



**VII/CE-C4-05**

**Desempeño de los relés de distancia de las líneas de transmisión  
LI 220 kV MD-CYO y LI 220 kV MD-IRY-CYO como protección de retaguardia**

**JOSÉ GREGORIO ACHA NAVARRO**

**ITAIPU Binacional**

**Paraguay**

**RESUMEN**

El trabajo consiste en el Análisis de la Perturbación ocurrida a las 12h 53min del día 20/02/2006 en el sistema interconectado ITAIPU/ANDE, como consecuencia de la caída de un objeto extraño sobre los conductores de una de las líneas de transmisión de 220 kV entre las subestaciones de Coronel Oviedo y San Lorenzo. El objetivo del trabajo es analizar el desempeño de las protecciones de distancia de las líneas de transmisión LI 220 kV MD-CYO y LI 220 kV MD-IRY-CYO, desconectadas del sistema por actuación correcta de estas protecciones con función de retaguardia, en consecuencia de una falla originada en una línea interna del sistema ANDE, cuyas protecciones no actuaron como era esperado, debido a la característica de alta impedancia de la falla, considerando que las protecciones de distancia tienen deficiencia y limitaciones para detectar este tipo de fallas. El intercambio de la ITAIPU con la ANDE tuvo una reducción significativa, correspondiente a la carga del sistema Metropolitano, Central y Norte del sistema ANDE. Los sistemas Sur y Este del sistema ANDE permanecieron interconectados a ITAIPU. En el trabajo, se muestran las utilidades y facilidades que los registros del secuenciador de eventos SOE del SCADA y SCC de la SE-MD, así como los registros oscilográficos de valores del SCADA, tienen para el correcto análisis de las perturbaciones en el sistema, así como de las conclusiones y recomendaciones sobre la misma.

**PALABRAS-CLAVES**

Desempeño de las protecciones de distancia, Actuación correcta de protección, función de retaguardia, alta impedancia.

**1. INTRODUCCIÓN**

La Central de ITAIPU 50 Hz operaba con nueve (9) unidades generadoras controladas vía sistema SCADA, a través de los CAG50 y CAT50, sincronizadas a las barras A1/A2 y B1/B2, alimentando a los sistemas de FURNAS y ANDE. Los servicios auxiliares estaban siendo alimentados por el transformador TA.01.

A las 12 h 53 min ocurrió la desconexión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), con señalización y disparo de la protección de distancia primaria (REL521/21P), fases R, S y T, zona 4, en su función de protección de retaguardia.

Las protecciones de distancia primaria y alternativa de ambas líneas señalaron correctamente la falla, sin embargo no llegó a producirse el disparo del REL 511/21A (TRIP-GPTRIP), en función al procesamiento diferenciado que poseen ambas protecciones (21P/21A), asociados a los algoritmos utilizados por ambas protecciones, lo cual hizo que en esta ocasión ocurra solamente la actuación de la protección primaria REL 521/21P, que envió la señal de disparo para la desconexión de ambas líneas.

Esta perturbación tuvo su origen en una falla interna a la LT 220 kV COV-SLO del sistema ANDE (figura 1), cuyas protecciones de distancia no actuaron debidamente como esperado, en función a la característica de la falla que resultó ser de alta impedancia. Las protecciones de distancia tienen deficiencias para detectar fallas de estas características y además el sistema de protección de dicha línea no dispone de la función 67N (relé direccional de tierra), protección específica indicada para detectar este tipo de fallas.

En la tabla 1, se presentan los valores resumidos de la secuencia de eventos del sistema SCADA y del SCC de la SE-MD, pertenecientes a la LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4). Cabe mencionar que los valores pertenecientes a la LI 220 kV MD-CYO (L3), son similares.

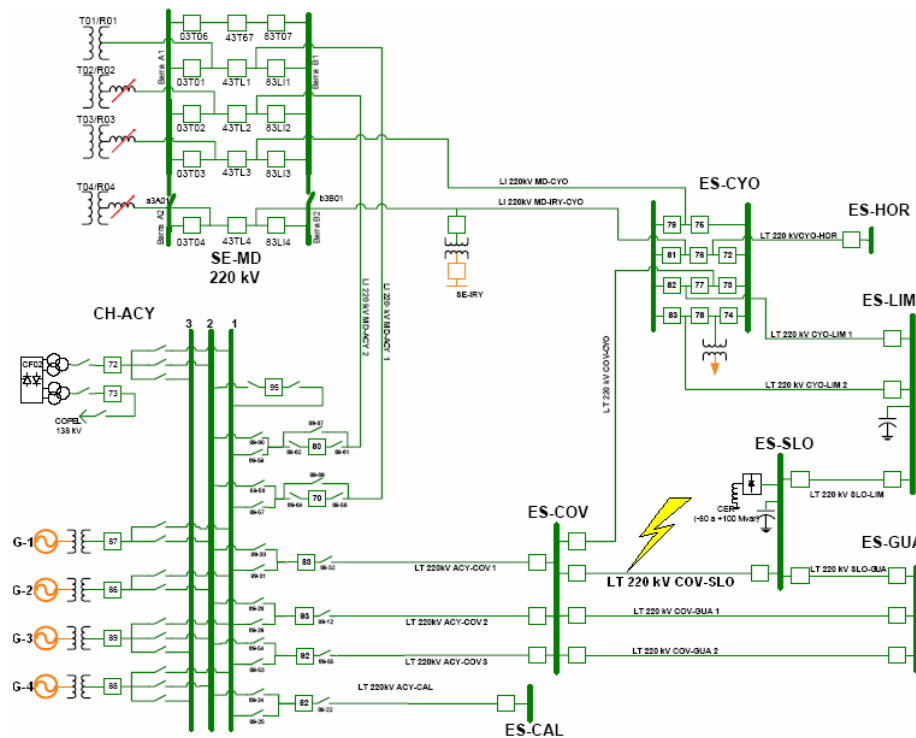
TIEMPO		EVENTO
Hora	mseg	
12:52:59,738	-279	Inicio de la falla ANDE - Partida del relé de frecuencia
12:53:00,017	0	21P – Partida General – LI 220 kV MD-IRY-CYO
12:53:00,819	802	Recierre bloqueado PP – LI 220 kV MD-IRY-CYO
<b>12:53:00,819</b>	<b>802</b>	<b>21P – Disparo – Z4 - LI 220 kV MD-IRY-CYO</b>
<b>12:53:00,819</b>	<b>802</b>	<b>REL 521 – Disparo Fase R - LI 220 kV MD-IRY-CYO</b>
<b>12:53:00,819</b>	<b>802</b>	<b>REL 521 – Disparo Fase S - LI 220 kV MD-IRY-CYO</b>
<b>12:53:00,819</b>	<b>802</b>	<b>REL 521 – Disparo Fase T - LI 220 kV MD-IRY-CYO</b>
12:53:00,831	814	Recierre bloqueado PA – LI 220 kV MD-IRY-CYO
12:53:00,850	833	Int.43TL4 – Fase R – Abierto – RO4/IRY-CYO
12:53:00,850	833	Int.43TL4 – Fase S – Abierto – RO4/IRY-CYO
12:53:00,851	834	Int.43TL4 – Fase T – Abierto – RO4/IRY-CYO
12:53:00,870	853	Int.83LI4 – Fase S – Abierto – MD IRY/CYO
12:53:00,877	860	Int.83LI4 – Fase T – Abierto – MD IRY/CYO
12:53:00,881	864	Int.83LI4 – Fase R – Abierto – MD IRY/CYO

**Tabla 1 – Resumen de la secuencia de eventos del SCC y SCADA**

Valores	Evolución de valores pre y pos falta (DFR-3S1)		
	-21 mseg	0 mseg	873 mseg
Barra B1 (kV)-MD	222 (100%)	232 (+4%)	242
IR (A) – L2	985 (100%)	141 (-86%)	116
IS (A) – L2	1260 (100%)	150 (-88%)	121
IT (A) – L2	1070 (100%)	145 (-86%)	111
3I <sub>0</sub> (A) – L2	25 (100%)	7 (-72%)	29
IR (A) – L3	618 (100%)	937 (+52%)	992
IS (A) – L3	734 (100%)	1030 (+40%)	1130
IT (A) – L3	639 (100%)	954 (+49%)	959
3I <sub>0</sub> (A) – L3	11 (100%)	11 (0%)	328

**Tabla 2 – Valores de pre y pos falta del Registrador DFR-3S1**

En la Tabla 2, se presentan los valores aproximados de corriente y tensión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-ACY (L2), antes y durante la falla, retiradas del registrador oscilográfico DFR-3S1 (figura 2).


**Figura 1 – Diagrama unifilar del sistema interconectado ITAIPU-ANDE 50 Hz**

Conforme a informaciones sobre el evento, no se registró apertura del interruptor 52-71 de la LT 220 kV COV-SLO en el terminal de la SE-COV 220 kV (figura 1), a pesar de que por los registros del SCADA (del sistema ANDE), se verifica la actuación de la protección en dicho terminal. En el terminal de la SE-SLO 220 kV, se accionaron las protecciones en forma temporizada, abriendo el interruptor asociado a dicho terminal, sin embargo la falla no fue eliminada, pues continuó siendo alimentada a través del terminal de Coronel Oviedo, debido a la no apertura del interruptor 52-71 en dicho terminal.

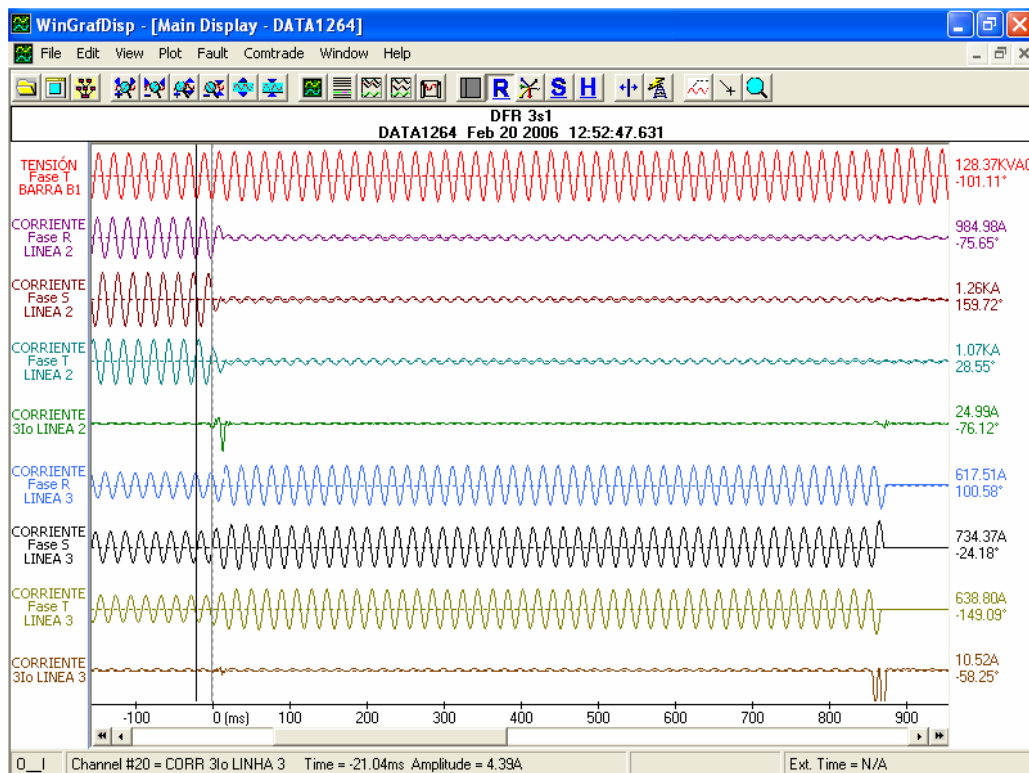
Las líneas de 220 kV adyacentes al local de la falla, tuvieron sus interruptores abiertos por actuación de sus protecciones de distancia que se produjeron como respaldo (protección de retaguardia), ante la no apertura del interruptor 52-71 de la LT 220 kV COV-SLO en la SE-COV 220 kV.

Las protecciones de retaguardia de la LT 220 kV CYO-COV, tampoco fueron activadas (figura 2), manteniéndose la falla de alta impedancia, que continuó siendo alimentada a través de las líneas de interconexión LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), lo cual puede observarse claramente en los registros oscilográficos del DFR-3S1 mostrados en la fig. 2.

Ante tales irregularidades, posteriormente se produjo la desconexión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), por actuación correcta de sus protecciones temporizadas de retaguardia (Zona 4), ajustadas en 800 mseg, conforme puede también verificarse en la figura 2 y en la tabla 1 que presenta la secuencia resumida de eventos.

En la figura 2 también se observa la evolución de los valores oscilográficos de corriente y tensión del registrador DFR-3S1, cuyos valores están insertados en la tabla 2. En las mismas se observa una significativa reducción de los valores de corriente en la LI 220 kV MD-ACY 2 en el instante del

inicio de la falla, así como un aumento sensible de las corrientes en la LI 220 kV MD-CYO (L3), lo cual indica que ocurrieron desconexiones de carga importantes alimentadas por las líneas de transmisión LT 220 kV ACY-COV 1, 2 y 3 (ver tabla 2 y figuras 1 y 2).



**Figura 2 – Registros oscilográficos de corriente y tensión en la L2 y L3 (DFR-3S1)**

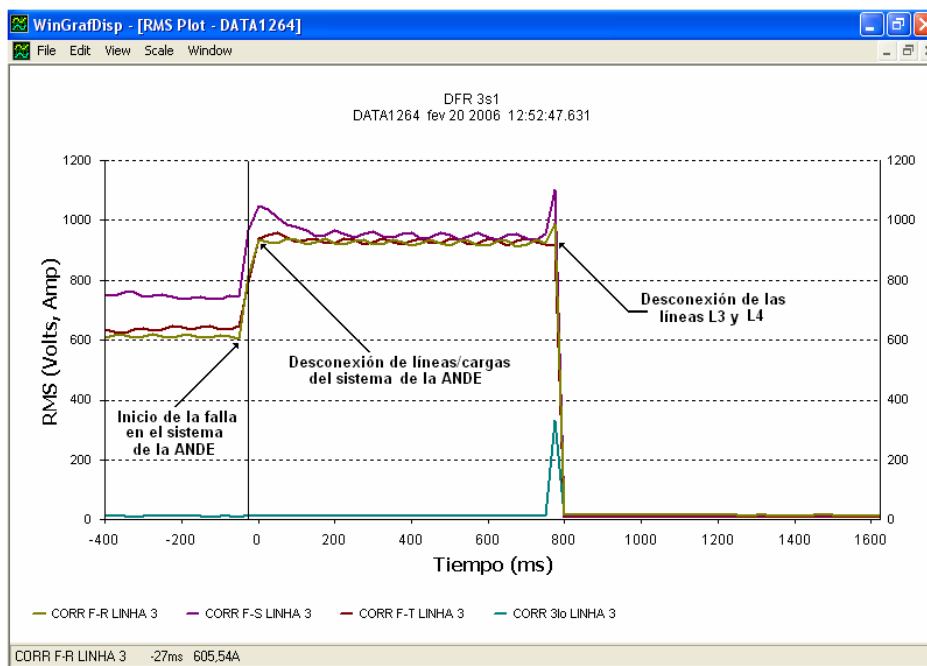
El valor de la tensión en la barra B1 de la SE-MD 220 kV (222 kV), aumenta ligeramente 4% (232 kV), inmediatamente después de la pérdida de cargas alimentadas por la LI 220 kV MD-ACY 2. Posteriormente luego de la desconexión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4) en la MD, experimenta otro pequeño aumento de 9% (242 kV) con respecto al valor inicial, conforme se observa en la tabla 2 y figuras 2 y 3.

En el gráfico de la figura 3 se verifica que el tiempo de actuación de las protecciones de distancia primaria REL521 de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), conforme puede observarse también en la Tabla 1, ocurrió aproximadamente 802 mseg después del inicio de la falla, lo cual corresponde exactamente al tiempo de ajuste para actuación de la zona 4 (800 mseg).

La protección de distancia primaria (REL 521) fue accionada por disparo de la Zona 4, que actuó como protección de retaguardia a la falla ocurrida en una zona externa a ambas líneas entre la MD y CYO (L3 y L4), específicamente en el trecho de la LT 220 kV COV-SLO, conforme puede verificarse en la figura 1.

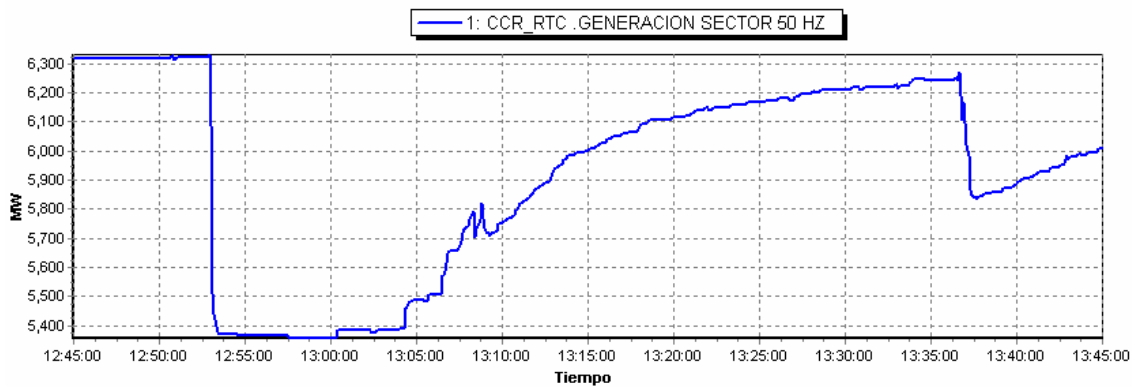
En la figura 3 también se observa claramente el aumento significativo de la corriente en la LI 220 kV MD-CYO (L3), inmediatamente después del inicio de la perturbación y posteriormente su reducción a cero en el momento de la desconexión de la misma por acción de su protección de retaguardia temporizada (800 mseg), Zona 4, del relé de protección primaria (REL 521).

La desconexión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), ocasionó una reducción significativa de la generación en el sistema de 50 Hz (950 MW), conforme se observa en la figura 4. El valor de la generación en el sistema de 50 Hz, se encontraba antes de la perturbación en 6.323 MW y luego de la misma se redujo a un valor de 5.373 MW, iniciándose la retomada de carga, luego de aproximadamente 11 minutos de la perturbación.

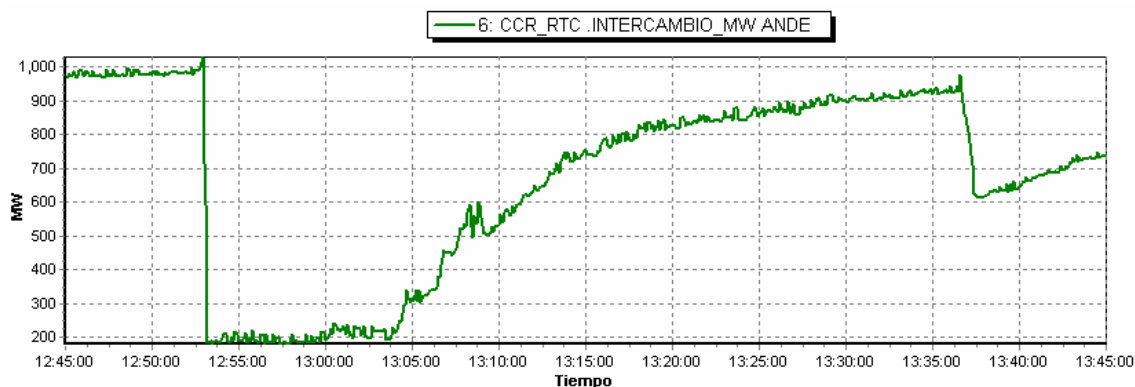


**Figura 3 – Registros oscilográficos de corriente en la L3 (DFR-3S1)**

El intercambio con la ANDE que se encontraba en 1.112 MW antes de la perturbación, tuvo una considerable reducción de 950 MW, manteniéndose las cargas correspondientes al intercambio con los sistemas Sur y Este, en 162 MW. Esta variación, puede observarse en las figuras 5, 6 y 7.

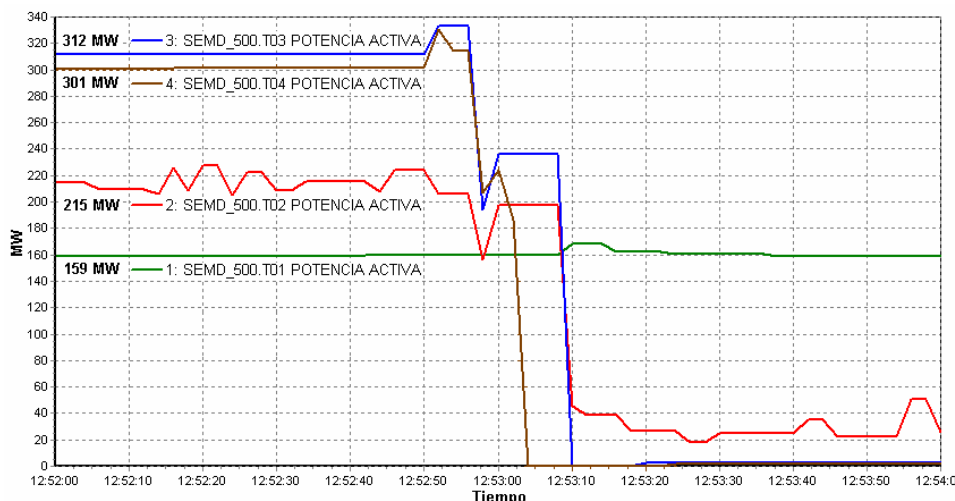
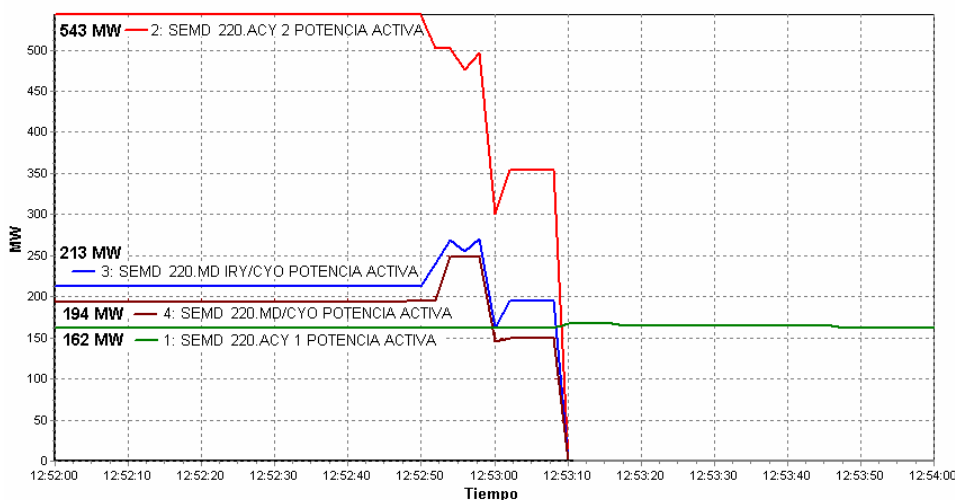


**Figura 4 – Generación del Sector de 50 Hz (MW)**



**Figura 5 – Suministro de ITAIPU al sistema de la ANDE (MW)**

A las 13 h 00 min fue cerrado el interruptor 83LI3 y 43TL3, normalizando la LI 220 kV MD-CYO (L3) y a las 13h 02min cerrado el interruptor 83LI4 y 43TL4, normalizando la LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), iniciándose el proceso de toma de carga del sistema ANDE, conforme se observa en la figura 4 y 5.


**Figura 6 – Potencia de los transformadores T01/T02/T03/T04 (MW)**

**Figura 7 – Intercambio entre ITAIPU/ANDE – L1/L2/L3/L4 – SE-MD (MW)**

## 2. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

- 2.1 La causa de esta perturbación fue originada en una falla interna a la LT 220 kV COV-SLO del sistema ANDE, cuyas protecciones de distancia no actuaron adecuadamente. Las protecciones de distancia tienen deficiencias para detectar fallas de alta impedancia y además el sistema de protección de dicha línea no dispone de la función 67N (relé direccional de tierra), indicado para protección de este tipo de fallas.
- 2.2 La desconexión de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4) fue ocasionada por la actuación correcta de sus protecciones de distancia primaria (REL521/21P),

Zona 4, temporizadas en 800 ms, fases R, S y T, en su función de protección de retaguardia para una falla externa a la misma.

- 2.3 Las protecciones de distancia alternativa (REL 511/21A), también señalaron correctamente la falla, sin embargo no llegó a producirse el disparo de la misma en función al procesamiento diferenciado que poseen ambas protecciones (21P/21A), asociados a los algoritmos utilizados por ambas protecciones, lo cual posibilitó en esta ocasión la actuación de la protección primaria que envió la señal de disparo para la desconexión de ambas líneas.
- 2.4 A través de los registros oscilográficos del sistema SCADA y el DFR-3S1, pudo comprobarse que el tiempo total transcurrido para la actuación de la protección de retaguardia de las LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4), Zona 4, está de acuerdo a los ajustes de los mismos (800 mseg).
- 2.5 El intercambio con la ANDE cuyo valor se encontraba en 1.112 MW en el instante de la perturbación, tuvo una reducción de 950 MW, correspondiente a la carga del sistema Metropolitano, Central y Norte del sistema ANDE. Los sistemas SUR y ESTE del sistema ANDE permanecieron interconectados a ITAIPU con una carga de 162 MW, a través de la LI 220 kV MD-ACY 1 que estaba siendo alimentada en forma separada por el transformador T1 de la SE-MD 220 kV.

### 3. FUENTES DE INFORMACIONES

- [1] – RP 007/2005 – OPUE.DT.
- [2] – Informe de Novedades en el Sistema del día 20/02/2006 – OPSO.DT.
- [3] – Registros de señalización y disparo de los relés REL 521/511 de la LI 220 kV MD-CYO (L3) y LI 220 kV MD-IRY-CYO (L4).
- [4] – Registros oscilográficos de valores del registrador DFR-3S1.
- [5] – Registros de valores en el histórico del sistema SCADA.
- [6] – Secuenciador de Eventos (SOE) del sistema SCADA.
- [7] – Secuenciador de Eventos (SCC) del la SE-MD.
- [8] – Instrucción de Operación de ITAIPU (IOPI 02 - Rev. N° 22 - Item 3.4.4), “Límites y datos operativos de los equipos de la SE-MD”.
- [9] – Instrucción de Operación de la Interconexión (IOI 25 - Rev. N° 46 - Item 4.2), “Operación Normal del Sistema Interconectado ANDE/ITAIPU/FURNAS 50 Hz”.
- [10] – Instrucción de Operación de la Interconexión (IOI 61 - Rev. N° 44 - Item 3.2.1), “Operación Normal del Sistema Interconectado a ITAIPU 60 Hz”.