEC 60870-5-104.

El sistema de control y supervisión actual consta de un sistema de control tipo distribuido o DCS con los siguientes componentes:

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- Controlador redundante Modicon Quantum CPU 67160 por cada unidad de generación
- Gateway principal y de respaldo SMP16CP-PM
- Servidores principal y de respaldo, con un servidor de históricos adicional
- Servidor GPS Lantime M900.

Es responsabilidad del CONTRATISTA la intervención, modificación, programación y/o ajuste del sistema de control y supervisión existente de la central para la integración de los nuevos sistemas de regulación de tensión y excitación. La intervención de los sistemas existentes debe considerar y conservar la filosofía que actualmente tienen estos sistemas en la forma de presentar los despliegues (colores, animaciones, convenciones y/o representaciones de elementos, alarmas y eventos, reporte de operación, curvas de tendencias, entre otros) así como de configuración en las bases de datos (señales).

**3.2.18 SOFTWARE DE LOS SISTEMAS DE EXCITACIÓN**

Los controladores deberán disponer de todo el software requerido para realizar su completa funcionalidad. Si algún software requiere de llave de hardware o de software, ésta debe ser parte del suministro. Se entiende que las aplicaciones de software son específicas para el control de la Central y por tanto todo el software debe ser suministrado con las licencias necesarias para su total manipulación, esto es: operación, modificación de aplicaciones y desarrollo de estas.

El software deberá ser diseñado y desarrollado con una estructura modular de modo tal que garantice flexibilidad para expansiones y revisiones del sistema.

El CONTRATISTA deberá entregar con el software del sistema todas las claves de acceso a los programas de diseño y configuración.

La arquitectura del sistema y el software deberán ser distribuidos de modo que una falla en una componente individual del sistema no afecte la operación global de éste.

El software deberá estar compuesto por el software básico, común a todas las aplicaciones, y por el software de aplicación encargado de realizar las funciones de control y supervisión de los sistemas de excitación.

Deberá permitir ampliaciones, actualizaciones, correcciones, cambios e implementación de nuevas funciones, sin afectar el funcionamiento del sistema.

Deberá ser modular, de tal forma que facilite la operación, administración y el mantenimiento del sistema y permita realizar cambios por partes y en lo posible en línea, para que el servicio no sea interrumpido.

**3.2.19 SOFTWARE PARA LA VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE LOS CONTROLADORES**

Los controladores deberán disponer de un software para el desarrollo de la validación de los modelos de los controladores del AVR y del PSS. Este software o aplicación deberá quedar configurado desde fábrica y deberá permitir implementar las funciones de control, supervisión

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

y monitoreo de diferentes variables de los sistemas de excitación. Se deberá contar como mínimo con:

- a. Una aplicación en el software del controlador del AVR para la supervisión, configuración y registro de las siguientes variables internas y externas utilizadas por el software de control: Tensión del generador, corriente del generador, corriente de campo, tensión de campo, potencia activa, potencia reactiva, velocidad de la máquina, frecuencia de red, señal de los limitadores, señal del PSS, señal de salida del AVR, señal de referencia del AVR.
- b. Programa para la inyección de señales (rampa, escalón, frecuencia, impulsos) al setpoint de voltaje del regulador de voltaje AVR.
- c. Software o aplicación para el cambio del parámetro de los limitadores de subexcitación y sobre excitación.
- d. Las funciones de transferencia de los controladores de tensión y PSS deberán ser entregadas por el Contratista en Matlab y Digsilent en sus últimas versiones, para que URRÁ pueda entregar estos modelos al operador de Sistema Interconectado Nacional Colombiano.

### 3.2.20 CIBERSEGURIDAD

Todos los componentes de los sistemas electrónicos y elementos de comunicaciones a implementar que sean susceptibles de aplicación en este suministro deberán poseer todos los lineamientos, diseños, suministros y demás posibles componentes o servicios para cumplir los estándares más altos de ciberseguridad y así evitar posibles ataques cibernéticos y/o comandos no deseados de la planta. Para ello, el CONTRATISTA deberá realizar el suministro, pruebas y puesta en servicio basado en el estándar IEC/ISA 62443 [8], el acuerdo CNO 1502 [12] y además los requerimientos en ciberseguridad de URRÁ. La arquitectura de comunicaciones del sistema a implementar deberá ser entregada en plano digital y editable.

#### 3.2.20.1 Actualizaciones de Ciberseguridad

Todos los componentes de los sistemas electrónicos y elementos de comunicaciones a implementar que sean susceptibles de aplicación en este suministro deberán contemplar la posibilidad de realizar actualizaciones de ciberseguridad de manera remota y segura, implementando un sistema que permita la conexión remota utilizando tecnología de encriptación SSL y túnel dedicado (No VPN), para la gestión de mantenimiento y actualizaciones necesarias según los boletines de seguridad que sean emitidos por el fabricante/proveedor.

### 3.3 SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA DE LA EXCITACIÓN

Se entiende, para estas especificaciones, como sistemas eléctricos de potencia de la excitación a todos los componentes que permiten ser fuente de potencia eléctrica que proporciona tensión y corriente de excitación (campo) al generador; dichos sistemas son

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

regulados, monitorizados, controlados y protegidos por los sistemas electrónicos de la excitación.

La etapa de potencia está constituida al menos por los siguientes elementos:

- a. Interruptor de campo
- b. Circuito de excitación inicial
- c. Circuito de descarga
- d. Convertidor de tiristores
- e. Transformador de excitación
- f. Banco de puentes rectificadores
- g. Barras (buses) de potencia en c.a.
- h. Barras (buses) de potencia de c.c.
- i. Resistencias "shunt" para medición de corriente de campo
- j. Excitatriz y auxiliares

### 3.3.1 INTERRUPTOR DE CAMPO

El interruptor de campo deberá ser un interruptor automático de bastidor abierto que cumpla con los criterios de fabricación expuestos en la norma IEC 60947-2 [7] y deberá estar instalado a la salida c.a. del transformador de excitación, debe ser capaz de seccionar el circuito de campo del generador bajo las condiciones más adversas de tensión y corriente que los procesos de excitación y desexcitación produzcan bajo condiciones normales o de falla.

El interruptor de campo debe poseer las siguientes características:

- Protección contra sobrecargas
- Protección contra cortocircuitos, retardo breve.
- Protección contra cortocircuitos instantánea.
- Poder de corte tipo S (estándar)
- Soportabilidad eléctrica de mínimo 10.000 ciclos de maniobra.
- Botones de mando para abrir y cerrar localizados en la IHM de los sistemas de excitación, proporcionando señalización local y remota del estado del interruptor, así como un selector de control excluyente local - remoto.
- Dispositivo de apertura mecánica, sin estar incluida su operación en la lógica de bloqueo.
- Dos circuitos de disparo independientes con las características de tensión disponibles en la central
- seis contactos auxiliares con imagen de interruptor configurables, entre normalmente abierto y normalmente cerrado.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Este interruptor de campo no será aceptado para instalación de corriente continua.

### 3.3.2 CIRCUITO DE EXCITACIÓN INICIAL

El circuito de excitación inicial debe contener todos los componentes necesarios para llevar la tensión del generador desde cero hasta la tensión requerida para iniciar la operación de los puentes de tiristores bajo el control del regulador de tensión o del regulador de corriente de campo, la fuente de alimentación de potencia se debe tomar de un alimentador del banco de baterías de 125 Vcc o de los servicios auxiliares de unidad.

Su operación debe ser en forma automática al dar la orden de excitación en los dos modos de operación: Automático o Manual (control de corriente de campo).

### 3.3.3 CIRCUITO DE DESCARGA

Este circuito debe contener los componentes necesarios para proveer un medio de disipación para la energía total almacenada en el campo magnético del rotor durante la secuencia de desexcitación por paro de emergencia o la energía remanente durante un paro normal cuyo diseño deberá estar basado principalmente en es estándar IEEE 421.6[6].

Este circuito deberá ser accionado por un contacto de descarga cuyo mecanismo esté acoplado de forma mecánica a un circuito con tiristores anti paralelo para conectar la resistencia de descarga con el pulso de apertura del interruptor de campo, y en los casos de sobretensión de campo negativa o positiva. La resistencia de descarga tendrá característica no lineal tipo varistor.

Además, la sección de desexcitación deberá estar provista con un sistema crow-bar, para protección contra sobretensiones producidas por pérdidas de sincronismo del generador o cualquier otra posible causa. El sistema crow-bar estará compuesto por tiristores en conexión espalda contra espalda, circuito de detección de sobretensiones y disparo de los tiristores y conexión a la resistencia de descarga no lineal.

### 3.3.4 BANCO DE PUENTES RECTIFICADORES

Debe estar conformado por dos puentes de rectificación completos e independientes, de rectificación trifásica de onda completa de seis pulsos, constituido por dos puentes rectificadores conectados en paralelo, cada rectificador debe estar conformado por seis ramas de rectificadores controlados de silicio (Tiristores o SCR's) para permitir la operación como rectificador – inversor.

Los puentes rectificadores son diseñados de tal manera que si el puente en servicio falla el restante lo reemplace automáticamente. Para efectuar esta conmutación, los controladores de los sistemas de excitación suministrado por el CONTRATISTA deberán efectuar esta conmutación automáticamente del canal en servicio al puente de reserva que estará en espera en frio y sin afectar la generación de la unidad. Los puentes deberán operar como principal y respaldo en cualquier orden a elección local y remota del operador.

El circuito de control de compuerta de los rectificadores se deberá construir con componentes de estado sólido montados en tarjetas de circuitos impresos enchufables e intercambiables.

Además, deben cumplir con lo siguiente:

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

- a) El puente rectificador en servicio debe ser activado por el generador y amplificador de pulsos del canal de control de excitación en operación.
- b) Los puentes rectificadores deben ser capaces de operar en modo rectificador o modo inversor.
- c) El enfriamiento de puentes rectificadores debe ser a base de aire forzado por ventiladores redundantes, cada puente rectificador debe contar como mínimo con dos ventiladores siendo suficiente un solo ventilador para mantener la temperatura en intervalos permisibles para uso continuo con la unidad en operación normal con máxima carga, así mismo debe contar con circuitos de control, protección y señalización de falla. La disposición del equipo de ventilación debe ser tal que evite la entrada de objetos extraños que puedan dañar al puente rectificador. La alimentación del o los ventiladores debe tomarse para condición normal de un transformador tipo seco, conectado al lado de baja tensión del transformador de excitación o para fines de prueba de la alimentación de fuerza proporcionada desde la red de servicios auxiliares. La operación de los ventiladores debe ser en forma manual para fines de pruebas y automática cuando el generador esté operando, esta selectividad debe ser hecha desde la IHM del sistema.
- d) Serán parte del suministro los CTs en las líneas de entrada, por fase y por puente para medir la corriente.
- e) Cada puente rectificador dispondrá de informaciones concentradas en la IHM del tablero de regulación de tensión, por lo menos con la visualización de la corriente del convertidor y la visualización de la temperatura del convertidor.
  - Medición trifásica de la tensión de entrada del convertidor
  - Medición trifásica de la corriente del convertidor/de campo
  - Creador del pulso de disparo de los tiristores
  - Interfaces para sensores de temperaturas

### **3.3.5 BARRAS (BUSES) DE POTENCIA EN C.A.**

Las interconexiones del gabinete del transformador de excitación al gabinete que contiene el banco rectificador deben ser con barras y/o buses de potencia con la capacidad de conducción de corriente para cumplir con los requerimientos de disipación de calor y las temperaturas de operación de los equipos, bajo cualquier condición de operación de la unidad. Las superficies para conexiones deben ser con recubrimiento metálico de protección.

Se deben suministrar los accesorios de conexión necesarios para interconectar los componentes incluidos en el suministro, los dibujos de detalle deben proporcionar esta información.

### **3.3.6 BARRAS (BUSES) DE POTENCIA DE C.C.**

Se utilizará la conexión existente desde el banco de rectificación al devanado de campo del generador, de igual manera, se utilizará la interconexión existente entre el gabinete de salida

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRÁ</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

de los sistemas de excitación y el campo del generador. Las adecuaciones deberán hacerse mediante barras de cobre con envoltorio metálica.

Se deben suministrar los accesorios de conexión necesarios para interconectar los componentes incluidos en el suministro.

### 3.3.7 RESISTENCIAS “SHUNT” PARA MEDICIÓN DE CORRIENTE DE CAMPO

El sistema de excitación debe disponer resistencias “shunt” para medición de corriente de campo en los siguientes puntos:

- a) A la salida del banco de tiristores.
- b) Entre la conexión a las escobillas del devanado de campo y los elementos de descarga de campo.

### 3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración será completamente nuevo y deberá incluir todos los accesorios y componentes, incluyendo ductos, motores con sus respectivos ventiladores del sistema de enfriamiento. Deberá ser un sistema completamente redundante para maximizar la confiabilidad de este.

El sistema de control de los motores de ventilación para la refrigeración deberá vigilar la temperatura de cada sección del sistema de excitación, incluyendo el recinto del transformador de excitación y operar de la manera más eficiente posible los ventiladores para garantizar la temperatura del recinto incluso en los momentos de mayor temperatura en el sitio.

En caso de falla de uno de los motores de los ventiladores o de uno de los sistemas de ventilación, el sistema deberá dar alarma.

### 3.5 SUMINISTRO DE REPUESTOS

El Oferente deberá suministrar los repuestos necesarios para garantizar la completa disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de excitación a suministrar. Como mínimo deberá entregar los siguientes repuestos:

**Tabla 6. Repuestos mínimos a suministrar**

CANTIDAD	REPUESTO
1	Controlador completo de excitación
1	Fuente de alimentación de cada referencia
1	Tarjetas de interfaz de entradas y salidas análogas y digitales de cada referencia.
1	Tarjetas de interfaz entre el controlador y los puentes rectificadores de cada referencia

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

<b>CANTIDAD</b>	<b>REPUESTO</b>
1	Tarjetas medición del controlador de cada referencia
1	Tarjetas medición corriente puentes rectificador de cada referencia
2	Tarjeta interfaz de comunicaciones de cada referencia
1	Tarjetas de disparo de cada referencia
1	CTs para medición de corriente en los puentes convertidores
1	Sistema Crow-Bar
1	IHM principal
1	Panel de control para puentes de rectificación
1	Switch Ethernet.
1	Interruptores de campo en c.a.
1	Componentes completos del convertidor

El objetivo de la solicitud de repuestos es asegurar que la central contará con dos (2) unidades de cada uno de los componentes del sistema de excitación, por lo que lo solicitado en la casilla “REPUESTO” es una aproximación a los componentes de los sistemas de excitación, pero que obligatoriamente el Contratista deberá ajustar a los componentes de su sistema.

Si el sistema cuenta con equipos, tarjetas o componentes menores que no han sido listados en la tabla de repuestos, el contratista deberá suministrar una (1) unidad (tarjetas, convertidores, switches, relés, etc.) de cada referencia.

### **3.6 COMPUTADOR PORTÁTIL**

El Contratista suministrará con el nuevo sistema un (1) computador portátil para efectuar las labores de configuración, diagnóstico, mantenimiento, pruebas de los sistemas de excitación y análisis de registros de transitorios.

El computador portátil debe estar equipado con una pantalla de 15 pulgadas, procesador de ocho núcleos de última generación, memoria mínima de RAM de 16GB DDR4, con disco duro de estado sólido de mínimo 1TB; debe tener instalado sistema Office licenciado y la última versión del sistema operativo Windows totalmente operativo con los softwares de ingeniería requeridos. La tarjeta de video y los demás accesorios que componen la interfaz hombre-máquina, deben ser los de más avanzada tecnología y con las mejores características técnicas disponibles en el mercado.

Este equipo debe tener las aplicaciones de software necesarias para cubrir todas las funciones disponibles en el sistema de excitación, registrador de transitorios y receptor GPS.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Debe ser capaz de efectuar las siguientes acciones:

- Rutinas de configuración
- Rutinas de diagnóstico
- Rutinas de mantenimiento
- Pruebas de los sistemas de excitación
- Extracción y análisis de registros de transitorios
- Función de exportación de registros y reportes a formato COMTRADE o CSV, hoja de cálculo y editor de texto, todas las aplicaciones de software utilizadas por el sistema

Los programas de aplicación deben operar en ambiente gráfico e incluir las licencias institucionales correspondientes, el equipo de diagnóstico debe ser entregado con la licencia del sistema operativo correspondiente.

Este equipo debe contar con puertos de comunicación con los accesorios necesarios de conectividad requeridos para su operación.

Las características mínimas de hardware requeridas para este equipo serán determinadas por el Contratista teniendo en cuenta la última tecnología disponible en el mercado, y el eficaz cumplimiento de las funciones relacionadas.

### **3.7 MONTAJE**

En este capítulo se especifican los requisitos para la realización de todas las actividades necesarias para el montaje de los equipos requeridos para la modernización de los sistemas de excitación de la Central, incluyendo las especificaciones para el desmantelamiento de aquellos equipos del sistema existente que deben ser retirados y/o reemplazados.

#### **3.7.1 REUNIÓN DE PREPARACIÓN AL MONTAJE**

Al menos un mes previo a la realización del montaje de la primer unidad, en coordinación de URRÁ, el CONTRATISTA deberá realizar una reunión en sitio con los encargados del montaje para preparar y ultimar todos los requisitos técnicos, administrativos, logísticos y similares para tratar de prever todos los requisitos y posibles riesgos en la ejecución de este montaje.

#### **3.7.2 ACTIVIDADES PREVIAS AL MONTAJE**

Previo al Inicio de los trabajos, el contratista podrá realizar las visitas adicionales a la detalla en el numeral 3.7.1 que considere necesarias a la central para realizar el levantamiento de información y poder desarrollar la ingeniería de manera eficiente. Estas visitas deberán realizarse de manera coordinada con el personal de URRÁ responsable del Contrato.

El Contratista deberá realizar las siguientes actividades relacionadas con los diseños requeridos para efectuar las labores de interfaz así:

- a. Recopilación y análisis de todos los planos e información técnica (planos y diagramas eléctricos existentes tales como unifilares, diagramas de circuitos control, distribución de polaridades, instrumentación existente, arquitectura/esquemas y/o planos/documentación de los sistemas de control, protección y SCADA existentes, etc.)

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

que requiera para la elaboración de la interfaz del nuevo sistema de excitación con los equipos de la central. Esta información se entregará al Contratista seleccionado.

- b. Elaboración de órdenes de trabajo (instructivos) de cómo se deben realizar las labores de conexión y desconexión. Las órdenes de trabajo deberán elaborarse para cada uno de los tableros o gabinetes a intervenir y deberán ser revisados y aprobados por URRÁ.
- c. Determinación de las medidas de seguridad que deben tenerse en cuenta para la realización de las labores de montaje y desmontaje de los elementos en tableros existentes.
- d. Elaboración de las modificaciones que se realicen en los planos existentes, enviando una copia a URRÁ, los cuales se someterán a la aprobación con la siguiente convención:
  - Color rojo: adicionar
  - Color verde: eliminar
- e. Las modificaciones incluyen además las disposiciones físicas de cada uno de los gabinetes que haya que intervenir.
- f. Elaboración de tablas de conexionado interno y externo de todas las modificaciones que se tengan que realizar en gabinetes y equipos.
- g. Las tablas de desconexión y desalambrado contenidas en cada orden de trabajo, deben indicar punto a punto, las conexiones y alambrado interno que deben ser eliminados de los tableros existentes. El Contratista debe asegurarse que en cada desconexión se retire únicamente el elemento requerido y que las conexiones de los nuevos elementos cumplan con la funcionalidad del subsistema en el cual quedan integradas.
- h. Igualmente, las tablas de conexionado y alambrado contenidas en cada orden de trabajo deben mostrar punto a punto, las conexiones y alambrados que deben realizarse para integrar los elementos nuevos del sistema de control o para rehacer conexiones que aseguren que con la eliminación de elementos no se afecta la funcionalidad del tablero.
- i. Determinación y suministro de cantidad y tipo de elementos que se requieren para el correcto funcionamiento de la interfaz.
- j. Determinación y suministro del cable y/o alambre requerido para la implementación y/o toma de señales de los equipos, instrumentos o tableros existentes.
- k. Determinación de los procedimientos requeridos para someter a pruebas los tableros intervenidos.
- l. Determinación de los procedimientos requeridos para la puesta en servicio de los tableros intervenidos.
- m. Determinación y suministro de la herramienta requerida para realizar las labores de montaje y desmontaje de los elementos en tableros existentes

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Una vez aprobadas las modificaciones, el Contratista debe corregir los originales de los planos de archivo existentes y deberá entregar a URRÁ tres (3) copias en medio físico y una en medio digital.

### 3.7.3 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES DE MONTAJE

En general es responsabilidad del Contratista, desembalar, movilizar, instalar, conexionar y realizar el cableado de todos los elementos que éste suministre bajo el alcance del Contrato.

Sin limitarse a ellas, el alcance del montaje cubre las siguientes actividades:

- a. Efectuar el desconexión y desalambrado de los gabinetes o elementos existentes que se retiren durante el desarrollo de los trabajos.
- b. Desmontar los equipos, elementos, cables y en general todos aquellos elementos del sistema de excitación existente, incluyendo los tableros de control, los tableros de potencia y los equipos de refrigeración, que deben ser retirados y/o modificados, de acuerdo con las órdenes de trabajo y tablas de desconexión y desalambrado presentadas por el Contratista en la etapa de diseño y aprobadas por URRÁ.
- c. Instalar los gabinetes de los sistemas de excitación suministrados por el CONTRATISTA.
- d. Movilizar, manejar y almacenar en el sitio indicado por URRÁ, los equipos, materiales y herramientas, incluyendo mantenimiento seguro de los mismos.
- e. Montar y probar los equipos de acuerdo con los manuales e instrucciones de montaje suministrados por el CONTRATISTA y aprobadas por URRÁ.
- f. Movilizar al sitio indicado por URRÁ, todos los equipos, elementos, cables, y en general todos aquellos elementos del sistema existente que fueron retirados durante el montaje de los nuevos sistemas.
- g. Integración e interfaz de los nuevos sistemas con los sistemas de control, protección y SCADA existentes en la Central Hidroeléctrica URRÁ I. Este alcance incluye la intervención de los sistemas existentes que garanticen la correcta operación de la Central Hidroeléctrica URRÁ I desde sus diferentes niveles de control y acuerdo a la estructura jerárquica de los actuales sistemas de control y supervisión.
- h. Una vez probados, el CONTRATISTA deberá entregar los repuestos que hagan parte del suministro debidamente empacados, relacionados e inventariados.
- i. Todos aquellos otros trabajos que, aunque no se mencionen expresamente en este documento, sean necesarios para ejecutar los trabajos contratados en forma completa, correcta y segura, dentro de los plazos y costos pactados.

### 3.7.4 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA EL MONTAJE

El CONTRATISTA deberá suministrar todos los dispositivos, instrumentos y herramientas de fabricación especial, que sean necesarios para efectuar las labores de montaje, pruebas y puesta en servicio de los equipos suministrados.

Todas las herramientas, dispositivos y equipos deberán ser de primera calidad.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Las herramientas se deberán suministrar montadas en cajas de acero adecuadas, o gabinetes provistos de puertas con sus correspondientes cerraduras y llaves. Los guacales de transporte deberán ser claramente identificados para distinguirlos de los demás guacales del suministro.

Todo el equipo que hace parte del suministro debe ser completamente fabricado en las instalaciones del CONTRATISTA y no debe requerir en campo trabajos propios de la fabricación de este, puesto que URRÁ solamente contará en el sitio con personal técnico de mantenimiento que no estará disponible para estas labores.

### **3.7.5 MONTAJE DE REPUESTOS**

Los repuestos deben ser probados en forma similar que el equipo principal, por lo que deben ser montados sobre el nuevo sistema para verificar su correcto funcionamiento. Los equipos que deban ser parametrizados o programados antes del montaje, se les realizará esta labor antes de probarlos.

Los repuestos probados deberán ser entregados a URRÁ debidamente inventariados y catalogados de acuerdo con las instrucciones que URRÁ imparta al respecto.

### **3.7.6 PERSONAL DE MONTAJE, DESMONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**

El Contratista debe suministrar todo el personal para el montaje, desmontaje, pruebas y puesta en servicio, el cual debe ser idóneo para las actividades que se ejecuten incluyendo el personal directivo, administrativo, de planeación y coordinación, de calidad, de seguridad industrial y salud ocupacional, de supervisión, técnico, auxiliar, de soporte, y vigilancia que llegara a requerir el proyecto.

URRÁ se reserva el derecho de ordenar el retiro de la o las personas que a su juicio sean perjudiciales para la buena marcha del Contrato y a exigir que sean reemplazadas por otras mejor calificadas.

El Contratista deberá suministrar a todo su personal los elementos de protección personal apropiados para el trabajo a ejecutar, tales como overoles plenamente identificados con el nombre de la empresa contratista o subcontratista, cascos, caretas, botas, gafas, guantes, cinturones de seguridad, tapa-oidos, y demás elementos de protección necesarios. Deberá desarrollar los trabajos de acuerdo con las normas de seguridad, salud ocupacional y protección del medio ambiente aplicables para el proyecto y velar por su estricto cumplimiento.

El Contratista deberá asumir toda la responsabilidad por daños causados a URRÁ o a terceras personas, resultantes de la ejecución del montaje por acción u omisión, por causa de sus trabajadores y por causa de sus máquinas o equipos, aún en el caso de fallas de éstos.

El Contratista será responsable igualmente por todos los accidentes que pueda sufrir su personal, el de URRÁ, visitantes autorizados o terceros como resultado de la negligencia o descuido del Contratista para tomar las medidas de seguridad necesarias. En cuyo caso, todas las indemnizaciones serán por cuenta del Contratista.

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

El Contratista deberá ser especialmente cuidadoso con el equipo a montar. Cualquier daño ocurrido en el equipo durante el montaje será imputado al Contratista quien deberá efectuar las reparaciones que fueren del caso o reponer el equipo o material averiado. Si el Contratista no hiciere prontamente las reparaciones o cambios, URRÁ procederá a ejecutar tales acciones y a cargar los costos en la cuenta del Contratista.

### **3.8 PRUEBAS**

#### **3.8.1 PRUEBAS DE CALIDAD DEL SISTEMA**

##### **3.8.1.1 Pruebas prototipo**

En las instalaciones del fabricante se realizarán pruebas completas de funcionamiento del equipo de rectificación y regulación con carga simulada.

La evaluación de los sistemas de excitación se realiza con dos grupos de pruebas; denominadas técnicas y funcionales respectivamente, con las normas indicadas y con lo menos con los niveles de severidad mencionados.

En el caso que las especificaciones del proveedor excedan las pruebas aquí indicadas, las que se toman en cuenta para la evaluación serán las del proveedor.

El proveedor puede evidenciar el cumplimiento con la presente especificación, mediante reportes de pruebas emitidos por laboratorios acreditados.

##### **3.8.1.2 Pruebas técnicas**

Las pruebas técnicas que deben cumplir los sistemas son las indicadas en la Tabla 7.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

**Tabla 7. Pruebas técnicas**

No.	Nombre de la prueba	Norma o especificación	Nivel de severidad
1	Temperatura y Humedad	IEC-60068-2-30	-5°C a +55°C con 95% de HR
2	Transitorios Rápidos	IEC-61000-4-4	± 4 kV a ± 5,0 kV 5/50 ns
3	Inmunidad a campos electromagnéticos radiados	IEC-61000-4-3	10 V/m, 80 a 1000 Hz AM 80%, 400 Hz
4	Interrupciones y caídas de tensión	IEC-61000-4-11	Interrupciones 95% / 5 s Caídas 30% 10 ms 60% 100 ms
5	Descargas electrostáticas	IEC-61000-4-2	Nivel 4 ± 8 kV contacto ± 15 kV aire
6	Tensión de impulso	IEC 60255-5	5 kV (valor pico) 1,2 / 50 µs

### 3.8.2 PRUEBAS DE RUTINA

Basados en las normativas recomendadas de IEEE en el numeral 3.1.1, se practicarán las pruebas que el Contratista realiza al 100% de los equipos a suministrar, es requisito evidenciar estas pruebas documentalmente, con objeto de entregarlas a los inspectores de URRÁ que realicen las pruebas de aceptación en fábrica.

### 3.8.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FÁBRICA

Para cumplimiento con fines de aceptación debe realizarse la evaluación funcional y de parámetros de acuerdo con lo establecido en esta especificación.

Debido a que en fábrica no se puede evidenciar el cumplimiento funcional como debe estar integrado el sistema de excitación en campo, se otorga una aceptación condicionada al cumplimiento de las pruebas en campo. El alcance de la aceptación condicionada es solamente para realizar la liberación del embarque por parte del proveedor.

a) Procedimiento de prueba. Se debe proporcionar a URRÁ un procedimiento detallado de las pruebas a cada uno de los subsistemas de los sistemas de excitación, con una

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I**

anticipación de 30 días calendario en su versión en idioma original y traducción al español. Este procedimiento debe presentarse en forma de lista para verificación, y debe utilizarse en toda la prueba. Cada protocolo de prueba se debe incluir lo siguiente:

- Estado del sistema antes de la prueba
  - Acción que debe efectuarse
  - Resultados, operación del sistema y estado final
- b) Pruebas de simulación. La prueba de simulación se debe efectuar para verificar el cumplimiento de las funciones de regulación, compensación, limitación y protección, así como el control lógico en presencia de los inspectores de URRÁ.
- c) Pruebas a los puentes rectificadores. A cada puente rectificador deberán realizarse las siguientes pruebas:
- Prueba de tensión a baja carga
  - Prueba de corriente máxima hasta corriente nominal del generador.
  - Prueba de tensión de techo a los tiristores.
- d) Medición de los pulsos de disparo a los tiristores
- e) Comprobación de todos los circuitos de alarma y disparo por protecciones
- f) Pruebas de aislamiento del cableado (High-pot) con los tiristores (SCR's) en cortocircuito para no dañarlos.
- g) Todos los componentes sometidos a alta tensión deben ser calculados para su operación a la tensión rcm máxima de línea y debe pasar las pruebas dieléctricas (High-pot) con aplicación de 2,5 veces la tensión máxima rcm, más 1000 V durante un minuto.

### **3.8.4 PRUEBAS EN SITIO Y PUESTA EN SERVICIO**

El CONTRATISTA será responsable de la dirección técnica de las pruebas en el sitio de las obras de todos los componentes de los equipos. El CONTRATISTA deberá suministrar previamente y para revisión de URRÁ los manuales en español con los procedimientos e instrucciones detallados para las pruebas de los equipos con los respectivos formatos para registro de los resultados de las pruebas y verificaciones que se realicen.

Cualquier retraso que se origine por una falta de previsión del proveedor, durante los trabajos de puesta en servicio, los costos que se generen, deben ser cubiertos por el CONTRATISTA.

#### **3.8.4.1 Inspección preliminar**

Se realizará una inspección preliminar del equipo totalmente ensamblado, de los accesorios, la conexión con otros equipos, la puesta a tierra y el estado de todos sus componentes. Las partes que se hayan dañado durante el almacenamiento deberán ser sustituidas por el CONTRATISTA.

**Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I****3.8.5 PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO**

Son las pruebas que el CONTRATISTA debe llevar a cabo a todo el sistema de excitación tal que le permita verificar el comportamiento adecuado en condiciones de operación real, y deben ser realizadas por el CONTRATISTA en presencia de personal de URRÁ, para ello debe entregar con 15 días de anticipación el protocolo de pruebas a desarrollar.

El cronograma de pruebas para la puesta en servicio debe ser revisado y aprobado por URRÁ y cualquier cambio debe ser acordado por escrito entre URRÁ y el CONTRATISTA.

Las pruebas de puesta en servicio de los sistemas de excitación en la central deberán abarcar como mínimo las siguientes:

- i Medidas de resistencia de aislamiento entre todos los terminales eléctricos y la carcasa del instrumento.
- ii Realizar pruebas de la instrumentación en conjunto con los equipos principales.
- iii Calibración y registro de la operación del interruptor de campo.
- iv Verificación de polaridad y precisión de todos los transformadores de corriente.
- v Pruebas de operación del equipo de enfriamiento de los tiristores del transformador de excitación.
- vi Pruebas de relés de protección.
- vii Verificación y pruebas funcionales de todos los equipos de control, monitoreo, supervisión y protección, tanto en forma aislada de otros sistemas de la Central como en conjunto con ellos.
- viii Prueba de aislamiento de todo el alambrado.
- ix Pruebas de aislamiento de los motores.
- x Energización.
- xi Pruebas de operación en conjunto con el generador.
- xii Ajuste de funciones y dispositivos de protección del generador.
- xiii Pruebas de secuencia de arranque y parada normal de la unidad de generación.
- xiv Pruebas de funcionamiento de limitadores por sobrecitación, subexcitación y V/Hz.
- xv Pruebas de redundancia: conmutación de controladores y puentes de tiristores.
- xvi Pruebas de ajuste del PSS de acuerdo con el acuerdo CNO 1457 [13]

**3.8.6 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DEL CNO**

El CONTRATISTA, previa aprobación de URRÁ, deberá preparar, contratar la firma auditora y ejecutar las pruebas al sistema de regulación de tensión, excitación y PSS realizándose según las fechas establecidas en los acuerdos CNO.

- i Validación de parámetros del generador, los modelos del sistema de excitación y estabilizadores de sistemas de potencia de acuerdo con el acuerdo CNO 1358 [10] y teniendo en cuenta también el acuerdo CNO 1413 [9] o a los que los sustituyan.
- ii Pruebas de potencia Reactiva de acuerdo con el acuerdo CNO 1357 [11] o a lo que lo sustituya.
- iii Ajuste del PSS de acuerdo con el acuerdo CNO 1457 [13].

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

Los equipos de excitación a ser suministrados deberán tener las características técnicas suficientes para que el auditor puede desarrollar las pruebas en conjunto con el CONTRATISTA adecuadamente; además se deberá presentar un informe detallado comparando los requisitos de las pruebas en hardware y software donde se muestre el cumplimiento.

### 3.9 ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN

Se debe incluir como parte del suministro el servicio de entrenamiento y capacitación.

El entrenamiento y capacitación debe incluir cursos teóricos y prácticos sobre instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento de los sistemas a suministrar. Considerando los siguientes temas:

- a Operación del software de configuración prueba y diagnóstico de las unidades de control de excitación.
- b Operación del software de configuración y diagnóstico de los registradores de transitorios y fallas.
- c Arquitectura y componentes de hardware en el sistema de excitación.
- d Cálculo de ajustes y configuración de funciones de regulación, compensación, limitación protección y lógica, operación y mantenimiento de los sistemas de excitación.
- e La duración del proceso de entrenamiento y capacitación debe ser al menos de 40 horas, en sitio, para un máximo de 15 personas, impartándose el aspecto teórico previo a los trabajos de montaje, y un curso teórico practico después de finalizados los trabajos de montaje.
- f Los cursos de entrenamiento y capacitación deben ser impartidos en idioma español o con traducción simultánea al español.

El proveedor debe entregar a cada participante un manual de capacitación con toda la documentación técnica necesaria.

El Proveedor dentro del alcance de la Propuesta debe considerar todos los gastos derivados del entrenamiento, incluyendo: material didáctico para cada participante y el equipo (hardware) necesario para la instrucción práctica. Estos gastos deberán estar incluidos en los costos de los suministros.

Para las capacitaciones en sitio, URRÁ dispondrá de los recursos logísticos necesarios para la capacitación, como las salas de capacitación, medios de proyección, etc.

### 3.10 SERVICIO DE SOPORTE POSVENTA

El Proponente deberá incluir en el alcance el servicio de soporte posventa, para atención de consultas, ajustes y actualizaciones de software. Esto no incluye atención de fallas u otros servicios que están cubiertas por garantía del suministro.

Este servicio se deberá cotizar en dos ítem separados: el primero por el tiempo que dure la garantía, y el segundo por un año luego de finalizada dicha garantía; con ítem de precios independientes. Deberá además presentar tiempos máximos estimados de respuesta según

	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXCITACIÓN DE LAS UNIDADES DE URRA</b>	Doc.: 3267-23-EL-SP-001	
		Rev. No.: 3	2022-03-28
<b>Especificaciones técnicas para la modernización del sistema de excitación y regulación de tensión de las unidades generadoras de URRÁ I</b>			

el tipo de solicitud; ya sea atención telefónica, respuesta a solicitudes por medio de correo electrónico, teleconferencia o solicitud de asistencia en la planta.

El Proponente deberá presentar la capacidad de infraestructura que se tiene para cubrir este servicio, tanto a nivel del personal técnico que prestará el servicio, como procedimientos de atención ya definidos e implementados. Estos ítems se tendrán en cuenta en la fase de evaluación de la oferta.

Para realizar una evaluación completa de este aspecto el proponente deberá acreditar la cobertura, especificando la infraestructura de soporte en cada ciudad (oficina, personal técnico, contratos de mantenimiento, entre otros).

Se entiende por cobertura, tener oficina con personal técnico capacitado para prestar servicios de diagnóstico y reparaciones a los equipos ofertados.

Como parte del contrato deben realizar actualizaciones de software de aplicaciones, bases de datos, comunicaciones, firmware de equipos por dos años luego de la puesta en marcha.

Deberá presentarse el costo del programa de mantenimiento preventivo y predictivo por el primer año luego de vencida la garantía de los equipos.

Con la oferta debe presentarse también el plan de mantenimiento anual considerado, indicando las actividades a ejecutar en cada visita, su duración y el personal previsto.