



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

REPOTENCIACIÓN DE LAS LINEAS AEREAS DE 220 kV ITAIPU- LIMPIO (Tramo IPU MD - IRY), ACARAY - SAN LORENZO (Tramo COV- SLO) y ACARAY- GUARAMBARE (Tramo COV- GUA)

Ing. José Servián Renna

Ing. Luis Antonio Zaldivar

Ing. Felipe Mitjans Amarilla

ANDE

PARAGUAY

RESUMEN

El presente trabajo consiste en presentar todos los aspectos relacionados a la “Repotenciación de las Líneas Aéreas de 220 kV ITAIPU- LIMPIO (Tramo IPU MD - IRY), ACARAY - SAN LORENZO (Tramo COV- SLO) y ACARAY- GUARAMBARE (Tramo COV- GUA), por verificación de vanos críticos, observando el aumento de carga de la Línea, para el caso de la Línea de 220 kV ITAIPU- LIMPIO (Tramo IPU MD - IRY) y por elevación del conductor en los vanos críticos por medio de anclaje falso para el caso de las Líneas 220 kV ACARAY - SAN LORENZO (Tramo COV- SLO) y ACARAY- GUARAMBARE (Tramo COV- GUA) donde el descenso del conductor por el aumento de carga viola la distancia de seguridad del conductor más bajo de la LT al suelo.

Los análisis de la capacidad de transmisión de las Líneas para las potencias requeridas por el Departamento de Operación del Sistema de tal forma a atender la demanda en el periodo estival 2.010 - 2.011, fueron realizados utilizando el Programa de Líneas de Transmisión PLS CADD.

Asimismo fueron analizados los obstáculos bajo la Línea, considerando la altura mínima de seguridad entre el obstáculo y el conductor más bajo de las líneas estudiadas, utilizando Programa mencionado.

Finalmente, en base al estudio previo de las Líneas y como consecuencia de las simulaciones computacionales, se han realizado las recomendaciones correspondientes para la ejecución de las tareas tendientes a lograr el aumento de capacidad de transmisión de las Líneas estudiadas.

PALABRAS CLAVES

Repotenciación, línea de transmisión, simulaciones, anclaje falso, perfil planialtimetrico



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

1. LINEAS AEREAS 220 kV ACARAY - SAN LORENZO (Tramo COV- SLO) y ACARAY - GUARAMBARE (Tramo COV- GUA)

1.1 CARGA DE DATOS

La Firma INGENDESA suministró en medios magnéticos, las coordenadas PFL (Progresiva y cota) de las estructuras de la Línea de Transmisión Aérea 1x220 kV Acaray – San Lorenzo (Circuito 1) y 2x220 kV Acaray - Guarambaré (Circuitos 2 y 3) para los tramos Coronel Oviedo - San Lorenzo y Coronel Oviedo - Guarambaré, así como la distancia horizontal de la estructura al punto más bajo del conductor al suelo (flecha máxima). Estos datos sirvieron para re-construir a través del software de Líneas de Transmisión, el perfil del terreno en el tramo Coronel Oviedo - San Lorenzo (116 km), Coronel Oviedo- Guarambare (102km).

En el perfil planialtimétrico del terreno se realizó la distribución de estructuras, y el parabeo del conductor para las condiciones de proyecto usualmente utilizadas en Línea de 220 kV.

El resultado de la simulación con la inyección de flujo de carga para una corriente de 715 Amperes, (equivalente al límite térmico de la Línea establecido en 550 A, más 30% de dicho límite), permitió determinar la presencia de 30 vanos críticos en el Circuito 1 correspondiente al tramo Coronel Oviedo - San Lorenzo y 9 vanos críticos en el Circuito 2 y 3 correspondientes al tramo Coronel Oviedo - Guarambaré, según se muestra en las tablas indicada más abajo.

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Vano	Distancia al suelo (m)	Observaciones
40302	6,37	
dic-13	7	Vivienda*
25-26	6,48	
27-28	4,5	
29-30	7,1	
80-81	6,99	
114-115	5	
116-117	6	
120-121	5	
130-131	5	
137-138	7,2	
138-139	5,5	
139-140	7	
140-141	6,7	
147-148	6,9	
154-155	6,6	
166-167	5,5	
216-217	6,62	
217-218	7	
223-224	6,2	
242-243	6,8	
244-245	6,3	
247-248	6,9	
249-250	6	
250-251	6,15	
251-252	7,1	
252-253	6,81	
257-258	6,2	
265-266	6,57	
267-268	5,87	

Tabla 1
Circuito 1 tramo Coronel Oviedo - San Lorenzo

Vano	Distancia al suelo
82-83	6,33 m
86-87	5,96 m
100-101	5,61 m
106-107	6,77 m
113-114	6,50 m
160-161	5,00 m
185-186	5,76 m
222-223	6,30 m
328-329	5,23 m

Tabla 2
Circuitos 2 y 3 tramo Coronel Oviedo - Guarambaré

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

1.2 OBSTACULOS BAJO LAS LINEAS

No se disponían del relevamiento actualizado de los obstáculos que atraviesan la Línea (Línea de baja tensión, Línea de media tensión, Copaco, construcciones civiles, etc.), se realizó el relevamiento de los obstáculos existentes en el trazado de las Líneas, para su posterior procesamiento en el Departamento de Proyectos Electromecánicos, a fin de verificar si se cumplen con las distancias mínimas entre el conductor más bajo de la Línea y el obstáculo conforme a norma.

1.3 VANOS CON DEFICIT DE ALTURA DE SEGURIDAD

Los vanos que presentan déficit de altura de seguridad con los obstáculos son los que a seguir se detallan:

Vano	Tipo de Línea	Dist. Faltante	Observaciones
6-7	Línea de Alta Tensión		Retirar Cable de Guardia
10-11	Línea de Baja Tensión		Retirar
17-18	Línea de Baja Tensión		Retirar
22-23	Línea de Media Tensión	1 m	
24-25	Línea de Baja Tensión		Retirar
27-28	Línea de Baja Tensión y Copaco		Retirar
30-31	Arbol de gran altura		Retirar
34-35	Arbol de gran altura		Retirar
43-44	Línea de Baja Tensión		Retirar
44-45	Línea de Baja Tensión		Retirar
45-46	Línea de Baja Tensión		Retirar
46-47	Línea de Baja Tensión		Retirar
48-49	Línea de Baja Tensión		Retirar
88-89	Línea de Media Tensión		Retirar
91-92	Línea de Baja Tensión		Retirar
92-93	Línea de Media Tensión	2 m	
109-110	Línea de Media Tensión		Retirar
133-134	Línea de Media Tensión		Retirar
136-137	Línea de Baja Tensión		Retirar
158-159	Arbol de gran altura		Retirar
160-161	Línea de Baja Tensión	1 m	
177-178	Línea de Media Tensión		Retirar
180-181	Línea de Baja Tensión	1 m	
195-196	Línea de Baja Tensión		Retirar
201-202	Línea de Baja Tensión		Retirar
215-216	Línea de Media Tensión	1 m	
218-219	Línea de Baja Tensión		Retirar
244-245	Línea de Baja Tensión		Retirar
247-248	Línea de Baja Tensión		Retirar
258-259	Línea de Baja Tensión		Retirar
267-268	Línea de Baja Tensión		Retirar

Tabla 3
Circuito 1 tramo
Coronel Oviedo - San
Lorenzo

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Vano	Tipo de Línea	Distancia Faltante	Obs.
73-74	Línea de Copaco	2,0	
75-76	Línea de Copaco	1,0	
75-76	Línea de Baja Tensión	1,0	
76-77	Línea de 66kV	-----	Retirar cabo de guardia en el cruce .
76-77	Línea de Media Tensión	2,0	
78-79	Línea de Media Tensión	1,0	
82-83	Línea de Media Tensión	1,0	
84-85	Línea de Baja Tensión	1,0	
87-88	Línea de Media Tensión	1,5	
90-91	Línea de Baja Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
93-94	Línea de Baja Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
93-94	Línea de Media Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
115-116	Línea de Baja Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
146-147	Línea de Baja Tensión	1,0	
152-153	Línea de Baja Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
188-189	Línea de Baja Tensión	2,0	
188-189	Línea de Baja Tensión	2,0	
210-211	Línea de Media Tensión	2,0	
235-236	Línea de Media Tensión	1,0	
328-329	Línea de Baja Tensión	-----	Retirar la línea en el cruce
329-330	Línea de 66kV	-----	el cruce

Tabla 4 Circuitos 2 y 3 Tramo Coronel Oviedo - Guarambaré

1.4. RECOMENDACIONES PARA LAS LINEAS DE TRANSMISION AEREAS 220 kV ACARAY - SAN LORENZO (Tramo COV- SLO) y ACARAY- GUARAMBARE (Tramo COV-GUA)

A los efectos de aumentar la capacidad de transmisión de la Línea de Transmisión en estudio, se sugiere, sean tomadas las siguientes acciones:

- Ejecutar trabajos de instalación de herrajes para **anclaje falso** en las estructuras de los vanos con problemas de distancia de seguridad mínima al suelo (**7,5 m** criterio ANDE basado en la norma) de tal forma a elevar los conductores en dichos vanos (vanos críticos).
- Los obstáculos que se encuentran debajo de las Líneas (desde la ES. Coronel Oviedo hasta la ES. San Lorenzo y ES. Guarambaré respectivamente), y que no cumplen con las distancias mínimas de seguridad entre el conductor mas bajo de la Línea de Transmisión y el obstáculo, deberá ser retirado o re-adequado.



2. LINEA DE TRANSMISION AEREA 2x220 kV ITAIPÚ – LIMPIO (TRAMO IITAIPU MARGEN DERECHA - ITAQUYRY 70 KM)

2.1 CARGA DE DATOS

La Línea de Transmisión Aérea 2x220 kV Itaipú - Limpio en el tramo comprendido entre la Estación Margen Derecha de la Itaipú Binacional y la Estación Itaquyry de ANDE cuenta con una longitud aproximada de 70 km. Este tramo de la Línea fue evaluado en una primera instancia, teniendo como referencia los planos del relevamiento planialtimétrico del año 1.985. Los datos del terreno obtenidos de los planos fueron cargados en el software, atendiendo que no se disponía de un relevamiento planialtimétrico actualizado del trazado de la Línea de Transmisión, asimismo se cargaron datos de las estructuras de la Línea.

Es importante destacar a modo informativo que conforme con el Informe Final de la Construcción de la 4ª Línea de Transmisión de 220 kV Itaipú - Asunción, Registro de Obras, elaborado por la Consultora Japonesa EDPC con la colaboración de la ANDE en junio del 1990, la Línea de Transmisión 2x220kV Itaipu - Limpio, que cuenta con un conductor ACSR 636MCM Código “GROSBEAK”, fue diseñada para temperaturas del conductor de 74°C (operación normal) y 80°C (operación de emergencia) para temperatura ambiente de 40 °C a pleno sol, y de acuerdo con dicho Informe se tiene, las siguientes capacidades de transmisión: operación normal 200 MVA y en régimen de de emergencia de 230MVA.

Los datos de la altura del conductor así como los valores de temperatura ambiente en el periodo de la prueba fueron relevados en el campo por personal del Departamento de Topografía y el Departamento de Transmisión Este - Sur. La información suministrada ayudó a contar con datos reales de campo para las simulaciones computacionales.

Los datos de inyección de carga del día de prueba fueron enviados por el Departamento de Operación de Sistema estos datos sirvieron para el estudio y análisis en forma complementaria con los datos de campo, los registros de campo seleccionados para el estudio se corresponden con los valores de la corriente a las 13:30 hs, 18:30hs, 20:20 hs y 21:00hs para estos horarios todas las cuadrillas de trabajo efectuaron las mediciones correspondientes, y en estos horarios además se registraron valores extremos de corriente.

Las temperaturas ambiente obtenida de los registros de campo y que fueron utilizadas para las simulaciones fueron las siguientes: 35°C (13:30 hs), 37°C (18:30 hs), 38°C (20:20 hs), 38°C (21:00 hs)

El objetivo del análisis de los datos de campo y de los registros de corriente obtenidos en el ensayo de cargabilidad de la Línea de Transmisión Aérea 220 kV Itaipú – Limpio (Tramo Margen Derecha - Ytaquyry) es poder validar las simulaciones computacionales realizadas por medio del software para Líneas de Transmisión PLS CADD realizadas para este tramo de la Línea. El análisis fundamentalmente se basó en la comparación entre las condiciones ambientales y el descenso del conductor por efecto de la cargabilidad de la Línea medidos en el campo y las los resultados obtenidos a partir de los datos asumidos de la simulaciones preliminares, de tal forma a constatar la disminución efectiva de la distancia del conductor al suelo por efecto del aumento de la capacidad de transmisión de la Línea.

El ensayo de cargabilidad de la Línea se inició el día martes 4 de noviembre del 2009 a las 13:30 hs y concluyó el mismo día a las 21:30 hs.

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

2.2 ANALISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de la cargabilidad de la Línea, por medio del software se ubicó el conductor más bajo de la Línea para cada uno de los vanos en estudio a la altura resultante de las condiciones climáticas regentes en el día de la prueba y las condiciones de inyección de carga para los horarios determinados y se simuló el descenso del conductor de tal forma a comparar con el descenso efectivo del mismo en el campo. Esta metodología sirvió para constatar que no se violaron las distancias de seguridad mínima del conductor al suelo y la extrapolación de los valores para las condiciones de emergencia.

El análisis realizado corresponde a la Línea de Transmisión Margen Derecha - Itaquyry - Carayao 1 (Cuarta Línea), debido a que por este circuito se logró una mayor capacidad de transmisión de acuerdo con los valores de la corriente suministrados por el Departamento de Operación del Sistema.

En las Tablas Nos 5, 6, 7 y 8 se muestran los valores de campo y los obtenidos por medio del análisis computacional, así como los valores obtenidos por extrapolación a partir de los datos de campo en el periodo de tiempo comprendido entre las 13:30 hs y 21:00 hs del día 04 de noviembre del corriente.

Hor. (hs)	T. (°C)	T. Cd (°C)	Corr (A)	Altura del cond pls cadd. (m)	Altura del cond. en el terreno (m)	Desc del cond pls cadd Alt. de Ref. 12.14 (m)	Desc del cond en el Terr Alt de Ref. 12.11 (m)
13:30	35	72	654	12.14	12.11		
18:30	37	60	483	12.65	12.47	0.51	0.36
20:20	38	65	644	12.41	12.38	0.27	0.27
21:00	38	65	639	12.41	12.38	0.27	0.27
DATOS EXTRA POLAD OS							
Diurno	45	87	700	11.46	11.46	0.68	0.65
Nocturno	40	73	700	12.05	12.05	0.09	0.06

Tabla 5: Valores registrados a las 13:30 hs y 21:00 hs (Vano 9-10)

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Hor. (hs)	T. (°C)	T. Cd (°C)	Corr (A)	Altura del cond pls cadd. (m)	Altura del cond. en el terreno (m)	Desc del cond pls cadd Alt. de Ref. 11.06 (m)	Desc del cond en el Terr Alt de Ref. 11.06 (m)
13:30	35	72	654	11.06	11.06		
18:30	37	60	483	11.73	10.95	0.67	0.11
20:20	38	65	644	11.44	11.04	0.38	0.02
21:00	38	65	639	11.44	11.22	0.38	0.16
DATOS EXTRA POLAD OS							
Diurno	45	87	700	10.33	10.33	0.073	0.73
Nocturno	40	73	700	11.05	11.05	0.01	0.01

Tabla 6: Valores registrados a las 13:30 h y 21:00 h (Vano 117-118)

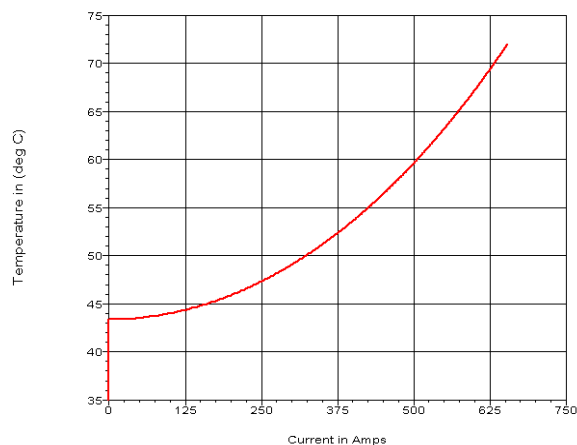
Hor. (hs)	T. (°C)	T. Cd (°C)	Corr (A)	Altura del cond pls cadd. (m)	Altura del cond. en el terreno (m)	Desc del cond pls cadd Alt. de Ref. 10.24 (m)	Desc del cond en el Terr Alt de Ref. 10.29 (m)
13:30	35	72	654	10.24	10.29		
18:30	37	60	483	10.65	10.63	0.41	0.34
20:20	38	65	644	10.48	10.48	0.24	0.19
21:00	38	65	639	10.48	10.65	0.24	0.36
DATOS EXTRA POLAD OS							
Diurno	45	87	700	9.74	9.74	0.50	0.55
Nocturno	40	73	700	10.21	10.21	0.03	0.08

Tabla 7: Valores registrados a las 13:30 h y la 21:00 h (Vano 131-132)

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Hor. (hs)	T. (°C)	T. Cd (°C)	Corr (A)	Altura del cond pls cadd. (m)	Altura del cond. en el terreno (m)	Desc del cond pls cadd Alt. de Ref. 19.94 (m)	Desc del cond en el Terr Alt de Ref. 19.91 (m)
13:30	35	72	654	19.94	19.91		
18:30	37	60	483	20.76	20.53	0.82	0.62
20:20	38	65	644	20.42	20.74	0.48	0.83
21:00	38	65	639	20.42	20.99	0.48	1.08
DATOS EXTRA POLAD OS							
Diurno	45	87	700	18.89	18.89	1.05	1.02
Nocturno	40	73	700	19.88	19.88	0.06	0.03

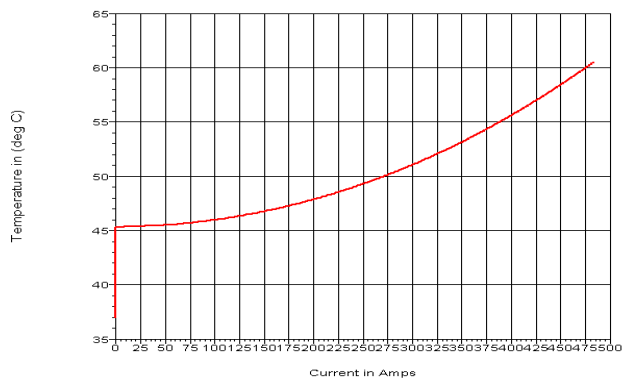
Tabla 8: Valores registrados a las 13:30 h y la 21:00 h (Vano 144-145)



Velocidad del viento: 0.6m/s. (Criterio ANDE)
 Dirección del viento: 90° (Criterio ANDE)
 Temperatura del Aire: 35°C (Horario diurno)
 Altura del Conductor: 300m. (Sobre el nivel del mar)
 Capacidad de Transmisión: 654 A

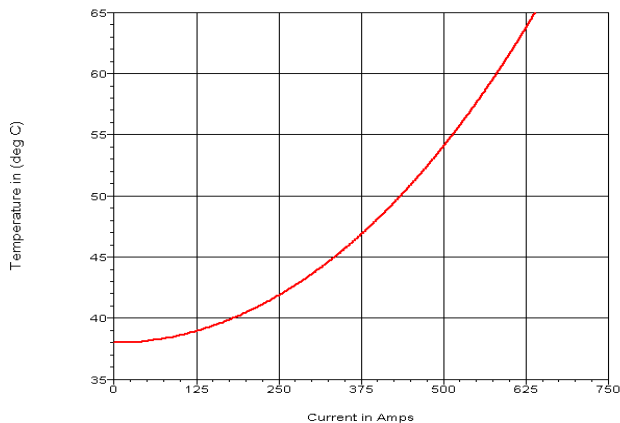
Figura 1 :Temperatura del Conductor en el horario de las 13:30hs

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010



Velocidad del viento: 0.6m/s. (Criterio ANDE)
Dirección del viento: 90°. (Criterio ANDE)
Temperatura del Aire: 37°C (Horario diurno)
Altura del Conductor: 300m. (Sobre el nivel del mar)
Capacidad de Transmisión: 483 A

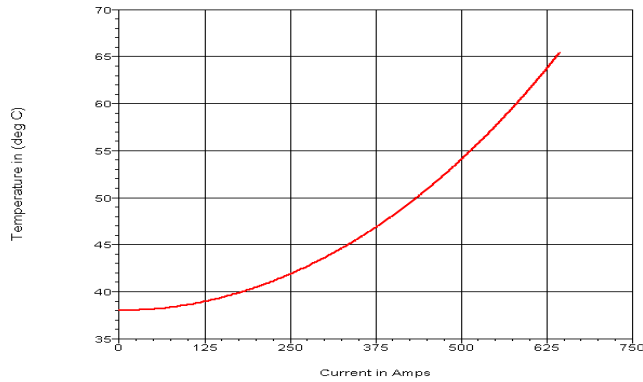
Figura 2 : Temperatura del conductor en el horario de las 8:30hs



Velocidad del viento: 0.6m/s. (Criterio ANDE)
Dirección del viento: 90°. (Criterio ANDE)
Temperatura del Aire: 38°C Horario Nocturno.
Altura del Conductor: 300m. (sobre el nivel del mar)
Capacidad de Transmisión: 644 A

Figura 3: Temperatura del conductor en el horario de las 20:20hs

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010



Velocidad del viento: 0.6m/s. (Criterio ANDE)
 Dirección del viento: 90°. (Criterio ANDE)
 Temperatura del Aire: 38°C Horario Nocturno.
 Altura del Conductor: 300m. (sobre el nivel del mar)
 Capacidad de Transmisión: 639 A (21:00 h)

Figura 4: Temperatura del conductor en el horario de las 21:00hs

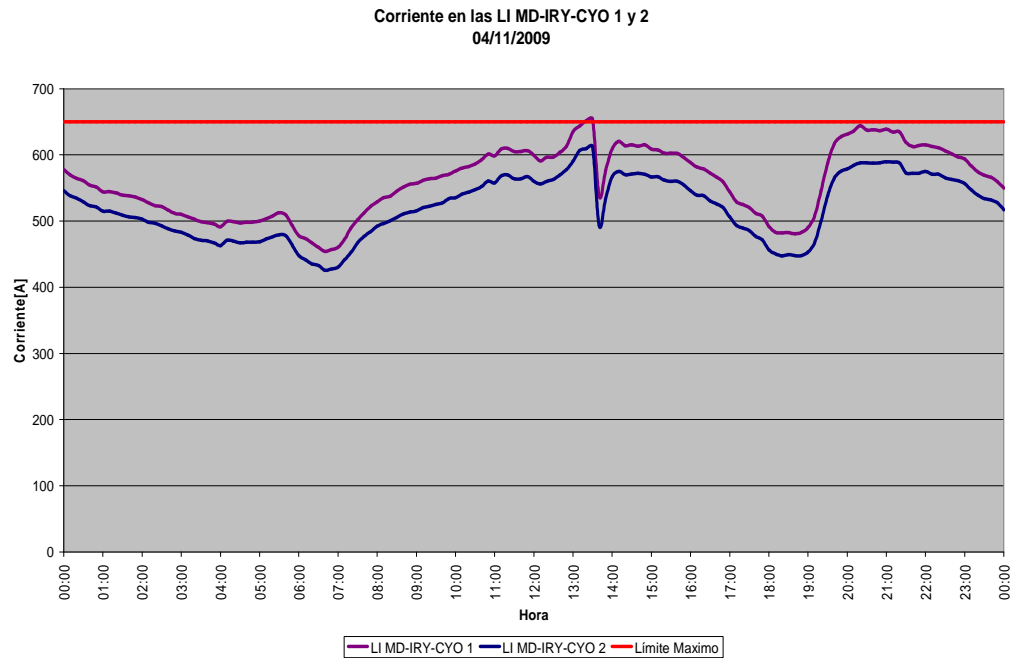


Figura 5: Intensidad de Corriente Circuitos 4 y 5 04/11/2009



3. RECOMENDACION PARA LA LINEA DE TRANSMISION AEREA 2x220 kV ITAIPÚ – LIMPIO

Los resultados obtenidos en el campo y cargados en el software para la realización de las simulaciones computacionales, permite observar que el descenso del conductor para la inyección de carga considerada no viola las distancias mínimas de seguridad del conductor al suelo, conforme a norma para el tramo de 70 km entre la Estación Margen Derecha y la Estación Itaquyry.

4. CONCLUSION

El aumento de capacidad de las Líneas de Transmisión Aérea de 1x220 kV Coronel Oviedo – San Lorenzo, y de la Línea de Transmisión Aérea 2x220kV Coronel Oviedo - Guarambaré con un límite térmico actual de $I = 550 \text{ A}$., a un nuevo límite térmico repotenciado de $I = 715 \text{ A}$., solamente podrán viabilizarse una vez que sean atendidas y ejecutadas las recomendaciones citadas precedentemente, a los efectos de lograr mayor seguridad y confiabilidad de la Línea mencionada.

Para la Línea de Transmisión Aérea 2x220 kV Itaipú - Limpio en el tramo comprendido entre la Estación Margen Derecha de la Itaipú Binacional y la Estación Itaquyry utilizando a los datos de obtenidos, se realizó el estudio de la capacidad de transmisión para el régimen de emergencia extrapolando los datos obtenidos para una temperatura ambiente en horario diurno de 45°C con una temperatura del conductor de 73°C y una temperatura ambiente en horario nocturno de 40°C con una temperatura del conductor de 87°C, lo que permitió obtener un valor de lectura de **corriente de 700A**, que se tradujo en un descenso del conductor de aproximadamente 1,05m, para el peor caso que se registró en el vano 144-145, este análisis posibilitó concluir que las distancias de seguridad del conductor más bajo de la Línea al suelo no se vieron comprometidas para la corriente mencionada.

5. BIBLIOGRAFIA

NBR 5422-1985 PROJETO DE LINHAS AEREAS DE TRANSMISSAO DE ENERGIA ELETRICA

EPDC –ANDE LINEA DE TRANSMISION AEREA 220 kV ITAIPU – LIMPIO INFORME FINAL JUNIO 1990

INGENDESA CHILE RECAPACITACION DE LINEAS AEREAS DE TRANSMISION 220 kV INFORME FINAL 1999