



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

---

## Implementación de un Sistema de Ventilación forzada en los Transformadores de Excitación de las Unidades Generadoras de la CHY.

### Autor/es:

Nombre y Apellido: Martín Furst, Carlos Acosta Olmedo, Luis Aguirre García, Richart Pintar y Nicolás Martín.

**Sector Mantenimiento**

**Entidad Binacional Yacyretá CHY**

Dirección de empresa o para contacto

Departamento Técnico.

Teléfono: (021) 325-3672

Fax: (021) 325-3668

E-mail: mfurst@eby.org.ar; carlos.acosta@eby.gov.py; luis.aguirre@eby.gov.py; rpintar@eby.org.ar y nmartin@eby.org.ar

### RESUMEN

El objeto de este informe es presentar el proceso de trabajo de la modificación de la ventilación natural a ventilación forzada de los transformadores dedicados a la excitación de la CHY, a fin de bajar la temperatura de trabajo de los mismos para alargarles su vida útil.

Los transformadores son trifásicos de tipo Seco, Encapsulados en resina epoxi, Potencia 3,7 MVA, 13,2/0,9 kV, 50 Hz.

Se detallarán los trabajos realizados y los relevamientos térmicos que se obtuvieron. Se presentarán gráficos, tablas y observaciones varias discriminadas por máquina, dado que la provisión de maquinas eléctricas fue realizado por dos proveedores distintos, como así también el plan que abarca la modificación en todas las maquinas de la CHY.

### PALABRAS CLAVES

Transformador tipo seco; Ventilación Natural, Ventilación Forzada, Clase de Aislación, Temperatura, CHY (Central hidroeléctrica Yacyretá).

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe está confeccionado para dar un detalle de los trabajos realizados para la instalación del Sistema de Ventilación forzada en los Transformadores secos del Sistema de Excitación de las Unidades Generadoras de la CHY.

La tarea es llevada a cabo en las Unidades que salen para Mantenimiento Parada Programada, están instalados y funcionando en las U03, U06, U14, U15 y U18. La previsión de instalación abarca a todas las Unidades Generadoras.

## 2. PRINCIPALES DATOS TÉCNICOS DE LOS TRANSFORMADORES SECOS DE LA CHY.

En total en CHY están instalados 20 Transformadores de tipo seco de bobinas moldeadas, encapsuladas en resina epóxica correspondientes al Sistema de Excitación de cada Unidad Generadora, están alojados en **armarios especialmente diseñados** y ubicados en el Módulo 3 Galería de Equipos Electromecánicos de la cota 58.

Las 10 primeras unidades son de ABB y las 10 segundas unidades son Siemens.

**Tabla I. Principales datos técnicos.**

	<b>SIEMENS</b>	<b>ABB</b>
<b>Potencia (kVA)</b>	3785	3700
<b>Frecuencia (Hz)</b>	50	50
<b>Fases</b>	3	3
<b>A.T. (kV)</b>	13,2	13,2
<b>B.T. (kV)</b>	0,946	0,9
<b>Masa (kg)</b>	12500	10432
<b>Límite Aumento Temp.</b>	AT= 80° C /BT= 100° C	80° C
<b>Temp. Ambiente</b>	40° C	40° C
<b>Clase Aislación</b>	B/F	A/A (H)
<b>Refrigeración</b>	AN	AN

## 3. VENTAJAS DEL USO DE TRANSFORMADORES SECOS.

Entre las múltiples ventajas del uso de este tipo de Transformadores podemos citar las siguientes:

- Son seguros, confiables y eficientes.
- Amigables con el medio ambiente.
- No se queman y ante un incendio externo, se auto extinguen si generar humos tóxicos.
- No hay riesgo de explosión.
- Se pueden instalar incluso en los techos o entresijos de los edificios.
- No requieren grandes mantenimientos.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

- Son resistentes a la corrosión y la humedad.
- Tienen menores dimensiones y pesos.
- No requieren fosos de contención de fluidos y construcciones civiles especiales (muros y puertas corta fuego, etc.).
- Reducción de costos de seguros.
- Reducción de costos con cables de baja tensión y pérdidas en la instalación.
- Posibilidad de ensamblar o reemplazar bobinados en el sitio.
- Agregando ventilación forzada se puede aumentar la potencia hasta un 40%.

#### 4. PRINCIPIO DE REFRIGERACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES SECOS DE LA CHY.

Las celdas de ventilación en las cuales están instalados estos Transformadores funcionan con ventilación natural, basándose en el principio de chimenea, el aire fresco entra por la parte inferior (S) pasando por unas rejillas especiales que sirven como filtro de materias suspendidas en el aire que forman parte del armario especialmente diseñado y la salida es en la parte superior (S1)

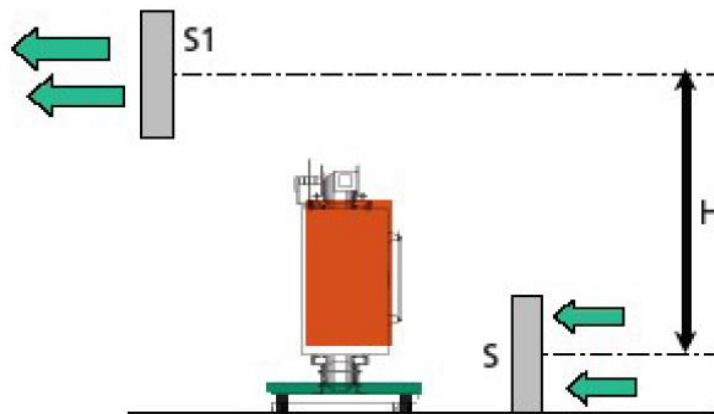


Figura 1. Esquema de ventilación natural

Al realizar la instalación de los equipos del **Sistema de Ventilación Forzada TECSYSTEM S.r.l®**, en el recinto de los Transformadores secos, este accesorio no modifica el principio de refrigeración, sigue tomando el aire de la parte inferior pero forzando a pasar por los conductos de ventilación de la bobina.

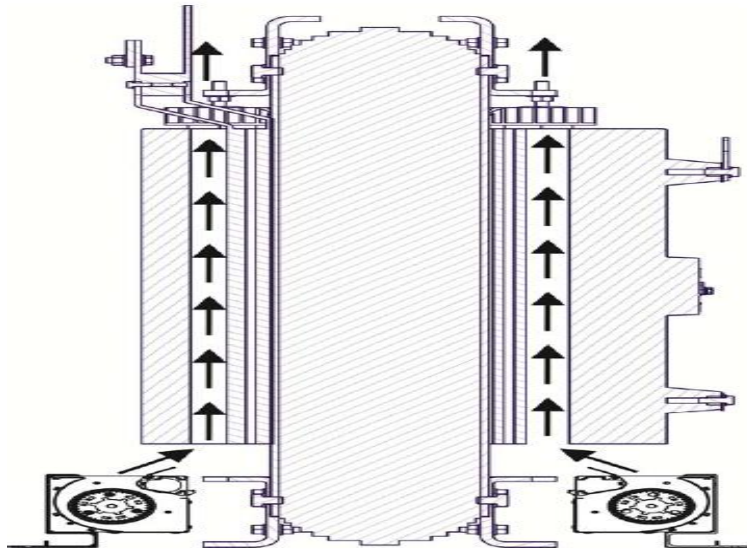


Figura 2. Esquema de ventilación con el Sistema de Ventilación forzada

## 5. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA.

Los elementos con que consta el Sistema son los siguientes:

- Sistema de ventilación forzada Tecsystem (TG-500-barra 3600,) incluye dos barras de 3600 m<sup>3</sup>/seg y 6 ventiladores axiales, 3 por cada barra.
- Central Termométrica programable NT-935 con 4 termosondas tipo PT100

Esta central permite visualizar y controlar la temperatura captada por las sondas PT 100 montadas en los bobinados del transformador. Poseen dos circuitos independientes de alarma, uno cuando alcanza la temperatura de alarma 1, y el otro cuando alcanza la temperatura de disparo. Un tercer circuito controla el fallo de las sondas o el corte de alimentación.



Figura 3. Central de medición de temperatura (NT935).

Gestión de los ventiladores: su función es comandar el arranque y parada de los mismos. Cuando por lo menos una de las sondas de bobina, superan cierta temperatura programada FAN ON, emitirá la señal a

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

la VRT 200 para el arranque de los ventiladores. Cuando esta sonda que indicó el arranque disminuya su valor medido de temperatura por debajo del valor de FAN OFF, emitirá la señal a la VRT 200 para que apague los ventiladores.



**Figura 4. Control Funcionamiento Ventiladores (VRT 200).**

El Control del accionamiento de los ventiladores se dará según la señal de la central de medición de temperatura NT935. Puede funcionar en modo AUTOMATICO o LOCAL.

La programación es posible efectuarla según los valores porcentuales de:

- In%: Máxima variación de corriente admitida en valor porcentual respecto al valor nominal In. (5-10-20-30%).
- D.start: Tiempo de puesta en marcha de los ventiladores, durante el cual no se generan alarmas. (5-10-20-30 segundos).
- D.trip: tiempo de permanencia de la condición de alarma necesario para señalar. (5-10-20-30 segundos).

Las configuraciones a ser utilizadas en la CHY, después de una serie de ensayos y pruebas quedan fijadas de la siguiente manera:

- NT935:  
FAN ON: 90°C.  
FAN OFF: 80°C.
- VRT 200:  
In: 30%.  
D.start: 30 seg.  
D.trip: 30 seg.

## 6. MONTAJE DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA.

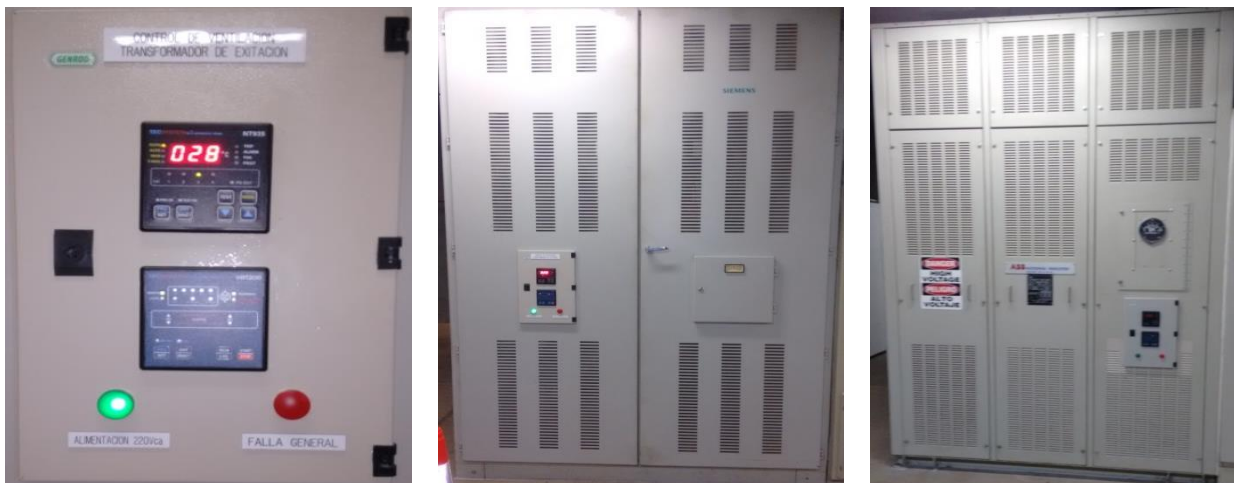
Las barras del Kit de Ventilación se montaron a ambos lados de los bobinados, fijándolas a los rieles soportes del propio Transformador.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016



**Figura 5. Montaje de las barras del Kit de Ventilación.**

Con relación a los tableros de instrumentos en un gabinete se montaron el NT935 y el VRT 200. Este gabinete se fija a una de las puertas de la celda de transformación, que dependiendo de la Unidad Generadora puede tener dos disposiciones.



**Figura 6. Montaje de los Tableros de instrumentos.**

Las sondas PT100 fueron ubicadas una por cada fase de baja tensión, alojada en el primer tabique de ventilación más cercano al núcleo y una cuarta que registra la temperatura del núcleo. Para mejorar la correcta actuación de los mismas se forma una junta siliconada resistente a altas temperaturas adherida a



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

la superficie con FASTIX® ALTA TEMPERATURA, para luego ubicarlas acuñándola en la posición deseada.

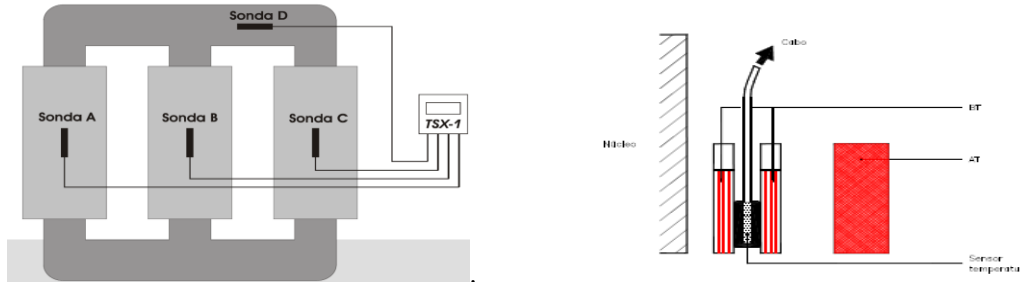


Figura 7. Ubicación de las sondas PT100.

**7. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.**

Se realizó el relevamiento de temperaturas para comprobar el ciclo de funcionamiento de los ventiladores en las unidades instaladas.

**U15**

Potencia Activa	151,5 MW
Potencia Reactiva	0,4 MVAR
$I_{excitación}$	1819 A
Temperatura Ambiente aguas abajo Celda Trans.	20 °C
Humedad Relativa aguas abajo Celda Trans.	66 %HR
Temperatura Ambiente aguas arriba Celda Trans.	18 °C
Humedad Relativa aguas arriba Celda Trans.	72 %HR

Con el objeto de verificar el ciclo de funcionamiento de las barras de ventilación, se realizó la toma de temperaturas en un ciclo Fan Off – Fan ON – Fan Off. Con esto podemos realizar la grafica de calentamiento del transformador, además determinar el tiempo que actúan las barras de ventilación. Estos datos se resumen en la gráfica que sigue:

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

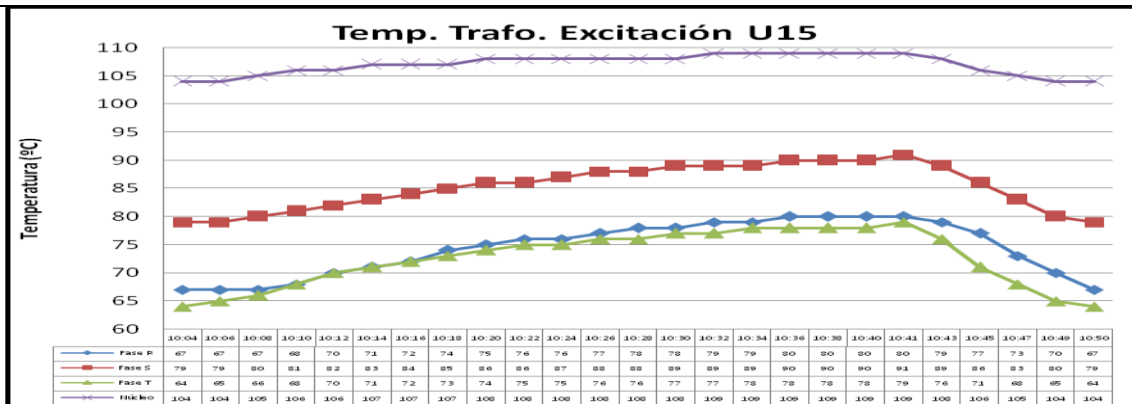


Figura 8. U15 Transformador Excitación, ciclo off-on-off barra de ventiladores.

Como se observa en el gráfico anterior, las barras de ventilación actúan cada 37 minutos, por un periodo de 9 minutos. Durante este tiempo, la Fase S pasa de los 91°C a los 79°C, provocando un flujo de aire suficiente para enfriar a la máquina. La Temperatura del núcleo varía en 5°C, su mínima es de 104°C lo cual provoca que al apagarse los ventiladores calienten los bobinados con un Gradiente promedio de 0,36°C/min.

El Controlador de funcionamiento de los ventiladores VRT200 se pasó a mando local, de manera que se registren las temperaturas en la Central de medición de temperatura NT935, impidiendo que arranquen las barras de ventilación. Con esto se halló la máxima temperatura que llega el transformador de excitación con la sollicitación eléctrica y ambiental descrita con anterioridad. El ensayo realizado se resumen en la Tabla N°2:

Transformador de Excitación U15				
17/07/2015				
Hora	Temperatura (°C)			
	Fase R	Fase S	Fase T	Núcleo
10:50	67	79	64	104
14:40	96	100	95	120

Tabla II. Máxima temperatura alcanzada Transformador Excitación U15.

U14

Potencia Activa	154 MW
Potencia Reactiva	2 MVAR
I <sub>excitación</sub>	1778 A



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

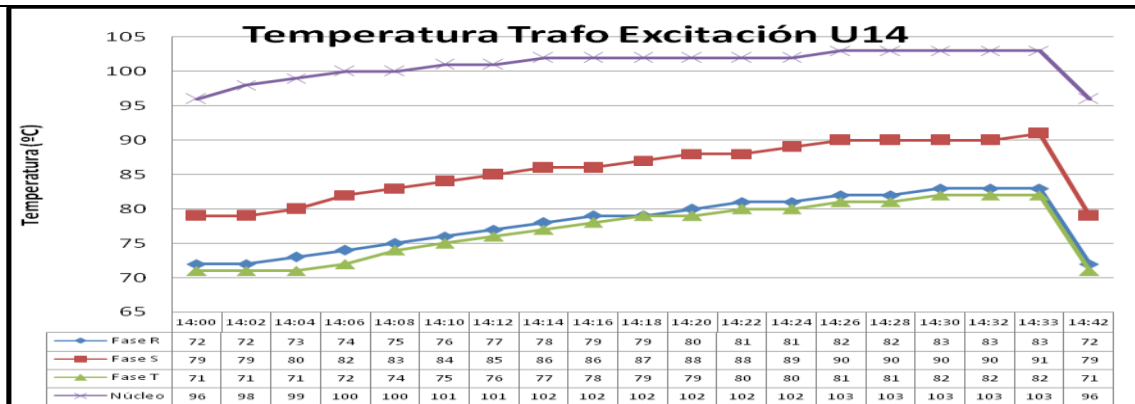


Figura 9. U14 Transformador Excitación, ciclo off-on-off barra de ventiladores.

En esta gráfica nos permite para verificar el correcto montaje de la protección de la sonda PT100, como es de esperar la fase S es la de mayor temperatura dado a los aportes de los bobinados contiguos, el núcleo presenta mayor temperatura como era de esperarse en estos tipos de máquinas eléctricas, la configuración establecida es la correcta de acuerdo a los objetivos de esta mejora, los ventiladores permanecen encendidos aproximadamente 9 minutos, realizando un ciclo de off-on-off pasada media hora del ciclo anterior.

## 8. CONCLUSIONES

El proceso de instalación en todas las unidades depende de las máquinas que salgan para Mantenimiento Parada Programada, estimándose un plazo no mayor de 4 años para el montaje en todas las Unidades Generadoras.

Después de una serie de pruebas, se pudo fijar de la ubicación y ángulo de actuación de los ventiladores, la protección de las sondas para una mejor medición y la parametrización ideal de la Central de medición de temperatura (NT935) y del Control Funcionamiento Ventiladores (VRT 200).

Se concluye que en las Unidades Generadoras con el sistema ya montado, la medición y control de la temperatura son los adecuados, lográndose una temperatura en la máquina que nos posibilitara extender la vida útil de la misma, ya que las condiciones de Operación de las mismas no se incrementará a lo largo del tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Manual de Operación y Mantenimiento Sistema de Excitación ABB y Siemens.
- [2] Manual de Instrucciones NT935.
- [3] Manual de Instrucciones VRT200.
- [4] Transformador Tipo Encapsulado. ABB Power Technologies Management Ltd. Transformer. 2006.