



---

## DEMOSTRACIÓN DE LAS PARTES INTERNAS DE: TC'S, DCP'S Y PARARRAYOS

Ruth Concepción Alvarez Páez<sup>1</sup>, Vicente D. Mendoza Rivarola<sup>2</sup>

Eladio Báez Garcete<sup>3</sup>, Pedro C. Cañete Benítez<sup>4</sup>

ITAIPU Binacional

Paraguay

### RESUMEN

La electricidad ha demostrado un gran potencial para la transformación y el aprovechamiento de la energía con el correr del tiempo. Los transformadores y las líneas de alta tensión son, por distintos motivos elementos esenciales dentro de los equipos e instalaciones, para la utilización eficaz de la energía eléctrica. Desde tiempo remoto con la aparición de instalaciones eléctricas ya sea sencilla o compleja siempre se ha requerido de equipos de protecciones y mediciones, para tal efecto se utilizan los Transformadores de medida destinados a alimentar instrumentos eléctricos tales como contactores, relés y otros aparatos similares, su función principal es reducir los valores de voltaje y corriente elevado a cantidades admisibles para los instrumentos ya sea por razones de seguridad o comodidad a valores no peligrosos y normalizados; aísla a los instrumentos de medición y protección del circuito primario o de alta tensión, permitiendo así medir altos voltajes y altas corrientes con instrumentos de bajo alcance.

En una central hidroeléctrica de gran porte, como es el caso de la Central Hidroeléctrica Itaipu, generalmente el manipuleo de energía eléctrica en Alta Tensión(AT) es normal y rutinario, esto da lugar a la creación de subestaciones elevadora y reductora de tensión para la transmisión y distribución de la misma, para lo cual se requiere de distintos tipos de equipos, a citar algunos de ellos, los Pararrayos, Transformador de corriente(TC), Divisor Capacitivo de Potencial(DCP), que son temas de este trabajo específicamente

En este contexto se tocara específicamente sobre estos tres equipos, vale mencionar que con el correr del tiempo ya sea por fallas internas o desperfectos por motivos adversas, fueron retirados del sistema y en vez de ser enviado en depósito de equipos averiados, se procedió al reaprovechamiento de los mismos y con esto darle un objetivo didáctico. Para el efecto se ha realizado el desmontaje interno de los equipos para la visualización de los componentes de manera detallada para el entrenamiento de los personales afectados al sector afines al trabajo técnico, lo cual colaborará a fortalecer los conocimientos sobre la materia.

### PALABRAS CLAVES

Entrenamiento, Pararrayos, Transformador de Corriente TC, Divisor Capacitivo de Potencial DCP.

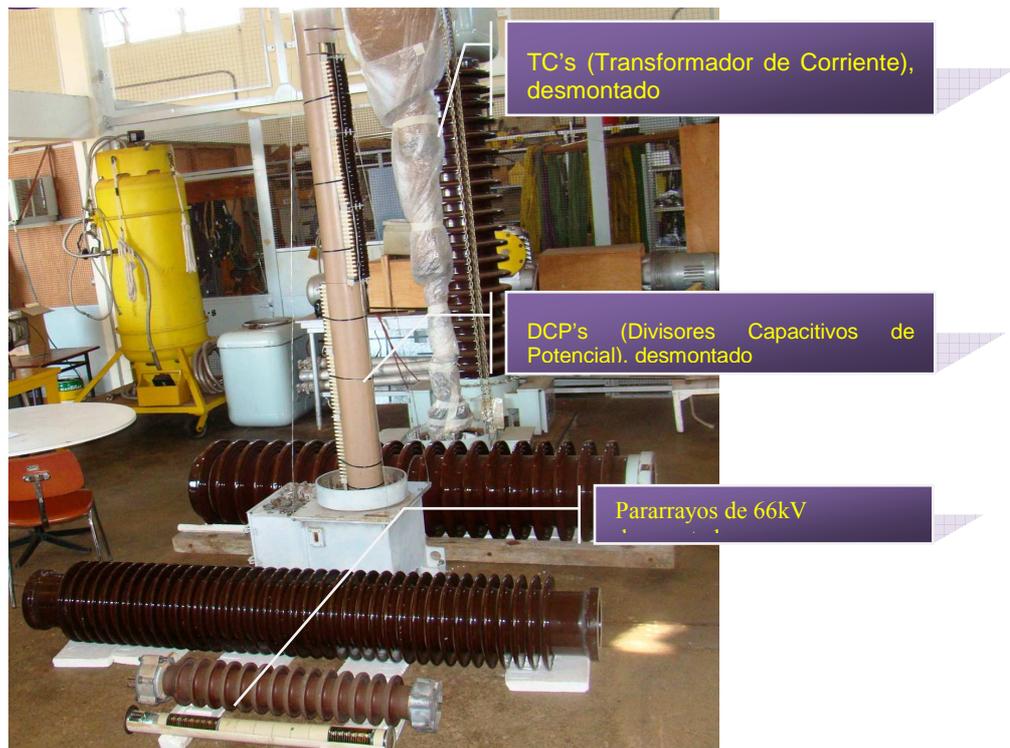
## 1. INTRODUCCIÓN

Por primera vez, en la subestación transformadora de Itaipu, se ha procedido al desmontaje de los equipos de esta envergadura para ser observado por completo los componentes internos, permitiendo conocimientos adicionales al personal, también mayor seguridad en el manipuleo de los equipos tanto en el momento de los ensayos y mantenimientos. Los trabajos fueron realizados por los propios técnicos y en el mismo local de la subestación margen derecha ITAIPU Binacional.

Los equipos a ser presentados son:

- a. TC's (Transformadores de Corriente)
- b. DCP's (Divisores Capacitivos de Potencial)
- c. Pararrayos de 66kV.

A continuación, en la **fig. 1** se observan los equipos nombrados arriba:



**Figura 1: Equipos eléctricos desmontado en la subestación MD**

Por primera vez en MET2 se ha procedido al desmontaje de los equipos de esta envergadura para ser observado por completo los componentes internos, permitiendo conocimientos adicionales al personal, también mayor seguridad en el manipuleo de los equipos tanto en el momento de los ensayos y mantenimientos, especialmente con los equipos similares que se encuentran en servicio actualmente. Como resultado podemos obtener:

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

- a. Mayor facilidad a la hora del entrenamiento del personal técnico, pasantes y otros.
- b. Mejor Visualización y comprensión de los componentes internos para una posterior comparación con equipos similares actuales con nuevas tecnologías.
- c. Obtención de historiales de los equipos utilizados por la ITAIPU dentro de la Usina.

#### 1.1 Ventajas

- a. *No tiene sobrecosto*: los equipamientos que se encuentran en desuso fueron retirados de almacenes para su reaprovechamiento, la cual no implica ningún gasto adicional a la ITAIPU.
- b. *Mínimo costo*: el costo de mano de obra para el desmontaje de los equipos es ínfimo por que fue realizado por los funcionarios del cuerpo técnico de la entidad.
- c. *Reciclaje*: aplicación del proceso de reciclar utilizando los equipos en desuso.
- d. *Espacio*: genera mayor espacio en almacenes.
- e. *Didáctica*: mejora y facilita comprensión del funcionamiento de los equipos.

## 2. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE ALTA TENSIÓN

### 2.1 Divisor Capacitivo de Potencial DCP

También llamado transformador de potencial capacitivo o transformador capacitivo de tensión, está compuesta de capacitor de acoplado y actúa como divisor de tensión, es una unidad Electromagnética, que transforma la alta tensión en baja tensión mensurable. Dependiendo de la tensión del sistema el capacitor de acoplado, puede ser una unidad de superposición simple o múltiple. El capacitor de acoplado y la unidad Electromagnética se cierra hermética e individualmente (**fig.2**).



**Figura 2: Dispositivo Capacitivo de Potencial**

Teniendo a una vista interna del DCP podemos constatar que los elementos capacitivos son superpuestos bajo presión y fijados en soportes aislados para garantizar una capacitancia estable a lo largo del tiempo, igual bajo grandes variaciones de temperaturas (**fig.3**).

Las conexiones eléctricas entre los elementos capacitivos se proyectan para una frecuencia natural muy encima de 600 Hz, para evitar la interferencia con las comunicaciones del portador. Cada elemento capacitivo está construido con hojas de aluminio puro y papel de seda cilindrados juntos para obtener mejor compactación y uniformidad en los valores de la capacitancia (**fig.4**).



Figura 3: Juego de Capacitores



Figura 4: Juego de Capacitores

El conjunto de elementos capacitivos está armado dentro de un aislador de porcelana con flanges de conexión de aluminio resistente a la corrosión. Los aisladores están cimentados en los flanges para proporcionar la resistencia mecánica ideal. Las alteraciones de volumen de aceite, debido a las alteraciones de temperaturas las compensan por un fuelle de acero inoxidable instalado en la extremidad superior del CA (fig.5).

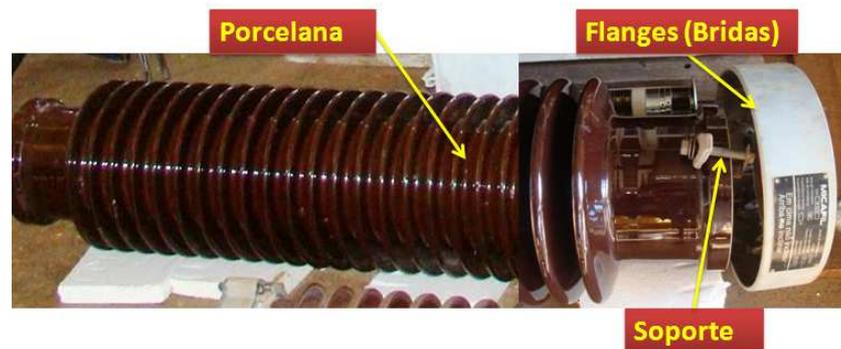


Figura 5

- La unidad está completamente llena con aceite de aislamiento no gasificado bajo vacío.
- La Itaipu tiene instalados Divisores Capacitivos de Potencial en circuitos 220 kV y 500 kV.
- Los transformadores de potencial capacitivo están libres de mantenimiento y no requieren piezas de repuesto por toda su vida útil. Se recomienda verificaciones regulares y periódicas como forma preventiva.
- Para muy elevadas tensiones, el tamaño de un Transformador de Potencial Inductivo (TP) tiende a crecer enormemente, como también su costo. Una alternativa más económica son los “transformadores de potencial” de tipo capacitivo.

*Referencia:*

**MARCA:** MICAFIL

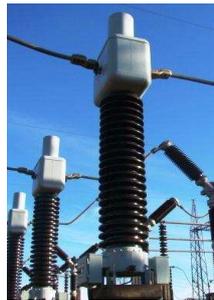
**TENSION NOMINAL MAXIMA:**  $245/\sqrt{3}$  kV

**AÑO DE FABRICACIÓN:** 1982

**Figura 6: Divisor de Potencial Capacitivo**

## 2.2 Transformador de Corriente TC

Un Transformador de corriente o simplemente TC es un dispositivo que reproduce en su circuito secundario, la corriente que circula en un enrollamiento primario con su posición vertical substancialmente mantenida, en una proporción definida, conocida y adecuada. Los transformadores de corriente, también llamado transformadores de instrumentos, utilizados en aplicaciones de alta tensión (donde en esas situaciones circulan, frecuentemente altas corrientes), suministra corrientes suficientemente reducidas y aisladas del circuito primario de forma a posibilitar su uso por equipamientos de medición, control y protección.

**Figura 7: TC en servicio tipo Barra**

### 2.2.1 Tipos de Transformador de Corriente

- Tipo de devanado primario.
- Tipo barra.
- Tipo boquilla (ventana o bushing)

El Transformador de Corriente desmontado es del Tipo Barra, donde los devanados primarios y secundarios están completamente aislados y ensamblados permanentemente a un núcleo laminado. El devanado primario, consiste en un conductor tipo barra que pasa por la ventana de

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
19, 20 y 21 de Setiembre de 2012

un núcleo que en este caso sería el bobinado secundario (fig.8, 9, 10).



**Figura 8: Transformador desmontado y sin desmontar**



**Figura 9: Bobina Secundario**



**Figura 10: Barra Primario**

En la (fig.8 y 9) se observa que se utiliza como aislamiento papel dieléctrico impregnados con aceite y colocados en un envoltorio de Porcelana.

En los transformadores de corriente del tipo tanque vivo, la barra primaria y el bobinado secundario se encuentran acomodado en el cárter superior del TC, fabricado con aleaciones especiales resistente a la corrosión y adaptable a la forma activa(fig.11, 12).



**Figura 11: Tanque destapado con herramienta de corte**



**Figura 12: Aislante separador y sujetador entre carcasa y bob. Sec.**

Las porcelanas son sujetadas mediante bridas con soportes especiales, obteniendo de esa manera buena resistencia mecánica y estanqueidad ya que en el interior del transformador de corriente es utilizada aceite aislante para la seguridad y eficiencia del mismo (fig.13, 14, 15).



RIO DEL



YO - CIG



**Figura 13: Bridas y caja de bornera Secundaria antes desmontar.****Figura 14: Después de desmontar****Figura 15: Parte de drenaje de aceite**

En algunos casos la corriente de Foucault puede producir resultados indeseables, como la disipación por el efecto Joule, lo que hace que con la temperatura del material aumente la pérdida. Para evitar dicha disipación, los materiales sujetos a campos magnéticos variables son frecuentemente laminados o contruidos con placas muy pequeñas aisladas unas de otras (fig.16, 17, 18).

**Figura 16: Primera capa del envolvente de drenaje de aceite****Figura 17: Aislante perforado hasta el núcleo****Figura 18: Separador de lámina de madera**

En la (fig.19, 20). Tenemos el diafragma y la tapa con visor, protector de dicha diafragma que tiene como función de indicar el nivel de aceite aislante del TC

**Figura 19: Diafragma (membrana)****Figura 20: Tapa protector con visor****Figura 20: Caja de Terminales del secundario**

### 2.3 Pararrayo

Pararrayos se utilizan para proteger las instalaciones y equipos de los sistemas de potencia (especialmente los TP), contra sobretensión del tipo atmosférico y de maniobras. En general, se los conecta paralelamente con el equipo a ser protegido, típicamente entre fase y tierra para instalaciones trifásicas. (fig.21).



### Figura 21: Pararrayo de 66kV en servicio

Los pararrayos sin descargador consisten en un resistor de característica no lineal y constituida de carbureto de silicio mezclado con material cerámico. La mezcla es comprimida en bloques cilíndricos y sometidos, en hornos de atmosfera controlada, a una temperatura de cerca de  $1.100^{\circ}\text{C}$  (fig.22), las paredes laterales de esos bloques son revestidas de una sustancia aislante y las fases planas son tratadas con sustancia conductora para que sea asegurado un buen contacto eléctrico entre ellas. Estas partes componentes del los pararrayos son llamados de bloques valvular, constituyen los resistores no lineales y son instalada en el interior de un cilindro hueco de porcelana (fig.23) Estas partes de los pararrayos son, en general, llamadas de bloques valvulares. El número de bloques de válvulas de los pararrayos depende de los valores necesarios de resistencia para cada clase de tensión y de corriente del pararrayo.



Figura 22: Pararrayo

Estos materiales presentan micro estructuras que proporcionan características no lineales a los resistores de cerámica. Están proyectados de forma que la tensión de servicio se localice alrededor de un punto específico, resultando en una corriente resistiva continua de pocos microamperios a través de los elementos del resistor, y tiene un provecho frente a sobretensiones producidas por rayos o por maniobras, las resistencias se vuelven conductoras, de modo que la corriente de choque puede pasar a tierra y la sobretensión se reduce al valor de la caída de tensión del descargador (Tensión residual). las corrientes de choque alcanzan una intensidad de hasta 1 kA con sobretensiones de maniobra y 1 a 20 kA con sobretensiones debidas a rayos.

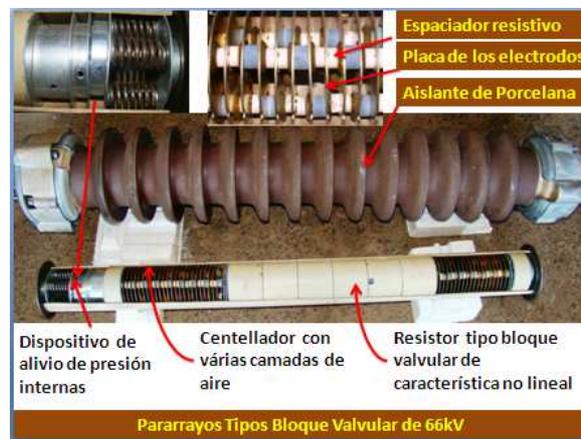


Figura 23

3. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL DESMONTAJE
  - a. Juego de llaves combinada de boca y estrella (diferentes medidas).
  - b. Juego de llave soquete con catraca reversible.
  - c. Masarico con poli corte, aparejo eléctrico, aparejo manual, andamio.
  - d. Tabla, cuerda, recipiente de drenaje.
  - e. Cinturón de seguridad, pinza universal, llave inglesa, mascara protector.

#### 4. CONCLUSIONES

Es importante resaltar que en toda tarea humana la capacitación representa una labor de trascendental importancia, y más aún en actividades técnicas complejas donde se maneja y se trabaja día a día con equipamientos eléctricos de maniobra, protección y medición en diferentes niveles de tensión como es el caso del sector SMMT 2, cuyo principal objetivo es la de planificar, programar, ejecutar y controlar las actividades de los mantenimientos periódicos y aperiódicos de todos estos equipamientos, la realización de ensayos de rutina e implementación de mejoras en ellas.

Con el propósito de colaborar con la misión de la empresa y destacar la importancia de un entrenamiento continuo de las personas afectadas al mantenimiento de los equipos, sea técnicos de sobrada experiencia, nuevos técnicos incorporado o pasantes, se ha realizado una iniciativa con las directrices de los responsables del área, crear un parque de capacitación y entrenamiento en el mismo local de la SEMD, con la reutilización de los equipos eléctricos retirados por avería del sistema.

Para el cumplimiento del fin propuesto y con una finalidad exclusivamente didáctica se ha procedido por los propios técnicos del sector al desmontaje de los equipos para una visualización detallada de los componentes internos y tenerlo expuesto en forma permanente para el fortalecimiento de los conocimientos del principio de funcionamiento de los equipamientos y una comparación de nuevos equipos con nuevas tecnologías.



## 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Berrosteguieta, Jaime. “Introducción a los Transformadores de Medida”. ARTECHE ELECTROTECNICA Mugía Vizcaya.
- [2] Intranet Itaipú Binacional. “<http://wlcluster:7000/portalmanutencaoWeb/main.jsp>”. 15/06/2009
- [3] Internet. [Wikipedia.org/wiki/potencia\\_electrica](http://Wikipedia.org/wiki/potencia_electrica). Leído, junio/Julio/2009