

**[ANEXO 5]**

**Estudio de Expansión en 115 kV. Para el suministro eléctrico a la Base Naval de  
Turiamo y Eje Costero Aragiño**

**Informe Técnico Noviembre 2000**

## **A5.1 INTRODUCCIÓN**

Actualmente la Armada Venezolana tiene previsto desarrollar un proyecto en el Apostadero Naval de Turiamo en el estado Aragua, con una demanda estimada de 2.1 MVA para el corto plazo y 6 MVA para el mediano plazo.

Con la finalidad de garantizar el suministro eléctrico para este proyecto, así como para otros desarrollos previstos en el litoral aragüeño, y atender el crecimiento vegetativo de la demanda en esa zona, la empresa ELECENRO tiene planteado reforzar el sistema eléctrico actual, a través de un vínculo en 115 kV con el sistema de transmisión central.

Atendiendo a esta situación y con miras a determinar la expansión óptima del sistema, en este estudio se plantean y analizan las opciones posibles de conexión en 115 kV, tomando en consideración aspectos técnicos y económicos, así como posibles restricciones que puedan incidir en la ejecución de las obras necesarias.

## **A5.2 OBJETIVO**

Este estudio tiene como finalidad analizar las posibles opciones de expansión de la red de 115 kV, para garantizar un suministro eléctrico confiable y de buena calidad al litoral aragüeño. El análisis comprende el periodo 2001 - 2010, de acuerdo a las proyecciones de la demanda eléctrica, tomando en consideración las expansiones previstas en el Sistema de Transmisión Central.

## **A5.3 SITUACIÓN ACTUAL**

La carga eléctrica actual del litoral aragüeño es de 11 MW y es alimentada mediante los siguientes circuitos.

- ◆ Línea S/T a 34.5 kV Santa Clara - Cumboto, cubre el eje geográfico Cumboto - Turiamo - Ocumare - Cata, cuya carga es de 6 MW.
- ◆ Línea S/T a 13.8 kV Delicias - Choróní, con una carga de 3 MW.
- ◆ Línea S/T a 34.5 kV Pedregal - Puerto Maya, con una carga de 2 MW.

La S/E Pedregal se alimenta desde la S/E La Victoria a través de un circuito a 13.8 kV, con un transformador elevador 13.8 / 34.5 kV en la S/E Pedregal.

El suministro se realiza en condiciones de poca confiabilidad debido a que los circuitos Santa Clara - Cumboto y Delicias - Choroni atraviesan una zona de alta vegetación (Parque Nacional Henri Pittier) y están expuestos a fallas frecuentes por caída de árboles, con tiempos de reparación bastante largos motivado a que es una zona de difícil acceso.

Según información suministrada por ELECENRO existen proyectos de desarrollos turísticos y pesqueros en la zona, cuya demanda se estima en 12 MVA, adicionalmente se tiene el proyecto previsto por la Armada Venezolana en la Base Naval de Turiano (6 MVA). Esto indica la necesidad de atender para el mediano plazo 18 MVA adicionales a la carga actual, lo cual requiere la ampliación de la red.

#### **A5.4 ESTIMACIONES DE DEMANDA**

La carga actual en el eje costero es de 13 MVA, y de acuerdo al estudio de demanda realizado por ELECENRO, se estima que para el año horizonte (2010) la misma sea de 40 MVA.

La demanda estimada a ser atendida por la subestación La Elvira, corresponde a un 25% de la carga de la subestación Valle Seco.

La carga de la subestación Turiamo, corresponde a la transferencia de la

carga servida por los circuitos Santa Clara - Cumboto (desde la subestación Santa Clara) y Delicias - Choroní (desde la subestación Las Delicias), más demandas correspondientes a los proyectos especiales y al crecimiento vegetativo de la zona.

En el siguiente cuadro se muestran los valores de demanda en MW, previstos para cada uno de los años del período es estudio, para las subestaciones localizadas en el área de influencia

**Tabla 24** Estimaciones de potencia máxima por subestaciones (Mw) área de influencia litoral Aragüeño

AÑO	TURIAMO	STA. CLARA	DELICIAS	VALLE SECO	BARBULA	GUAPARO	MORON	GUACARA II	SAN BLAS	GUACARA I	ELVIRA
2000	-	44,25	28,54	48,00	39,55	63,98	35,40	63,02	-	48,74	-
2001	-	45,63	28,85	48,48	41,02	66,31	36,63	64,98	-	48,20	-
2002	18,91	39,74	23,83	35,21	42,50	68,70	37,87	68,95	-	44,82	11,74
2003	21,00	41,08	24,16	35,57	43,98	51,90	39,10	68,91	25,15	45,98	11,88
2004	25,75	42,44	24,48	35,93	45,47	53,85	40,33	70,89	25,91	47,25	11,88
2005	31,35	43,78	24,78	36,29	48,95	55,40	41,57	72,88	28,88	48,58	12,10
2006	33,35	45,12	25,09	36,65	48,43	57,14	42,80	74,82	27,42	49,87	12,22
2007	35,34	46,45	25,40	37,01	49,91	58,89	44,03	80,48	28,18	45,43	12,34
2008	37,34	47,80	25,70	37,39	51,39	60,64	45,27	78,75	28,98	52,49	12,48
2009	38,67	49,14	26,67	37,78	52,87	62,39	46,50	80,72	29,89	53,80	12,59
2010	40,00	50,48	28,99	38,14	54,35	64,13	47,74	82,88	30,44	55,11	12,71

**Nota:** La S/E La Elvira descarga un 25% de la S/E Valle Seco

En la tabla 25 se muestran en forma detallada las demandas a ser atendidas por la S/E Turiamo, cuyos valores están basados en la información suministrada por la Gerencia de Planificación de Sistemas Eléctricos de CADAPE.

**Tabla 25** Estimaciones de potencia máxima por subestaciones (Mw) litoral costero Araguëño

AÑO	CHORONI	OCUMARE	P. MAYA	BASE NAVAL	P. ESPECIALES	TOTAL
2000	3,80	5,89	3,42	0,00	0,00	13,11
2001	3,99	6,08	3,61	0,00	0,00	13,68
2002	4,37	6,37	3,71	2,00	0,48	16,91
2003	4,75	6,56	3,90	2,00	3,80	21,00
2004	5,23	6,84	4,09	2,00	7,60	25,75
2005	5,70	7,13	4,28	5,70	8,55	31,35
2006	6,27	7,41	4,47	5,70	9,50	33,35
2007	6,84	7,70	4,66	5,70	10,45	35,34
2008	7,41	7,98	4,85	5,70	11,40	37,34
2009	8,17	8,36	5,04	5,70	11,40	38,67
2010	9,03	8,65	5,23	5,70	11,40	40,00

#### A5.5 PLANTEAMIENTO DE OPCIONES

Atendiendo a los valores estimados de la demanda, se plantea la construcción de una nueva subestación de 115 kV, denominada Turiamo, que sería emplazada en la zona de mayor concentración de carga del mencionado eje geográfico, considerando las siguientes opciones de conexión en 115 kV con el sistema eléctrico:

- A S/E Valle Seco (estado Carabobo)
- B S/E Mácaro (estado Aragua)
- C S/E's Planta Centro y Valle Seco (estado Carabobo)
- D S/E's Santa Clara (estado Carabobo) y Las Delicias (estado Aragua)

##### A5.5.1 Criterios técnicos y premisas utilizadas

Los esquemas de alimentación propuestos en 115 kV se analizaron mediante estudios de flujo de carga, en condición de régimen permanente, para los años 2002,

2005, 2007 y 2010.

### **A5.5.2 Criterios Técnicos**

De acuerdo a lo establecido en las normas de Planificación de Sistemas eléctricos para este estudio se adoptaron los siguientes criterios:

- **Tensión en barras**

En normalidad:	Tensión Máxima 1.05 p.u. Tensión Mínima 0.95 p.u.
En emergencia:	Tensión Máxima 1.07 p.u. Tensión Mínima 0.92 p.u.

- **Sobrecarga máxima en transformadores de potencia:**

20% por encima de su capacidad nominal.

Factor de potencia: 0.9

Aplicación de contingencia sencilla

- **Capacidad de transporte en líneas:**

La máxima capacidad de transporte (límite térmico).

Se seleccionó el año horizonte (2010) para el estudio de cortocircuito, el mismo se realizó para la opción recomendada.

#### **A5.5.2.1 Premisas**

Para la simulación de flujo de carga, se consideró la puesta en servicio de las obras previstas en el Plan de Expansión de CADAPE localizadas en el área de influencia, a saber

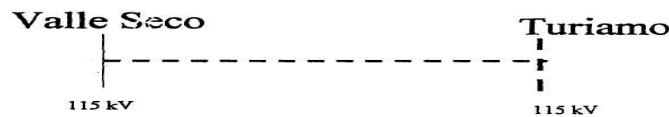
- S/E la Elvira (2002)
- S/E San Blas (2003)
- Desvío Línea a 115 kV Planta Centro - Guaparo a S/E La Elvira (2002)
- Línea a 115 kV S/T San Diego - Guaparo (2002)
- Línea a 115 kV D/T Planta Centro -Morón (2002)
- Desvío Línea a 115 kV doble terna San Diego - Guaparo a S/E San Blas (2003)
- Patio a 230 kV S/E Guacara I (2003)
- Línea a 230 kV doble terna Arenosa - Guacara I (2003)
- 2do. Autotransformador 400/230 kV - 450 MVA S/E Planta Centro (2003)
- 4to. Autotransformador 230/115 kV - 100 MVA S/E Planta Centro (2003)

### **A5.5.3 Análisis Técnico**

A continuación se describen las opciones planteadas, los análisis realizados y los resultados obtenidos:

#### **A5.5.3.1 Opción A**

Contempla el suministro eléctrico a la subestación Turiamo a través de una línea simple terna a 115 kV desde la subestación Valle Seco (estado Carabobo), cuya longitud se estima en 16 km.



**Figura 89** Enlace Valle Seco - Turiamo

Dado que esta opción no prevé mejoras y/o ampliaciones en el sistema de transmisión del área de influencia, se realizó el análisis del sistema presente (año

2000), a fin de verificar la factibilidad técnica de alimentar la demanda adicional estimada para la subestación Turiamo; obteniéndose los siguientes resultados:

**Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados, sin embargo conviene señalar que la línea a 115 kV Planta Centro – Valle Seco presenta una carga del 82% de su máxima capacidad de transporte, los autotransformadores 230/115 kV de la subestación Planta Centro se cargan en 4% por encima de su capacidad nominal, lo que indica la necesidad de aumentar la capacidad de transformación en dicha subestación. Conviene destacar que la capacidad disponible en barra de 230 kV de la subestación Planta Centro está limitada a 450 MVA, requiriéndose la ampliación prevista del segundo autotransformador 400/230 kV – 450 MVA.

**Análisis de Contingencias:** La falla de la línea a 115 kV Planta Centro – Valle Seco ocasiona una sobrecarga del 40% en la línea a 115 kV San Diego – Bárbula, lo que produciría el disparo de la misma y la pérdida total de la carga de las subestaciones Valle Seco y Bárbula.

La falla de la línea a 115 kV Planta Centro – Guaparo, no presenta ningún inconveniente para el sistema.

La falla de la línea a 115 kV San Diego – Guaparo ocasiona depresión de tensión en la subestación Guaparo (0.8848 p.u.), lo que produce la pérdida de la carga de dicha subestación, además con esta falla se carga al 100% a la línea a 115 kV Planta Centro – Guaparo.

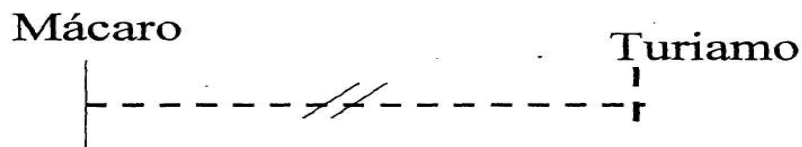
La falla de la línea a 115 kV San Diego – Bárbula produce el disparo de la línea a 115 kV Planta Centro – Valle Seco por sobrecarga (25%) y, por consiguiente, la pérdida total de las cargas de las subestaciones Valle Seco y Bárbula.

La falla de la línea a 115 kV Bárbula – Valle Seco no produce ningún inconveniente en el área.

**Conclusiones:** En atención a los resultados obtenidos, esta opción no permitiría atender la misma carga cumpliendo los mínimos criterios de seguridad, calidad y confiabilidad de las nuevas cargas.

### A5.5.3.2 Opción B

Contempla el suministro eléctrico a la subestación Turiamo a través de una línea doble tema a 115 kV desde la subestación Mácaro (estado Aragua), cuya longitud se estima en 34 km.



**Figura 90** Enlace Mácaro- Turiamo

### Análisis en régimen permanente

**Año 2002 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión.

**Análisis de Contingencias:** Ninguna de las rallas analizadas reporta tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión pertenecientes al área de influencia.

**AÑO 2005 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos

previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión.

**Análisis de Contingencias:** Ninguna de las fallas analizadas reporta tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión pertenecientes al área de influencia.

**AÑO 2007 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión del área de influencia.

**Análisis de Contingencias:** Ninguna de las fallas analizadas reportan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión.

**AÑO 2010 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados al área de influencia.

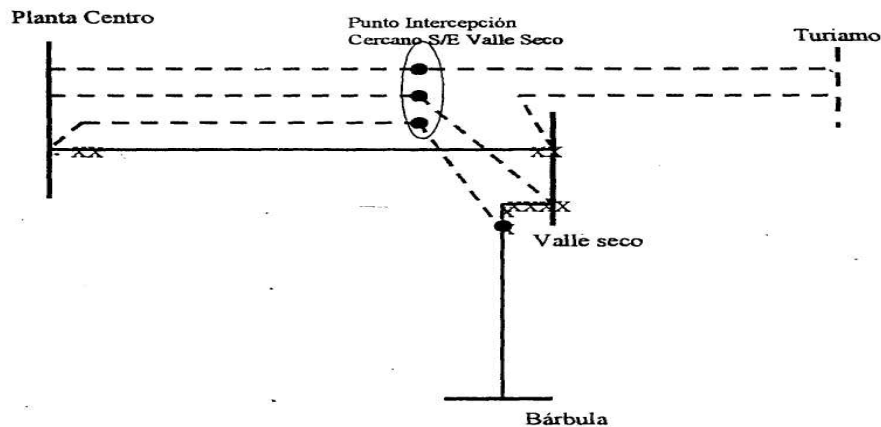
**Análisis de Contingencias:** Del presente análisis no se observan tensiones fuera de rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados al área de influencia, en ninguno de los casos analizados.

**Conclusiones:** En atención a los resultados obtenidos, esta opción es técnicamente factible y permite atender las demandas estimadas a ser servidas por la subestación Turiamo a mediano y largo plazo, cumpliendo con los criterios de seguridad, calidad y confiabilidad requeridos para la prestación de servicio.

Es importante destacar que la ruta de la línea Mácaro – Turiamo atraviesa parte del parque nacional Henri Pittier, lo cual podría dificultar la construcción de la misma, dadas las restricciones impuestas para estos casos.

### A5.5.3.3 Opción C

Contempla el suministro a la subestación Turiamo, mediante vínculos a 115 kV con las subestaciones Planta Centro y Valle Seco, modificando en parte la topología de la red de transmisión del área. Para lo cual se prevé la construcción de una línea multicircuito, tres (3) ternas, desde Planta Centro hasta un punto cercano a la subestación Valle Seco, en este punto una de las ternas se conectará a la línea a 115 kV Valle Seco – Bárbula, desconectando el extremo Valle Seco. De las dos (2) ternas restantes, una se conectaría a la subestación Valle Seco en el tramo de llegada ocupado antes por la línea Valle Seco – Bárbula lo cual permitirá dismantelar la línea existente Planta Centro – Valle Seco; la otra terna se desviará hacia la subestación Turiamo, tal como se muestra en el siguiente diagrama.



**Figura 91** Propuesta de enlaces para expansión del eje costero Aragüeño

### Análisis en régimen permanente

**AÑO 2002 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en ninguno de los vínculos de transmisión asociados al área de influencia.

**Análisis de Contingencias:** La falla de la línea a 115 kV Planta Centro - La Elvira produce una sobrecarga del 14% en la línea a 115 kV San Diego - Guaparo, lo cual ratifica la construcción de la línea a 115 kV simple terna San Diego - Guaparo prevista en el plan de expansión.

El resto de las fallas analizadas no reporta sobrecargas ni tensiones fuera de los rangos permitidos. .

**AÑO 2005 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencias:** No se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**AÑO 2007 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencias:** No se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**AÑO 2010 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencias:** La falla de la línea a 115 kV San Diego - Bárbula ocasiona una caída de tensión en la barra a 115 kV de la subestación Bárbula inferior al mínimo valor permitido, esta situación es corregida mediante la incorporación de un banco de compensador capacitiva de 6 MVAR en la subestación Bárbula.

El resto de las fallas analizadas no presentan tensiones fuera de los rangos

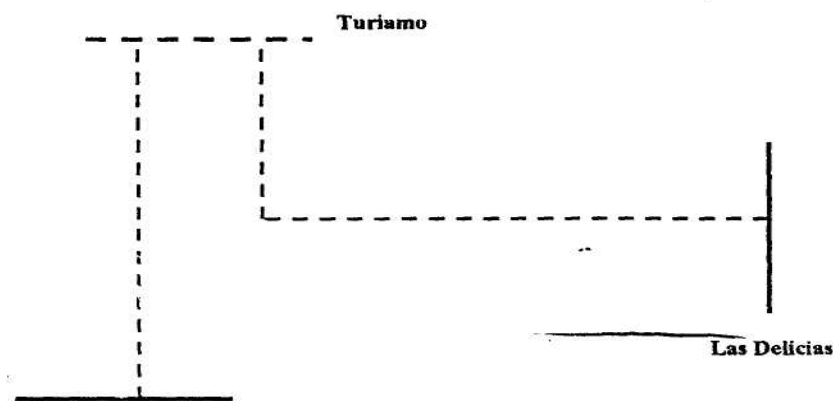
permitidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**Conclusiones:** En atención a los resultados obtenidos, esta opción es técnicamente factible y permite atender las demandas estimadas a ser servidas por la subestación Turiamo a mediano y largo plazo, cumpliendo con los criterios de seguridad, calidad y confiabilidad requeridos para la prestación de servicio.

Es importante destacar que esta opción no requiere de salidas de línea a 115 kV adicionales en la subestación Valle Seco, ya que se usarían las existentes, sólo se requieren dos (2) salidas de línea a 115 kV en la subestación Planta Centro. Además representa una solución integral para el subsistema Planta Centro - Valle Seco - Bárbula - San Diego y para el litoral aragüeño

#### A5.5.3.4 Opción D

Contempla la alimentación de la subestación Turiamo a través de dos líneas a 115 kV simple terna desde las subestaciones Santa Clara y Las Delicias. Es importante indicar que tanto en la subestación Santa Clara como subestación Las Delicias sólo hay disponibilidad para alojar una salida de línea en 115 kV.



**Figura 92** Propuesta de enlace Turiamo – Las delicias

### **Análisis en régimen permanente**

**AÑO 2002 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en ninguno de los vínculos de transmisión asociados al área de influencia

**Análisis de Contingencias:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados al área de influencia, en las fallas analizadas.

**AÑO 2005 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en los vínculos; de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencias:** La falla de una de las temas Guacara I - Santa Clara produce una sobrecarga del 13% en el otro circuito (Guacara I - Polar - Santa Clara), y con ello el disparo de la misma y la pérdida del 100% de la carga de la industria Polar.

En el resto de las fallas analizadas no se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**ANO 2007 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en ninguno de los vínculos de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencias:** La falla de una de las ternas Guacara I - Santa Clara produce una sobrecarga del 15% en el otro circuito (Guacara I - Polar - Santa Clara), y con ello el disparo de la misma y la pérdida del 100% de la carga de la industria Polar.

En el resto de las partes analizadas no se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**AÑO 2010 Caso Base:** No se observan tensiones fuera de los rangos previamente establecidos, ni sobrecargas en ninguno de los vínculos de transmisión asociados.

**Análisis de Contingencia:** La falla de una de las ternas Guacara I - Santa Clara produce una sobrecarga del 30% en el otro circuito (Guacara I - Polar - Santa Clara), y con ello el disparo de k misma y la pérdida del 100% de la carga de la industria Polar.

En el resto de las fallas analizadas no se observan tensiones fuera de los rangos establecidos, ni sobrecargas en los vínculos de transmisión asociados.

**Conclusiones:** En atención a los resultados obtenidos, está opción es técnicamente factible y permite atender las demandas estimadas a ser servidas por la subestación Turiamo a mediano y largo plazo, cumpliendo con los criterios de seguridad, calidad y confiabilidad requeridos para la prestación de servicio. Pero se requiere de refuerzos adicionales en el sistema de transmisión a 115 kV asociado a la subestación Santa Clara.

En esta opción, al igual que en la opción B, la ruta de las líneas atraviesa parte del Parque Nacional Henri Pittier, lo cual podría dificultar la construcción de las mismas, dadas las restricciones impuestas para estos casos