

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIO
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

QUE PRESENTA:

FLAVIO COUTIÑO RUIZ

CON EL TEMA:

**“MIGRACIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO
ANALÓGICO A DIGITAL PARA LA REGULACIÓN
DE TENSIÓN”**

MEDIANTE:

OPCIÓN X
MEMORIA RESIDENCIA PROFESIONAL

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

NOVIEMBRE 2011



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, **22/SEPTIEMBRE/2011**

OFICIO NUM. DEP-CT-122/2011

C. FLAVIO COUTIÑO RUIZ
PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.-
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. ING. JOSÉ RAFAEL SÁNCHEZ MALDONADO, ING. JOSÉ ANGEL ZEPEDA HERNÁNDEZ, ING. ILDEBERTO DE LOS SANTOS RUIZ e ING. VICENTE LEÓN OROZCO, en el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

"MIGRACIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO ANALÓGICO A DIGITAL PARA LA REGULACIÓN DE TENSIÓN"

Registrado mediante la opción:
X (MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

Ing. Roberto Cifuentes Villafuerte
Jefe de la División de Estudios Profesionales

Vo. Bo.

Ing. José Luis Herrera Martínez
Director

C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
I'JLHM/I'RCV/L'ORC

Carretera Panamericana Km.1080, . C.P. 29050, Apartado Postal 599
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.ittg.edu.mx>



Alcance del Sistema: Proceso Educativo



AGRADECIMIENTO

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer toda una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, solo quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo, y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su incondicional apoyo. Quiero que sepan que su forma de lucha fue mi ideal, su sacrificio mi aliento y su esfuerzo constante la fuerza de mi voluntad. Con respeto y admiración.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....1

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 TITULO DEL PROYECTO.....2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....3
1.4 OBJETIVOS.....3
 1.4.1 OBJETIVO GENERALES.....3
 1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.....3
1.5 ALCANCES.....4
1.6 LIMITACIONES.....4
1.7 METODOLOGÍA.....4

CAPITULO 2. ASPECTOS DE LA EMPRESA

2.1 ANTECEDENTES.....5
2.2 LOCALIZACIÓN.....7
2.3 EVOLUCIÓN DE LA EMPRESA.....8
2.4 MISIÓN.....8
2.5 VISIÓN.....9
2.6 OBJETIVOS.....9
2.7 POLÍTICAS.....9
2.8 ORGANIGRAMA.....10



CAPITULO 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS I

3.1	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	11
3.2	TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	12
3.2.1	SEGÚN SU ARQUITECTURA.....	12
3.2.1.1	C. H. AL AIRE LIBRE.....	12
3.2.1.2	C. H. TIPO CAVERNA.....	12
3.2.2	SEGÚN SE RÉGIMEN DE FLUJO.....	12
3.2.2.1	C. H. AL FILO DE AGUA SERVIDA.....	12
3.2.2.2	C. H. DE EMBALSE.....	12
3.2.2.3	C. H. DE BOMBEO.....	13
3.2.3	SEGÚN LA ALTURA DEL SALTO.....	13
3.2.3.1	C. H. DE ALTA PRESIÓN.....	13
3.2.3.2	C. H. DE MEDIA PRESIÓN.....	13
3.2.3.3	C. H. DE BAJA PRESIÓN.....	13

CAPITULO 4. DESCRIPCIONES

4.1	CASA DE MAQUINAS.....	14
4.2	EMBALSE.....	14
4.3	OBRA DE TOMA.....	15
4.4	OBRA DE DESFOGUE.....	16
4.5	VERTEDORES.....	17
4.6	TURBINA AUXILIAR.....	17
4.7	TURBINA PRINCIPAL.....	18
4.7.1	COMPONENTES PRINCIPALES.....	19



4.8	GENERADOR SÍNCRONO.....	22
4.8.1	COMPONENTES PRINCIPALES.....	23
4.9	SISTEMA DE EXCITACIÓN ESTÁTICO.....	26
4.10	REGULADOR DE VELOCIDAD.....	26
4.11	TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	27

CAPITULO 5. DESCRIPCIONES

5.1	REGULADOR DE VOLTAJE ANALÓGICO ASEA TIPO “FREA”.....	28
5.1.1	REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE (AVR).....	30
5.1.1.1	UNIDAD BÁSICA.....	30
5.1.1.2	LIMITADOR DE CORRIENTE DE CAMPO.....	30
5.1.1.3	ESTABILIZADOR DE POTENCIA.....	31
5.1.1.4	COMPENSADOR DE FRECUENCIA.....	31
5.1.1.5	LIMITADOR DE BAJA EXCITACIÓN.....	31
5.1.1.6	SEGUIDOR DE VOLTAJE DE LÍNEA.....	32
5.1.1.7	UNIDAD PARA DESCARGA DE LA POTENCIA ACTIVA....	32
5.1.2	REGULADOR DE CORRIENTE DE CAMPO (FCR).....	33
5.1.2.1	CONTROL MANUAL.....	33

CAPITULO 6. DESARROLLÓ DEL PROYECTO

6.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE DIGITAL (RAV) CON SECUENCIADOR INTEGRADO TIPO GMR3.....	35
6.2	ESTRUCTURA.....	38
6.3	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE.....	39



6.4	CIRCUITO DE POTENCIA.....	40
6.5	PRINCIPIO DE OPERACIÓN.....	41
6.6	DIAGRAMA DE POTENCIAS Y FUNCIONES LIMITADORAS.....	43
6.7	ESTACIONES DE OPERACIÓN.....	46
6.7.1	PANTALLAS DE EXCITACIÓN.....	47
6.7.2	ALARMAS.....	49
6.8	FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE OPERACIÓN DEL REGULADOR.....	49
6.8.1	PANTALLAS DE REGISTROS DE USUARIO.....	51
6.9	MODULO DE PLC.....	52
6.10	ANÁLISIS DE LAS MODIFICACIONES REALIZADAS.....	54
6.10.1	ELEMENTOS DE CONTROL.....	54
6.10.1.1	QUEBRADORA DE CAMPO (41G).....	54
6.10.1.2	AMPLIFICADORA DE PULSOS.....	55
6.10.2	ELEMENTOS DE MEDICIÓN.....	56
6.10.2.1	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC).....	56
6.10.2.2	RESISTENCIAS SHUNT.....	58
6.10.2.3	INDICADORES ANALÓGICOS.....	59
6.10.3	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	60
6.10.3.1	SNNUBER.....	60
6.10.3.2	CONVERTIDOR DE TIRISTORES.....	61
6.10.3.3	CIRCUITO DE DESCARGA.....	63
6.10.3.4	ESTABILIZADOR DE POTENCIA PSS.....	65
6.11	FRENADO ELÉCTRICO.....	66



6.11.1	TRANSFORMADOR DE FRENADO.....	67
6.11.2	SECCIONADOR DE EXCITACIÓN.....	67
6.11.3	SECCIONADOR DE FRENADO.....	68
6.12	DIAGRAMA DE FLUJO.....	68
6.13	DESMONTAJE DEL AVR ANALÓGICO.....	74
6.14	MONTAJE DE AVR DIGITAL.....	75
CONCLUSIÓN.....		77
BIBLIOGRAFÍA.....		78
ANEXOS 1. FICHA TÉCNICA.....		79
1.1	CAPACIDAD INSTALADA.....	79
1.2	TURBINA PRINCIPAL.....	79
1.3	GENERADOR.....	80
1.4	EXCITADOR.....	80
1.5	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	81
1.5.1	HIDROLOGÍA.....	81
1.5.2	EMBALSE.....	81
1.5.3	CORTINA.....	82
1.5.4	VERTEDORES.....	82
1.5.5	OBRA DE GENERACIÓN.....	83
1.5.6	CONDUCCIÓN.....	83



1.5.7	CASA DE MAQUINA.....	83
-------	----------------------	----

ANEXOS 2. DEFINICIONES.....84

2.1	CANAL AUTOMÁTICO.....	84
2.2	CANAL MANUAL.....	84
2.3	CIRCUITO DE DESCARGA.....	84
2.4	CIRCUITO DE EXCITACIÓN INICIAL.....	84
2.5	CONVERTIDOR DE TIRISTORES.....	84
2.6	CORRIENTE DE CAMPO NOMINAL (I_{fn}).....	85
2.7	CORRIENTE DE CAMPO NOMINAL SOBRE LA LÍNEA DE ENTREHIERRO (I_{fg}).....	85
2.8	ETAPA DE POTENCIA.....	85
2.9	GENERADOR CON CARGA.....	85
2.10	GENERADOR EN VACIO.....	85
2.11	INTERRUPTOR DE CAMPO.....	86
2.12	PANEL DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN.....	86
2.13	PROTECCIONES.....	86
2.14	VALOR POR UNIDAD (pu).....	86
2.15	REGISTROS DE EVENTOS.....	86
2.16	REGISTROS DE TRANSITORIOS.....	87
2.17	REGULADOR DE CORRIENTE DE CAMPO.....	87
2.18	REGULADOR DE TENSIÓN EN TERMINALES DEL GENERADOR.....	87
2.19	SISTEMA DE EXCITACIÓN.....	87
2.20	SUPRESOR DE SOBRETENSIONES (Crow Bar).....	88



2.21	TENSIÓN DE CAMPO NOMINAL (V_{fn}).....	88
2.22	TENSIÓN DE CAMPO SOBRE LA LÍNEA DE ENTREHIERRO.....	88
2.23	TENSIÓN DE TECHO (V_t).....	88
2.24	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF).....	88
2.25	TIEMPO MEDIO PARA REPARACIÓN (MTBR).....	89
2.26	TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES (MTBR).....	89
2.27	TIRISTOR.....	89
2.28	TOMACORRIENTE.....	89
2.29	TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN.....	89
ANEXOS 3. PLANOS NUEVOS FRENADO ELÉCTRICO.....		90



INTRODUCCIÓN

La central hidroeléctrica Ángel Albino Corzo se ubica como el cuarto aprovechamiento hidroeléctrico de la cuenca del río Grijalva en el estado de Chiapas.

La central cuenta con cuatro unidades de 105 MW, la cual tiene una gran importancia para el sistema interconectado nacional por su aportación de energía eléctrica y su alto factor de planta.

Las unidades generadoras fueron puestas en servicio en el año de 1987, a la fecha podemos determinar que tienen aproximadamente 21 años de operación.

Las unidades generadoras cuentan con equipos para la regulación de tensión, los cuales permiten entregar el producto con los parámetros de calidad requeridos.

Las unidades generadoras están operando con un sistema de excitación estático, con el generador de tensión construido a base de electrónica analógica.



CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1 TITULO DEL PROYECTO

“MIGRACIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO ANALÓGICO A DIGITAL PARA LA REGULACIÓN DE TENSIÓN”

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los reguladores de tensión están descontinuados por parte del fabricante, por lo que, al requerir refacciones, estas son de fabricación especial con un alto costo y largo tiempo de entrega y en consecuencia aumenta el costo de mantenimiento.

En virtud de que los reguladores de tensión son de tecnología obsoleta, presentan limitaciones como el ajuste rígido a base de potenciómetros estáticos que solo aceptan un ajuste para maquina en vacio como para maquina con carga.

En la operación de las unidades generadoras se requiere tener la posibilidad de ajustes más dinámicos que permitan condiciones de vacío y con carga, así mismo se requiere confiabilidad y velocidad en la respuesta ante cualquier contingencia en el sistema interconectado.

Los reguladores de tensión actuales no se pueden ajustar fácilmente, el sistema de estabilización de potencia que es de vital importancia para la estabilidad de la red con la participación de los generadores eléctricos de la central. Por todo lo anterior se ha determinado hacer el cambio y modernizar el sistema de regulación de tensión de las unidades de la **Central Hidroeléctrica Ángel Albino Corzo “PEÑITAS”**.



1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los reguladores de tensión nuevos permitirán mejorar la respuesta del sistema de regulación de tensión, que tiene que ver directamente con la calidad del producto que es la energía eléctrica.

Al tener una mejor respuesta del sistema de regulación de tensión, permitirá responder eficientemente ante los requerimientos de operación sistema mediante el “AGC” (Control Automático de Generación).

Al tener los reguladores de tensión de tecnología reciente podremos contar con el refaccionamiento necesario para dar mantenimiento preventivo y correctivo.

Al modernizar el sistema de regulación de tensión coadyuvamos al logro de las metas pactadas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Que la central hidroeléctrica cuente con las herramientas para realizar más eficiente y seguro el proceso de producción, evitando fallas que detengan el proceso de generación y pongan en riesgo la integridad del personal o la hidroeléctrica.
- ✓ Se busca asegurar que la empresa se encuentre a la vanguardia en el proceso de generación para cumplir con los parámetros de calidad requeridos por los usuarios.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Sustituir el sistema de regulación analógico que se encuentra instalado en este momento por uno de tecnología más eficiente.
- ✓ Mantener el sistema de regulación en monitoreo y bajo control con un sistema de PLC`s.
- ✓ Evitar un sin número de fallas que produce la tecnología analógica.



- ✓ Tener el mando de control desde un punto remoto.

1.5 ALCANCES

- ✓ Durante la automatización la instalación del regulador de tensión será realizada por el departamento de control e instrumentación de la Central Hidroeléctrica Ángel Albino Corzo (Peñitas).
- ✓ Durante las maniobras se pretende hacer el cableado para adquirir todas las señales de campo necesarias para el control del proceso de regulación de tensión (GMR3).
- ✓ Se realizara la adaptación del frenado eléctrico para que realice sus operaciones de forma independiente.
- ✓ Las señalizaciones y alarmas tanto del regulador como el frenado eléctrico se enviaran al PLC para ser desplegadas en pantalla.

1.6 LIMITACIONES

El trabajo de los residentes fue rediseñar, obtener y cablear las señales de campo, debido a las reglas y políticas de la empresa toda la programación y manipulación del regulador quedo en manos de la empresa Andritz Hidro.

1.7 METODOLOGÍA

La metodología que se usara será documental y de campo debido a que los trabajo realizado se encuentra basado en investigación documental así como los resultados obtenidos en campo.

CAPITULO 2. ASPECTOS DE LA EMPRESA

2.1 ANTECEDENTES

La región sureste del país constituye la zona de mayor potencial hidroeléctrico, dado que en ella se localiza el sistema hidrográfico Grijalva-Usumacinta que aporta el 30 % de los recursos hidrológicos de México. Sin embargo, la parte hidroeléctricamente explotable de ambos Ríos se localiza en su mayoría en el Estado de Chiapas.

Desde 1958, la **“Comisión Federal de Electricidad”** viene desarrollando estudios en la cuenca del Río Grijalva, encaminados a determinar su potencialidad hidroeléctrica, y con ello lograr el aprovechamiento integral de sus recursos, con base en estos estudios y los efectuados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, ambas dependencias formularon el "Plan Integral del Río Grijalva.

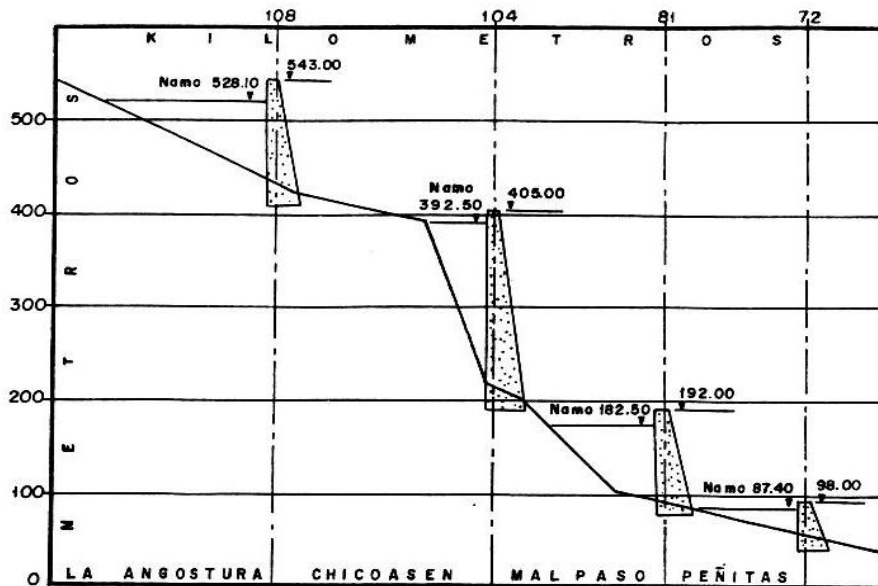


Fig. 2.1 Esquema según el Plan del Río Grijalva

La cuenca del Río Grijalva se localiza en el sureste del país, y se encuentra limitado al sur por la República de Guatemala, al oeste por la cuenca del Río Usumacinta y al norte por el Golfo de México.



La Presa de usos múltiples **Netzahualcóyotl "MALPASO"**, constituye el primer aprovechamiento realizado para el desarrollo del Río Grijalva, y el tercero que proporciona la cuenca, a partir del sitio de su nacimiento. La construcción estuvo a cargo de la Secretaria de Recursos Hidráulicos durante el periodo de 1959-1964, en su primera etapa, con capacidad instalada de 720 MW. La Comisión Federal de Electricidad, realizó la segunda etapa con capacidad de 360 MW, para un total acumulado de 1080 MW. Con 6 unidades tipo Francis de 180 MW cada una.

El segundo aprovechamiento y primero de la cuenca lo constituye la presa **"LA ANGOSTURA"** que la Comisión Federal de Electricidad realizó durante el periodo de 1969 a 1974. La característica que reúne esta presa la sitúa como el proyecto básico para el desarrollo integral del río Grijalva. Su almacenamiento de $18,500 \times 10^6$ m³ de capacidad total, permite regularizar un escurrimiento medido anual de 11,824 millones de m³, con capacidad instalada de 920 MW. Con 5 unidades generadoras tipo Francis de 180 MW cada una.

El tercer aprovechamiento lo constituye la Presa **"CHICOASEN"** realizado por la Comisión Federal de Electricidad durante los años de 1974 a 1980, en su primera etapa, con capacidad de 1500 MW con 5 unidades generadoras tipo francis de 300 MW cada una. En su segunda etapa podría elevarse a 2400 MW con 3 unidades más de la misma capacidad. La Central Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres "Chicoasen" aprovecha 160 metros de desnivel de los 246 que existen entre la descarga de la Central Belisario Domínguez "Angostura" y el nivel de aguas máximas de la Presa Netzahualcóyotl (Malpaso).

La **Central Hidroeléctrica Ángel Albino Corzo "PEÑITAS"**. Constituye la cuarta y última etapa del plan del Río Grijalva, plan concebido en el año de 1948 por la Comisión Federal de Electricidad en conjunto con la antigua Secretaria de Recursos Hidráulicos, el cual está encaminado a lograr el aprovechamiento integral de sus recursos, construida durante el periodo de 1979 a 1986, con una capacidad instalada de 420 MW y con una generación media anual de 1420 GWH. Y con un escurrimiento medio anual de 23 mil millones de metros cúbicos.

Con estos cuatros aprovechamientos el sistema tiene una capacidad total instalada del orden de los 5 millones de KW con una generación anual de

12,500 millones de KW el caudal medido anual regularizado es de 800 m³/segundo.

2.2 LOCALIZACIÓN

La Presa "**PEÑITAS**" se localiza al norte del Estado de Chiapas, dentro del Municipio de Ostuacan, muy próximo a los límites con el Estado de Tabasco. La Central tiene comunicación por carretera pavimentada a la Central Hidroeléctrica "Malpaso" (49 Km.), a la Estación Chontalpa, Tabasco. (31 Km.); a Huimanguillo, Tabasco (51 Km.) y a la Ciudad de Cárdenas, Tabasco. (66 Km.) Siendo en este punto en donde la carretera se intercepta con la carretera Coatzacoalcos, Veracruz - Villahermosa, Tabasco.

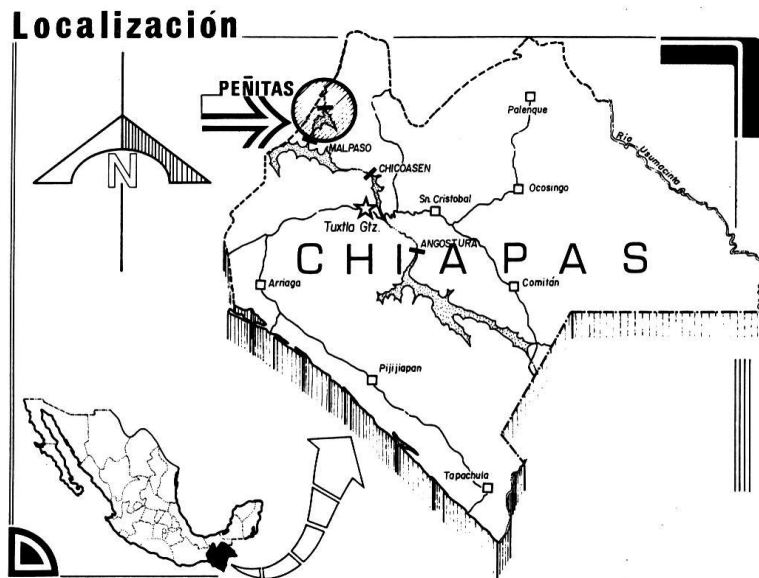


Figura 1.2 Proyecto hidroeléctrico Peñitas

Fig. 2.2 Localización C. H. Peñitas

La Central Hidroeléctrica "**PEÑITAS**" se encuentra localizada en la margen izquierda del Río Grijalva, y consta de las siguientes estructuras: Obra de Toma, Tuberías de Conducción, Casa de Maquinas y Canal de Desfogue.

La Central Hidroeléctrica tiene como principal objetivo la generación de la energía eléctrica.



2.3 EVOLUCIÓN DE LA EMPRESA

Es un organismo descentralizado de la administración pública federal. Con personalidad jurídica patrimonio propio, que tiene por objeto la planeación del sistema eléctrico nacional, así como la generación, conducción, transformación distribución y venta de energía para la prestación del servicio público y la realización de todas las obras. Instalaciones y todas los trabajos que se requieran para el cumplimiento de su objeto, de conformidad con lo dispuesto en la ley del servicio público de energía eléctrica, la ley orgánica de la administración pública federal, la ley federal de las entidades paraestatales y demás ordenamientos aplicables.

Comercializa energía eléctrica para 24.8 millones de clientes, lo que representa casi 80 millones de mexicanos. Un compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

La CFE ofrece al servicio de energía eléctrica en la mayor parte del país y algunos países cercanos a este.

2.4 MISIÓN

- ✓ Asegurar, dentro de un marco de competencia y actualizado tecnológicamente, el servicio de energía eléctrica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada diversificación de fuentes de energía.
- ✓ Optimizar la utilización de su infraestructura física, comercial y de recursos humanos.
- ✓ Proporcionar una atención de excelencia a nuestros clientes.
- ✓ Proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones donde se ubican las obras de electrificación.



2.5 VISIÓN

- ✓ Una empresa de clase mundial que participa competitivamente en la satisfacción de la demanda de energía eléctrica nacional e internacional, que optimiza el uso de su infraestructura física y comercial, a la vanguardia en tecnología, rentable, con imagen de excelencia, industria limpia y recursos humanos altamente calificados.

2.6 OBJETIVOS

- ✓ Mantenernos como la empresa de energía eléctrica más importante a nivel nacional.
- ✓ Operar sobre las bases de indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología.
- ✓ Ser reconocida por nuestros usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- ✓ Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.

2.7 POLÍTICAS

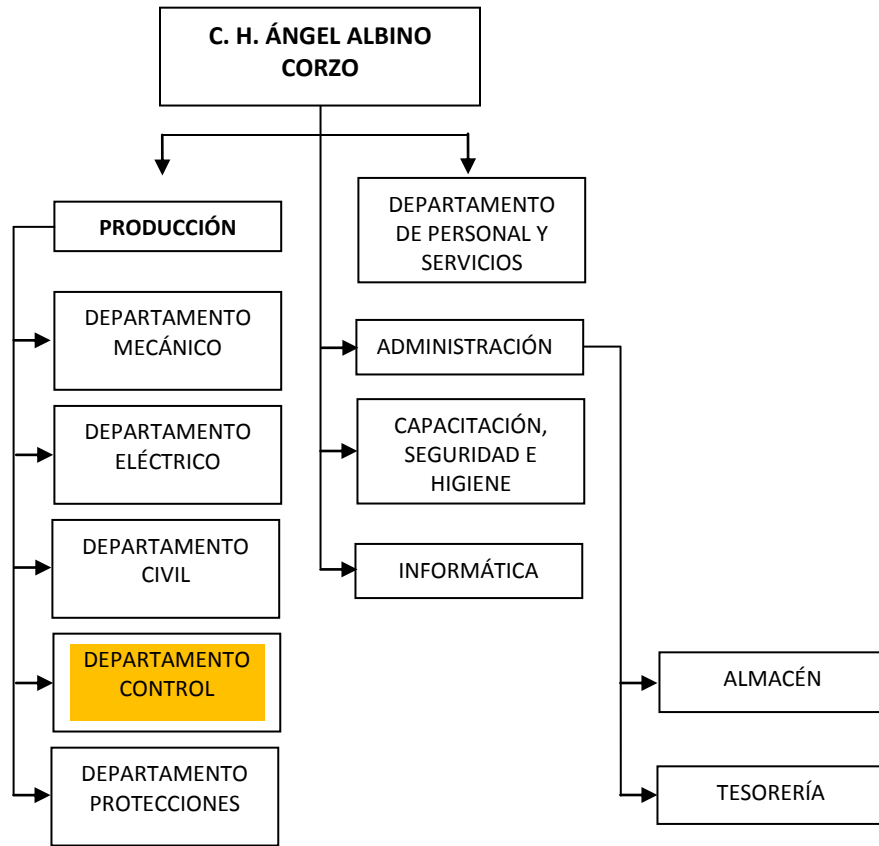
Satisfacer las necesidades de energía eléctrica de la sociedad, mejorando la competitividad asegurando la eficiencia de los procesos de la Dirección de Operación, sustentados en la autonomía de gestión de sus áreas y con el compromiso de:

- ✓ Desarrollar el Capital Humano.
- ✓ Prevenir y controlar los riesgos que afectan la integridad de los trabajadores e instalaciones.
- ✓ Cumplir con la legislación, reglamentación y otros requisitos aplicables.
- ✓ Prevenir la contaminación.



Mejorando continuamente la eficacia de nuestro Sistema Integral de Gestión.

2.8 ORGANIGRAMA



CAPITULO 3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Una central hidroeléctrica es aquella que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. En general estas centrales aprovechan la energía potencial que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como salto geodésico. El agua en su caída entre dos niveles del cauce se hace pasar por una turbina hidráulica la cual transmite la energía a un generador el cual la convierte en energía eléctrica.

Las dos características principales de una central hidroeléctrica, desde el punto de vista de su capacidad de generación de electricidad son:

- La *potencia*, que es función del desnivel existente entre el nivel medio del embalse y el nivel medio de las aguas debajo de la central, y del caudal máximo turbinable, además de las características de la turbina y del generador.
- La *energía garantizada*, en un lapso de tiempo determinado, generalmente un año, que está en función del volumen útil del embalse, y de la potencia instalada.

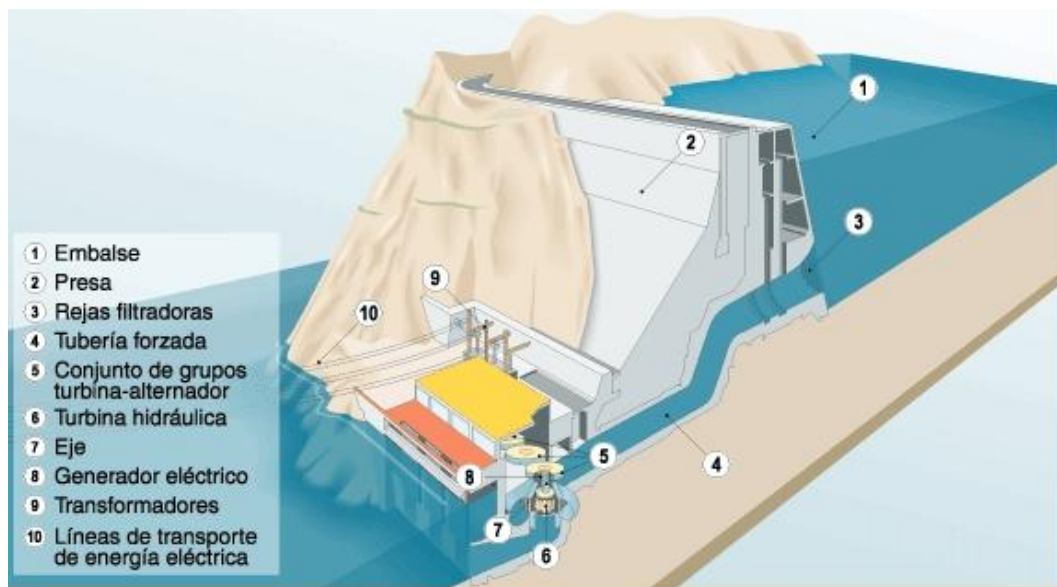


Fig. 3.1 Central Hidroeléctrica



3.2 TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

3.2.1 SEGÚN SU ARQUITECTURA

3.2.1.1 C. H. AL AIRE LIBRE

Al pie de la presa, o relativamente alejadas de esta, y conectadas por medio de una tubería en presión.

3.2.1.2 C. H. TIPO CAVERNA

Generalmente conectadas al embalse por medio de túneles, tuberías en presión, o por la combinación de ambas.

3.2.2 SEGÚN SU RÉGIMEN DE FLUJO

3.2.2.1 C. H. AL FILO DE AGUA SERVIDA

También denominadas centrales de agua fluyente o de pasada, utilizan parte del flujo de un río para generar energía eléctrica. Operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua, no disponen de embalse. Turbinan el agua disponible en el momento, limitadamente a la capacidad instalada. En estos casos las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

3.2.2.2 C. H. DE EMBALSE

Es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Utilizan un embalse para reservar agua e ir graduando el agua que pasa por la turbina. Es posible generar energía durante todo el año si se dispone de reservas suficientes. Requieren una inversión mayor.



3.2.2.3 C. H. DE BOMBEO

Se trata de un tipo de central que solo genera energía en horas punta y la consume en horas valle (noches y fines de semana), mediante un grupo electromecánico de bombeo y generación. Justifican su existencia para hacer frente a variaciones de demanda energética en horas determinadas. Distinguimos tres tipos; centrales puras de acumulación, centrales mixtas de acumulación y centrales de acumulación por bombeo diferencial.

3.2.3 SEGÚN LA ALTURA DEL SALTO

3.2.3.1 C. H. DE ALTA PRESIÓN

Tiene grandes saltos, mayores de 200 metros. Suelen estar construidas en zonas de alta montaña.

3.2.3.2 C. H. DE MEDIA PRESIÓN

Poseen saltos entre 20 y 200 metros, con caudales alrededor de los 200 m³/s. suelen situarse en zonas de baja y media montaña y utilizan agua embalsada.

3.2.3.3 C. H. DE BAJA PRESIÓN

Con saltos menores de 20 metros y caudales que poseen alcanzar los 300 m³/s.

CAPITULO 4. DESCRIPCIONES

4.1 CASA DE MAQUINAS

Casa de Maquinas es de cámara abierta, tipo exterior, con carcaza de concreto armado, para alojar 4 Turbinas Kaplan, que están desplantadas en la elevación 21.00 m.s.n.m., con una longitud aproximada de 106 mts. y un ancho de 21 mts. y una altura máxima de 60 metros, dos grúas viajeras de 30 / 180 toneladas cada una, el volumen de concreto colado es de 84,833 metros cúbicos.



Fig. 4.1 Casa de maquinas C. H. Peñitas

4.2 EMBALSE

Está formado por una Presa de enrocamiento, con corazón impermeable de 53.00 metros de altura, permitiendo un almacenamiento a los niveles: Máximo 95.50 m.s.n.m. conocido como **N.A.M.E.** (Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias) y mínimo 85.00 m.s.n.m. conocido como **N.A.Min.O.** (Nivel de Aguas Mínimas de Operación) teniendo como **N.A.M.O.** (Nivel de Aguas Máximas de Operación) el nivel 87.40 m.s.n.m. dentro de los tratamientos que se le dieron a la cortina para asegurar su impermeabilización, podemos destacar, la compactación dinámica. Este método se realizó por primera vez en el país, en el caso de esta obra se utilizó una masa de 37.0 toneladas que era levantada a una altura de 27.0 metros por medio de un trípode, para después dejarla caer hasta

completar 20 golpes, con lo que se asegura la compactación de la zona, este trabajo se efectuó formando cuadrículas de 20.0 metros con una cuadrícula intermedia compactada con un peso de 15.0 toneladas levantada por una grúa y utilizando el mismo procedimiento que en la primera fase, para mejoramiento de la cortina.



Fig. 4.2 Presa C. H. Peñitas

4.3 OBRA DE TOMA

El Canal de Llamada de Obra de Toma tiene un ancho promedio de 110 mts. y una longitud de 358 mts. La Tubería de Conducción tiene una longitud aproximada de 34 mts., con un ancho de 20 mts., y una altura de 12 mts.; tiene una pila central con un espesor de 2.0 mts. Las Tuberías Conducción son de concreto armado.



Fig. 4.3 Obra de Toma C. H. Peñitas

4.4 OBRA DE DESFOGUE

Es por donde el agua turbinada se reintegra al Río por un canal excavado a cielo abierto que parte de la Elevación 30.70 y mediante una rampa de 66.00 metros, hasta la Elevación de 49.00 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) misma que se mantiene en una longitud de 346 metros hasta el lecho del Río. El Desfogue de cada Unidad tiene dos tipos de secciones. La primera sección es un túnel de forma abocinada, con una longitud aproximada de 18.60 metros y un ancho de 17.60 metros; tiene una pila central de 2.0 metros de espesor y a la salida del abocinamiento tiene instalada dos compuertas respectivamente en cada Unidad. La segunda sección es en forma de canal, con una longitud aproximada de 429 metros y un ancho de 102 metros, con taludes recubiertos con concreto y bermas a la Elev. 55.00 y 65.00 m.s.n.m. para estabilizar el talud izquierdo del canal de desfogue, y en el talud derecho a la Elev. 59.50 m.s.n.m. el volumen de concreto es de 43,600 metros cúbicos. El nivel medio de Desfogue para 4 unidades es de 54.00 m.s.n.m. y el nivel medio de desfogue para una unidad es de 52.00 m.s.n.m.



Fig. 4.4 Obra de desfogue C. H. Peñitas

4.5 VERTEDORES

El Vertedor de Demasías u Obra de Excedencias de la Central Hidroeléctrica se encuentra localizado en la margen derecha del Río Grijalva, a la Elev. 73.50 m.s.n.m. a cielo abierto, cuenta con 8 compuertas radiales para regulación, cuyo labio superior se encuentra en la Elev. 91.13 m.s.n.m. (Siendo este nivel tomado como **N.A.M.E.**) sus estructuras son: Canal de Llamada, zona de estructuras y Canal de Descargas. La Obra de Desvío tiene un ancho de 45 metros en el Canal de Llamada reduciéndose a 35 metros por una transición en la zona de estructuras y una longitud de 827 metros. La capacidad del Vertedor está aprovechada para controlar y regular la descarga de un gasto de 18,700 metros cúbicos/segundo. La función de este vertedor es la de controlar la descarga de los volúmenes de agua que se consideren excedentes de la capacidad útil en el Vaso almacenador.



Fig. 4.5 Vertedores C. H. Peñitas

4.6 TURBINA AUXILIAR

La Central Hidroeléctrica PEÑITAS, cuenta con una **Unidad Auxiliar** de respaldo y emergencia para la alimentación de los **Servicios Propios** de la Central, como son: Bombas y Compresores de regulación, Bombas de Prelubricación, Circulación de Aceite en Chumaceras, etc. para el funcionamiento de las Unidades Generadoras de la Central, siendo dicha

alimentación muy importante para el arranque de las Unidades Principales por lo que es recomendable tenerla siempre disponible y en condiciones de operación. Esta Unidad es de tipo Francis horizontal tipo F 30 H con un diámetro 880 mm acoplada directamente con el Generador eléctrico de síncrono trifásico de 60 Hz de frecuencia, 480 volts de tensión y una potencia de 1220 KW el acoplamiento es a través de una flecha de acero soportada y guiada por chumaceras.



Fig. 4.6 Turbina Auxiliar C. H. Peñitas

4.7 TURBINA PRINCIPAL

La Central Hidroeléctrica “Peñitas” cuenta con cuatro Turbinas principales, y una Auxiliar, las cuales representan el elemento principal de la central, y tienen como función principal aprovechar la energía cinética y potencial del agua, el cual al pasar por los elementos de la turbina, ésta transforma la energía cinética y potencial del agua en energía mecánica, para que a su vez esta energía mecánica sea transformada posteriormente en energía eléctrica mediante un generador.



Fig. 4.7 Turbina Kaplan C. H. Peñitas

4.7.1 COMPONENTES PRINCIPALES

La Carcasa Espiral o Caracol, tiene la función de conducir y distribuir el flujo de agua proveniente de los conductos de presión dirigida hacia el antedistribuidor, de tal manera que se tenga la misma presión de agua alrededor de la turbina. La Carcasa Espiral está compuesta por 12 paletas fijas predirectrices, las cuales transmiten la carga axial de tracción y su perfil corresponde al perfil hidráulico del modelo. Las paletas fijas son atornilladas al anillo superior durante el montaje y posteriormente soldadas.

La medición de la presión se hace a través de 8 tomas colocadas sobre el techo de la carcasa espiral, conectadas a un manómetro localizado en el tablero de control. Después de la carcasa espiral el agua fluye por el Distribuidor que está compuesto por 24 álabes móviles directrices. Tienen la función de regular el caudal de la turbina y cerrarla. Los álabes son fundidos como monobloque y se apoyan con dos bujes autolubricados.

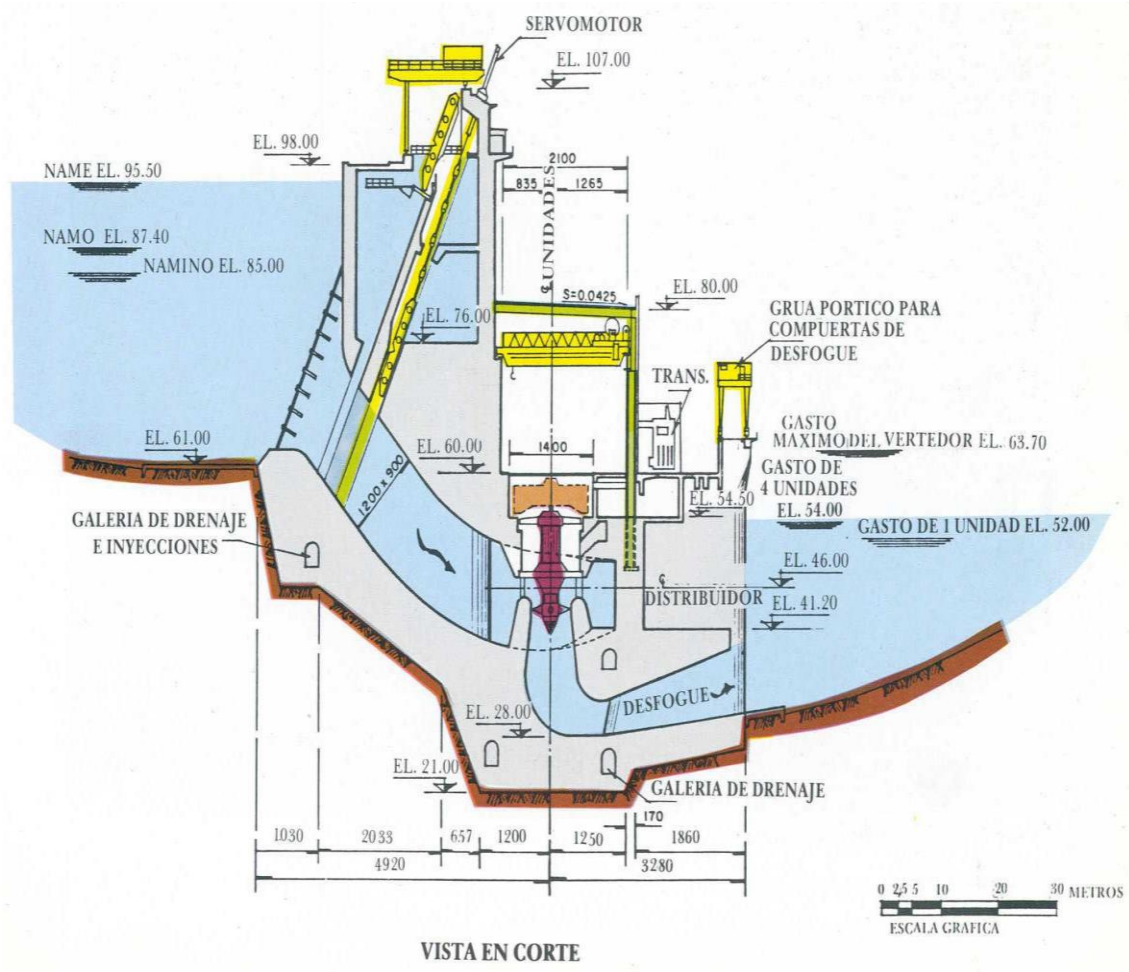


Fig. 4.7.1 Corte Transversa C. H. Peñitas

El Rodete transfiere la energía del agua, al momento torso sobre el árbol, aprovechado en el alternador para la producción de la energía eléctrica. El Rodete se compone del cubo en el cual se halla ubicado tanto los pernos de los alabes, formados hidráulicamente el mecanismo, el cual va girando estos álabes, según la exigencia de la regulación los álabes son fabricados de acero fundido inoxidable del tipo 13.6% Cr. El ala del álabe esta unida con el perno por tornillos ajustadas el rodete pesa 140 toneladas con una altura de 6 m. y un diámetro 6600mm. Cuando el agua de servicio ha entregado su energía al rodete, fluye a través del tubo de succión hacia la galería de Desfogue. El diámetro de entrada del cono es de 6790.75 mm. Y de salida 8612 mm la longitud es de 5427 mm el espesor de la pared 15 mm. Bajo un ángulo de 45°.



El sello de flecha de la Turbina se realiza mediante una junta axial de anillos deslizante, el anillo de deslizamiento bipartido que gira de la flecha lleva un blindaje inoxidable sobre el cual deslizan los segmentos de anillos de carbón que están colocados en el porta-anillo de sellos, bipartido que pueden moverse en sentido axial.

Las Unidades constan de un sistema de dos flechas, las cuales tienen la función de transmitir el movimiento rotacional del rodete hacia el rotor del Generador, siendo diseñadas suficientemente para la transmisión del máximo momento de torsión la longitud de la flecha del lado de Rodete tiene una longitud de 4793 mm y la longitud de lado de rotor es de 5667 mm el diámetro.

Sobre el eje, respectivamente en su cercanía y sobre el caballete portador de la chumacera combinada se hallan colocados los aparatos y equipos para medición.

- a) Dispositivo para medir empuje axial.
- b) Dispositivos para medir corrientes circulares.
- c) Dispositivos para detectar vibraciones radiales.
- d) Dispositivo para detectar vibraciones de torsión.
- e) Dispositivo para detectar la velocidad de la flecha.

La Turbina está equipada con una chumacera guía Inferior y una chumacera guía superior. La chumacera de guía superior esta combinada con la chumacera de carga. Como otro lugar de apoyo, hay una chumacera guía en la parte superior del generador denominada chumacera guía generador.

La chumacera consta de 12 segmentos radiales con una dimensión de 300 x 300 mm. Los cuales guían el eje sobre el diámetro de 1,500 mm. Teniendo una tolerancia de 0.2 - 0.3 mm.

La lubricación de los segmentos de la chumacera es mediante aceite, siendo refrigerado éste mediante enfriadores de agua. El volumen de aceite es de 700 lts.

La chumacera combinada está compuesta por segmentos axiales y radiales, funcionando como chumacera de carga y chumacera guía



superior Turbina respectivamente. Sobre la chumacera de carga (chumacera axial) se transmiten todas las cargas desde el rotor, las cuales son transmitidas a su vez a la tapa de la Turbina y los alabes del Antedistribuidor y de ahí a la cimentación de la obra. La capacidad de carga de la chumacera axial es de 1800 Tons. Estando formada por 12 segmentos de acero forjado con revestimiento de metal blanco. Los segmentos están colocados sobre un inter-anillo elástico de acero, el cual está colocado sobre el cuerpo de la chumacera.

La chumacera radial (chumacera guía superior turbina) soporta las fuerzas radiales de la turbina, y está formada por 24 segmentos radiales de acero forjado con revestimiento de metal - blanco. Tiene una capacidad de carga radial máxima de 128 Ton. La lubricación de las dos chumaceras es mediante aceite, teniendo un volumen en el recipiente de 6000 Lts.

El sistema de bombeo de agua infiltrada tiene la función de achicar las fugas de agua que se acumulan en la parte de la turbina proveniente del sello de carbones, manguitos de los alabes del distribuidor o de las válvulas de aireación. Las fugas de agua mencionadas anteriormente, se acumulan en el lugar más bajo del adaptador de la tapa de la turbina y de ahí mediante un interruptor flotante de conexión, el cual acciona a una motobomba de este modo es achicada el agua infiltrada descargando al desfogue.

4.8 GENERADOR SÍNCRONO

El generador es el conjunto de partes electromecánicas que nos sirven para convertir la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica. Esto se logra haciendo girar un campo magnético constante, alrededor de una serie de bobinas de tal manera que se corten las líneas de flujo, engendrando con esto una fuerza electromotriz que aparecerá en los extremos de las bobinas.

Al campo giratorio le llamamos “ROTOR” y es el elemento que está acoplado directamente con la flecha de la turbina para aprovechar la energía mecánica de ésta, convertida en movimiento giratorio. A la serie de bobinas, conjuntamente con su laminado lo denominamos “ESTATOR” siendo éste la parte fija del generador que es donde se genera la fuerza electromotriz.

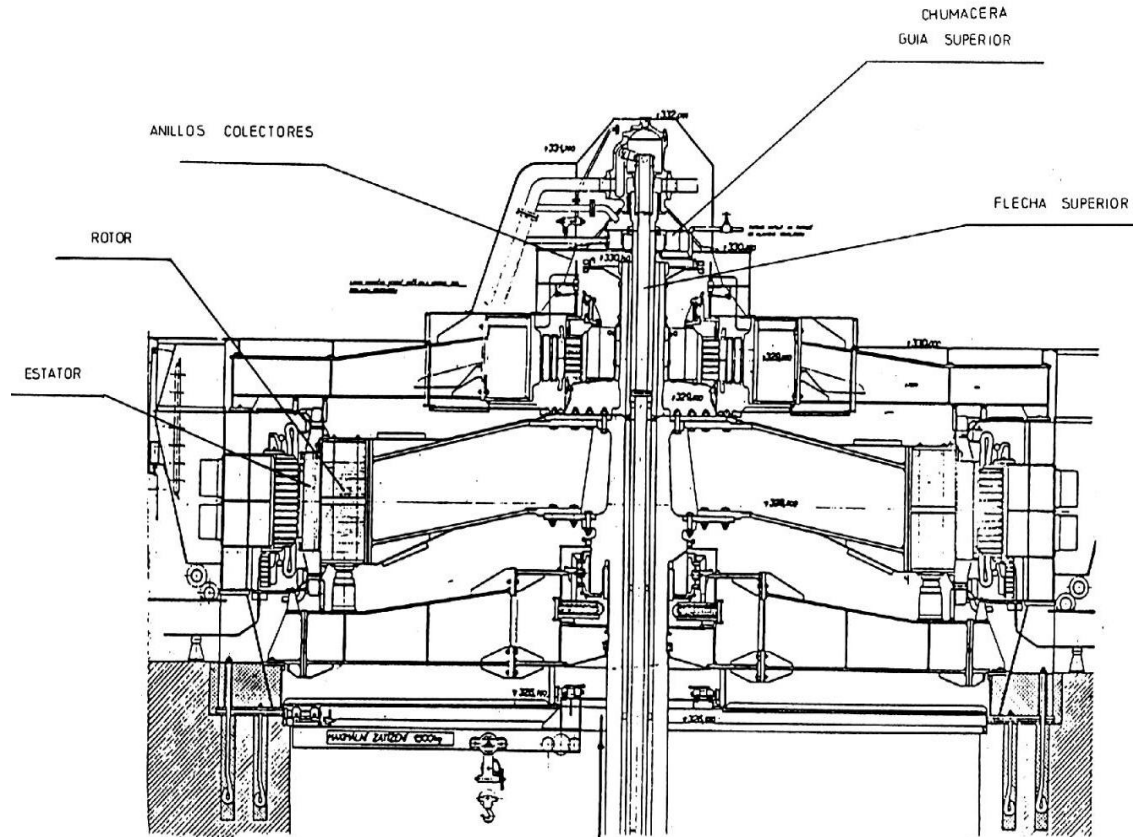


Fig. 4.8 Corte transversal del generador C. H. Peñitas

4.8.1 COMPONENTES PRINCIPALES

El **Estator** es la parte fija del generador donde se forman las líneas de fuerzas magnéticas que bajo la acción de un campo magnético giratorio genera una fuerza electromotriz.

El Estator está formado por: el bastidor es una estructura soldada construida de placas de acero y perfiles. Está compuesto de anillos horizontales, placas, soportes verticales y barras en cola de milano.

Exteriormente tiene una forma de polígonos regulares y dividida en compartimentos. El bastidor se diseña para que solo existan fuerzas de compresión pequeñas en el núcleo cuando su temperatura exceda aquella del bastidor o para asegurar deformaciones mínimas debido a la presencia de fuerzas magnéticas desbalanceadas y para prevenir pérdidas en la circularidad debido a las diferencias de temperaturas.

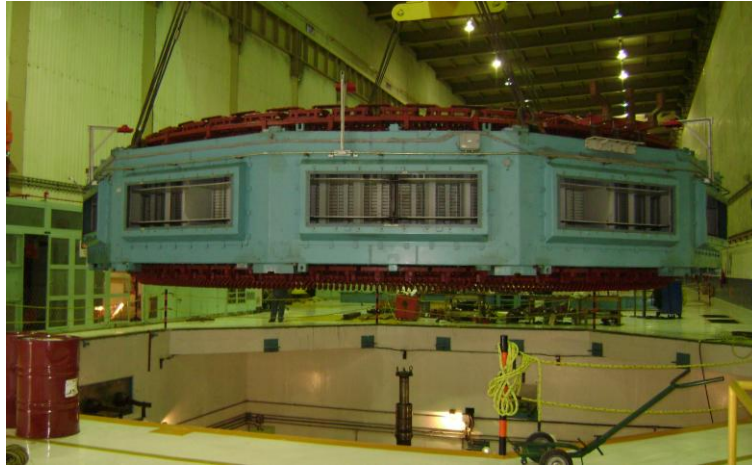


Fig. 4.8.1.1 Estator C. H. Peñitas

El **Rotor** es la parte móvil del generador en el que se forma un campo magnético giratorio a través de los polos para romper las líneas de fuerza magnéticas inducidas en el devanado del estator. Las principales partes del rotor son: el laminado que está formado por segmentos de chapa de acero troquelado traslapado de tal forma que se obtenga la máxima sección transversal y al mismo tiempo la mayor área de fricción total que pueda alcanzarse entre las diferentes capas de los segmentos tomando en cuenta el número de polos. El devanado consiste en bobinas de barras de cobre soldadas en las esquinas para formar una bobina rectangular (polo) que forma el campo. Cada polo tiene un devanado amortiguador formado en un número determinado de varillas de cobre colocadas en ranuras semicerradas en la periferia de cada polo.



Fig. 4.8.1.2 Rotor C. H. Peñitas

Los **Anillos colectores** están formados de acero especial y son lo suficientemente anchos para permitir que las escobillas queden alternadas. Los anillos colectores se soportan en un cubo de acero soldado situado en el eje con un anillo tope. Una cantidad de bloques en el cubo soporta los pernos axiales que sujetan los anillos en su posición entre las arandelas de aislamiento.

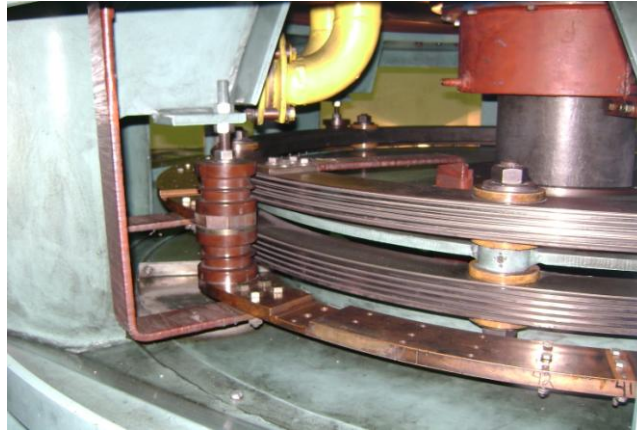


Fig. 4.8.1.3 Anillos colectores C. H. Peñitas

El **mecanismo de las escobillas** de monta en una consola generalmente fija en la araña de soporte o de la parte superior de la caseta en soportes cortos de bronce. Los **porta-escobillas** están diseñados para ejercer la mayor presión posible sobre las escobillas aún en estado de desgaste.



Fig. 4.8.1.4 Escobillas y porta escobillas C. H. Peñitas



4.9 SISTEMA DE EXCITACIÓN ESTÁTICO

En una maquina generadora de corriente alterna tenemos que su funcionamiento consiste básicamente en la interacción de dos devanados, uno llamado devanado del estator o devanado de armadura y otro llamado devanado de rotor o devanado de campo. En la Central Peñitas, las maquinas tienen una capacidad de 105 MVA a 13.8 KV por lo que el devanado del estator maneja 4.81 KA y 60 Hz. cuando la maquina se encuentra rodando a 112.5 r. p. m. En el rotor tenemos otro devanado llamado devanado de campo el cual maneja hasta 1165 Amperes de corriente directa.

De todo lo anterior tenemos que la corriente en el devanado del estator se logra por la inducción del campo magnético generado por la corriente del devanado de campo cuando el rotor gira y las líneas de campo magnético cortan los conductores del devanado del estator, de lo anterior tenemos que el voltaje y la corriente alterna en las terminales del estator dependen directamente de la corriente directa en el devanado del rotor o devanado de campo cuando la velocidad de este se mantiene constante.

4.10 REGULADOR DE VELOCIDAD

El mecanismo de regulación de velocidad en una turbina hidráulica, tiene la función de mantener la velocidad constante en la unidad, ajustándola a la velocidad de diseño. Debido a las posibles fallas que causen un desbalanceo en la reacción potencia-apertura del distribuidor, la velocidad de la turbina tiende a variar, por lo que, para evitar estas variaciones, el mecanismo de regulación de velocidad ajusta a través de dos servomotores la apertura del distribuidor y álabes del rodete, controlando así en función de las condiciones de operación la velocidad de trabajo de la turbina.

El regulador de velocidad se divide en dos: la parte eléctrica y la parte hidráulica. El esquema de regulación de velocidad de las turbinas Kaplan de la central hidroeléctrica Peñitas está concebido para soportar una unidad de procesamiento de error de velocidad del tipo Proporcional - Integral - Derivativo con error permanente por desviación de frecuencia, así como un procesador de error en potencia activa del tipo Integral y un sistema de control de apertura del rodete con corrección por volumen de gradiente hidrostático con los cuales se determina la apertura del



distribuidor y apertura de rodete en una acción combinada destinada a obtener una máxima eficiencia para diferentes cargas de potencia activa así como para diferentes caídas de agua o sea diferentes valores de gradiente hidrostático. La flecha superior transmite el movimiento desde la flecha principal de la turbina hasta el rotor del generador. Está formado de acero forzado, normalizado y maquinado en toda su superficie, la parte inferior es forjada para formar una brida para conexión al eje principal.

4.11 TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La energía eléctrica generada en la Central es elevada de 13.8 Kilo Volts a 230 Kilo Volts por el Transformador de Potencial, y llegan a una Subestación, de donde se distribuye para integrarse al sistema Oriental, con dos alimentadores a la subestación Malpaso II, (líneas: 93930 y 93940) ubicada en la Central Hidroeléctrica Malpaso, otras dos a la subestación Kilometro 20 (líneas: 93910 y 93920) en Villahermosa, Tabasco. y otra más a la Subestación Cárdenas II, (línea: 93970) ubicada en el municipio de Cárdenas, Tabasco. Cuenta además con una Subestación reductora de 115 KV, la cual es alimentada por las líneas (73910, 73900) que vienen de Malpaso y Mezcalapa respectivamente, para los servicios propios y auxiliares de la planta.

Los Central cuenta Transformadores de Potencial para cada unidad y uno de reserva, instalados en la parte exterior frontal de Casa de Maquina. Estos Transformadores reciben el potencial de 13.8 Kv por el lado de baja tensión a través del bus de fase aislada y elevan el voltaje a 230 Kv por el lado de alta tensión energizando la subestación elevadora mediante cable aéreo.



Fig. 4.11 Transformador de potencia C. H. Peñitas

CAPITULO 5. DESCRIPCIÓN REGULADOR ANALÓGICO

5.1 REGULADOR DE VOLTAJE ANALÓGICO ASEA TIPO “FREA”

Las Unidades Generadoras ASEA instaladas en la Central Peñitas, están diseñadas para operar con un Sistema de Excitación basado en un arreglo de control de corriente de campo controlado por tiristores, el cual provee de un sistema completo para el control, supervisión y regulación de la excitación de la Unidad Generadora.

El regulador ASEA cuenta con dos tipos de funcionamiento:

- ✓ **Parte automática:**
 - Regulador automático de voltaje (AVR).
- ✓ **Parte manual:**
 - Regulador de corriente de campo (FCR).

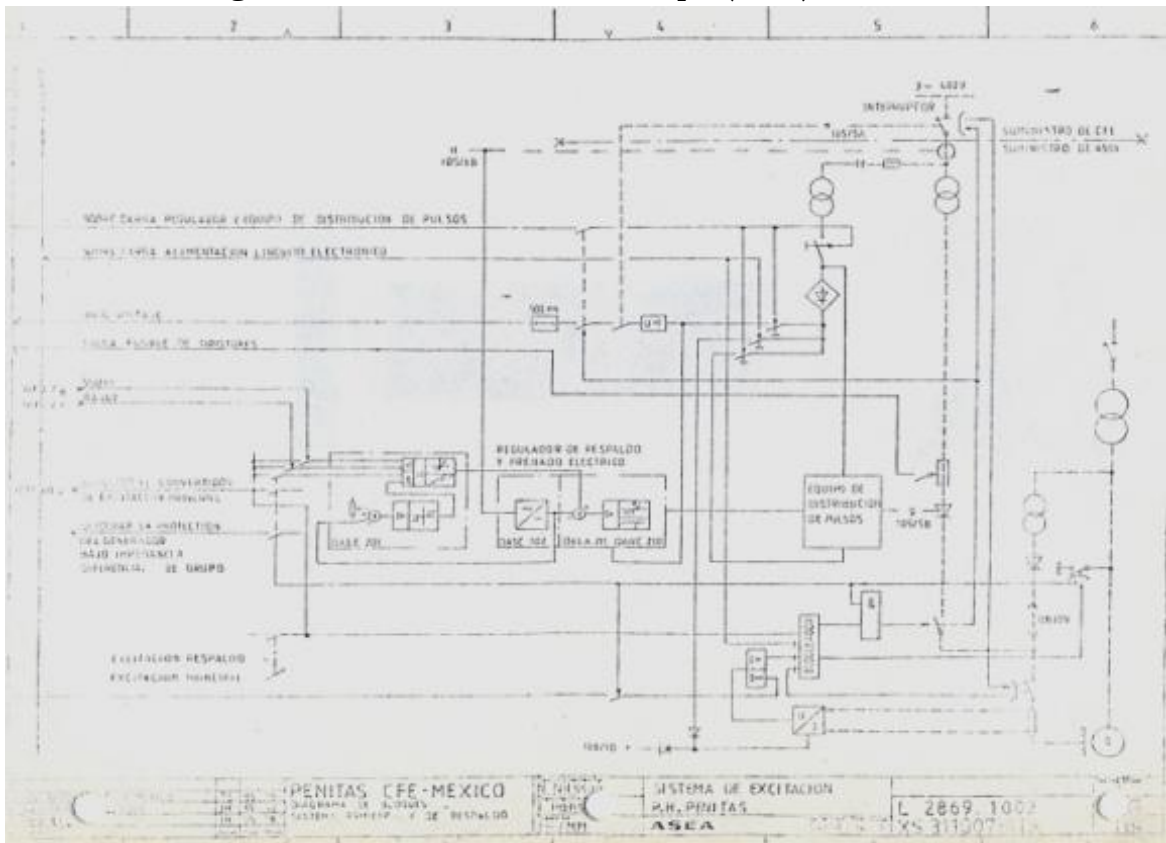


Fig. 5.1.1 Diagrama de bloques



Fig. 5.1.2 Gabinetes Frontales



Fig. 5.1.3 Gabinetes Traseros



5.1.1 REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE (AVR)

5.1.1.1 UNIDAD BÁSICA

Ejecuta funciones primarias del AVR, las cuales son:

- Mantener el voltaje constante.
- Distribuir apropiadamente la carga reactiva entre las diferentes maquinas síncronas trabajando en paralelo.
- Mantener el estado estable durante condiciones transitorias de la red.

Los limitadores intervienen en el sistema de regulación para evitar que el generador sea sobrecargado reactivamente.

Los limitadores intervienen en el AVR através de circuitos interruptivos.

Cuando un limitador interviene, el control de voltaje deja de funcionar completamente, en su lugar se efectúa una regulación de la cantidad limitada.

5.1.1.2 LIMITADOR DE CORRIENTE DE CAMPO

- Limitador de corriente de campo de operación retrasada:
 - Previene que el generador opere con corriente de campo excesiva (en caso de existir una caída de voltaje en la red).
 - Permite que el AVR incremente la excitación de la maquina tan pronto como sea posible para fallas temporales en la red para mantener constante el voltaje y mantener la sincronización.
- Limitador instantáneo de la corriente de campo.
 - Previene sobrecargas de corto tiempo en el convertidor a tiristores (tiene una constante de tiempo térmica extremadamente pequeña).



La corriente de campo se mide en el dispositivo para medición de la corriente (común en ambos limitadores).

5.1.1.3 ESTABILIZADOR DE POTENCIA

Estudios han demostrado que el amortiguamiento electromecánico de una maquina síncrona se puede mejorar gradualmente por medio de la inyección de señales al regulador de voltaje de la maquina, las cuales son proporcionales al error en la velocidad del rotor y a la aceleración del rotor.

Para obtener estas señales se utiliza el sistema estabilizador de potencia.

El sistema de excitación puede variar la corriente de campo durante una oscilación del sistema, produciendo una influencia transitoria en el par electromecánico de la maquina, contribuyendo a la aceleración o desaceleración de la maquina.

De esta forma, el amortiguamiento de la maquina mejora bastante por medio de la variación de la corriente de campo en relación a las oscilaciones del rotor.

El método para obtener señales apropiadas de la oscilación del rotor es utilizar la potencia activa generada por la maquina como una señal básica.

Esto se basa en el hecho de que un cambio en la potencia activa es proporcional a la aceleración o desaceleración de la maquina considerando que el par de la turbina es constante.

5.1.1.4 COMPENSADOR DE FRECUENCIA

Reduce el voltaje cuando la frecuencia se encuentra por debajo de su valor nominal protegiendo contra sobreflujos al equipo conectado al voltaje de la maquina.

5.1.1.5 LIMITADOR DE BAJA EXCITACIÓN

Previene la perdida de sincronización, dado que su operación es instantánea.



En caso de que la unidad básica del AVR reduzca la corriente de campo a un valor más allá del aceptado. Para evitar pérdida de sincronismo, el limitador de baja excitación impide una reducción excesiva de la corriente de campo, permitiendo que la unidad se mantenga sincronizada.

El limitador previene que la maquina sea disparada por la pérdida de la protección de la excitación.

5.1.1.6 SEGUIDOR DE VOLTAJE DE LÍNEA

La conexión de una maquina síncrona a la red debe ser hecha sin perturbar la red u originar corrientes elevadas que por su valor lleguen a ser peligrosas.

El método para ajuste de referencia en el AVR es la tarjeta QALE201, la cual está equipada con un seguidor analógico, que se encarga de comparar el voltaje de línea con el voltaje del generador y ajustar el voltaje del generador al voltaje de la línea, cuando el interruptor está abierto.

Una conexión, la cual es libre de dichas interferencias es llamada sincronización.

5.1.1.7 UNIDAD PARA DESCARGA DE LA POTENCIA ACTIVA

Elimina la potencia reactiva del generador durante la secuencia de paro, antes de la desconexión del generador de la red, evitando la producción de disturbios de potencia reactiva durante un paro normal.

La eliminación de la potencia se logra por medio de un detector de nivel QAPL210 el cual compara la potencia reactiva producida por el generador con un valor de referencia 0.

El detector de nivel consta de dos canales: uno es utilizado para la potencia reactiva producida y el otro para la potencia reactiva consumida. Cuando la potencia reactiva del generador es diferente de 0 uno de los canales es activado.



La potencia reactiva del generador se controla por medio de señales de incremento/reducción enviadas al dispositivo para ajuste del volteje de referencia.

Cuando la potencia reactiva es alrededor de 0, ninguno de los canales esta activado, queriendo decir que la señal de carga reactiva es 0 esto se logra cuando los relevadores auxiliares se encuentran desenergizados.

5.1.2 REGULADOR DE CORRIENTE DE CAMPO (FCR)

5.1.2.1 CONTROL MANUAL

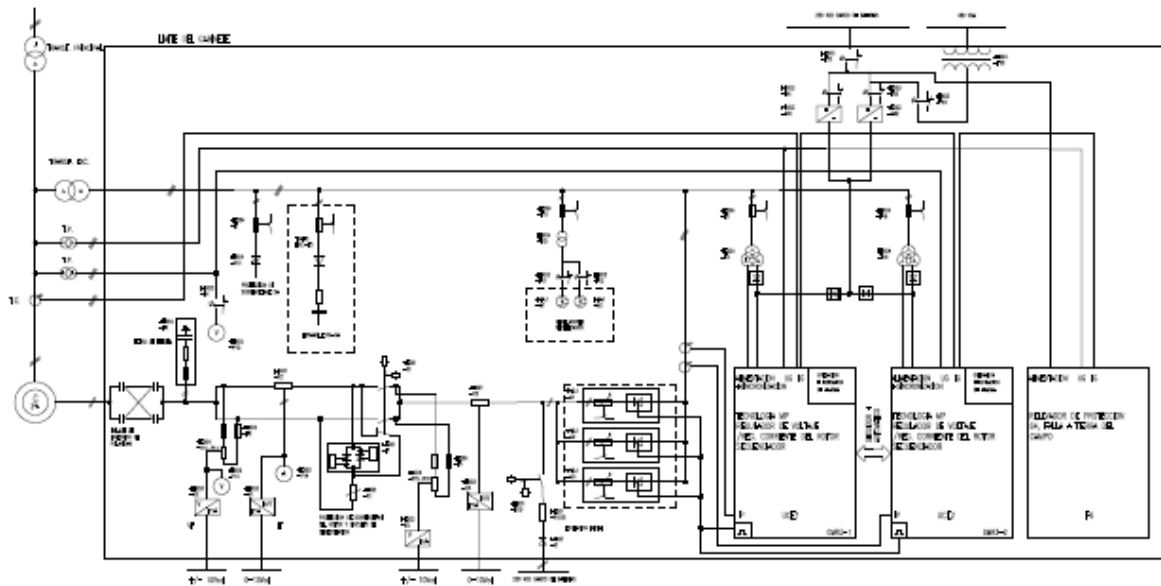
El regulador de la corriente de campo se diseña para sustituir al AVR completamente y es utilizado como un sistema de reserva.

El control, continuo compara las señales de salida del regulador de voltaje y de la corriente de campo del regulador e influye las señales de salida de la corriente de campo del regulador o el respectivo voltaje del regulador de tal manera que las señales de salida desde el regulador son iguales.

Pero la transición de la corriente de campo del regulador y el regulador de voltaje respectivamente siempre toma lugar sin considerar la variación de la corriente de campo del generador y la potencia reactiva sin previo balance manual.

CAPITULO 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

El regulador implementado en la C. H. Peñitas es un regulador automático de voltaje digital (RAV) con secuenciador integrado tipo “GMR3” proveniente de la empresa ANDRITZ HYDRO.



		ENVIADO	23/09/09	23/09/09	LINE 110KV	ANDRITZ Hydro	DIAGRAMA DE BLOQUES	ACC 001		
		COM	20/09/09	20/09/09	LINE 110KV II					
		APROBADO	20/09/09	20/09/09	LINE 110KV III					
		S.E	20/09/09	20/09/09	LINE 110KV IV					
MIPT-010E	RE-01	NOBRE	E-04	S-E	20/09/09	MIPT-010E		916 002 389		

Fig. 6.0.1 Diagrama a bloques



Fig. 6.0.2 Vista frontal y trasera



6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL REGULADOR AUTOMÁTICO DE VOLTAJE DIGITAL (RAV) CON SECUENCIADOR INTEGRADO TIPO GMR3

El regulador y unidad de control de compuerta GMR3 es un regulador de voltaje de tecnología digital multiprocesado para maquinas síncronas trifásicas con una amplia gama de frecuencias (10 Hz a 440 Hz). Está formado por un regulador de voltaje completo, con limitadores y reguladores adicionales. Además de contar con un control de compuerta para operación trifásica y un control lógico, que son necesarios para el correcto funcionamiento de un sistema de excitación.

El sistema de excitación cuenta con dos reguladores automáticos de voltaje (UCE's) en configuración redundante, en caso de falla del canal 1 (UCE 1) es posible seguir operando con el canal 2 (UCE 2) sin ningún tipo de restricción (En este caso las UCE's no cuenta con puntos comunes de control, tanto el hardware y software es completamente doble), cada UCE cuenta con canal automático y canal manual (independientes).

El sistema posee un diseño modular ampliable. Comprende 4 procesadores, entradas y salidas tanto digitales como analógicas, una tarjeta de procesamiento de señales y el control de compuerta digital.

Durante la operación, el regulador se alimenta desde el bus de tiristores. Adicionalmente, se dispone de una segunda alimentación desde las baterías de la central. Esto es necesario especialmente durante los procesos de arranque, desexcitación y con la maquina parada.

La energía requerida para la excitación inicial es proporcionada por los bancos de baterías de la central (250 VCD) (ya que la excitación inicial no excede 90 A), este voltaje será conducido a través de diodos y resistencias de limitación hasta el rotor.

También cuenta con generadores de pulsos de disparo, los cuales regulan la tensión en las terminales del generador con una precisión mayor del 99% y responde continuamente a cualquier variación de tensión del generador manteniéndolo estable y sin oscilaciones en todo el rango de operación del generador.



El equipo está diseñado para dar una respuesta con un sobrepaso de tensión menor del 15% del escalón menor de 0.1 segundo, un tiempo de estabilización menor de 1 segundo y un coeficiente de amortiguamiento entre 0.5 y 1.

El tiempo necesario para alcanzar el 95% de la diferencia entre la tensión de techo y la tensión del devanado de campo del generador nominal con carga, no excede de 100 ms.

Se tiene las facilidades de ajuste de los parámetros de ganancia y constantes de tiempo.

El sistema es capaz de proporcionar las tensiones de techo requeridas por la unidad, así también el techo mínimo negativo que es 70% del techo positivo.

Cuenta con medios para realizar las pruebas de escalones en vacío del 5, 10 y 20% de la tensión nominal del generador y escalones de potencia reactiva, por lo que está equipado con tablillas localizadas en forma accesible para proporcionar las siguientes señales para pruebas:

- Tensión de generador fase A.
- Tensión de generador fase B.
- Tensión de generador fase C.

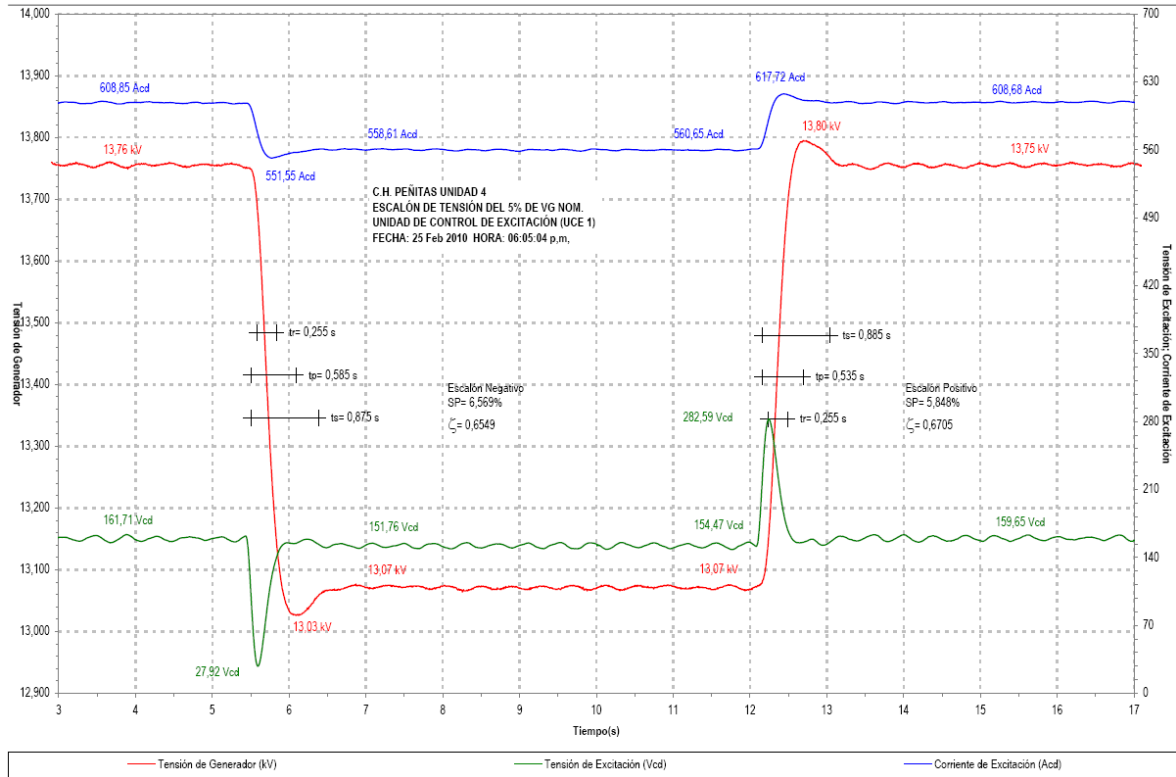


Fig. 6.1.1 Escalón de tensión del 5% de VG nominal

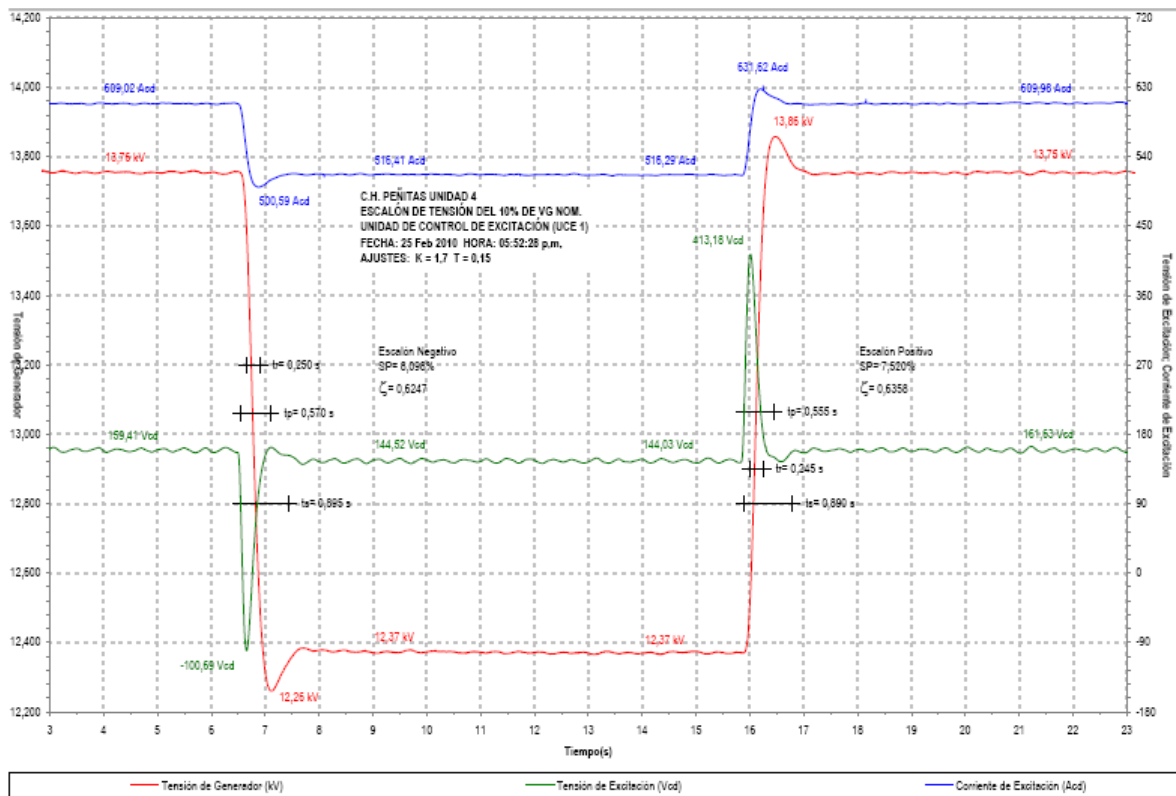


Fig. 6.1.2 Escalón de tensión del 10% de VG nominal

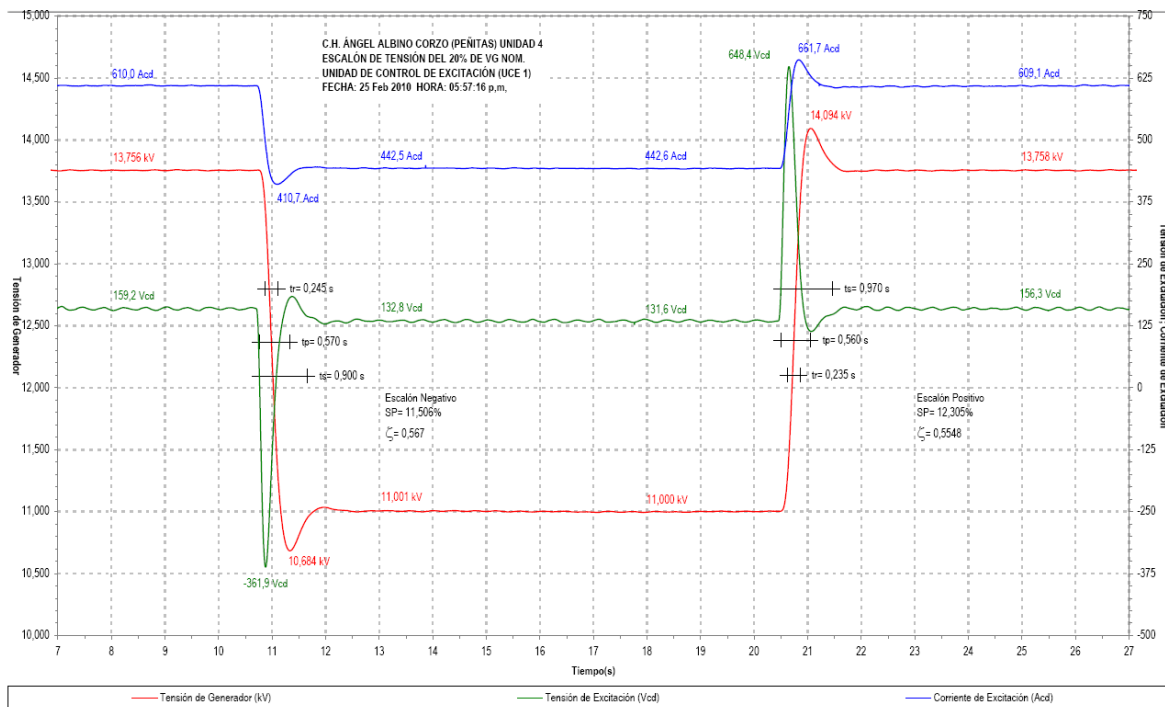


Fig. 6.1.3 Escalón de tensión del 20% de VG nominal

6.2 ESTRUCTURA

El sistema cuenta con un procesador principal (MRB), 3 subprocesadores (Pr. A, B, C), un número variable de entradas y salidas analógicas y digitales y una tarjeta de procesamiento de valores medidos (SAB) para las magnitudes eléctricas de la maquina y de los impulsos de compuerta.

Los valores medidos actuales (voltaje del estator UG, corriente del estator IG, corriente de excitación IP, voltaje de tiristores USYN) son aislados del potencial, convertidos a baja tensión por medio de transformadores intermedios y alimentados a la tarjeta de circuito impreso SAB a través de un cable. Estos valores medidos son preparados en la tarjeta SAB para los subprocesadores de la unidad PIM.

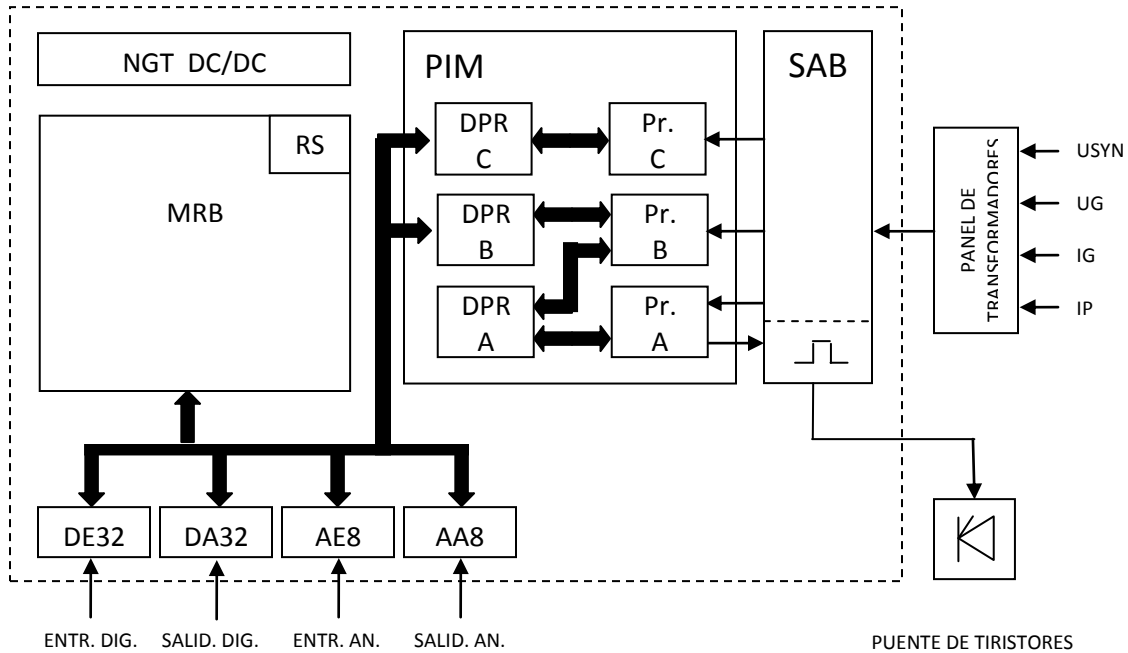


Fig. 6.2 Diagrama a Boques del GMR3.

Subprocesador C: Calcula los valores actuales.

Subprocesador B: Regula la corriente de campo.

Subprocesador A: Generación de impulsos de compuertas.

6.3 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

El software consiste de los siguientes elementos:

- Sistema operativo con editor y funciones de monitoreo.
- Programa del regulador con ajuste específico de la planta.
- Subprogramas para los subprocesadores.

El sistema operativo y el programa del regulador se ejecutan en la tarjeta del procesador principal MRB. Los subprogramas de los subprocesadores de la tarjeta PIM son unidades funcionales separadas, que ejecutan funciones que el procesador principal no puede ejecutar por razones de tiempo.

Estos se utilizan para calcular los valores actuales, regular la corriente de campo y generar los impulsos de compuerta.

El intercambio de datos con el procesador principal de la tarjeta MRB se realiza mediante la RAM de doble puerto.

6.4 CIRCUITO DE POTENCIA

Para el caso de C. H. Peñitas la potencia de excitación es proporcionada por un transformador de excitación trifásico, conectado directamente a las terminales del generador (conexión en derivación).

El lado secundario del transformador alimenta el lado de CA del actual sistema de excitación, al que se conectan los puentes rectificadores de tiristores.

El voltaje así rectificado es llevado al rotor a través del interruptor de campo.

En el siguiente esquema se muestra el principio de funcionamiento del sistema.

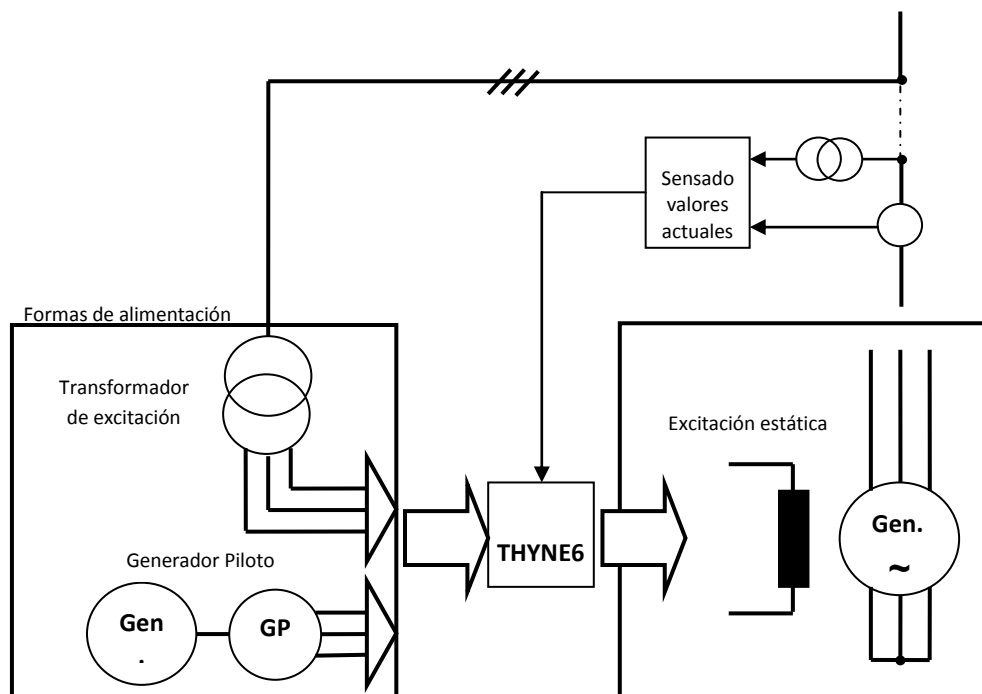


Fig. 6.4.1 Esquema de THYNE6 con transformador de excitación.

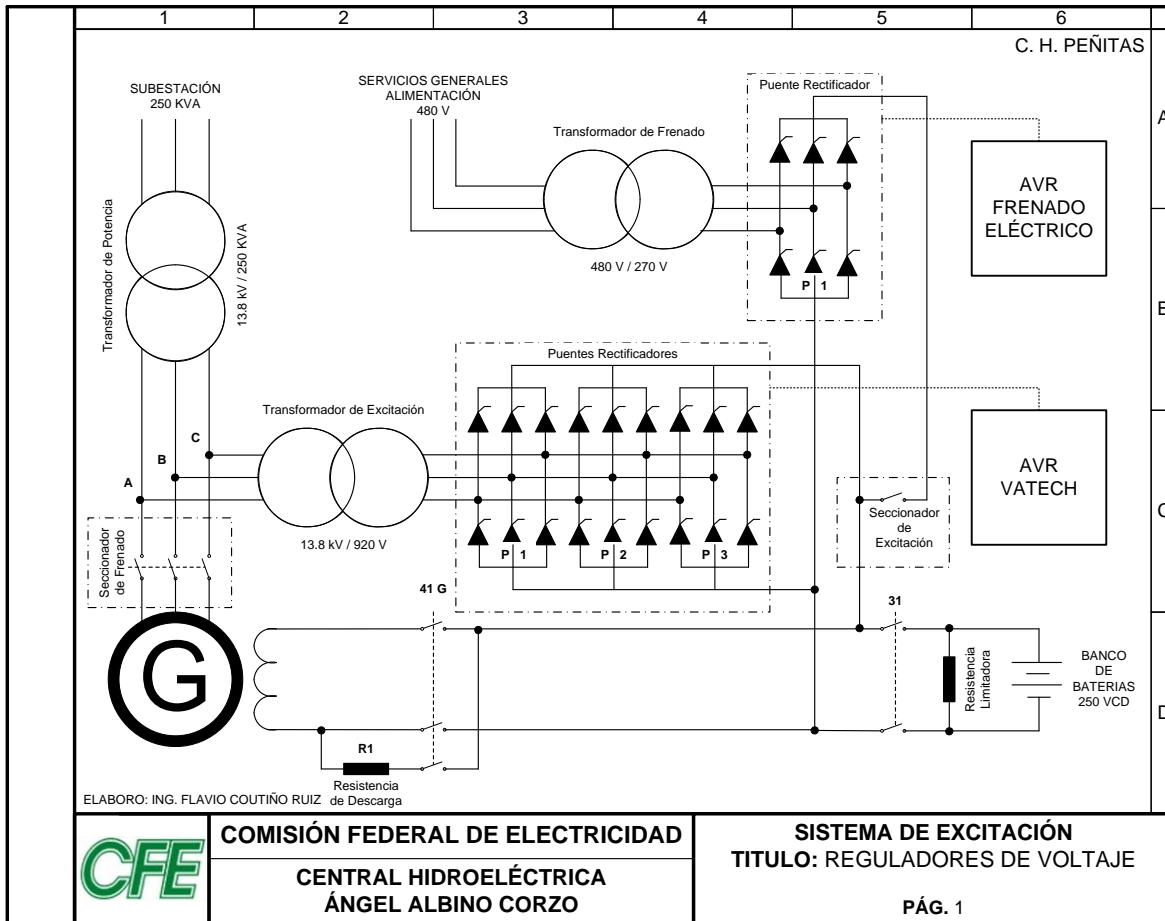


Fig. 6.4.2 Sistema de excitación C. H. Peñitas

6.5 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La estructura del regulador implementado en la C. H. Peñitas consiste en un regulador de voltaje con dos lazos de control, y regula el voltaje de la maquina según un valor de consigna de voltaje ajustable. El primer lazo (regulación de voltaje **UREG**) consiste de un regulador **PI(D)** y controla el segundo lazo interior (regulación de corriente de campo **IREG**) con característica **P(I)**. Gracias a esta estructura, el regulador posee una excelente dinámica de regulación y una alta estabilidad en todos los puntos de operación del generador.

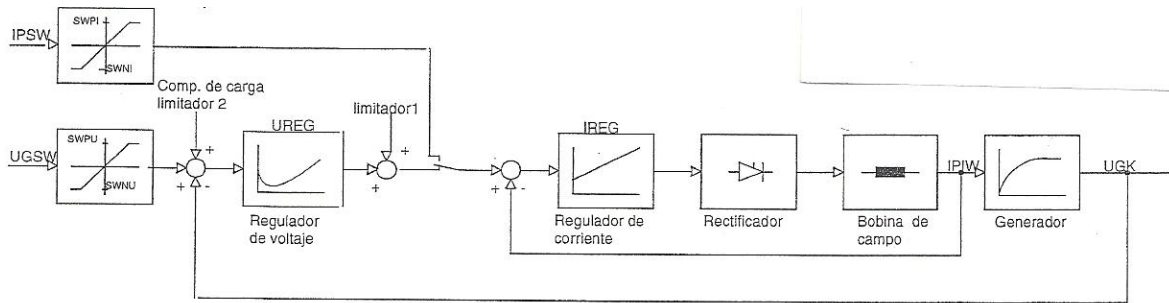


Fig. 6.5 Diagrama a bloques

UGK: Valor actual de voltaje del estator.

UGSW: Valor de consigna para voltaje del estator (operación automática).

IPIW: Valor actual de la corriente de campo.

IPSW: Valor de consigna de la corriente de campo (operación manual).

Limitador 1: Valor de salida del limitador sin retardo de la corriente de campo.

Limitador 2: Suma de valores de salida de distintos reguladores de limitación.

Comp. de Carga: Señal de suma de la compensación de carga activa y reactiva.

S: Conmutador para modo de operación.

Regulador de voltaje PID:

$$F_{UREG}(s) = V_{PU} \left(1 + \frac{1}{sT_{NU}} + \frac{sK_{DU}}{1 + sT_{DU}} \right)$$

$F_{UREG}(S)$: Función de transferencia del regulador de voltaje.

V_{PU} : Amplificador proporcional.

K_{DU} : Amplificación diferencial.



T_{DU} : Constante de tiempo diferencial.

T_{NI} : Tiempo de acción integral.

Regulador de corriente PI:

$$F_{IREG}(s) = V_{PI} \left(1 + \frac{I}{sT_{NI}} \right)$$

$F_{IREG}(S)$: Función de transferencia del regulador de corriente.

V_{PI} : Amplificador proporcional.

T_{NI} : Tiempo de acción integral.

Dependiendo del valor seleccionado mediante el conmutador (S) son posibles dos modos de operación:

- Regulación de corriente de campo (operación manual).
- Regulación de voltaje (operación automática).

En operación manual es enviado el valor de consigna **IPSW** para la corriente de campo **IPIW** y se activa el regulador de corriente **FIREG**. En operación automática es enviado el valor de consigna **UGSW** para el voltaje del estator y se activa el regulador de voltaje **FUREG**. La salida del regulador de voltaje es el valor de consigna para el regulador de corriente de campo.

6.6 DIAGRAMA DE POTENCIAS Y FUNCIONES LIMITADORAS

La máquina sincrónica puede llevar una carga en operación hasta sus valores nominales, sin que sus valores de límite permitidos sean sobrepasados. Los puntos permitidos de operación resultan según las medidas y diseño de la máquina sincrónica, y son representados en el diagrama de potencia. Los límites térmicos del bobinado del estator y del rotor, así como el límite de estabilidad en el área de subexcitación conforman los límites del área de operación.

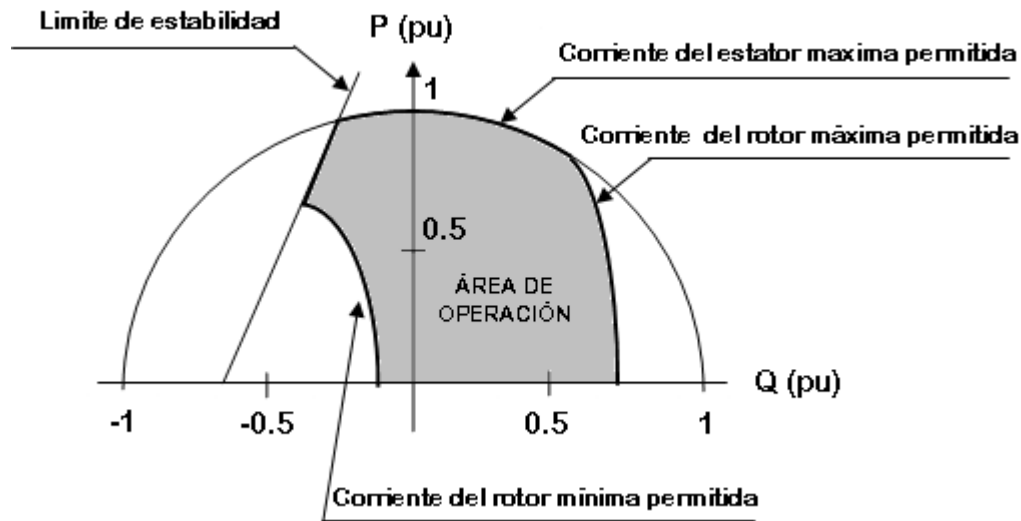


Fig. 6.6.1 Curva de capacidad.

Las líneas gruesas del diagrama de potencia representan los puntos de intervención de los limitadores.

Estas como otras funciones limitadoras son parte del regulador de voltaje, y garantizan que la maquina sincrónica y eventualmente un transformador de potencia conectado opere dentro de las áreas permitidas. Así se logra evitar un disparo de la protección eléctrica, lo que aumenta a su vez la seguridad de operación.

Los limitadores del regulador no pueden sustituir la protección eléctrica.

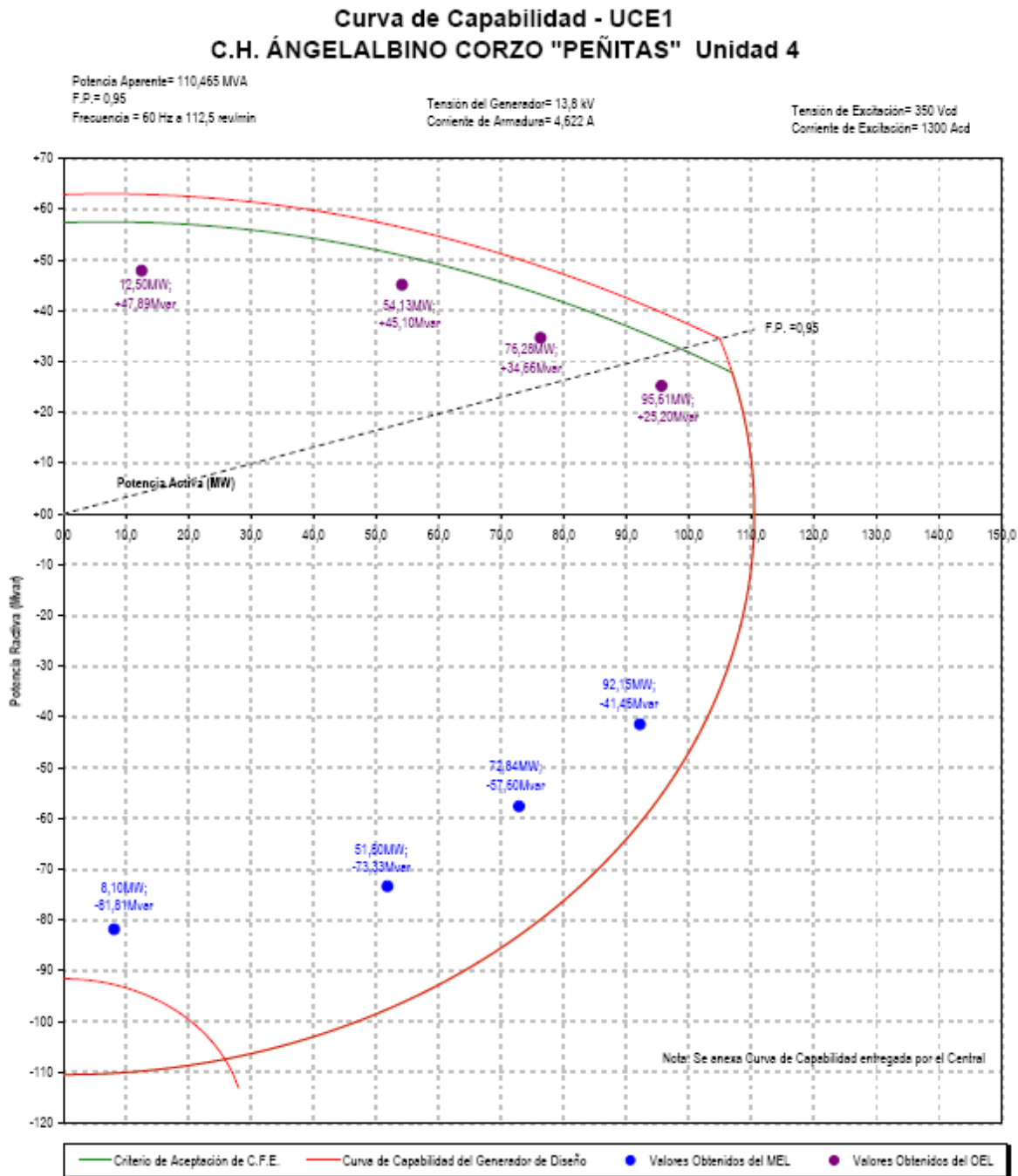


Fig. 6.6.2 Curva de capacidad C. H. Peñitas

Pueden implementarse los siguientes limitadores:

- ✓ **Limitador de corriente mínima de campo, sin retardo:** Aumenta la excitación e impide la operación por debajo de la corriente mínima de campo permitida.



- ✓ **Limitador de corriente máxima de campo, sin retardo:** Disminuye la excitación e impide la operación por encima de la corriente máxima de campo permitida.
- ✓ **Limitador de corriente máxima de campo, con retardo:** Disminuye la excitación e impide que se sobrepase de forma permanente la máxima corriente de campo, permitida por condiciones térmicas.
- ✓ **Limitador de corriente del estator, con retardo:** Efectúa una disminución o aumento de excitación, dependiendo del modo de operación (sobreexcitado o subexcitado), e impide que se sobrepase de forma permanente la máxima corriente del estator, permitida por condiciones térmicas.
- ✓ **Limitador de ángulo de carga, sin retardo:** Aumenta la excitación y evita la pérdida de sincronismo de la maquina sincrónica.
- ✓ **Limitador Voltios/Hertz, con retardo:** Disminuye la excitación y mantiene el flujo magnético del generador y del núcleo de un transformador de potencia conectado dentro del área de operación permitida.
- ✓ **Limitador de voltaje del estator, con retardo:** Efectúa una disminución o un aumento de excitación, e impide que el voltaje del estator salga fuera de los límites permitidos de operación.

6.7 ESTACIONES DE OPERACIÓN

Desde la pantalla principal de (SCAAD). Que se encuentra en la (IHM) de la sala de tableros el operador puede navegar en las diferentes ventanas para escoger la unidad a manipular o servicios, basta con solo darle un clic sobre el icono deseado.

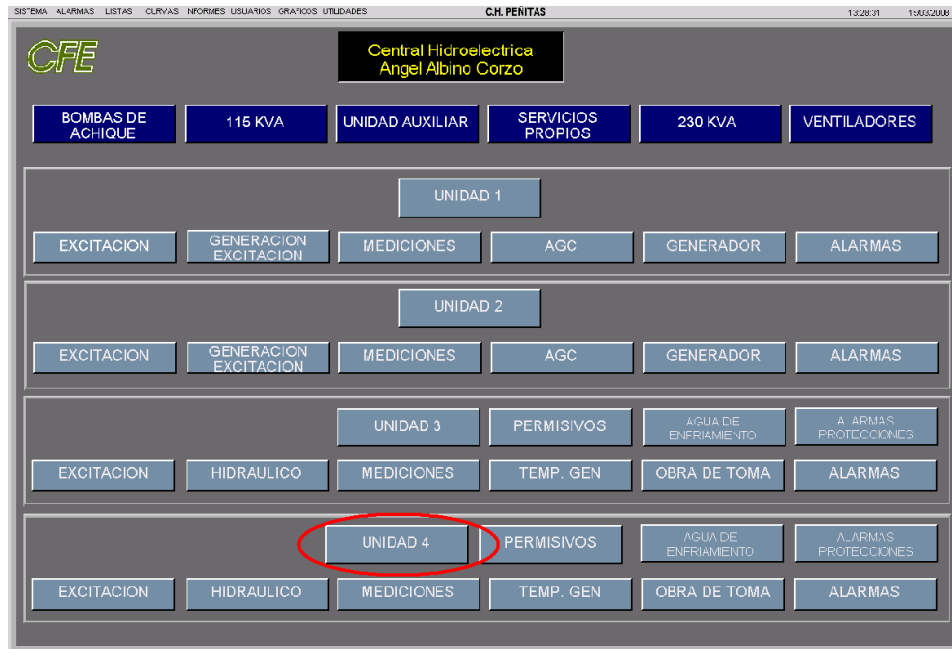


Fig. 6.7 Pantalla principal estación de operaciones

6.7.1 PANTALLA DE EXCITACIÓN

Este botón muestra la pantalla del sistema de excitación.

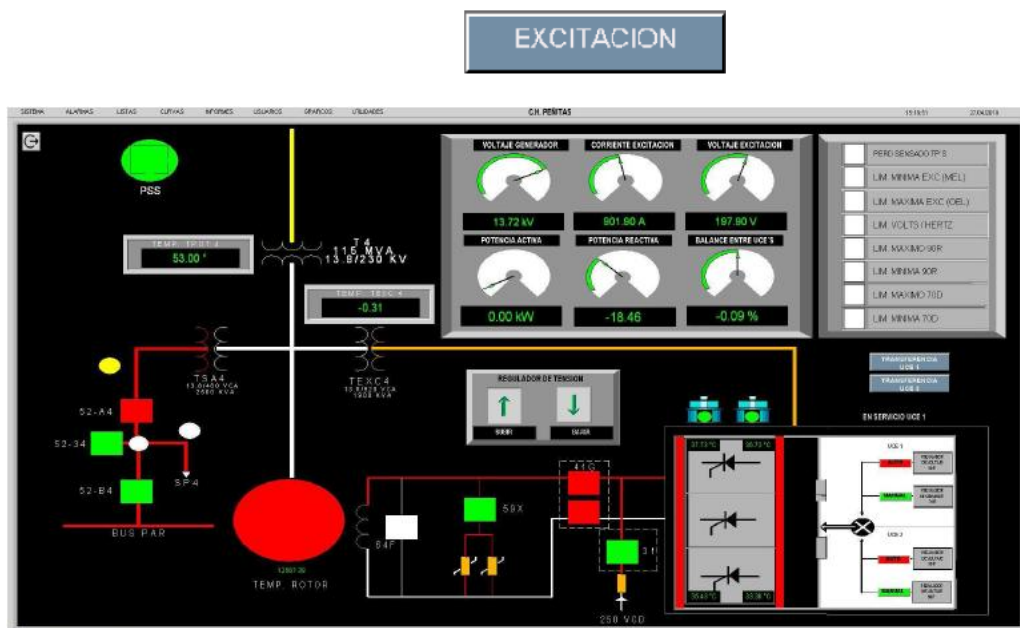


Fig. 6.7.1.1 Pantalla de excitación

En esta pantalla se despliega la información del estado en que se encuentra operando el Regulador de Tensión, además de indicar diversas magnitudes como son:

- Voltaje de generación.
- Corriente de generación.
- Voltaje de excitación.
- Corriente de excitación.
- Potencia activa.
- Potencia reactiva.
- Desbalance de UCE`S.

Se puede visualizar las temperaturas del transformador de excitación y servicios auxiliares.

En los servicios propios tenemos la visualización del estado de los interruptores pero no se pueden realizar mandos de operación.

Dentro de esta sección se encuentra los mandos de modo de Regulación Automático (Regulación de Voltaje 90R) y Regulador Manual (Regulación de Corriente 70E).

Para poder ajustar la tensión de la unidad se realiza a través de los botones de subir y bajar Tensión.

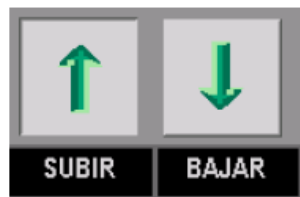


Fig. 6.7.1.2 Botones subir y bajar tensión

6.7.2 ALARMAS



Fig. 6.7.2 Botones subir y bajar tensión

En esta pantalla se pueden visualizar todas las alarmas y disparos que son generados por el Regulador de Tensión.

Como por ejemplo falla en un puente de Tiristores, esta es una Alarma pero si falla un segundo puente de Tiristores operaria falla en dos puentes de Tiristores generando un disparo de unidad.

6.8 FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE OPERACIÓN DEL REGULADOR

La terminal de operación local puede ser usada para control, monitorización e indicación de alarmas esta se ejecuta usando los botones de este menú. Esto se debe a que existe una pantalla de navegación por cada botón de menú, el cual muestra todas las imágenes que contenga dicho menú.

En el panel de excitación se encuentran las funciones de: Encender/Apagar excitación, Subir/Bajar valor de consigna, Elección del modo de operación y Reposición de los mensajes de alarma.

En la pantalla de LCD se indican diversas magnitudes entre otras:

- ✓ Voltaje del generador.
- ✓ Corriente del generador.
- ✓ Corriente de campo.
- ✓ Potencia activa.
- ✓ Potencia reactiva.
- ✓ Factor de potencia.

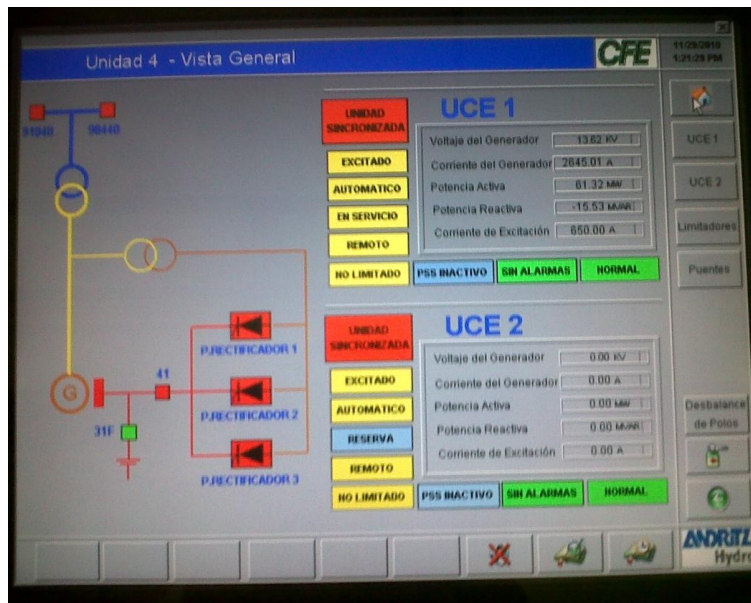


Fig. 6.8.1 Interfaz IHM

Todas las alarmas del sistema de excitación se almacenan e indican en la pantalla de la terminal de operación local, en secuencia cronológica.

La terminal está provista de un teclado tipo membrana sensible al tacto para ejecución de los comandos.



Fig. 6.8.2 Teclado touch IHM

Para la pantalla vista general, la entrada evaluada en el ajuste deseado se realiza usando el teclado virtual de la pantalla táctil. El valor es aceptado al presionar la tecla “□”. La entrada puede ser corregida en cualquier tiempo presionando la tecla “□”, para cancelar y terminar se presiona la tecla “Esc”.



Fig. 6.8.3 Entrada de consigna

6.8.1 PANTALLA DE REGISTRO DE USUARIO

Cuando se presiona el icono de cambio de usuario aparece la pantalla “Registro de Usuario”, esta pantalla nos da la posibilidad de cambiar de usuario y por lo tanto de nivel de operación, para consecuentemente tener mayor o menor acceso a los cambios de parámetros o mandos de operación.

Para introducir los datos de usuario y el password respectivo es necesario utilizar el teclado virtual que aparece a la izquierda de la pantalla,

preferentemente este teclado debe estar siempre activo. El teclado en pantalla es una propiedad de Windows.



Fig. 6.8.1 Ventana de registro

En el sistema se tienen registrados tres niveles de usuario, los cuales se mencionan a continuación:

Usuario	Permisos
Invitado	Visualización.
Operador	Visualización, reconocimiento de alarmas y ejecución de comandos.
Mantenimiento	Visualización, reconocimiento de alarmas, ejecución de comandos y cambios de consignas en variables del regulador.

6.9 MODULO DE PLC

Este modulo se encarga ejecutar las órdenes enviadas por la estación de operación (arranque, paro e inhabilitado) tanto para el regulador de tensión como para el frenado eléctrico, además de enviar las señales de alarma y disparo hacia la misma estación.

Para la interconexión se elaboro una lista de cables donde se detalla las señales, el número de cable, el color y los bornes de conexión.



MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL 2011



LISTADO DE CABLES DE CONTROL

UBICACIÓN AVR ANDRITZ U4

HOJA: 4
DE:

CABLE	CONDUCTORES		SALE DE				LLEGA A				TIPO	SEÑAL/FUNCIONES/TAG	
	CALIBRE	COLOR	ARMARIO	LINEA	ELEMENTO	BORNE	ARMARIO	LINEA	ELEMENTO	BORNE			
EX403		NA	PLC AVR U4 (DI)		BED1/3	C7	EX03		XS1	17	DO	EXCITACIÓN MANUAL	
		NE				26				18	M		
		VE				C2				19	DO	ECITACION AUTOMATICO	
		NE				5				20	M		
		RJ				C1				21	DO	INTERRUPTOR EXC. INICIAL CERRADO	
		BCO				4				22	M		
		AZ								23	DO	A03 RESERVA	
		BCO								24	M		
		AZ								25	DO	SOBREVOLTAJE DE ROTOR	
		NE								26	M		
		NA								C2	27	DO	EXCITACIÓN ENCENDIDA
		BCO								8	M		
		RJ				C3				29	DO	EXITACION APAGADA	
		NE				9				M			
		NE				C8				31	DO	UCE1 EN SERVICIO	
		BCO				29				M			
		AMA				C8				33	DO	UCE2 EN SERVICIO	
		BCO				30				M			
		VE				C4				35	DO	SOBRECORRIENTE ROTOR	
		BCO				15				M			
		NA				C7				37	DO	PARO EXCITACIÓN	
		AZ				27				M			
		VE				C2				39	DO	PERDIDA SENSADO DE TP'S	
		AZ				8				M			
		AZ				C3				41	DO	PSS EN SERVICIO	
		RJ				9				M			
		VE				C3				43	DO	LIM. MINIMA EXC. ACTIVO	
		NA				10				M			
		VE				C3				45	DO	LIM. MAXIMA EXC. ACTIVO	
		RJ				11				M			
		NA				C3				47	DO	LIMITADOR VOLTZ HERTZ	
		RJ				12				M			

NOTAS: AO SALIDA ANALOGICA DI ENTRADA DIGITAL B COMANDO L ALIMENTACION
AI ENTRADA ANALOGICA DO SALIDA DIGITAL M SEÑALIZACION I CORRIENTE V VOLTAJE

Fig. 6.9.1 Lista de Cables

LISTADO DE CABLES DE CONTROL

UBICACIÓN AVR ANDRITZ U4

HOJA: 5
DE:

CABLE	CONDUCTORES		SALE DE				LLEGA A				TIPO	SEÑAL/FUNCIONES/TAG
	CALIBRE	COLOR	ARMARIO	LINEA	ELEMENTO	BORNE	ARMARIO	LINEA	ELEMENTO	BORNE		
EX404		NA	PLC AVR U4 (DI)		BED1/2	C5	EX03		XS1	49	DO	ALARMA SIST. EXC.
		NE				17				50	M	
		VE				C8				51	DO	DISPARO DE EXCITACIÓN
		NE				31				52	M	
		RJ				C4				53	DO	PSS DESHABILITADO
		BCO				13				54	M	
		AZ				C4				55	DO	LIMITE MAXIMO VOLTAJE 90D
		BCO				14				56	M	
		AZ				C4				57	DO	LIMITE MINIMO VOLTAJE 90D
		NE				15				58	M	
		NA				C4				59	DO	LIMITE MAXIMO CORRIENTE 70D
		BCO				16				60	M	
		RJ			C5	61				DO	LIMITE MINIMO CORRIENTE 70D	
		NE			17	62				M		
		NE			C8	63				DO	FALLA UCE1	
		BCO			21	64				M		
		AMA			C8	65				DO	FALLA UCE2	
		BCO			22	66				M		
		VE			C8	67				DO	TRANSFERENCIA AUTO-MANUAL	
		BCO			23	68				M		
		NA			C6	69				DO	TRANSFERENCIA MANUAL-AUTO	
		AZ			24	70				M		
		VE				71				DO	A34 RESERVA	
		AZ				72				M		
		AZ				73				DO	A35 RESERVA	
		RJ				74				M		
		VE				C5				75	DO	FALLA PUENTE DE TIRISTORES 1
		NA				18				M		
		VE				C5				77	DO	FALLA PUENTE DE TIRISTORES 2
		RJ				19				M		
		NA				C5				79	DO	FALLA PUENTE DE TIRISTORES 3
		RJ				20				M		

NOTAS: AO SALIDA ANALOGICA DI ENTRADA DIGITAL B COMANDO L ALIMENTACION
AI ENTRADA ANALOGICA DO SALIDA DIGITAL M SEÑALIZACION I CORRIENTE V VOLTAJE

Fig. 6.9.2 Lista de Cables para Modulo de PLC



6.10 ANÁLISIS DE LAS MODIFICACIONES REALIZADAS

El sistema de regulación de tensión fue modificado casi en su totalidad en la parte de la electrónica, protecciones y medición, esto debido a que sus componentes antiguos estaban ya en malas condiciones y propiciaban fallas constantemente.

El frenado eléctrico será la única parte analógica del sistema de excitación que quedara en servicio por lo tanto este debe ser adaptado de tal forma que realice su función sin ningún problema.

6.10.1 ELEMENTOS DE CONTROL

6.10.1.1 QUEBRADORA DE CAMPO (41G)

Es el equipo que tiene la función de conexión y desconexión entre la salida en corriente directa de la etapa de potencia del sistema de excitación y el devanado de campo del generador, así como la inserción y extracción del circuito de descarga del devanado de campo del generador.

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente se contaba con un interruptor de campo que realizaba dicha función pero debido a que ya tenía muchos años de estar en servicio constantemente producía fallas debido a que sus contactos ya estaban flameados.

Ahora el nuevo interruptor de campo es de tipo electromecánico utiliza un contactor de C.D. con enclavamiento mecánico, con una capacidad ininterrumpida de falla de 20kA, el cual posee las siguientes características:

- a) Dos contactos de arqueado para seccionamiento del circuito de campo y un contacto con cámara de arqueado para inserción de la resistencia de descarga.
- b) Botones de mando para abrir y cerrar localizados en gabinetes locales así como en consola de control de unidad, proporcionando señalización local y remota del estado del interruptor.
- c) Dos contactos auxiliares con imagen del interruptor.

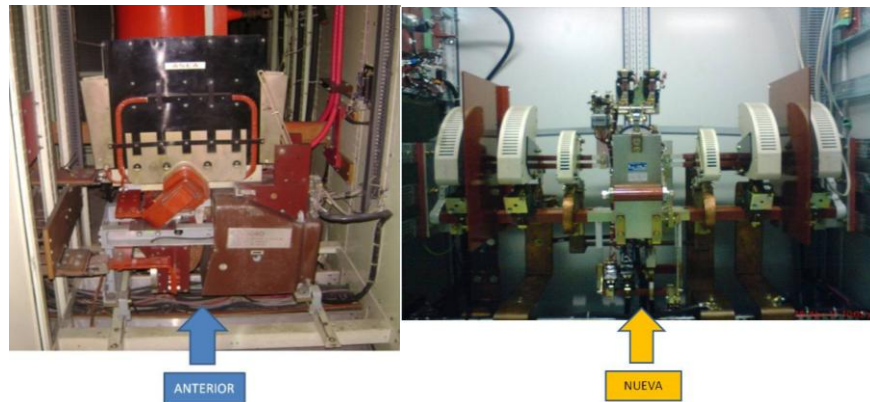


Fig. 6.10.1.1 Quebradora de campo

6.10.1.2 AMPLIFICADORA DE PULSOS

Los amplificadores de pulsos son utilizados para acoplar las señales de disparo aun voltaje y corriente adecuados para poder activar los tiristores.

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente se contaba con 2 tarjetas amplificadoras de pulsos que se encargaban de acoplar las señales de los 3 puentes rectificadores.

Ahora con el nuevo sistema cada puente cuenta con una tarjeta amplificadora de pulsos de disparo LG6.

El voltaje de salida es de +15V con una capacidad de carga de 1 A, el tipo de impulso es doble para ángulo de disparo $<90^\circ$ esto debido a que es sistema trifásico.

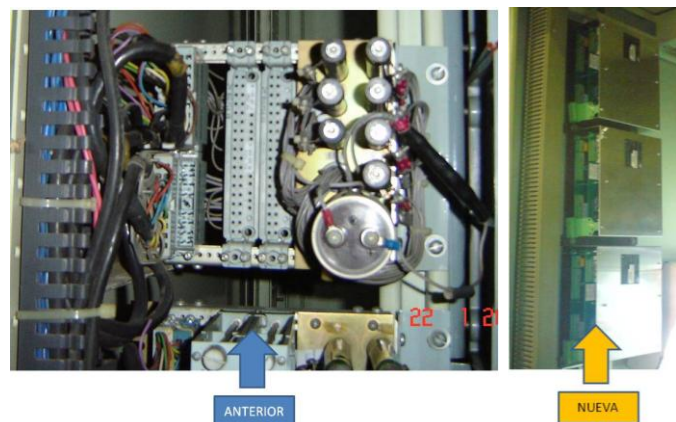


Fig. 6.10.1.2 Amplificadoras de pulsos nuevas



6.10.2 ELEMENTOS DE MEDICIÓN

Los elementos de medición fueron rediseñados y sustituidos por instrumentos modernos para poder obtener una mayor presión.

6.10.2.1 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC)

Los TC`S (current transformer) son utilizados para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos de medición y aislarlos galvánicamente de la red. Su arrollamiento secundario se conecta en serie con la carga cuya corriente se desea medir.

Para el caso de la C. H. Peñitas los TC`S son conectados al secundario del transformador de excitación para medir la corriente de salida de las fases A, B y C.

Anteriormente se contaba con tres TC`S ubicados en la fase A, B y C con una relación de 1500/5A estos instrumentos ya tenían muchos años en servicio y eran de poca precisión.

Ahora con el nuevo sistema fueron colocados 2 TC`S por cada fase con una relación de 2000/1A separados por una placa de fibra de vidrio para evitar interferencias, esto como medida de protección en caso de falla de uno de ellos.

La razón por la cual se colocan 2 TC`S es por medida de seguridad dado que el nuevo sistema consta de un sistema redundante de dos unidades de control de excitación (UCE) totalmente independientes. Dado que durante la regulación de tensión el regulador necesita conocer la corriente que es enviada al puente rectificador, la cual debe estar en perfecto balance.



Fig. 6.10.2.1.1 Transformador de corriente (TC'S)

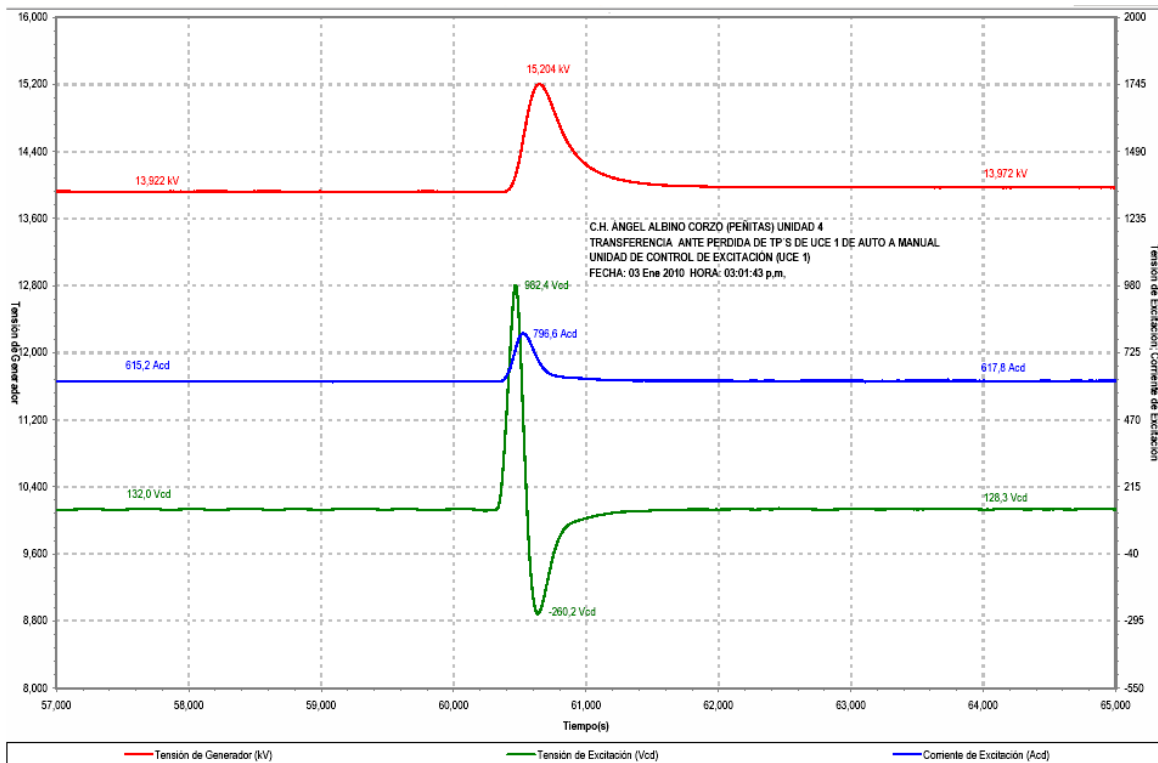


Fig. 6.10.2.1.2 Grafica de transferencia ante perdida de TC'S

6.10.2.2 RESISTENCIAS SHUNT

Una resistencia “shunt” es una carga resistiva a través de la cual se deriva una corriente eléctrica. Generalmente la resistencia “shunt” es conocida con precisión y es utilizada para determinar la intensidad de corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión o voltaje a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm ($I = V/R$).

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente solamente estaba colocada una resistencia “shunt” con una relación de 2000A/50mV a la salida del banco de tiristores con el fin de monitorear la corriente de campo.

Ahora con el nuevo regulador el sistema de excitación dispone de resistencias “shunt” con una relación de 2000A/100mV para medición de corriente de campo en los siguientes puntos:

- Entre la salida del banco de tiristores y el interruptor de campo.
- Entre la conexión a las escobillas del devanado de campo y los elementos de descarga de campo.

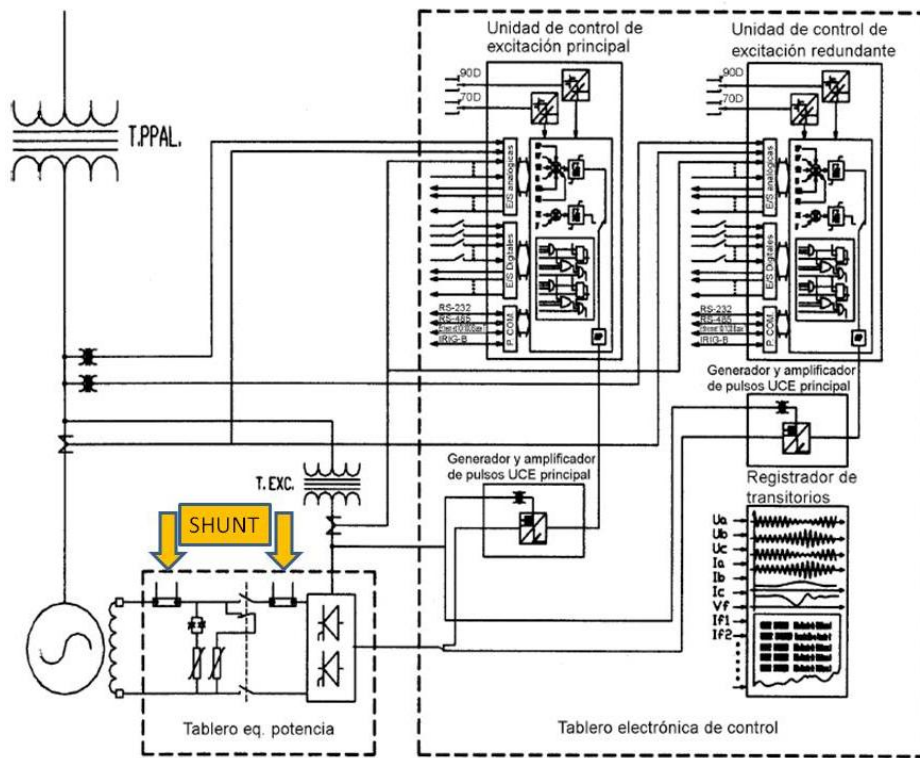


Fig. 6.10.2.2.1 Diagrama esquemático del sistema de excitación

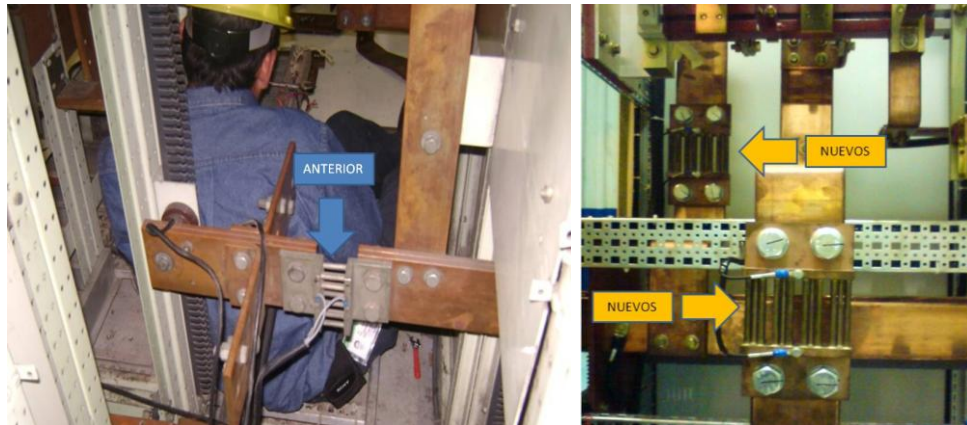


Fig. 6.10.2.2 Resistencias shunt

6.10.2.3 INDICADORES ANALÓGICOS

Los indicadores analógicos son utilizados para desplegar las mediciones en forma visual.

Para el caso de la C. H. Peñitas el panel de indicadores analógicos solo contemplaba dos mediciones que eran el voltaje del generador y la corriente de excitación.

Ahora con el nuevo sistema el panel de indicadores alberga un compendio de señales más completo donde se contempla el voltaje del generador, la corriente de campo, la potencia activa, la potencia reactiva y el balance entre UCE`S.

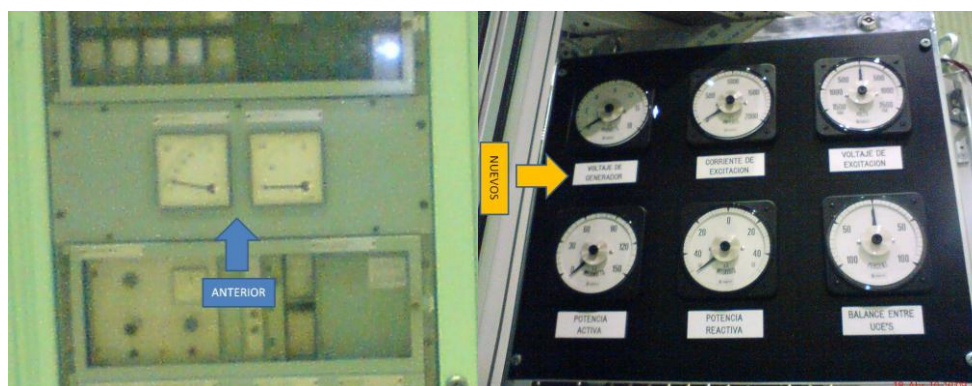


Fig. 6.10.2.3 Transductores analógicos

6.10.3 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los elementos de protección fueron rediseñados y sustituidos por dispositivos modernos para poder obtener una mayor confiabilidad y rapidez en caso de fallas.

6.10.3.1 SNNUBER

El snnuber es un circuito amortiguador que su utiliza para suprimir los voltajes transitorios en un sistema eléctrico.

Los amortiguadores se utilizan con frecuencia en los sistemas eléctricos con una inducción de carga, la interrupción repentina de la corriente de flujo a menudo conduce a un fuerte aumento de tensión en el dispositivo. Este fuerte aumento en el voltaje es transitorio y puede llegar a dañar el dispositivo de control.

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente no contaba con el circuito snnuber debido a ello constantemente tenía problemas causados por los voltajes transitorios en el sistema eléctrico.

Ahora con el nuevo sistema fue instalado el snnuber con el fin de eliminar los voltajes transitorios del sistema, el circuito snnuber se encuentra conectado directamente al secundario del transformador de excitación en las fases A, B y C. Cabe destacar que el circuito snnuber también se encuentra protegido por medio de fusibles que son supervisados por el regulador de tensión.

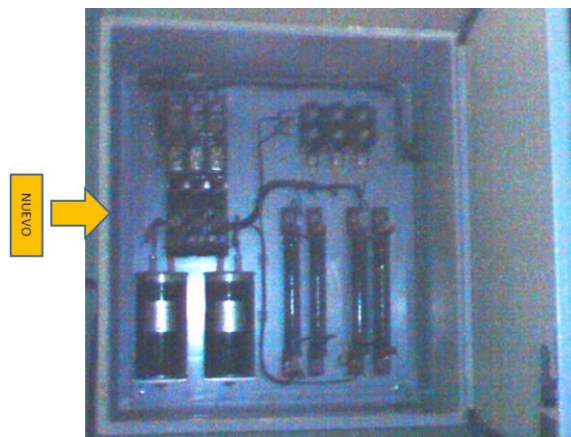


Fig. 6.10.3.1.1 Circuito snnuber

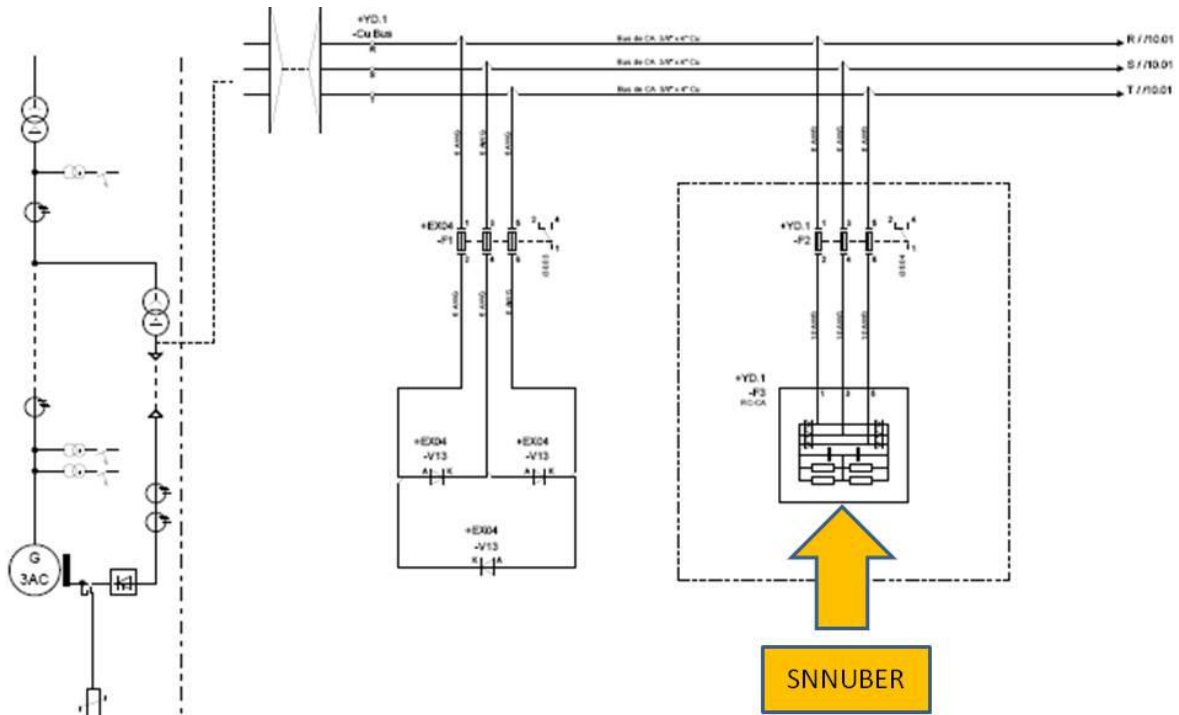


Fig. 6.10.3.1.2 Conexión del circuito snnuber

6.10.3.2 CONVERTIDOR DE TIRISTORES

Para el caso de la C. H. Peñitas se cuenta con 4 puentes rectificadores trifásicos 3 son del regulador de tensión y 1 del frenado eléctrico.

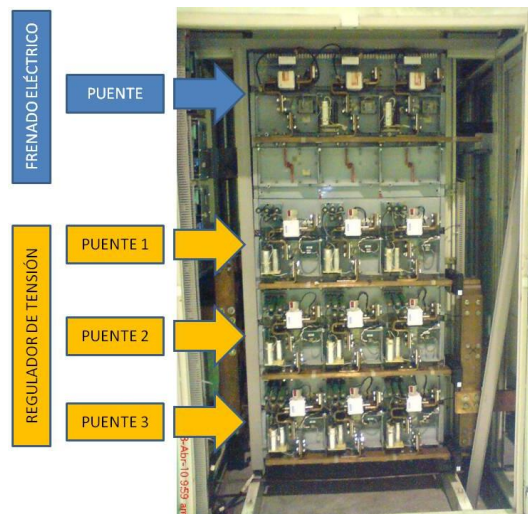


Fig. 6.10.3.2.1 Puente de tiristores

Los fusibles están conectados al ánodo de cada tiristor con el fin de protegerlos en caso presentarse una corriente muy elevada, cada fusible soporta un voltaje de 1150V y una corriente máxima de 1250A.



Fig. 6.10.3.2.2 Tiristor

Anteriormente los fusibles no tenían indicadores de disparo por lo que en caso de falla no se sabía con certeza que fusible había actuado.

Ahora con el nuevo sistema se sustituyeron los fusibles de los 3 puentes del regulador de tensión. Fueron colocados fusibles tipo Feraz de 1150V a 1250A estos elementos son de plata pura embebidos en arena solidificada. Todas sus superficies de contacto son de plata y todo el hardware es no magnético. Estos fusibles están equipados con un indicador de disparo de bajo voltaje. Este indicador puede operar un mini interruptor de campo fácilmente montable en el fusible.

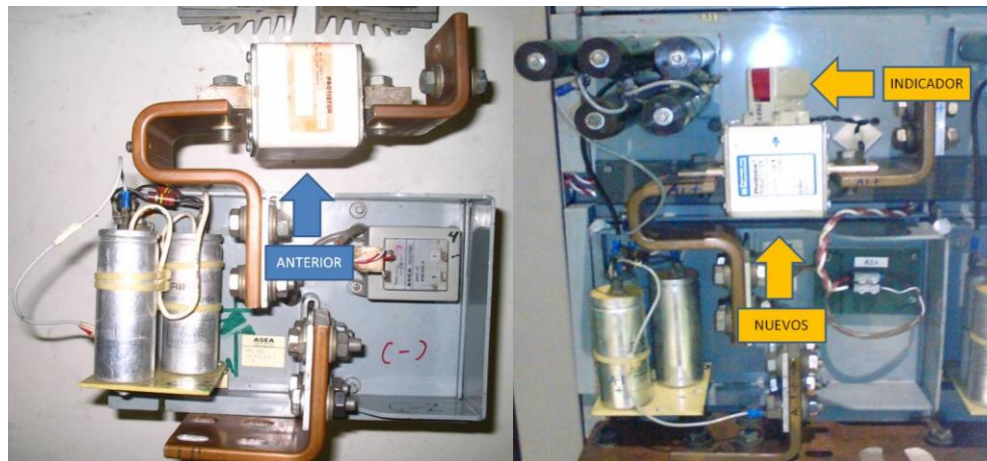


Fig. 6.10.3.2.3 Fusibles



El sistema actual cuenta con ventilación forzada por medio de 2 ventiladores.

El flujo de aire de los puentes rectificadores es monitoreado por sensores libres de mantenimiento y que no dependen de tomas susceptibles de sufrir taponamiento en operación normal y será visualizado en un indicador.

6.10.3.3 CIRCUITO DE DESCARGA

Es un arreglo conformado por dispositivos que permiten insertar una resistencia de descarga en las terminales del generador, durante la secuencia de desexcitación de forma coordina con la apertura del interruptor de campo.

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente se contaba con un sistema que realizaba la misma función debido al tipo de tecnología este era muy grande dado que constaba de 6 resistencias con características no lineales.

Ahora con la nueva tecnología solo se utilizan 2 resistencias con capacidad y tamaño adecuados al nuevo sistema.

El nuevo arreglo contiene 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 ya sea por paro de emergencia o la energía remanente durante un paro normal. Este circuito es accionado por un contacto de descarga cuyo mecanismo esta acoplado de forma mecánica al mismo mecanismo que los contactos principales del interruptor de campo, el contacto de descarga está conectado a una resistencia de descarga con características no lineales tipo varistor.

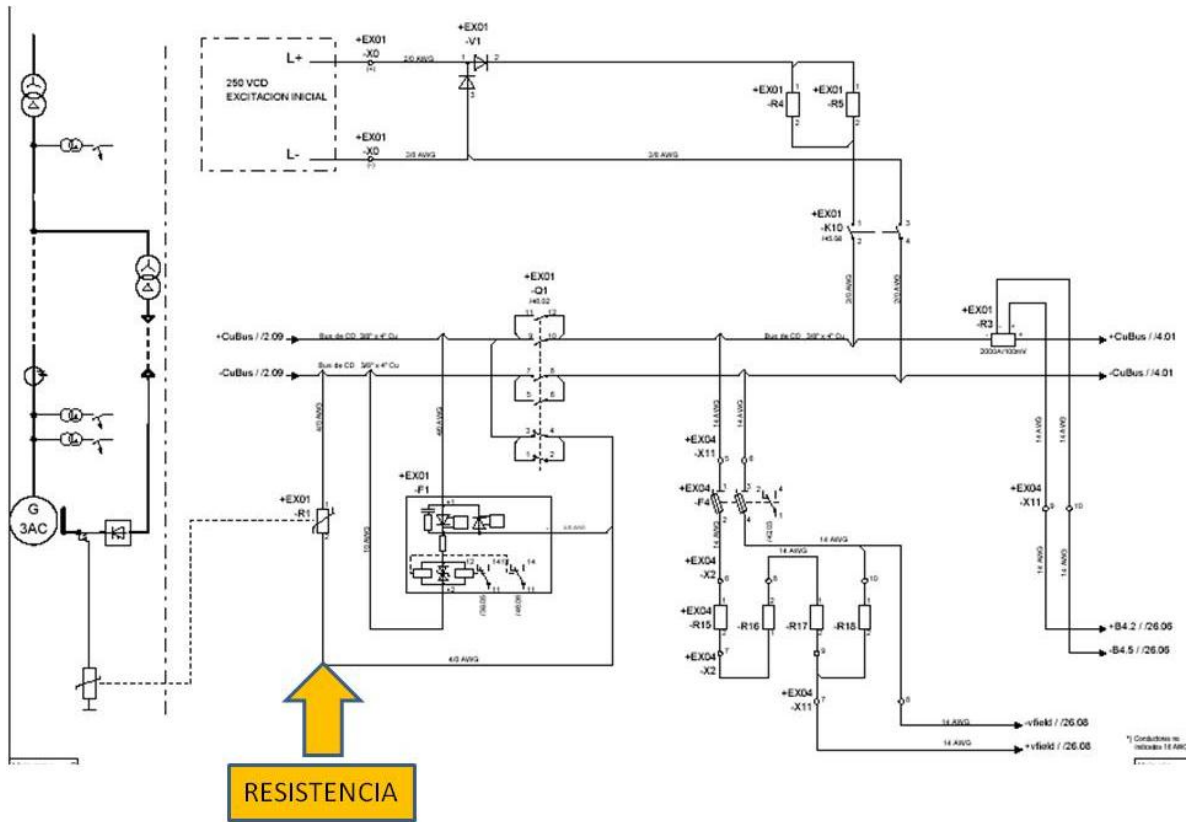


Fig. 6.10.3.3.1 Diagrama de conexión de las resistencias de descarga

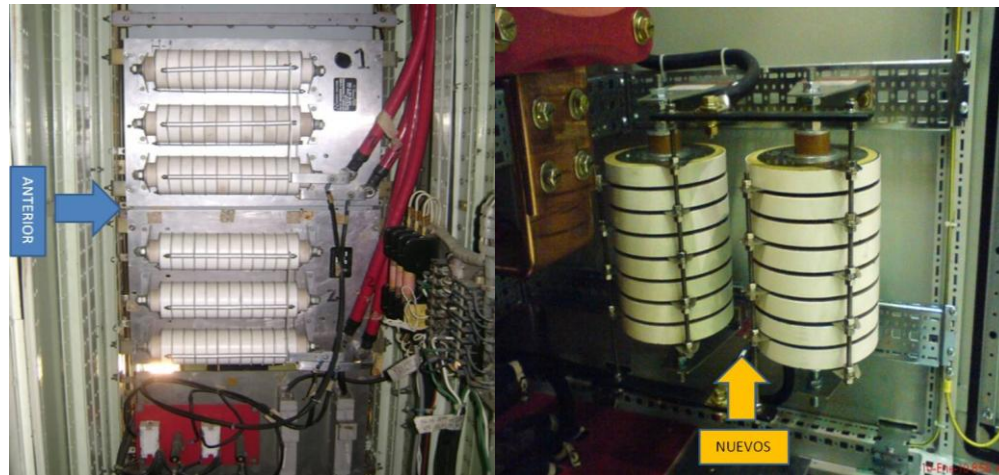


Fig. 6.10.3.3.2 Resistencias de descarga

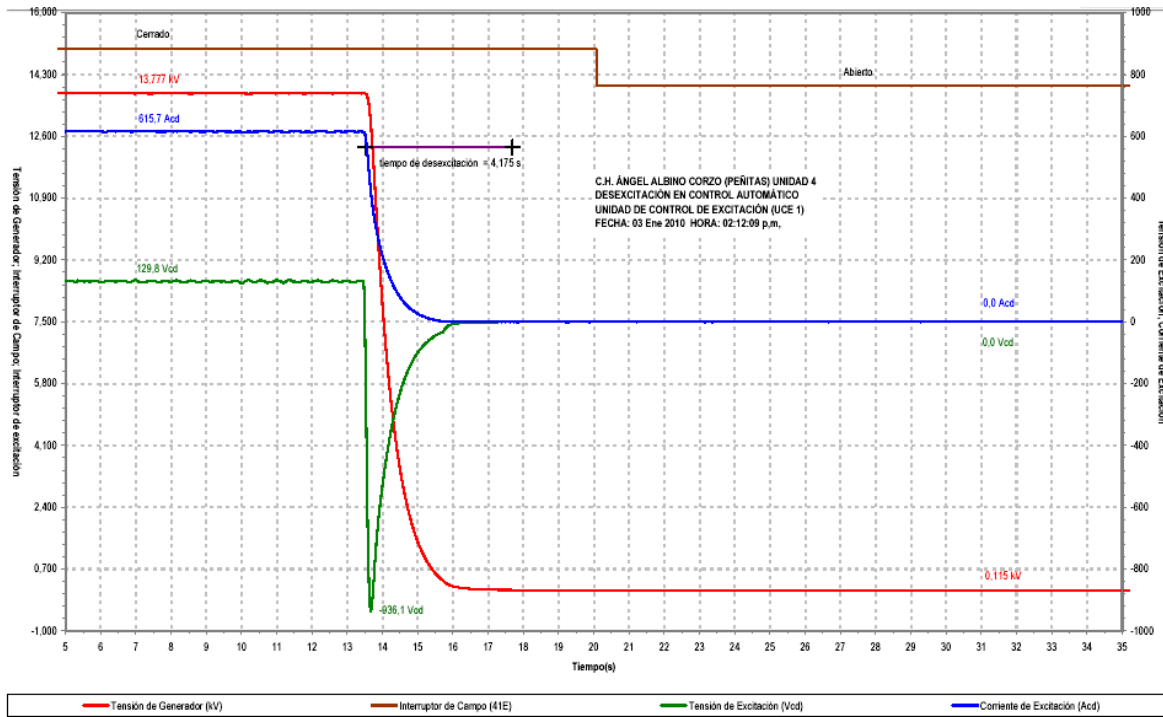


Fig. 6.10.3.3.3 Grafica de desexcitación en control automático

6.10.3.4 ESTABILIZADOR DE POTENCIA PSS

El PSS es un dispositivos que debe detectar 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. Las señales de entrada al estabilizador del sistema de potencia deben ser: la potencia eléctrica y la frecuencia o velocidad de la unidad.

Para el caso de la C. H. Peñitas anteriormente no se contaba con esta protección por lo cual el proceso de estabilización era más tardado.

Ahora con este nuevo sistema se pretende mejorar esa deficiencia que se tenía anteriormente, este nuevo dispositivo cuenta con un modo de diagnostico para fines de prueba y la función de habilitación o deshabilitar (local y remota).

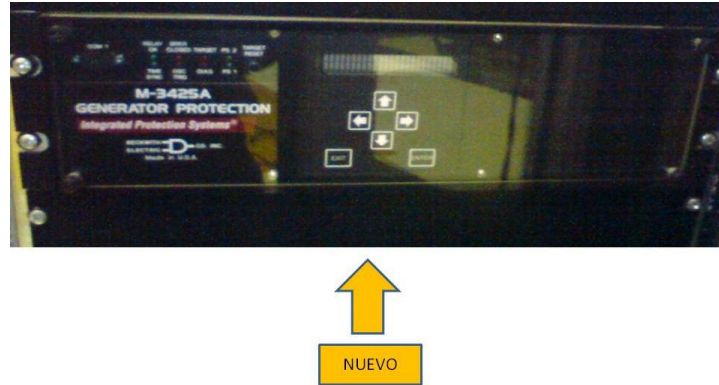


Fig. 6.10.3.4 Estabilizador de potencia PSS nueva

6.11 FRENADO ELÉCTRICO

El frenado eléctrico es un dispositivo que permite detener la unidad en un tiempo mínimo. Su funcionamiento está basado en el principio de la creación de corrientes parasitas que nacen en el estator cuando este es cortocircuitado por una seccionadora.

Para que el frenado eléctrico entre en operación es necesario crear un campo magnético fijo en el rotor, y el movimiento del rotor produce la variación de la velocidad, debido a que a mayor velocidad de giro, mayor es la fuerza de frenado generado por el campo electromagnético que atraviesa las bobinas del generador. La energía cinética de la turbina es disipa en forma de calor a través de los irradiadores de calor colocados en el estator.

Para el caso de la C. H. Peñitas ya contaba anteriormente con este sistema, el cual puede también ser usado como un regulador de respaldo, este sistema puede sustituir al regulador de tensión completamente, cabe señalar que solo cuenta con las protecciones mínimas.

El frenado eléctrico será la única parte analógica del sistema de excitación que quedara en servicio por lo tanto este ser totalmente independiente, para lograrlo el frenado eléctrico debe pasar por una etapa de adaptación en la cual se rediseña su esquema eléctrico proporcionándole las señales necesarias para su correcto funcionamiento.



6.11.1 TRANSFORMADOR DE FRENADO

Este transformador es alimentador por servicios auxiliares y es el encargado de proporcionar una alimentación de 480V al puente rectificador del frenado eléctrico.



Fig. 6.11.1 Transformador de frenado

6.11.2 SECCIONADOR DE EXCITACIÓN

Este seccionador es activado automáticamente por la lógica del frenado eléctrico, en el se encuentra una serie de contactos los cuales determinan la posición en la que se encuentra el seccionador.

Este dispositivo se encarga de conectar el puente rectificador del frenado eléctrico hacia la quebradora de campo, para posteriormente alimentar al devanado del rotor.



Fig. 6.11.2 Seccionador de excitación



6.11.3 SECCIONADOR DE FRENADO

Este seccionador es de tipo neumático y es activado automáticamente por la lógica del frenado eléctrico, cuenta contactos que determinan la posición en la que se encuentra el seccionador.

Este dispositivo se encarga de cortocircuitar al estator.



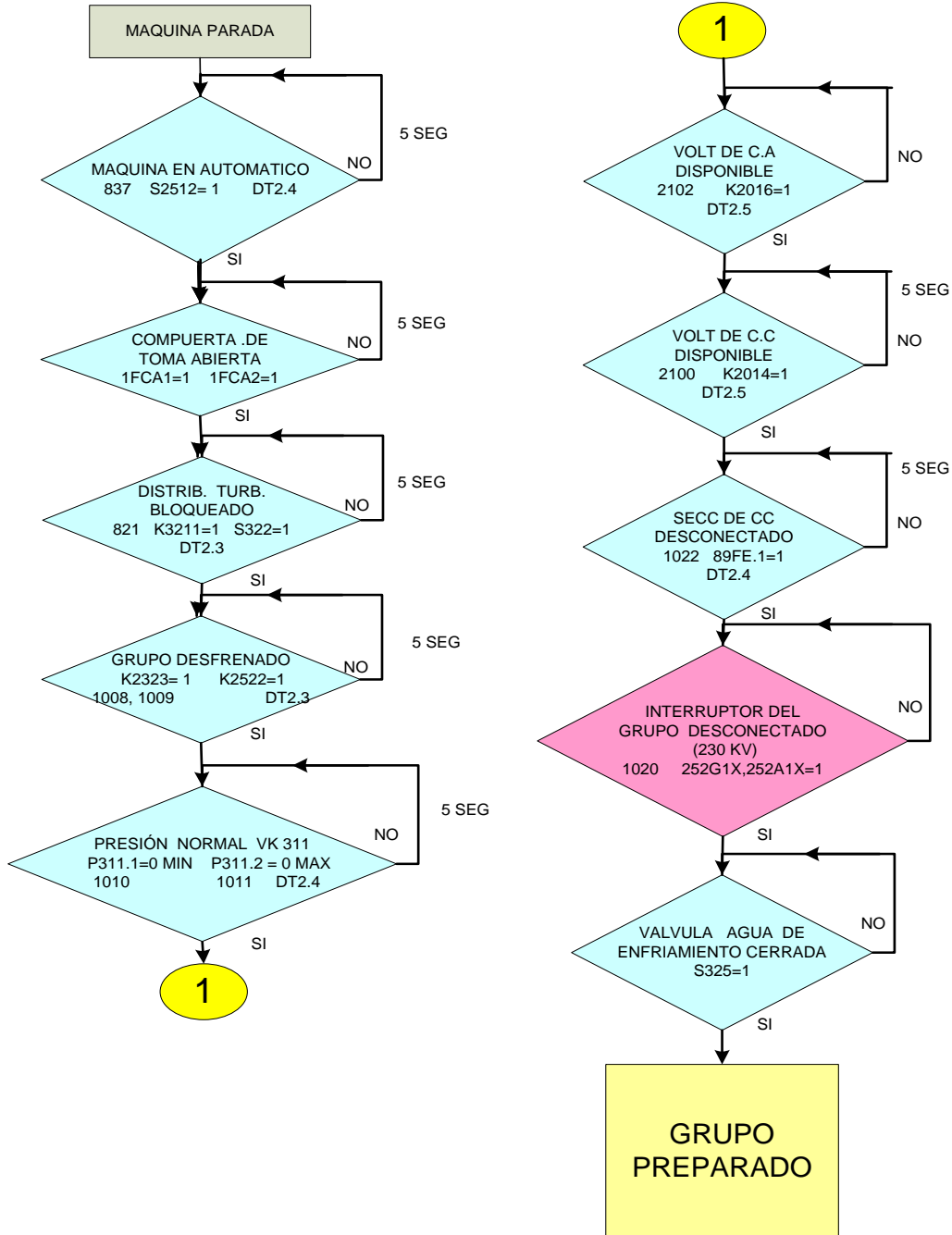
Fig. 6.11.3 Seccionador de frenado

6.12 DIAGRAMAS DE FLUJO

Los diagramas de flujo representan gráficamente la secuencia de grupo preparado y arranque de la unidad principal. Estos diagramas utilizan símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del algoritmo y el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y final.

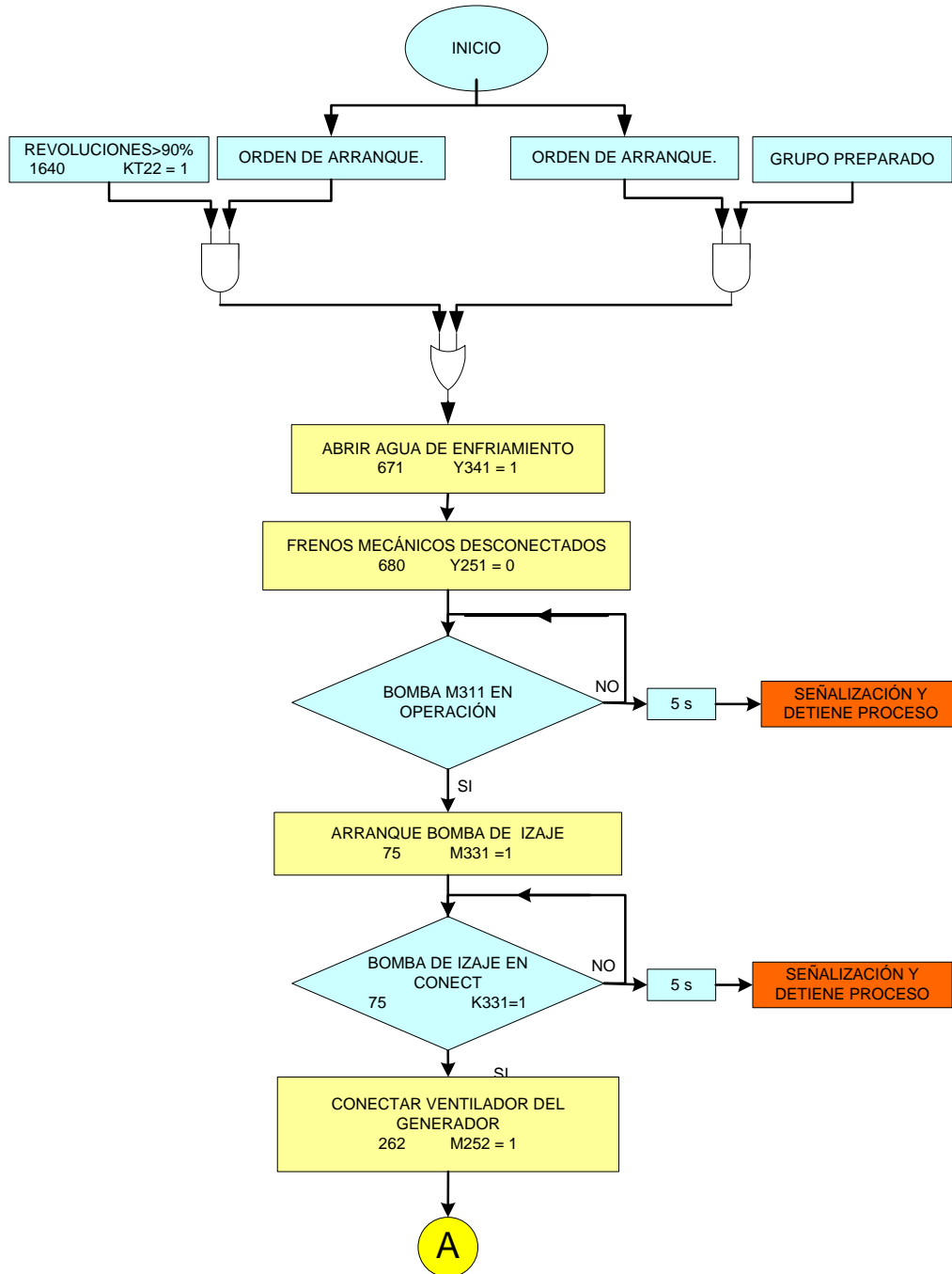


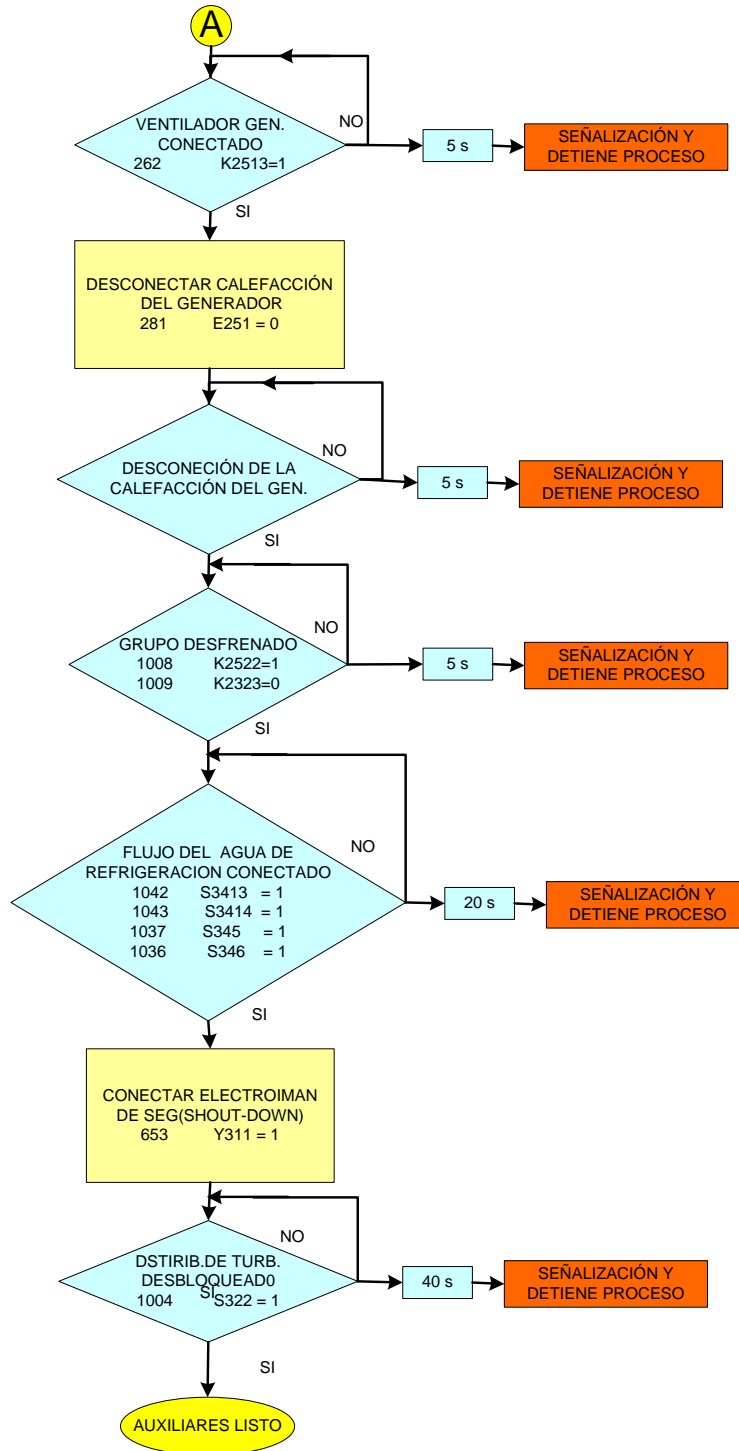
SECUENCIA DE GRUPO PREPARADO UNIDAD PRINCIPAL





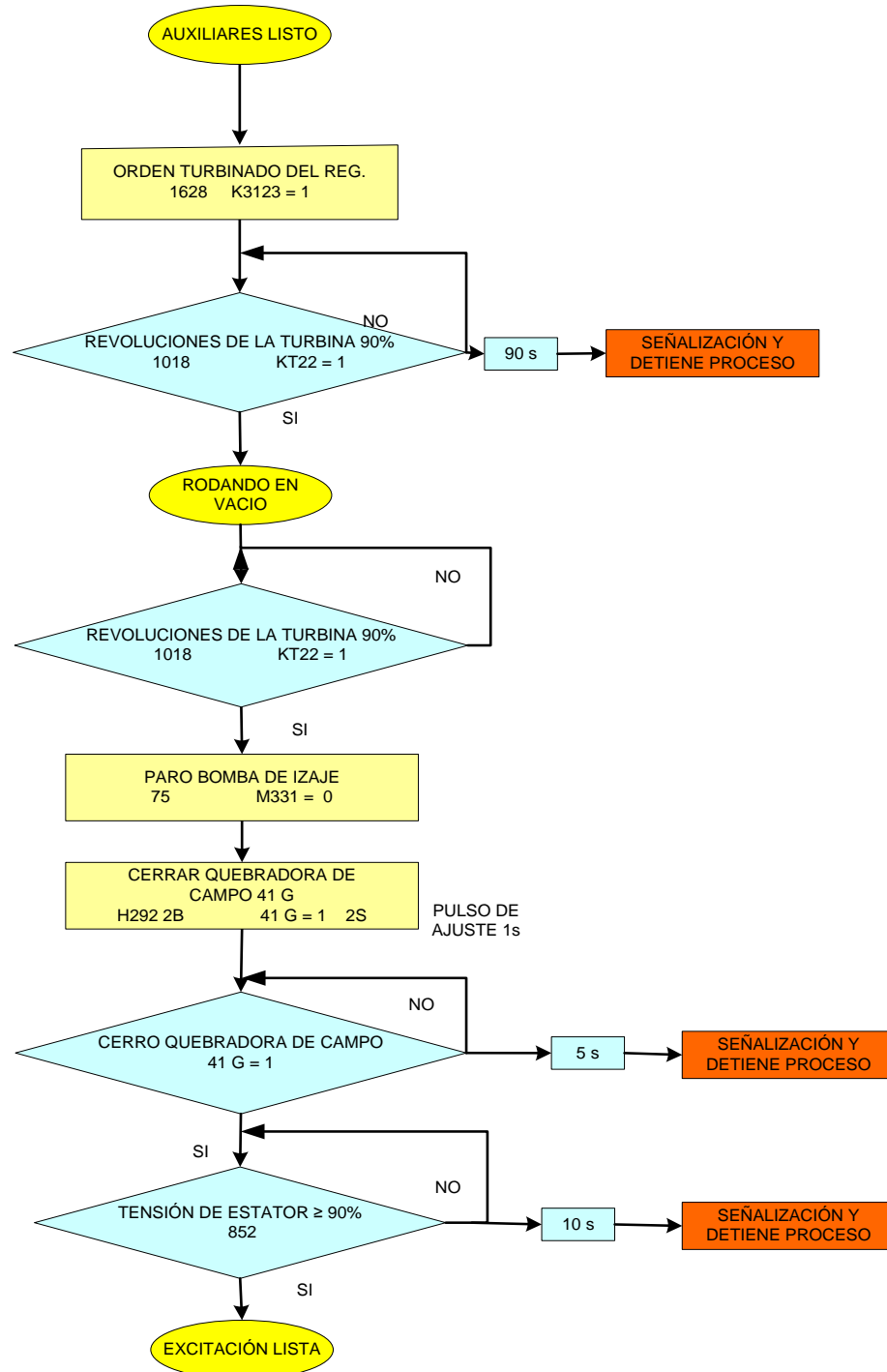
SECUENCIA DE ARRANQUE PRINCIPAL MODIFICADO





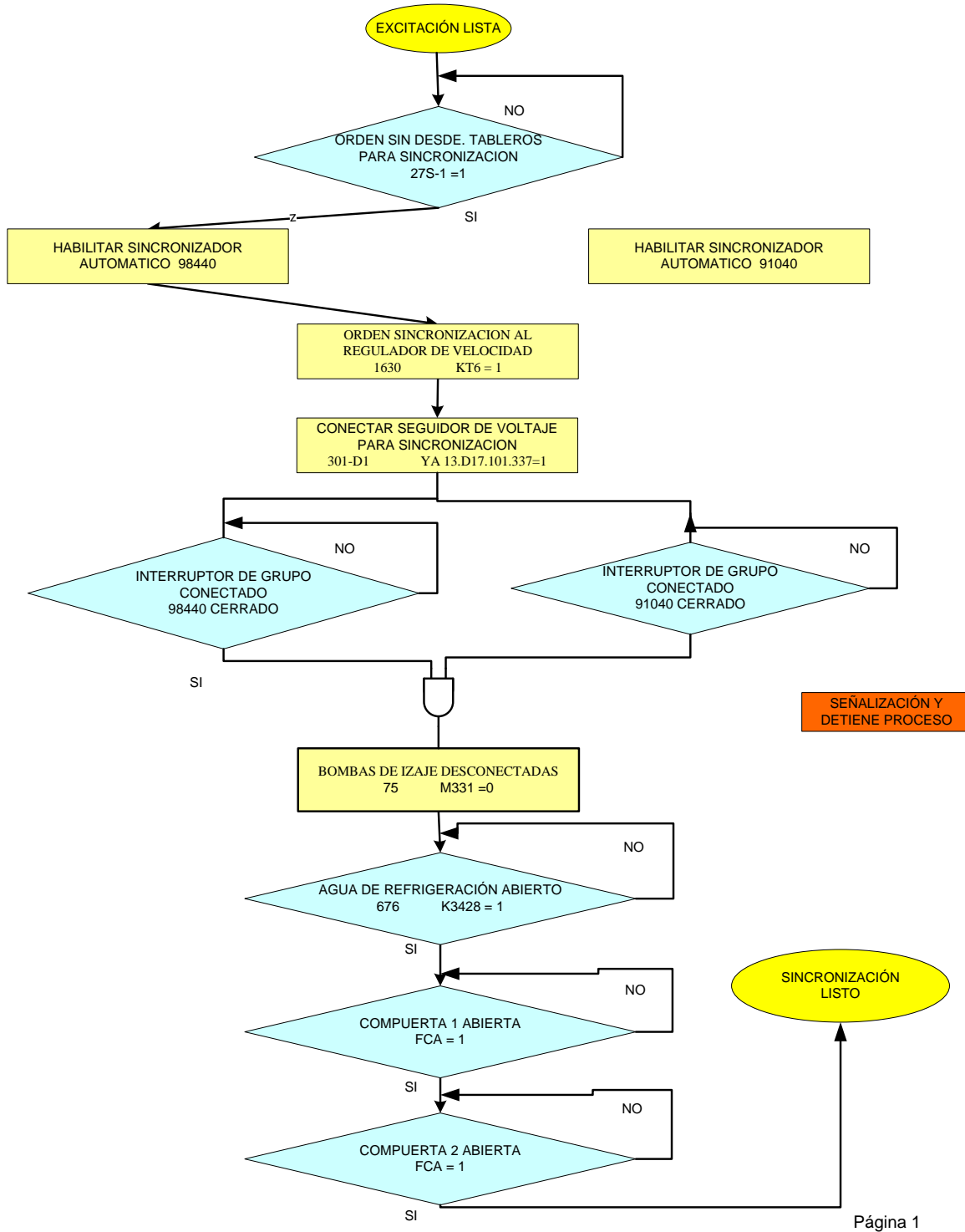


3ER PASO MODIFICADO





4to PASO MODIFICADO



6.13 DESMONTAJE DEL AVR ANALÓGICO

Antes del desmontaje se etiquetaron todos los cables de señales de campo con forme a diagrama, esto con el fin de que no se perdiera ninguna señal dado que los cables serian reutilizados, a cada etiqueta se le coloco el nombre del gabinete, numero de bornera y borne respectivamente esto con el fin de poder determinar su ubicación exacta.



Fig. 6.13.1 Desmontaje del Gabinete YA.10

Posteriormente fueron retiradas las partes internas de cada uno de los 5 gabinetes los cuales son:

- Interruptor de campo (YA.9).
- Resistencias de descarga y excitación inicial (YA.10).
- Equipo de desexcitación y protección (YA.11).
- Distribuidor de pulsos (YA12).
- Regulador (YA.13).



Fig. 6.13.2 Gabinete YA.12

Por último fueron retirados cada uno de los gabinetes del regulador analógico.



Fig. 6.13.3 Gabinete YA.11

6.14 MONTAJE DE AVR DIGITAL

Los reguladores de tensión al llegar en primera instancia deben ser inventariados y almacenados para su posterior instalación.



Fig. 6.14.1 Llegada a Almacén General

Posteriormente son transportados a casa de maquinas, donde son abiertos e inspeccionados detalladamente para corroborar que se encuentren en buen estado.



Fig. 6.14.2 Llegada a Casa de Maquinas

Los nuevos gabinetes son ubicados en su lugar para luego ser soldados al piso.



Fig. 6.14.3 Montaje del Gabinete EX01, EX02, EX03 Y EX04



CONCLUSIÓN

Es indispensable comprender los principios básicos del funcionamiento así como cada una de las características del Regulador Automático de Voltaje (RAV), todo personal del área de generación debe tener conocimientos de cada uno de los elementos del sistema de regulación de tensión, así como conocer físicamente el equipo de medición y control.

Con la renovación del sistema de excitación en la “Central Hidroeléctrica Ángel Albino Corzo” con lleva a una serie de ventajas que son:

- Incremento de la eficiencia.
- Mayor disponibilidad de la central.
 - Menos fallas del sistema.
 - Solución rápida de problemas a través de posibilidades de diagnóstico.
 - Reguladores de limitación inteligentes (el generador se mantiene dentro de los límites).
 - Requerimiento reducido de mantenimiento.
- Mayor comodidad de manejo.
 - Mejor visualización de la operación local.
 - Visualización gráfica en computador.
 - Mejores posibilidades de pruebas y supervisión.

Con la instalación del módulo de PLC interconectado al regulador de tensión y el frenado eléctrico se tiene el control del regulador así como la opción de subir o bajar tensión desde la estación de operación.



BIBLIOGRAFÍA

1. ELECTRICIDAD. Comisión Federal, Manual de Organización Básica de la Subgerencia Regional de Generación Hidroeléctrica Grijalva, SRGHG 2003, México.
2. Dawes L. Chester; “TRATADO DE ELECTRICIDAD TOMO 1 CORRIENTE CONTINUA”; pp. 277 - 282; Gustavo Gili, México 1993.
3. Dawes L. Chester; “TRATADO DE ELECTRICIDAD TOMO 2 CORRIENTE CONTINUA”; p. 189; Gustavo Gili, México 1999.
4. Fitzgerald, A. E., Higginbotham D. E., Gravel, A.; “FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA”; p. 564; Mc Graw Hill, México 1998.
5. Fitzgerald, A. E., Higginbotham D. E., Gravel, A.; “FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA”; pp. 685 - 686; Mc Graw Hill, México 1992.
6. Luca Marín, Carlos; “PLANTAS ELÉCTRICAS TEORÍA Y PROYECTOS”; p. 159; RESISA, México 1994.
7. Julio Cesar Turbay, “Empleo del EMTP para los estudios de estabilidad transitoria con especial atención al modelo de los sistemas de control de la excitación”; IEEE, España 2000.
8. Maloney J., Timothy; “ELECTRONICA INDUSTRIAL”; pp. 141 – 142; Prentice Hall, Colombia 1983.
9. ASEA, “Manual Operativo”, Gustavo Gili, Barcelona 1983.
10. ANDRITZ HYDRO “Manual de Operación y Mantenimiento”, 2009.



ANEXO 1. FICHA TÉCNICA

1.1 CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad instalada de la Central Hidroeléctrica es de 420 MW distribuida en 4 Turbinas tipo Kaplan de eje vertical, las cuales generan 105 MW cada una, con un gasto máximo de 360.00 m³/seg por unidad, para un total de 1,440 m³/seg. La obra de toma consta de 4 bocatomas y 8 compuertas de 10.10 x 12.60 mts. y 2 compuertas auxiliares de las mismas dimensiones, cada una accionada por un servomotor a pistón, alimentado por la central oleodinámica, compuestas por bombas de eje horizontal con sus dispositivos de seguridad y control.

1.2 TURBINA PRINCIPAL

Los datos técnicos característicos son:

- Tipo.....Kaplan vertical 5K37
- Caída (H).....35.27-30.89 Mts
- Caudal (Q).....334-349 m³/s
- Potencial de la turbina (P).....108.33-98.716 MW
- Velocidad de régimen (Nn).....112.5 R.P.M.
- Velocidad de embalamiento (Np).....291 R.P.M.
- Masa inerte (GD²)18,778 tm²
- Trabajo de regulación del servomotor del distribuidor.....94,824 Kgm (carrera 835 mm)
- Trabajo de regulación del servomotor del rodete (ArR)137,344 Kgm (carrera 257 mm)
- Crecimiento máximo calculado de la presión36 % H



1.3 GENERADOR

Características técnicas del Generador:

- Marca.....Asea
- Capacidad nominal.....110,465 KVA
- Factor de potencia.....0.95
- Capacidad para diseño mecánico.....108,330 KW
- Velocidad nominal.....112.5 R.P.M.
- Velocidad de desboque.....291 R.P.M.
- Frecuencia nominal.....60 Hz
- Voltaje nominal13,800 V
- Corriente nominal4,622 A
- Clase de aislamiento estatorF
- Clase de aislamiento rotorF
- Número de polos64
- Número de fases3
- Número de enfriadores de aire12

El Regulador de Voltaje. (AVR) Es el encargado de regular el voltaje de salida del generador.

1.4 EXCITADOR

- ✓ Tipo de excitaciónEstática
- ✓ Voltaje de excitación350 V
- ✓ Corriente de excitación1,300 A



1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.5.1 HIDROLOGÍA

- ✓ Área de la cuenca propia.....1,275 km²
- ✓ Área total de la cuenca hasta Peñitas.....35,701 km²
- ✓ Avenida máxima registrada (2 oct. 1999).....8,103 m³/s
- ✓ Gasto de la avenida de diseño.....22,877 m³/s
- ✓ Volumen avenida de diseño.....6,850x10⁶ m³
- ✓ Duración de avenida de diseño8 días
- ✓ Escurrimiento medio anual cuenca propia.....3795x10⁶ m³
(1952-1999).
- ✓ Gasto medio anual cuenca propia.....120.32 m³/s

1.5.2 EMBALSE

- ✓ NAME.....95.50 msnm
- ✓ NAMO.....87.40 msnm
- ✓ NAMinO.....85.00 msnm
- ✓ Capacidad de azolves (hasta el umbral de la Obra de Toma)...39.63
Mm³
- ✓ Capacidad muerta (hasta el NAMinO).....615.83 Mm³
- ✓ Capacidad útil (del NAMinO al NAMO).....106.30 Mm³
- ✓ Capacidad de control de avenidas (del NAMO al NAME)...415.74 Mm³
- ✓ Capacidad total al NAME (Batimetría de 1996).....1137.87 Mm³
- ✓ Fecha de cierre del desvío.....20/07/1986



- ✓ Longitud (hasta Malpaso).....73 Km
- ✓ Nivel máximo histórico registrado (16/10/1999).....90.65 msnm
- ✓ Nivel mínimo histórico registrado (29/10/1999).....84.15 msnm

1.5.3 CORTINA

- ✓ TipoMateriales graduados y enrocamiento
- ✓ Elevación de la corona.....98.00 msnm
- ✓ Longitud de la corona.....750.00 m
- ✓ Volumen total3.24 Mm³
- ✓ Altura máxima desde el desplante.....53.00 m

1.5.4 VERTEDORES

- ✓ Tipo.....Canal a cielo abierto con cresta controlada
- ✓ No. de canales vertederos (de servicios y auxiliar).....2
- ✓ Tipo de compuertas.....Radiales
- ✓ Número de compuertas.....8 (4 por canal)
- ✓ Dimensiones (ancho y alto).....14.50x15.00 m
- ✓ Elevación de la cresta.....76.50 msnm
- ✓ Gasto máximo de descarga total (2canales).....18.700 m³/s
- ✓ Labio superior de la compuerta (cerrada).....91.13 msnm
- ✓ Longitud total de la cresta.....116.00 m
- ✓ Gasto mínimo de despegue por canal.....650 m³/s
- ✓ Pendiente del canal de servicio.....0.025
- ✓ Pendiente del canal de emergencia.....0.026



- ✓ Ancho de la plantilla de los dos canales.....69.90 m

1.5.5 OBRA DE GENERACIÓN

- ✓ Obra de toma (numero de tomas).....4
- ✓ Gasto máximo por toma.....360.00 m³/s
- ✓ Compuertas rodantes.....8
- ✓ Dimensiones.....10.10x12.60 m
- ✓ Umbral de la obra de toma.....63.00 msnm

1.5.6 CONDUCCIÓN

- ✓ Número de conductos.....8
- ✓ Dimensiones de los conductos.....9.25 x 12.60 m
- ✓ Longitud total de los túneles.....40.00 m
- ✓ Inclinación.....45°

1.5.7 CASA DE MAQUINAS

- ✓ Tipo.....Exterior
- ✓ Dimensiones....Ancho=23.70 m. Largo=165.00 m. Altura=60.00 m



ANEXO 2. DEFINICIONES

2.1 CANAL AUTOMÁTICO

Lazo de control asociado con la regulación de tensión en terminales del generador.

2.2 CANAL MANUAL

Lazo de control asociado con la regulación de la corriente de campo.

2.3 CIRCUITO DE DESCARGA

Arreglo o circuito conformado por dispositivos que permiten insertar una resistencia de descarga en las terminales del devanado de campo del generador, durante la secuencia de desexcitación de forma coordinada con la apertura del interruptor de campo.

2.4 CIRCUITO DE EXCITACIÓN INICIAL

Circuito conformado por los dispositivos que permiten la iniciación de la excitación del generador a través de fuentes externas de alimentación.

2.5 CONVERTIDOR DE TIRISTORES

Banco de rectificación trifásico de onda completa constituido por dos o más rectificadores conectados en paralelo, cada rectificador debe estar confirmado por seis ramas de rectificadores controlados de silicio (Tiristores o SCR's) para permitir la operación como rectificador inversor.



2.6 CORRIENTE DE CAMPO NOMINAL (I_{fn})

Corriente en el devanado de campo requerida por el generador para operar a velocidad, tensión, corriente y factor de potencia nominal.

La corriente nominal de campo antes mencionada es de 1165 A.

2.7 CORRIENTE DE CAMPO NOMINAL SOBRE LA LÍNEA DE ENTREHIERRO (I_{fg})

Corriente de campo que teóricamente debe ser requerida para producir la tensión nominal en terminales de generador bajo la relación determinada por la línea característica de entrehierro.

2.8 ETAPA DE POTENCIA

Es el equipo que suministra la corriente de campo para la excitación de la máquina síncrona (generador). La cual se compone por: el transformador de excitación, banco de rectificación, barras y/o buses de potencia de C.D. y C.A. y elementos de seccionamiento.

2.9 GENERADOR CON CARGA

Condición operativa del generador cuando está conectado a un sistema eléctrico de potencia y está entregando potencia activa y/o reactiva de potencia.

2.10 GENERADOR EN VACIO

Condición operativa del generador cuando está operando con tensión nominal en terminales de generador y se encuentra desconectado del sistema eléctrico de potencia, rodando a velocidad nominal.



2.11 INTERRUPTOR DE CAMPO

Es el equipo que tiene la función de conexión y desconexión entre la salida en corriente directa de la etapa de potencia del sistema de excitación y el devanado de campo del generador, así como la inserción y extracción del circuito de descarga del devanado de campo del generador.

2.12 PANEL DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN

Es el dispositivo que contiene la señalización e indicación del estado operativo del sistema de excitación.

2.13 PROTECCIONES

Son los dispositivos que detectan en el sistema excitación la presencia de condiciones anormales, operación incorrecta y/o fallas e inician secuencias de conmutación de canal de regulación, desconexión y/o alarma.

2.14 VALOR POR UNIDAD (pu)

Valor por unidad correspondiente a valores nominales, para tensión de campo valor correspondiente a V_{fg} y para corriente de campo valor correspondiente a I_{fg} .

2.15 REGISTROS DE EVENTOS

Función de almacenamiento con etiquetado de fecha y hora de los cambios de estado de condiciones lógicas internas y externas del sistema de excitación asociada con accionamiento de protecciones, limitadores y secuencias de excitación y paro.



2.16 REGISTROS DE TRANSITORIOS

Función de almacenamiento con etiquetado de fecha y hora de formas de onda de señales analógicas internas y externas del sistema de excitación asociado con tensiones y corrientes de campo así como tensiones y corriente del generador, señales de control y condiciones de estado lógico del sistema de excitación.

2.17 REGULADOR DE CORRIENTE DE CAMPO

Es un sistema de control automático cuya función es la de mantener la corriente en el devanado de campo del generador a un valor definido por un elemento de referencia.

2.18 REGULADOR DE TENSIÓN EN TERMINALES DEL GENERADOR

Es un sistema de control automático cuya función es la de mantener la tensión en las terminales del generador a un valor definido por un elemento de referencia.

2.19 SISTEMA DE EXCITACIÓN

Sistema que incluye componentes de control y potencia cuya función es la de proporcionar la corriente de campo requerida por el generador para mantener la tensión en sus terminales bajo cualquier condición de operación dentro de la característica de capacidad del generador, el subsistema de control debe operar bajo el modo de operación de regulación de tensión y regulación de corriente de campo además debe contener funciones de protección, control lógico, comunicación, monitoreo y registro.



2.20 SUPRESOR DE SOBRETENSIONES (Crow Bar)

Arreglo o circuito conformado por un elemento estático de inserción controlada (Tiristor), que permite el drenado de la energía asociada con transitorios de sobretensión en el devanado de campo, a través de una resistencia no lineal tipo varistor.

2.21 TENSION DE CAMPO NOMINAL (V_{fn})

Tensión en terminales del devanado de campo requerida para producir la corriente de campo nominal con la temperatura en el devanado de campo estabilizada a carga nominal del generador a la temperatura máxima permisible del medio refrigerante del generador.

2.22 TENSION DE CAMPO SOBRE LA LINEA DE ENTREHIERRO

Tensión de corriente requerida para producir en el campo una corriente igual a I_{fg} considerando una resistencia en el devanado de campo igual a V_{fn}/I_{fn} , el valor de V_{fg} determina el valor base de corriente de campo ($1pu$ $V_f=V_{fg}$).

2.23 TENSION DE TECHO (V_t)

Son los valores absolutos máximos en pu de la tensión de campo en c.d. positiva o negativa que el sistema de excitación puede suministrar en sus terminales bajo condiciones de generador en vacío.

2.24 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF)

Es la razón del tiempo total del periodo entre el número de fallas en el mismo, para un tiempo dado.



2.25 TIEMPO MEDIO PARA REPARACIÓN (MTBR)

Es la razón del tiempo total gastado en mantenimiento correctivo, entre el tiempo en el cual no se realiza otro mantenimiento correctivo.

2.26 TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES (MTBR)

Es el tiempo promedio requerido para realizar el mantenimiento correctivo.

2.27 TIRISTOR

Rectificador controlado de silicio mejor conocido por sus siglas en ingles como SCR.

2.28 TOMACORRIENTE

Terminal de conexión de corriente alterna para alimentación de equipo auxiliar de prueba y mantenimiento.

2.29 TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN

Transformador cuya función es la de proporcionar energía a la etapa de potencia y sistemas auxiliares del sistema de excitación.



ANEXO 3. PLANOS NUEVOS FRENADO ELÉCTRICO

