

Análisis de la capacidad del sistema.

Introducción.

En el presente capítulo se estudia la capacidad del sistema de transmisión actual en 33 kV del sur de Entre Ríos, esto compone los flujos de potencia, caídas de tensiones, y los correspondientes límites que este sistema presenta ante los incrementos futuros de la demanda y los correspondientes problemas asociados a estos ítems. También se realiza el análisis del sistema futuro adoptado en 132 kV, con la correspondiente proyección del límite de transmisión de la misma.

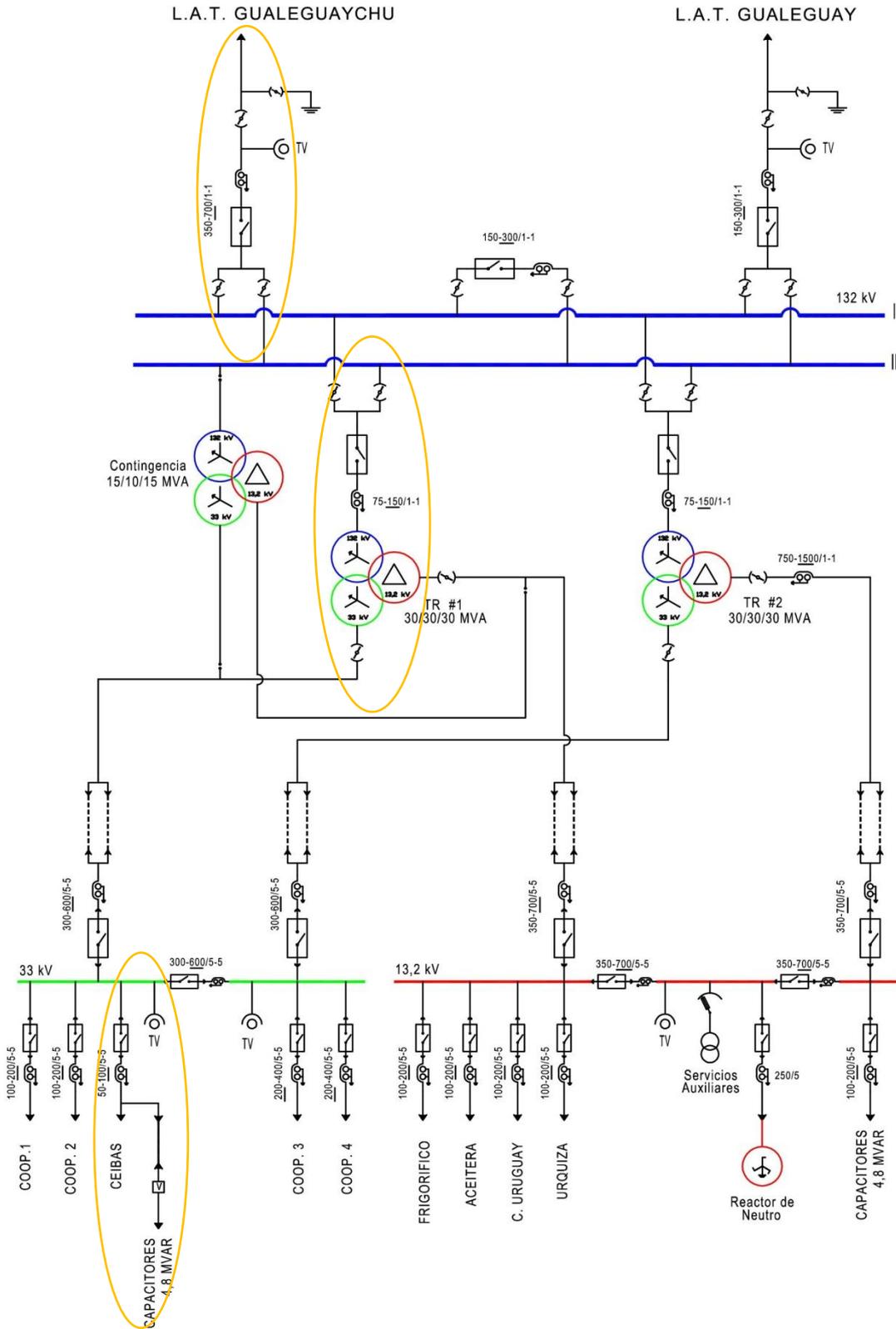
El modelado de la red y su simulación se realiza utilizando el Software PSS®E University versión 33, de la Firma Siemens, los parámetros de línea y datos de flujos de potencia, picos de consumo y datos de líneas utilizados, fueron obtenidos de la "Guía de referencia de ENERSA versión 2014". Los parámetros de línea, del nuevo sistema fueron calculados a partir del software PARALAT.

Descripción del sistema actual.

El abastecimiento eléctrico de toda la zona sur de la provincia es realizada por medio de una línea radial de 33kV, que es energizada desde la subestación Guauguaychú de 132kV, a través de un transformador de 30MVA (Alimentador Ceibas), el flujo de energía es aportado por la línea de 132kV que vincula la E.T Colonia Elía con la E.T Guauguaychú, ya que la barra Colonia Elía es el nodo más cercano (61 Km de distancia aproximadamente) con vinculación al sistema de interconexión nacional de 500kV, como se observa en la siguiente figura:

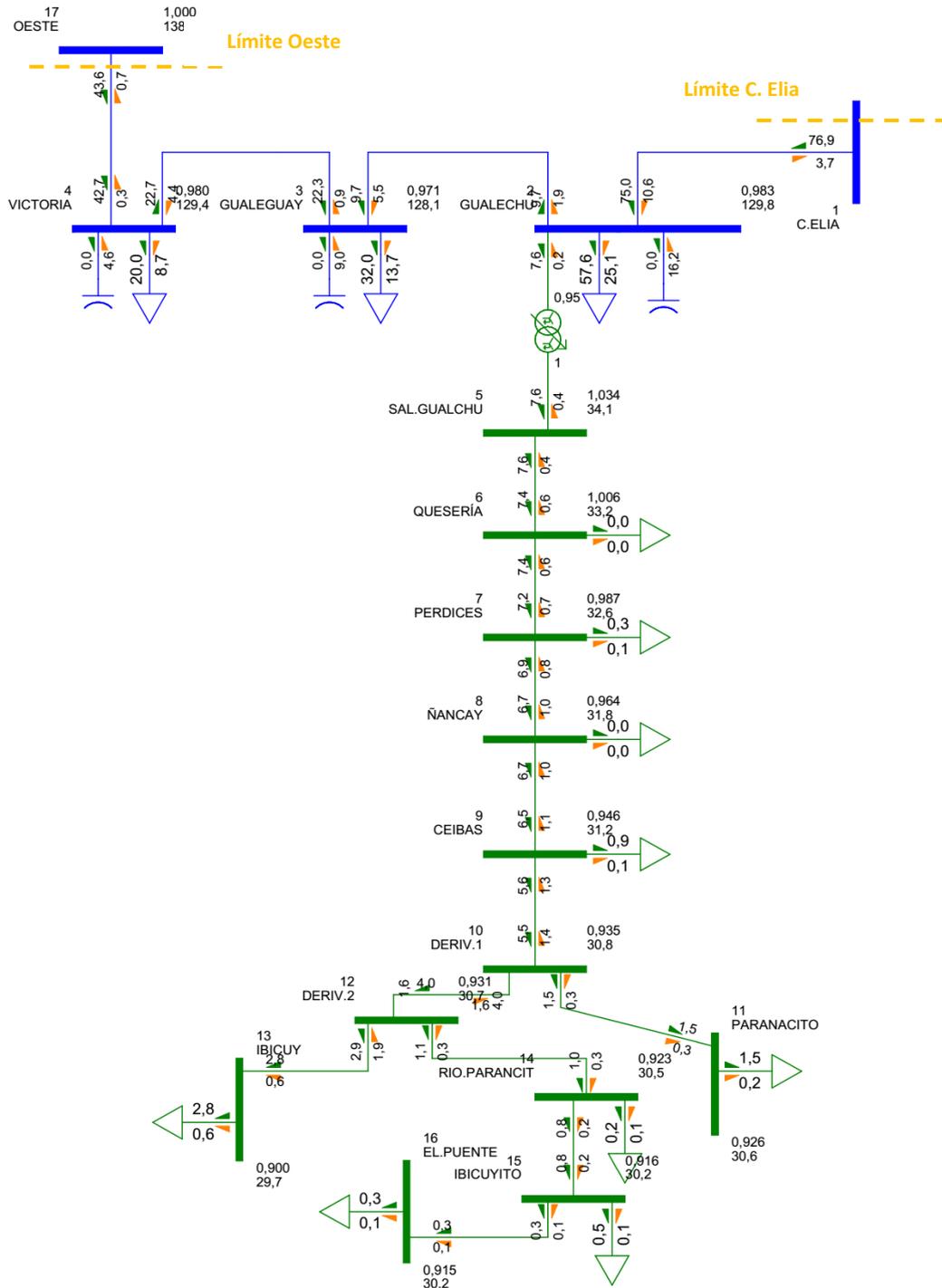


Unifilar E.T Gualeguaychú:



Alumnos: Carriere Edgardo.
Girardo Martin.
Olmos Franco.

Detalle por barra del sistema y flujos máximos actuales (año 2014):



En la figura anterior el sistema de 132kV se indica con color azul, mientras que el de 33kV se observa con color verde. También se presentan los flujos de potencia actuales (estos valores se presentan a continuación en el detalle de cargas actuales), siendo las flechas verdes la potencia activa [MW] y las flechas naranjas las potencias reactivas [MVar]. Un detalle importante a tener en cuenta y que podemos apreciar en la figura anterior, son los perfiles de tensiones de las barras de las localidades de Paranacito, Ibicuy, Rio Paranacito,

Ibicuycito y El Puesto, estos se encuentran reducidos en un valor cercano al 10%, siendo el máximo permitido por el ente regulador provincial $\pm 7\%$.

Consideraciones para el cálculo de flujos.

Para el estudio del flujo de potencia se consideraron los siguientes límites y simplificaciones:

Se adopta la barra **Colonia Elía como Barra Libre** (ángulo y módulo de tensión conocidos) de 138kV y 0º, ya que como se mencionó este nodo tiene vinculación directa al sistema de interconexión nacional de 500kV alimentado directamente por Salto Grande Argentina. La E.T Colonia Elía es la que aporta en condiciones normales de funcionamiento del sistema el 100% de la potencia consumida por la barra de Gualeguaychú y se considera sin limitación de aporte de energía activa y reactiva, debido a la gran capacidad remanente de los transformadores de rebaje instalados en la E.T Colonia Elía.

Figura del sistema de interconexión nacional (CAMMESA).



Esto independiza la zona de estudio del sistema hacia norte de la E.T Colonia Elía.

Tomamos como límite de la zona oeste de la provincia a la barra llamada **“Oeste”**, que representa el aporte de flujo de potencia activa y reactiva, desde Paraná a través de Crespo. A esta barra la consideramos una barra de **Tensión Controlada** (generador sin límite de aporte de reactivo) debido a que representa el aporte del sistema de 500 kV por medio de la ET Gran Paraná, la que entrará en servicio en 2016, sin limitación de aporte de potencia activa y reactiva. El aporte de la zona oeste (E.T Paraná Oeste), como se verá a continuación en las simulaciones, abastece las demandas de Crespo, Victoria y parte del consumo de Gualeguay, por lo que podemos decir que no interviene en el aporte de energía de la zona en estudio.

Como barras de carga (P y Q conocidos) se tomaron las barras o E.T de Gualaguaychú, Gualaguay, Victoria, para el sistema de 132kV y Quesería, Perdices, Ñancay, Ceibas, Paranacito, Ibicuy, Río Paranacito, Ibicuycito y El puente, para el sistema de 33kV.

Los correspondientes parámetros y características de los distintos tramos de la línea de 33kV y 132kV se detallan a continuación en la siguiente tabla:

E.T. Origen	E.T. Destino	Tensión nominal	Conductor	Long total	R (1)	X	B
		kV	Al/Ac	km	ohm/km	ohm/km	µs/km
Salida	Queseria	33	120/20	19	0,237	0,237	-
Queseria	Perdices	33	120/20	13,3	0,237	0,237	-
Perdices	Ñancay	33	120/20	17,2	0,237	0,237	-
Ñancay	Ceibas	33	120/20	14,3	0,237	0,237	-
Ceibas	derv.1	33	120/20	11,5	0,237	0,237	-
derv.1	Paranacito	33	120/20	20,75	0,237	0,237	-
derv.1	derv.2	33	120/20	7,25	0,237	0,237	-
derv.2	Ibicuy	33	120/20	36,8	0,237	0,237	-
derv.2	Río Paranacito	33	50/8	9,9	0,595	0,595	-
Río Paranacito	Ibicuycito	33	50/8	11,5	0,595	0,595	-
Ibicuycito	El Puente	33	50/8	8	0,595	0,595	-
Gualaguaychú	Colonia Elía	132	300/50	61,40	0,095	0,389	2,954
Gualaguay	Gualaguaychú	132	240/40	78,80	0,119	0,398	2,886
Victoria	Gualaguay	132	240/40	98,60	0,119	0,398	2,886

Para las líneas de 33kV se considera que $X [\Omega/km]=R [\Omega/km]$, en tanto que la suceptancia B [$\mu S/km$] se considera despreciable para las líneas en este nivel de tensión.

Los valores en por unidad [p.u] son:

Tomando una impedancia base para el sistema de 132kV: $Z_b = \frac{(132kV)^2}{100MVA} = 174,24\Omega$

Y para el sistema de 33kV: $Z_b = \frac{(33kV)^2}{100MVA} = 10,89\Omega$

E.T. Origen	E.T. Destino	R	X	B
		p.u	p.u	p.u
Salida	Queseria	0,4135	0,4135	-
Queseria	Perdices	0,2894	0,2894	-
Perdices	Ñancay	0,3743	0,3743	-
Ñancay	Ceibas	0,3112	0,3112	-
Ceibas	derv.1	0,2503	0,2503	-
derv.1	Paranacito	0,4516	0,4516	-
derv.1	derv.2	0,1578	0,1578	-
derv.2	Ibicuy	0,8009	0,8009	-
derv.2	Río Paranacito	0,5409	0,5409	-
Río Paranacito	Ibicuycito	0,6283	0,6283	-
Ibicuycito	El Puente	0,4371	0,4371	-
Gualaguaychú	Colonia Elía	0,0335	0,1371	0,0316
Gualaguay	Gualaguaychú	0,0538	0,1800	0,0396
Victoria	Gualaguay	0,0673	0,2252	0,0496

Las potencias activas picos y reactivas picos por barra, registradas por ENERSA para el año 2014 fueron:

Alumnos: Charriere Edgardo.
Girardo Martin.
Olmos Franco.

E.T/Barra	P [kW]	Q [kVAr]
Gualeguaychu	50900	22200
Gualeguay	32034	33000
Victoria	20034	21000
Queseria	44,0	46,4
Perdices	327,3	345,0
Nancay	39,6	41,7
Ceibas	862,6	909,2
Paranacito	1543,4	1626,9
Ibicuy	2848,0	3602,0
Rio paranacito	232,0	244,5
Ibicucito	509,6	537,2
El puente	306,2	322,8

*Gráfica flujo de potencia anterior.

En las barras de Gualeguaychú, Gualeguay y Victoria existen compensación de reactivo (inyección) para mejorar los perfiles de tensión de las mismas, los valores de los capacitores instalados son de 4,8MVAR para Victoria y de 16,6MVAR para Gualeguaychú y 9,8MVAR para Gualeguay; lo mismo ocurre para la barra de salida en 33kV que alimenta este sistema, la cual posee una compensación de 4,8MVAR (unifilar E.T Gualeguaychú).

Para el modelado del transformador que alimenta el sistema, que en este caso es un transformador trifásico de tres arrollamientos 132/33/13.2kV-30/30/30 MVA, se simplificó el modelo de este por uno equivalente de dos arrollamientos, cuya impedancia “ X_T ” se tomó igual a la tensión de cortocircuito porcentual entre el primario y secundario “ $U_{cc}\%$ ”. En nuestro caso este valor es:

$$U_{cc}\% = X_T = 10,43\%$$

En valores en por unidad:

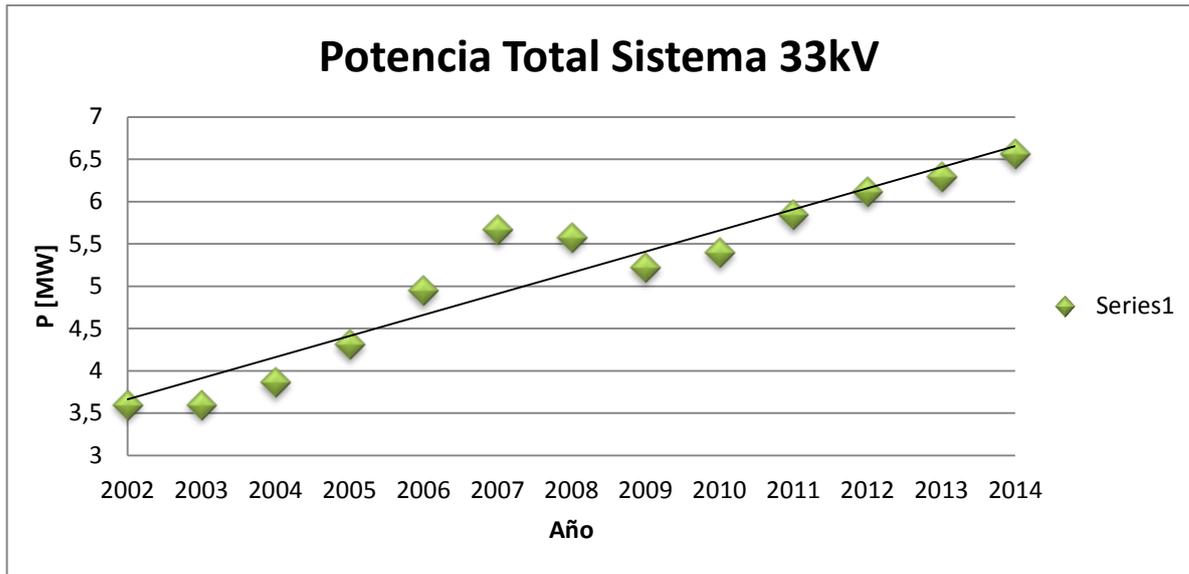
$$\text{Potencia base: } S_b = 100\text{MVA}$$

$$x_T = \frac{X_T \cdot U_T^2 \cdot S_b}{100\% \cdot U_b^2 \cdot S_T} = 0,347$$

Proyección de cargas.

Para el estudio de proyección de cargas futuras se utilizó el registro histórico de **máximos anuales** de ENERSA para el total de potencia absorbida por el sistema de 33kV (alimentador Ceibas) a partir del año 2002.

A continuación se presenta la gráfica de dichos datos con su respectiva regresión:



Al analizar esta gráfica se concluye, según la línea de regresión obtenida, que la tendencia media registrada en los últimos 13 años se encuentra en el orden de 6,9%. Valor al cual podemos considerar como tasa de crecimiento anual, para realizar las correspondientes proyecciones.

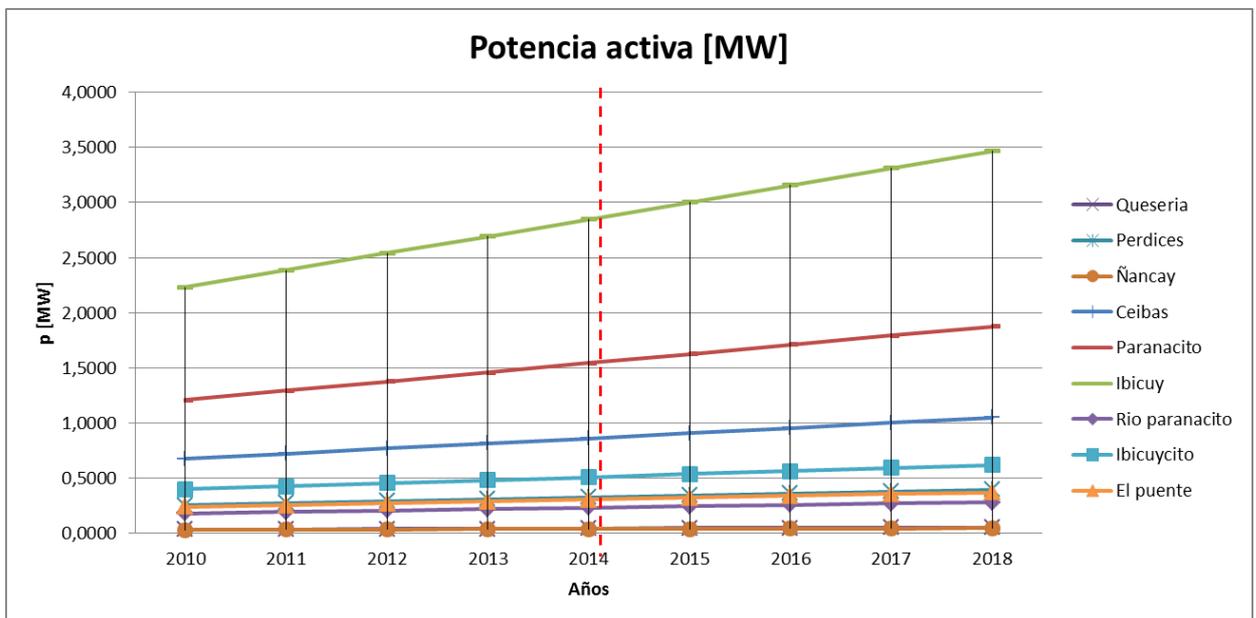
A continuación se detallan los datos de potencia activa y reactiva pico máximas, discriminados por barra, tanto para el sistema de 33kV en estudio como para el de 132kV que alimenta a éste. Los datos se brindan desde el año 2010 a la actualidad (2014) y se extrapolan en primera instancia hasta el año 2018, utilizando el incremento correspondiente a cada sistema.

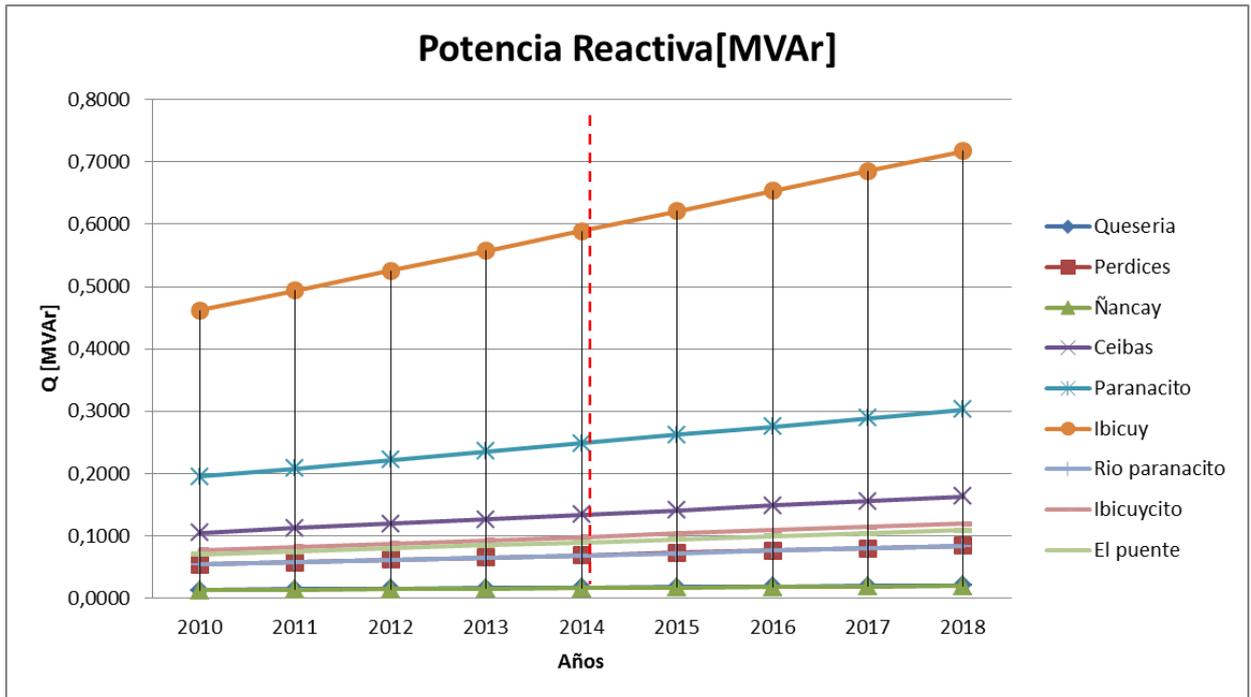
E.T/Barra	P [MW]									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Gualeguaychu	45,0	49,5	51,0	55,8	57,6	59,0	61,3	63,6	66,0	
Gualeguay	28,2	29,1	30,1	31,1	32,0	33,0	34,5	36,0	37,6	
Victoria	16,2	17,1	18,1	19,1	20,0	21,0	21,8	22,7	23,5	
Queseria	0,0345	0,0369	0,0393	0,0416	0,0440	0,0464	0,0488	0,0512	0,0535	
Perdices	0,2565	0,2742	0,2919	0,3096	0,3273	0,3450	0,3627	0,3804	0,3981	
Ñancay	0,0310	0,0331	0,0353	0,0374	0,0396	0,0417	0,0438	0,0460	0,0481	
Ceibas	0,6760	0,7226	0,7693	0,8159	0,8626	0,9092	0,9559	1,0025	1,0492	
Paranacito	1,2096	1,2931	1,3765	1,4600	1,5434	1,6269	1,7104	1,7938	1,8773	
Ibicuy	2,2320	2,3860	2,5400	2,6940	2,8480	3,0020	3,1560	3,3101	3,4641	
Rio paranacito	0,1818	0,1943	0,2069	0,2194	0,2320	0,2445	0,2571	0,2696	0,2822	
Ibicucyito	0,3994	0,4270	0,4545	0,4821	0,5096	0,5372	0,5648	0,5923	0,6199	
El puente	0,2400	0,2566	0,2731	0,2897	0,3062	0,3228	0,3394	0,3559	0,3725	
Total sist. 33kV	5,26	5,62	5,99	6,35	6,71	7,08	7,44	7,80	8,16	

	Q [MVAr]								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gualeguaychu	19,6	21,6	22,2	24,3	25,1	25,7	26,7	27,7	28,8
Gualeguay	12,3	12,7	13,1	13,5	13,7	14,2	14,4	14,8	15,0
Victoria	7,0	7,5	7,9	8,3	8,7	9,2	9,5	9,9	10,2
Queseria	0,0135	0,0144	0,0154	0,0163	0,0172	0,0182	0,0191	0,0200	0,0210
Perdices	0,0543	0,0580	0,0618	0,0655	0,0693	0,0730	0,0768	0,0805	0,0843
Ñancay	0,0127	0,0136	0,0145	0,0153	0,0162	0,0171	0,0180	0,0188	0,0197
Ceibas	0,1052	0,1125	0,1197	0,1270	0,1342	0,1415	0,1488	0,1560	0,1633
Paranacito	0,1950	0,2085	0,2219	0,2354	0,2488	0,2623	0,2757	0,2892	0,3026
Ibicuy	0,4620	0,4939	0,5258	0,5576	0,5895	0,6214	0,6533	0,6851	0,7170
Rio paranacito	0,0541	0,0578	0,0616	0,0653	0,0690	0,0728	0,0765	0,0802	0,0840
Ibicucito	0,0772	0,0825	0,0879	0,0932	0,0985	0,1038	0,1092	0,1145	0,1198
El puente	0,0705	0,0754	0,0802	0,0851	0,0900	0,0948	0,0997	0,1046	0,1094
Total sist. 33kV	1,04	1,12	1,19	1,26	1,33	1,40	1,48	1,55	1,62

Se debe tener en cuenta que los valores presentados de potencia tanto activa como reactiva de la barra Gualeguaychú, indican no solo la demanda de la ciudad sino también la propia del sistema de 33kV, ya que como se mencionó anteriormente este sistema actualmente lo alimenta la E.T Gualeguaychú. Es decir que estos valores son el consumo propio de la ciudad de Gualeguaychú más el consumo del sistema de 33kV en estudio.

Gráficas de potencia activa y potencia reactiva para el sistema de 33kV.



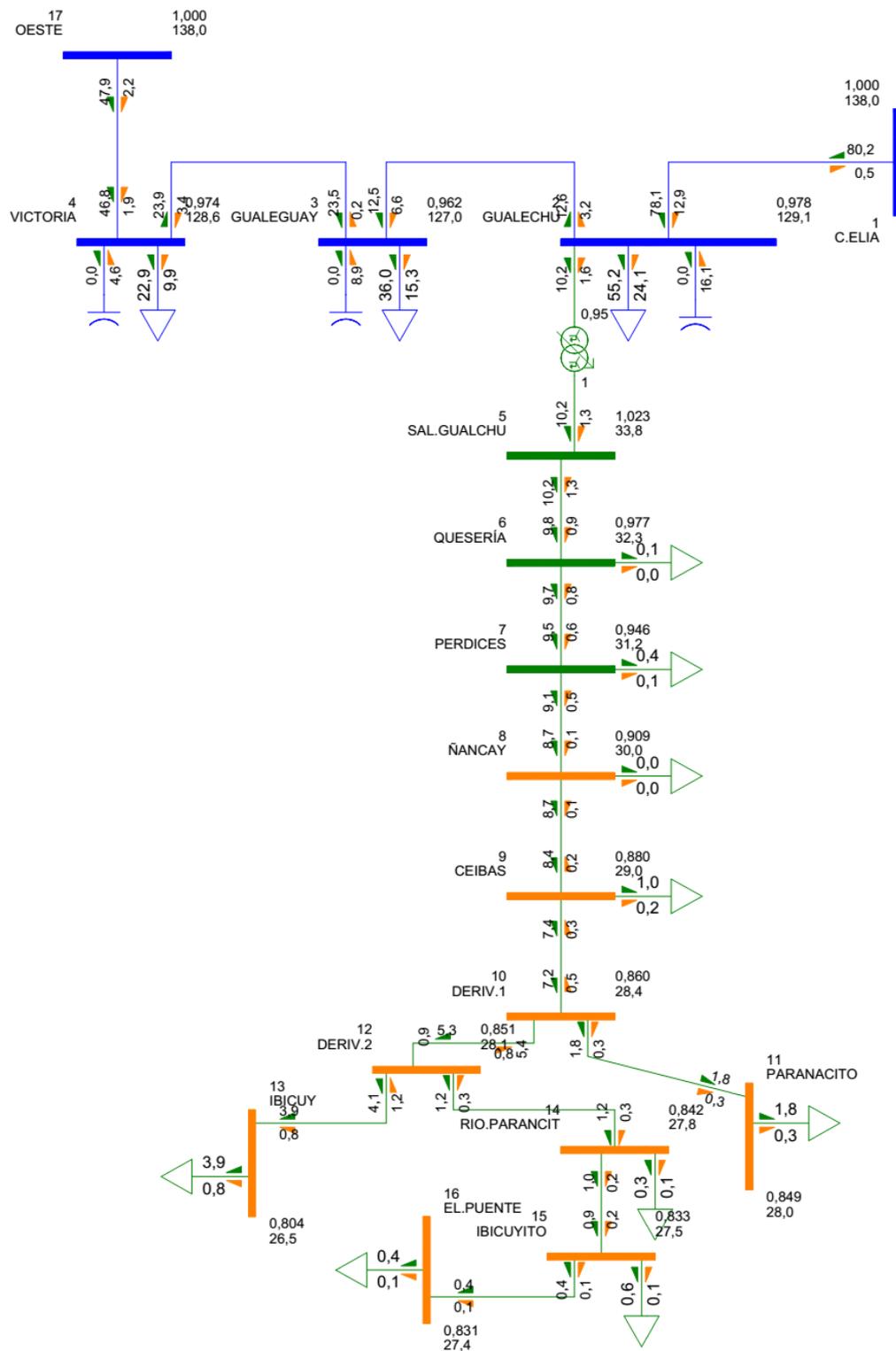


Las líneas de trazos rojas verticales, delimitan los datos reales medidos por ENERSA de los datos estimados por extrapolación. Se puede apreciar la tendencia lineal de la demanda.

Análisis de cargas del sistema existente para el año 2017.

El estudio se realizó utilizando el Software Siemens PSS®E versión 33, el mismo utiliza el método de cálculo iterativo de Newton-Raphson. Los datos utilizados fueron extraídos de los registros y proyecciones anteriormente presentados (picos máximos proyectados para el año 2017), y con las simplificaciones antes mencionadas. En esta instancia se consideró que la E.T Gran Paraná ya se encuentra en servicio y alimentando la zona oeste de la provincia, al tener esta nueva barra vinculada al sistema de 500kV, la consideramos como barra de tensión controlada (generador sin limitación de manejo de reactivo, 138kV-0º respectivamente), esta simplificación independiza el sistema estudiado del resto del sistema provincial.

Con estos datos se realizó la simulación obteniendo el siguiente resultado:



A partir de este año ya se observan problemas de caídas de tensión desde barra “Ñancay” hacia el sur (barras en color naranja), lo que afecta a las localidades de Ñancay, Ceibas, Paranacito, Ibicuy, Rio Paranacito, Ibicuycito y El Puente. Se debe tener en cuenta que en la localidad de Ceibas ya se encuentra instalado un regulador automático de tensión (R.A.T) en la línea dado el inconveniente ya planteado. Si bien una solución rápida, económica y a corto plazo sería la instalación de nuevos R.A.T o bancos de capacitores en la región

Alumnos: Charriere Edgardo.
Girardo Martin.
Olmos Franco.

afectada a fin de inyectar reactivo y elevar los perfiles de tensión en dichas barras, no es una solución técnica aconsejable al no ser una solución a largo plazo ni confiable, debido a que solo se logra solucionar los problemas de tensión. En un futuro cercano se nos presentará otro problema en donde las líneas existentes de 33 kV y equipos asociados a estas llegarán al límite de potencia que pueden transmitir, debido al crecimiento de demanda estimada de la zona y a la futura instalación del parque industrial proyectado en la ciudad de Ibicuy. Otro inconveniente que se presenta a partir de este análisis es que se estaría alcanzando para este año la capacidad máxima de la E.T Gualeguaychú (75MVA).

Análisis de cargas del sistema existente para el año 2019

A continuación se analiza el sistema introduciendo las cargas proyectadas para el año 2019, en esta instancia consideramos que ya se encuentra instalado y en funcionamiento el parque industrial Ibicuy, abastecido desde la barra con mismo nombre. Se proyecta una potencia activa consumida por este Parque aproximadamente de 3MW con factor de potencia cercano a 0,9. Resumiendo:

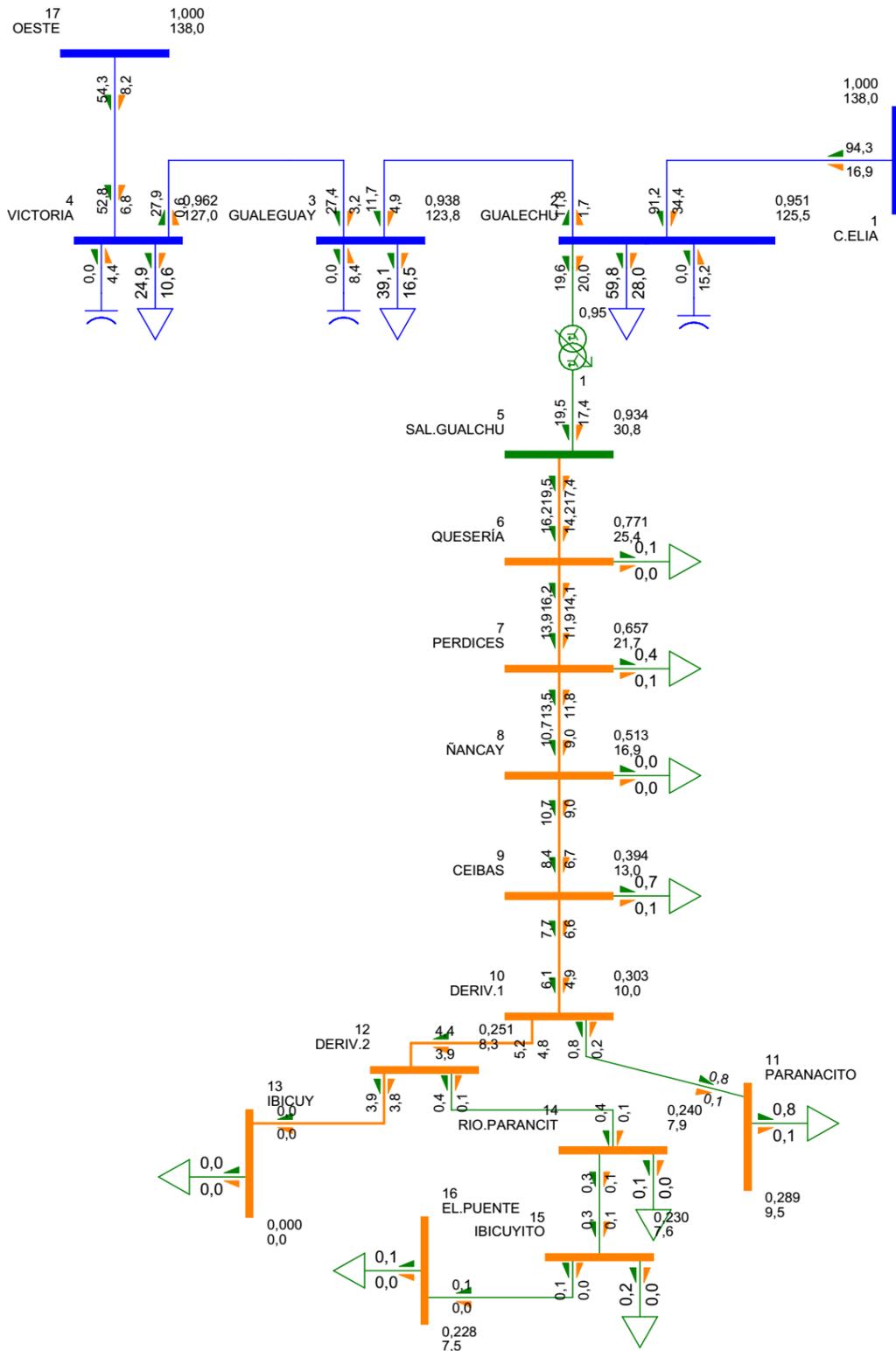
Parque industrial Ibicuy:

$$P = 3\text{MW}$$

$$\cos\phi = 0,9$$

$$Q = 1,3\text{MVAr}$$

El flujo de potencia obtenido es el siguiente:



En estas condiciones se produce el colapso del sistema de 33kV. En primera instancia se pueden observar los perfiles de tensión, con subtensiones totalmente fuera de rango, la transmisión de potencia se hace imposible en estas condiciones. Otro problema observado es que se alcanza el valor de potencia máxima que puede ser transmitida por límite térmico del conductor por la línea de 33kV.

Alumnos: Charriere Edgardo.
 Girardo Martin.
 Olmos Franco.

Esta potencia se la calcula de la siguiente manera:

$$P_{\max} = \sqrt{3} * 33kV * I_{adm} * \cos \varphi$$

En los primeros tramos de la línea se utiliza un conductor aluminio-acero de 120/20 mm² de sección respectivamente, en el cual la corriente admisible es de 360A, considerando un factor de potencia de 0,9 (a pesar de que el organismo regulador impone un factor de potencia como mínimo de 0,95 se adopta aquel valor para los cálculos debido a que los datos de las líneas de ENERSA en esta región así lo registran); la potencia máxima que puede ser transmitida nos da:

$$P_{\max} = 17MW$$

Valor que se alcanza en los primeros tramos de la línea, como se puede observar en la figura de flujo de potencia anterior.

Análisis del sistema propuesto.

ENERSA está proyectando la construcción de una nueva E.T en Gualeguaychú denominada “**Gualeguaychú Oeste**” y de las líneas de 132 kV de vinculación con el sistema de transporte de ENERSA, ya que la actual y única E.T que alimenta la ciudad para el año 2017 estaría llegando a su capacidad máxima. La nueva E.T tomaría la carga del parque industrial Gualeguaychú, parte de carga de la ciudad, correspondiente a la zona oeste, mediante dos transformadores de 132/33/13,2kV – 30/30/30MVA. Esta carga según estimaciones de ENERSA rondaría, para el año 2018, unos 20MW de potencia activa y 9MVAR de reactiva (cosφ cercano a 0,9). También esta nueva E.T alimentará el actual sistema sur de 33 kV (alimentador Ceibas). Al realizar esta obra se logra que la barra “Gualeguaychú” se descargue considerablemente. Se estima que para mediados del 2017 la nueva “ET Gualeguaychú Oeste” entrará en servicio.

Como solución a los problemas de tensión en el sistema sur de 33 kV, realizamos un proyecto por etapas con el objetivo de reducir la inversión inicial del mismo. A continuación se detalla las obras a realizar:

Sistema propuesto para 2017.

Se propone la construcción de una línea de alta tensión de 132 kV entre la ET Gualeguaychú Oeste y Sagastume (donde a futuro se construirá la ET Islas), en simple terna con conductor de 300/50 mm² Al/Ac, hilo de guardia de acero cincado de 50 mm² de sección y postación hormigón armado, longitud aproximada 75 km, denominada LAT Gualeguaychú Oeste – Islas. Esta línea se energizará inicialmente en 33 kV mediante un transformador de 132/33/13.2 kV – 30/30/30 MVA, desde la ET Gualeguaychú Oeste. Con esta configuración se logra anillar el sistema de 33kV del sur de la provincia, mejorando los perfiles de tensión y capacidad de transporte debido a que el flujo de potencia se distribuirá entre la línea existente y la nueva. El tiempo que demanda la construcción de la línea es de 18 meses por lo que se debe iniciar la obra en enero de 2016 para su finalización en julio de 2017, fecha en que entraría en servicio la ET Gualeguaychú Oeste.

Los parámetros de la nueva línea de 132kV se obtuvieron mediante cálculo utilizando el software PARALAT, los resultados arrojados son los siguientes:

LÍNEA DE ALTA TENSIÓN DE 132 kV

GchúO-ISLAS

SISTEMA DE UNIDADES: MÉTRICO

DATOS DE LOS CONDUCTORES REALES DE LA LÍNEA

NRO	RESISTENCIA	DIÁMETRO	RMG	POSICIÓN		FLECHA	CANTIDAD	DISTANCIA
	A LA C.A.	EXTERIOR		HORIZ.	VERTICAL		POR FASE	E/SUBCOND
	(Ω /km)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(m)		(m)
1	.0949	24.5000	9.5400	1.500	11.740	5.220	1	.000
2	.0949	24.5000	9.5400	1.500	13.650	5.220	1	.000
3	.0949	24.5000	9.5400	1.500	15.560	5.220	1	.000
0	3.7500	9.0000	3.0500	.000	18.160	4.380	1	.000

DATOS DE LA LÍNEA

TENSIÓN	LONGITUD TOTAL	-FACTORES DE TRANSPOSICIÓN-			FRECUENCIA
(kV)	(km)	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	(HZ)
132.000	75.000	.333	.333	.333	50.00

RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ω .m)

100.0

RESULTADOS DEL CÁLCULO

MATRIZ DE IMPEDANCIA DE LOS CONDUCTORES REALES, PARA EL TRAMO 1, EN (Ω/km):

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} {}^3 & .1442+j & .7219 & .0493+j & .3889 & .0493+j & .3453 & .0493+j & .3110 & {}^3 \\ & {}^3 & .0493+j & .3889 & .1442+j & .7219 & .0493+j & .3889 & .0493+j & .3316 & {}^3 \\ [Z]_{abcvw} = & {}^3 & .0493+j & .3453 & .0493+j & .3889 & .1442+j & .7219 & .0493+j & .3605 & {}^3 \\ & {}^3 & .0493+j & .3110 & .0493+j & .3316 & .0493+j & .3605 & 3.7993+j & .7935 & {}^3 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE IMPEDANCIA REDUCIDA DE LOS CONDUCTORES DE FASE, EN (Ω):

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} {}^3 & 12.763+j & 53.076 & 5.635+j & 27.019 & 5.635+j & 27.019 & {}^3 \\ [Z]_{abc} = & {}^3 & 5.635+j & 27.019 & 12.763+j & 53.076 & 5.635+j & 27.019 & {}^3 \\ & {}^3 & 5.635+j & 27.019 & 5.635+j & 27.019 & 12.763+j & 53.076 & {}^3 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIA, EN (Ω):

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} {}^3 & 24.033+j & 107.113 & .000+j & .000 & .000-j & .000 & {}^3 \\ [Z]_{012} = & {}^3 & -.002-j & .007 & 7.129+j & 26.058 & .000+j & .000 & {}^3 \\ & {}^3 & -.002-j & .007 & .000+j & .000 & 7.129+j & 26.058 & {}^3 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA POR UNIDAD (BASES= 100 MVA Y 132.00 kV):

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} {}^3 & .13793+j & .61475 & .00000+j & .00000 & .00000-j & .00000 & {}^3 \\ [Z]_{012} = & {}^3 & -.00001-j & .00004 & .04091+j & .14955 & .00000+j & .00000 & {}^3 \\ & {}^3 & -.00001-j & .00004 & .00000+j & .00000 & .04091+j & .14955 & {}^3 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE LOS COEFICIENTES DE MAXWELL DE LOS CONDUCTORES REALES, EN EL TRAMO1, EN ($\text{km}/\mu\text{F}$):

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} {}^3 & 135.8618 & 46.5059 & 35.3503 & 27.1984 & {}^3 \\ & {}^3 & 46.5059 & 138.5714 & 49.0252 & 34.1909 & {}^3 \\ [P]_{abcvw} = & {}^3 & 35.3503 & 49.0252 & 140.9254 & 43.4979 & {}^3 \\ & {}^3 & 27.1984 & 34.1909 & 43.4979 & 161.7039 & {}^3 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE LAS CAPACITANCIAS DE LOS CONDUCTORES REALES, EN EL TRAMO1, EN (nF/km):

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 8.5805 & -2.3143 & -1.1482 & -.6450 \\ -2.3143 & 9.0229 & -2.2788 & -.9055 \\ -1.1482 & -2.2788 & 8.6899 & -1.6626 \\ -.6450 & -.9055 & -1.6626 & 6.9313 \end{bmatrix} \\
 [C]_{abcvw} = & \begin{bmatrix} 8.5805 & -2.3143 & -1.1482 & -.6450 \\ -2.3143 & 9.0229 & -2.2788 & -.9055 \\ -1.1482 & -2.2788 & 8.6899 & -1.6626 \\ -.6450 & -.9055 & -1.6626 & 6.9313 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE CAPACITANCIA REDUCIDA DE LOS CONDUCTORES DE FASE, EN (nF/km):

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 8.5805 & -2.3143 & -1.1482 \\ -2.3143 & 9.0229 & -2.2788 \\ -1.1482 & -2.2788 & 8.6899 \end{bmatrix} \\
 [C]_{abc} = & \begin{bmatrix} 8.5805 & -2.3143 & -1.1482 \\ -2.3143 & 9.0229 & -2.2788 \\ -1.1482 & -2.2788 & 8.6899 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE CAPACITANCIA TOTAL, EN (μF):

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} .6573 & -.1435 & -.1435 \\ -.1435 & .6573 & -.1435 \\ -.1435 & -.1435 & .6573 \end{bmatrix} \\
 [C]_{abc} = & \begin{bmatrix} .6573 & -.1435 & -.1435 \\ -.1435 & .6573 & -.1435 \\ -.1435 & -.1435 & .6573 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

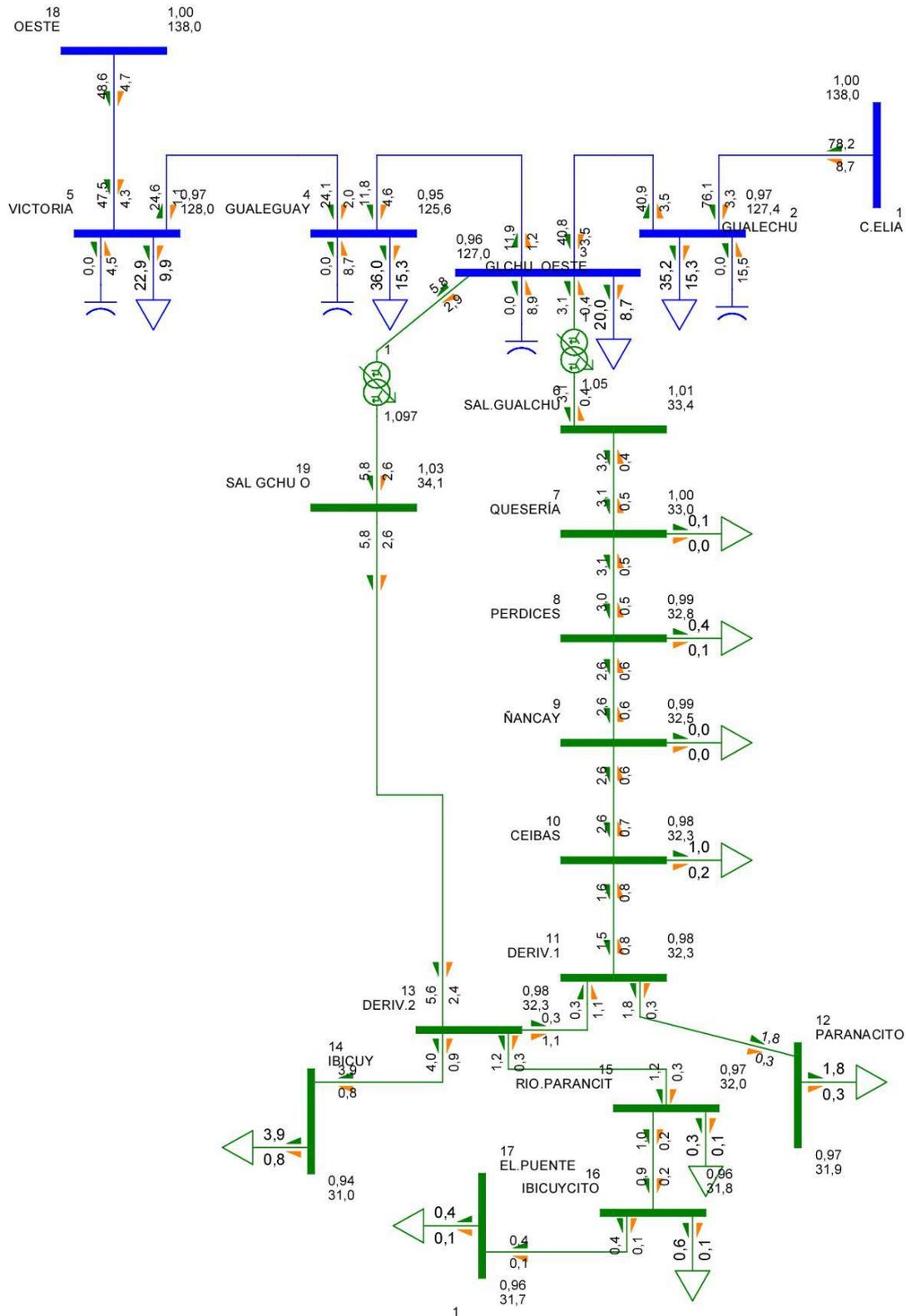
MATRIZ DE CAPACITANCIAS DE SECUENCIA, EN (μF):

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} .3702 & .0000 & .0000 \\ -.0000 & .8008 & .0000 \\ -.0000 & .0000 & .8008 \end{bmatrix} \\
 [C]_{012} = & \begin{bmatrix} .3702 & .0000 & .0000 \\ -.0000 & .8008 & .0000 \\ -.0000 & .0000 & .8008 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

MATRIZ DE SUCEPTANCIAS, EN (μS):

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 206.4861 & -45.0878 & -45.0878 \\ -45.0878 & 206.4861 & -45.0878 \\ -45.0878 & -45.0878 & 206.4861 \end{bmatrix} \\
 [B]_{abc} = & \begin{bmatrix} 206.4861 & -45.0878 & -45.0878 \\ -45.0878 & 206.4861 & -45.0878 \\ -45.0878 & -45.0878 & 206.4861 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

A continuación se puede observar el esquema unifilar con la línea Gualeguaychú Oeste - Islas en funcionamiento y los flujos de potencia para las cargas máximas del 2017.



Como se puede observar, al anillar el sistema de 33 kV del sur de la provincia, los valores de los perfiles de tensión en las barras se encontrarán dentro del rangos del 7% y se logrará descargar las líneas existentes de 33 kV. Analizando el sistema con las cargas máximas proyectadas para el 2018 se obtienen también valores aceptables.

A continuación se analiza el sistema propuesto suponiendo la incorporación del nuevo parque industrial Ibicuy en 2019, recordando que la carga de este se estima en 3MW de potencia activa y 1,3MVAR de potencia reactiva (cosφ=0,9). Con esta incorporación las cargas y proyección de las mismas quedarían como las que se presentan a continuación:

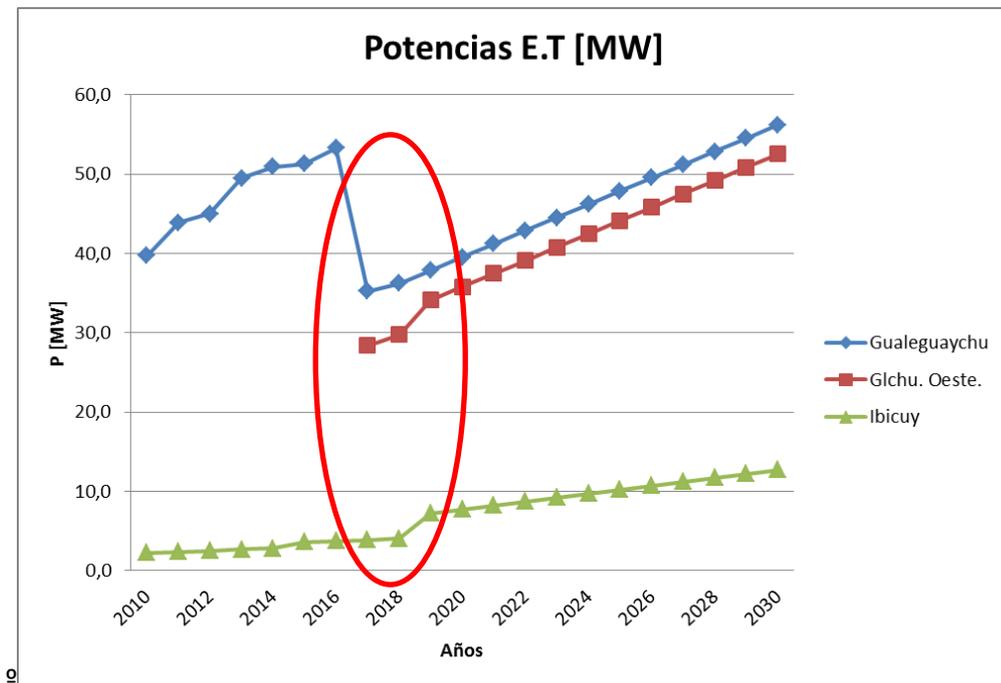
		P [MW]																				
E.T/Barra		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Sist. 132kV	Gualeguaychu	39,7	43,9	45,0	49,5	50,9	51,3	53,3	35,2	36,2	37,9	39,5	41,2	42,9	44,5	46,2	47,9	49,5	51,2	52,9	54,5	56,2
	Gchu. Oeste.								20,0	21,0	22,0	22,9	23,9	24,9	25,8	26,8	27,8	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6
	Gualeguay	25,4	26,9	28,4	30,0	31,5	33,0	34,5	36,0	37,6	39,1	40,6	42,1	43,6	45,1	46,7	48,2	49,7	51,2	52,7	54,3	55,8
	Victoria	16,2	17,1	18,1	19,1	20,0	21,0	22,0	22,9	23,9	24,9	25,8	26,8	27,8	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6	33,6	34,5	35,5
Sist. 33kV	Queseria	0,0345	0,0369	0,0393	0,0416	0,0440	0,0464	0,0488	0,0512	0,0535	0,056	0,058	0,061	0,063	0,065	0,068	0,070	0,073	0,075	0,077	0,080	0,082
	Perdices	0,2565	0,2742	0,2919	0,3096	0,3273	0,3450	0,3627	0,3804	0,3981	0,416	0,433	0,451	0,469	0,487	0,504	0,522	0,540	0,557	0,575	0,593	0,610
	Nancay	0,0310	0,0331	0,0353	0,0374	0,0396	0,0417	0,0438	0,0460	0,0481	0,050	0,052	0,055	0,057	0,059	0,061	0,063	0,065	0,067	0,070	0,072	0,074
	Ceibas	0,6760	0,7226	0,7693	0,8159	0,8626	0,9092	0,9559	1,0025	1,0492	1,096	1,142	1,189	1,236	1,282	1,329	1,376	1,422	1,469	1,516	1,562	1,609
	Paranacito	1,2096	1,2931	1,3765	1,4600	1,5434	1,6269	1,7104	1,7938	1,8773	1,961	2,044	2,128	2,211	2,295	2,378	2,462	2,545	2,628	2,712	2,795	2,879
	Ibicuy	2,2320	2,3860	2,5400	2,6940	2,8480	3,0020	3,1560	3,3101	3,4641	3,6181	3,7721	3,9261	4,0801	4,2341	4,3881	4,5421	4,6961	4,8501	5,0041	5,1581	5,3121
	Rio paranacito	0,1818	0,1943	0,2069	0,2194	0,2320	0,2445	0,2571	0,2696	0,2822	0,295	0,307	0,320	0,332	0,345	0,357	0,370	0,383	0,395	0,408	0,420	0,433
	Ibicucito	0,3994	0,4270	0,4545	0,4821	0,5096	0,5372	0,5648	0,5923	0,6199	0,647	0,675	0,703	0,730	0,758	0,785	0,813	0,840	0,868	0,895	0,923	0,951
	El puente	0,2400	0,2566	0,2731	0,2897	0,3062	0,3228	0,3394	0,3559	0,3725	0,389	0,406	0,422	0,439	0,455	0,472	0,488	0,505	0,522	0,538	0,555	0,571
	Total sist. 33kV	5,26	5,62	5,99	6,35	6,71	7,08	7,44	7,80	8,16	8,52	8,88	9,24	9,60	9,96	10,32	10,68	11,04	11,40	11,76	12,12	12,48
		Q [MVAR]																				
E.T/Barra		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Sist. 132kV	Gualeguaychu	17,3	19,1	19,6	21,6	22,2	22,4	23,2	15,3	13,5	14,1	14,7	15,3	15,9	16,5	17,2	17,8	18,4	19,0	19,6	20,3	20,9
	Gchu. Oeste.								8,7	9,2	9,6	10,0	10,4	10,8	11,3	11,7	12,1	12,5	12,9	13,4	13,8	14,2
	Gualeguay	11,1	11,7	12,4	13,1	13,6	14,2	14,8	15,3	15,9	16,5	17,1	17,6	18,2	18,8	19,3	19,9	20,5	21,0	21,6	22,2	22,8
	Victoria	7,0	7,5	7,9	8,3	8,7	9,2	9,5	9,9	10,2	10,6	11,0	11,3	11,7	12,1	12,4	12,8	13,1	13,5	13,9	14,2	14,6
Sist. 33kV	Queseria	0,014	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,032
	Perdices	0,054	0,058	0,062	0,066	0,069	0,073	0,077	0,081	0,084	0,088	0,092	0,096	0,099	0,103	0,107	0,111	0,114	0,118	0,122	0,125	0,129
	Nancay	0,013	0,014	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,028	0,028	0,029	0,030
	Ceibas	0,105	0,112	0,120	0,127	0,134	0,141	0,149	0,156	0,163	0,171	0,178	0,185	0,192	0,200	0,207	0,214	0,221	0,229	0,236	0,243	0,250
	Paranacito	0,195	0,208	0,222	0,235	0,249	0,262	0,276	0,289	0,303	0,316	0,330	0,343	0,356	0,370	0,383	0,397	0,410	0,424	0,437	0,451	0,464
	Ibicuy	0,462	0,494	0,526	0,558	0,590	0,720	0,752	0,784	0,82	2,15	2,30	2,44	2,59	2,74	2,89	3,04	3,19	3,33	3,48	3,63	3,78
	Rio paranacito	0,054	0,058	0,062	0,065	0,069	0,073	0,076	0,080	0,084	0,088	0,091	0,095	0,099	0,103	0,106	0,110	0,114	0,118	0,121	0,125	0,129
	Ibicucito	0,077	0,083	0,088	0,093	0,099	0,104	0,109	0,114	0,120	0,125	0,130	0,136	0,141	0,146	0,152	0,157	0,162	0,168	0,173	0,178	0,184
	El puente	0,071	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100	0,105	0,109	0,114	0,119	0,124	0,129	0,134	0,139	0,143	0,148	0,153	0,158	0,163	0,168
	Total sist. 33kV	1,04	1,12	1,19	1,26	1,33	1,50	1,58	1,65	1,72	3,09	3,28	3,47	3,66	3,85	4,03	4,22	4,41	4,60	4,79	4,98	5,16

Se debe tener en cuenta, a diferencia de las tablas de cargas anteriormente vistas, que los datos presentados aquí de las barras “Gualeguaychú y Gchú. Oeste” no corresponden a la totalidad de carga suministradas por estas. Es decir que no se contempla la carga absorbida por el sistema sur de 33kV. Se confeccionaron así dichas tablas con el fin de que pueda apreciarse mejor la distribución de cargas de cada E.T.

No obstante la potencia total que suministra la E.T “Gchú. Oeste” corresponde a la suma de las cargas propias de la ciudad de Gualeguaychú, más la potencia que toma el sistema sur, ya que este es alimentado por esta E.T, como ya se mencionó.

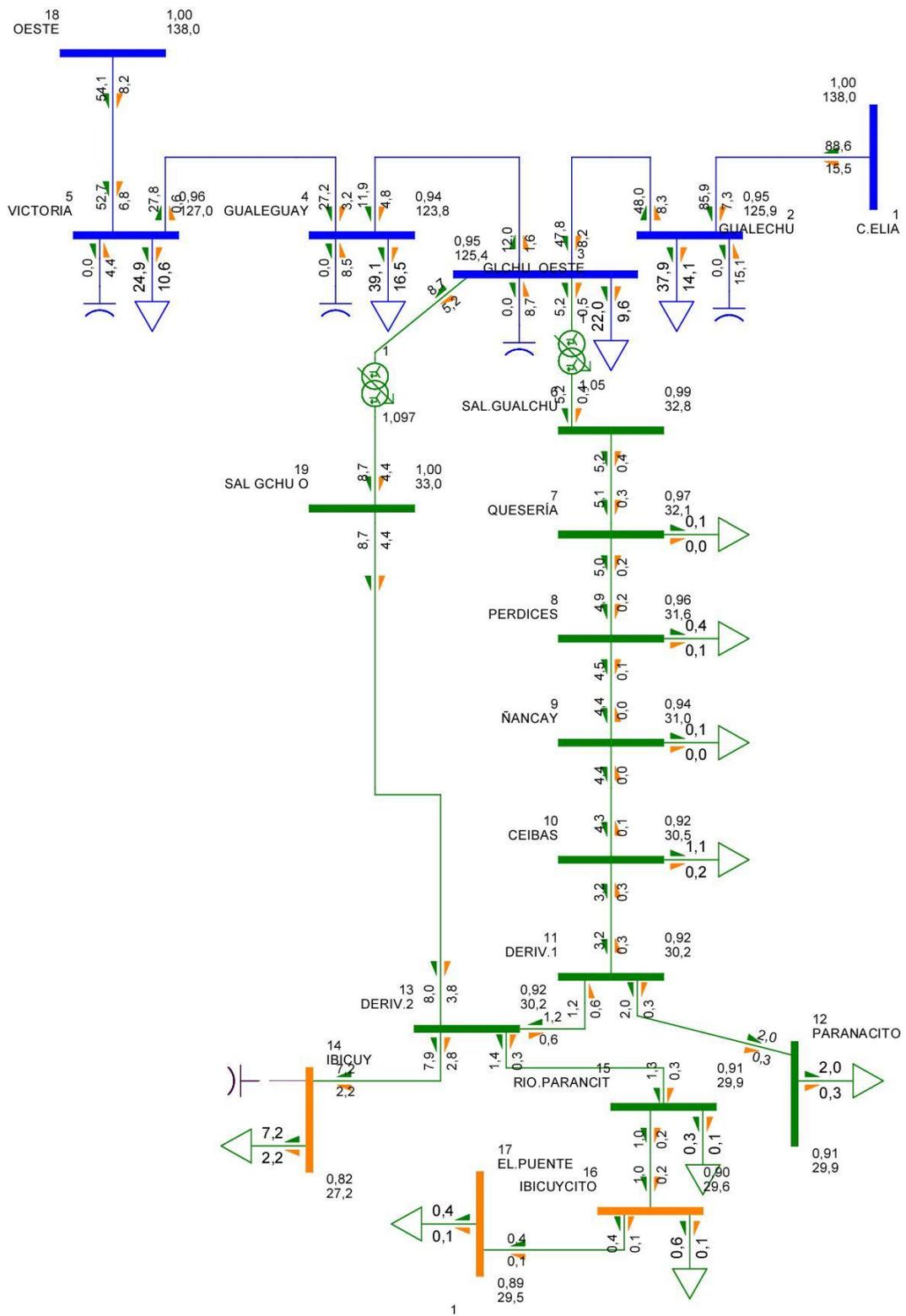
En las tablas anteriores se resaltan para el año 2019 el incremento de 3MW, correspondientes a la incorporación del parque industrial Ibicuy, también se puede notar la instalación de la nueva E.T Gualeguaychú

Oeste, y la repartición de carga entre esta y la anterior E.T Gualeguaychú para el año 2017. Estos datos se pueden apreciar de mejor manera en el siguiente gráfico de tendencias:



Como se puede ver para el año 2017 al montar la nueva E.T Gchú. Oeste, la carga de la anterior E.T disminuye considerablemente, potencia que abastece ahora la nueva E.T. También se observa el repentino incremento de potencia demandada por la E.T Ibicuy a causa de la instalación aquí del parque industrial, para el año 2019.

Para las máximas potencias estimadas del 2019 nuevamente se presentan problemas de tensión en las barras Ibicuycito, el Puente y la más afectada Ibicuy, debido a la puesta en marcha del parque industrial proyectado en esta ciudad, el que demandaría en sus comienzos (año 2019) de 3 MW de potencia activa y 1,3 MVar de potencia reactiva ($\cos\phi=0,9$). Una solución a corto plazo sería la instalación de capacitores en la barra Ibicuy, lo que elevaría los perfiles de tensión, debido a que las líneas todavía cuentan con capacidad remanente. El esquema de flujos de potencia con la nueva carga y sin cambiar la configuración es el siguiente:

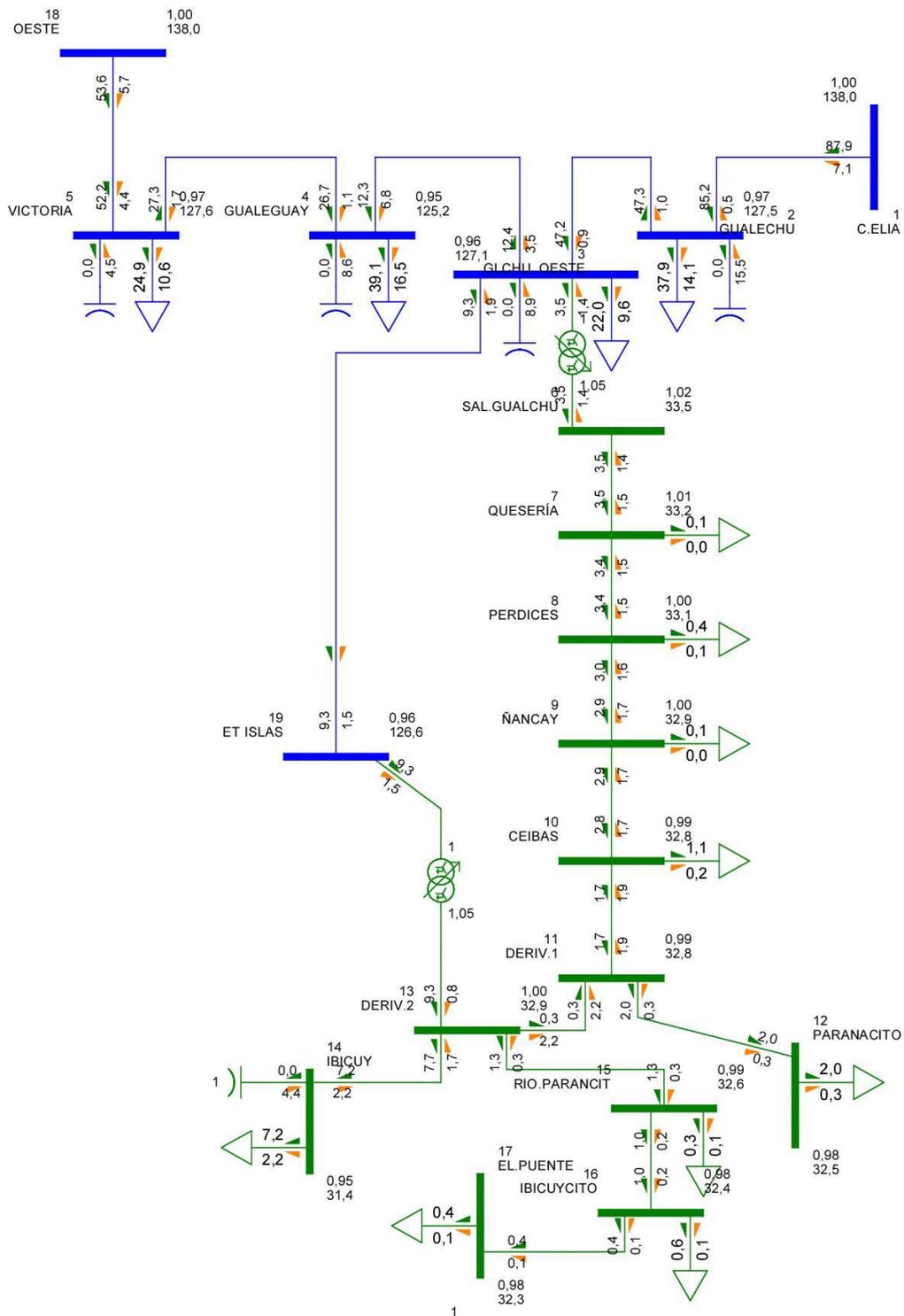


Sistema propuesto para 2019.

Debido al crecimiento de cargas del sistema sur, los sistemas rurales y la entrada en servicio del parque industrial Ibicuy, se propone la construcción de una nueva E.T sobre la ruta nacional N°12 en el acceso a la ciudad de Ibicuy, llamada "E.T Islas". El plazo de construcción de la ET se estima que será de 16 meses por lo que se deben iniciar las obras en 2017 para que en el 2019 entre en servicio.

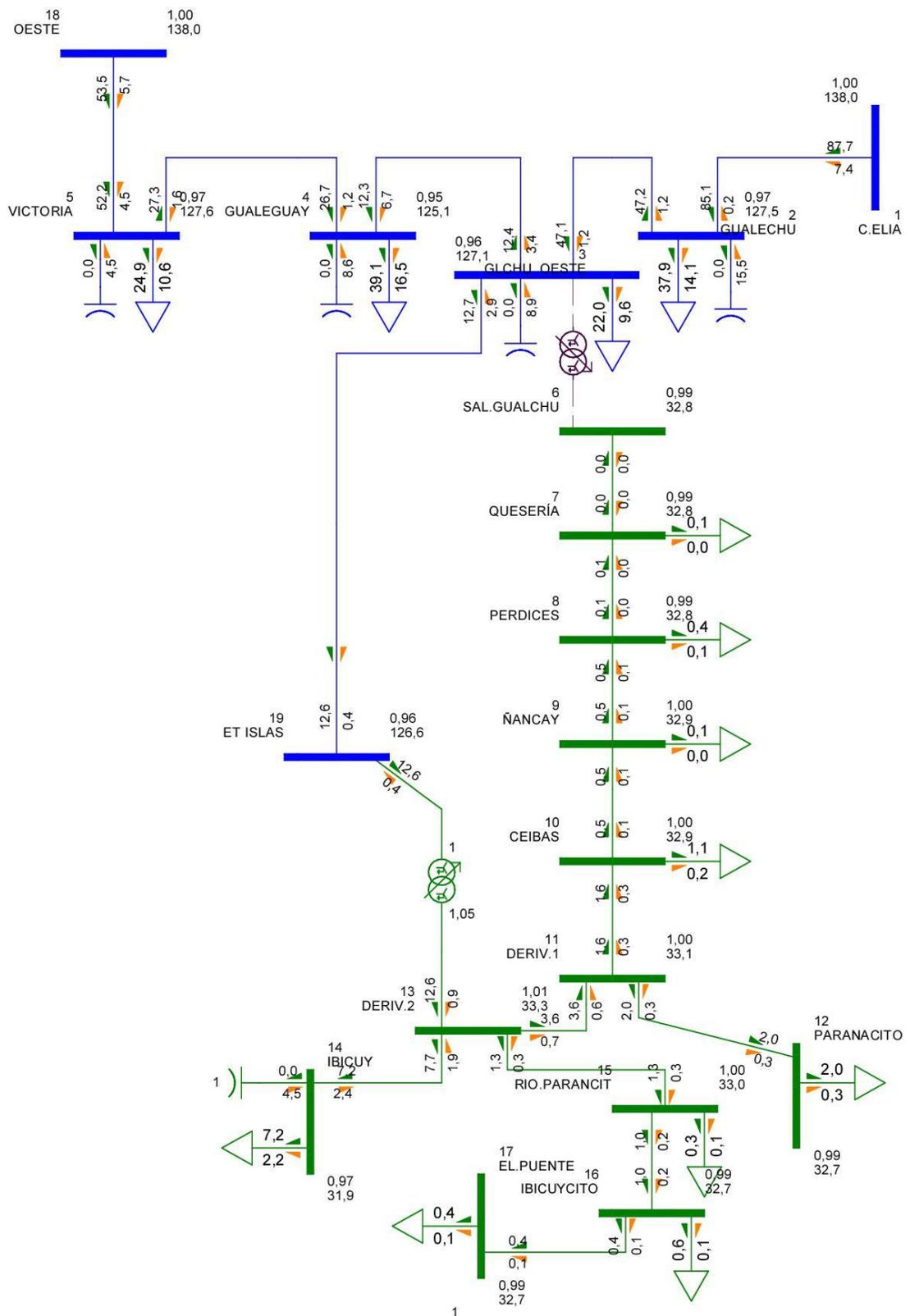
La construcción contempla una estación transformadora de 132/33/13,2 kV., compuesta por una doble barra y tres campos de 132 kV, uno de transformación, uno de entrada/salida de línea y uno de acoplamiento. Instalación y montaje de un transformador de potencia 132/33/13,2 kV – 30/30/30MVA.

A continuación se puede observar los flujos de potencia y los perfiles de tensión del sistema con la configuración propuesta:



Con la línea alimentada en 132 kV y la nueva ET en servicio se pretende lograr una mayor oferta eléctrica para abastecer la demanda creciente de toda la zona sur de la provincia, y que ante la eventual salida de servicio del antiguo alimentador del sistema de 33 kV ya sea por mantenimiento o falla, se pueda alimentar toda la carga del sistema sur desde la ET Islas, con una buena calidad de servicio, prestando así mayor confiabilidad al sistema. Los perfiles de tensión y los flujos de potencia para tal eventualidad serían los siguientes:

Alumnos: Charriere Edgardo.
 Girardo Martin.
 Olmos Franco.



Alumnos: Carriere Edgardo.
 Girardo Martin.
 Olmos Franco.

Conclusión.

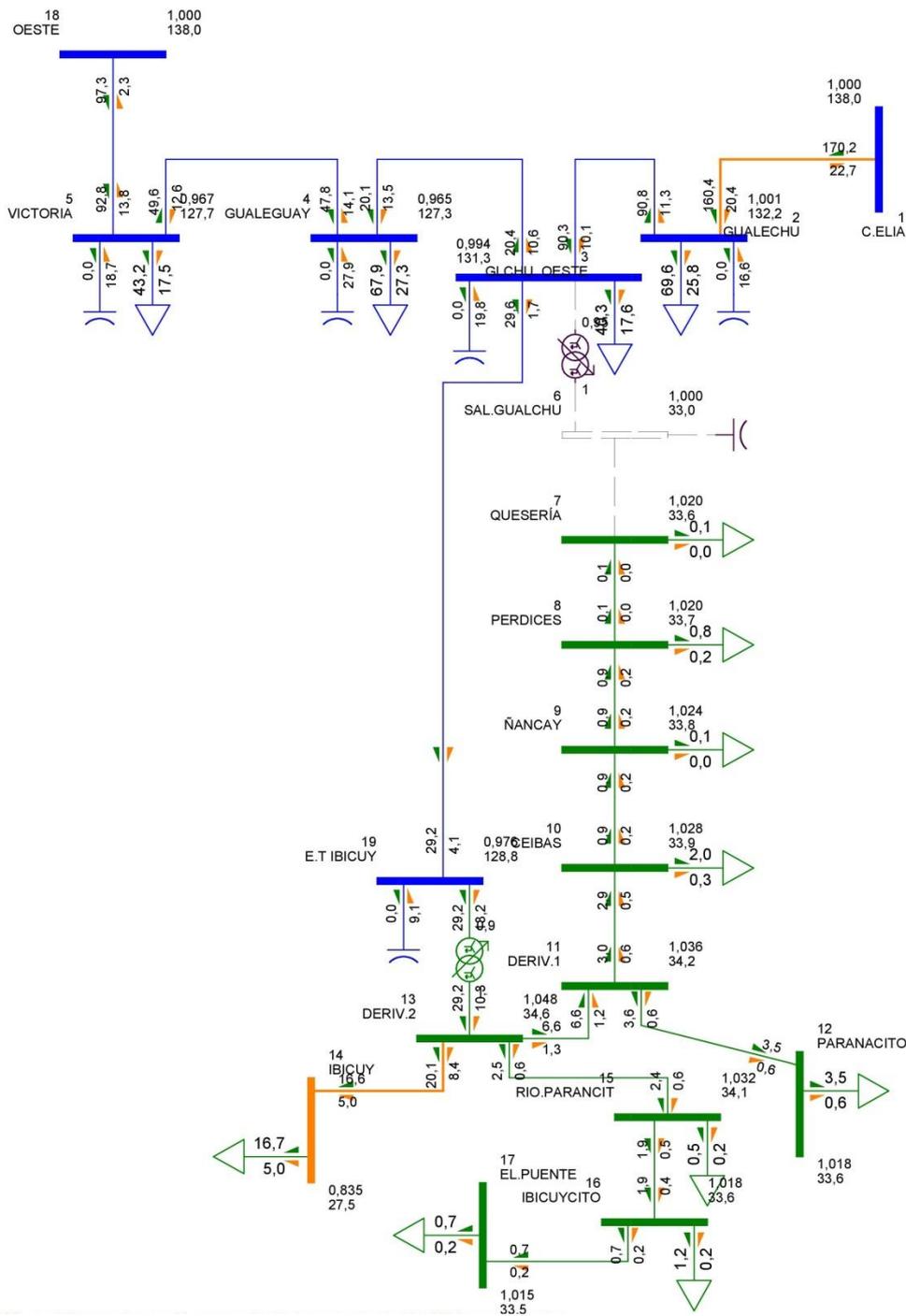
Se concluye que la nueva línea de 132kV a E.T Islas, abastecerá de forma segura y con calidad de servicio a toda la parte sur de Entre Ríos, sin problemas de limitación en la transmisión de potencia durante toda su vida útil, la cual se estima en 30 años. La potencia máxima por límite térmico de esta línea es aproximadamente:

$$P_{\max} = \sqrt{3} * 132kV * 650A * \cos \varphi$$

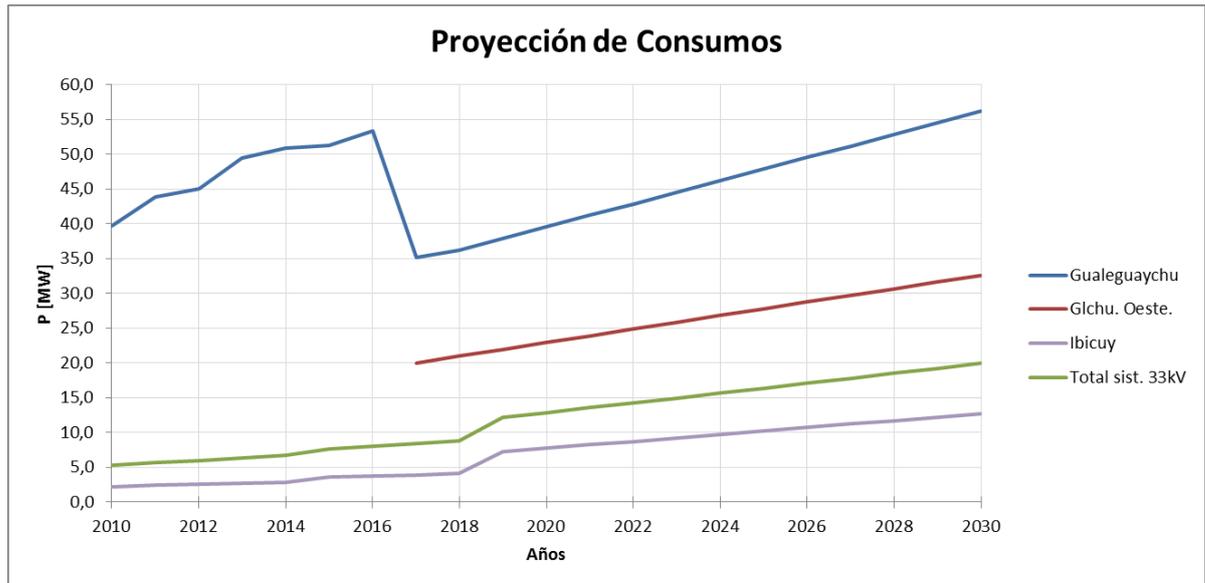
$$P_{\max} = 133MW$$

Límite muy lejano de alcanzar, comparando con la proyección en el año 2047, que ronda los 35MW de potencia requerida para abastecer toda la zona sur de la provincia.

Analizando los flujos de potencia para el año 2038 se presentan dos problemas, identificados en color naranja en la siguiente imagen. El primero es que para este año se estaría llegando al límite de transporte de potencia de la línea de 33kV que alimenta la barra Ibicuy. El segundo es que se ve superado el límite de capacidad transporte de la línea que vincula la E.T Colonia Elía y la E.T Gualeguaychú. Por lo antes dicho, se deberán plantear las correspondientes soluciones a estas problemáticas, con la anterioridad que corresponda al año mencionado. Otra particularidad que se puede observar es el sentido de los flujos de potencia en el sistema de 132kV, entre las E.T; Colonia Elía, Gualeguaychú, Gchú. Oeste, Gualeguay, Victoria y la barra "Oeste", como se mencionó al comenzar el estudio, estos son siempre en el mismo sentido para todas las simulaciones y concuerda con el análisis de ENERSA, con lo que las simplificaciones que hemos tomados del sistema son perfectamente válidas.



A continuación se presenta la proyección de cargas correspondientes a la vida útil de la línea de alta tensión del presente proyecto, se grafican los datos de mayor interés, a saber: E.T Gualeguaychú, E.T Gchú. Oeste, E.T Ibicuy y la potencia total absorbida por el sistema sur de 33kV.



Además de las mejoras ya vistas, se pueden obtener otros beneficios adicionales de construir la nueva línea de 132 kV con su respectiva E.T Ibicuy, como por ejemplo:

Posibilidad de alimentar la totalidad del sistema sur de 33 kV, a través de la E.T Islas, o seccionando este sistema, por ejemplo en Ceibas, alimentar cada sección desde las E.T Islas y E.T Gchú. Oeste según corresponda, o bien ante contingencias o fallas alimentar la sección no afectada desde la E.T que corresponda, no dejando a todos los usuarios de esta área sin servicio, lo que aumenta la confiabilidad y calidad de servicio y también redistribuyendo mejor las cargas.

Posibilidad de realizar la vinculación a otro sistema de 132kV cercano, como pueden ser las E.T Baradero o E.T Zárate en la provincia de Bs. As, o bien cerrar otro nuevo anillo sur en Entre Ríos con las E.T Gualeguay o E.T Victoria.

Plazos de obras

Según los estudios del presente capítulo se concluye que las obras se deberán realizar dentro de ciertos plazos a fin de garantizar la calidad de servicio y mantener los parámetros eléctricos del sistema dentro de los parámetros permitidos.

Año Limite	Evento	Acción a tomar
2016	Caídas de tensiones en tramo final del sistema 33kV	Acciones Correctivas a corto plazo (Instalación de bancos de capacitores - RAT)
2017	Límite de carga en E.T Gualeguaychú	Entrada en servicio de E.T Gchú. Oeste y línea de 132 kV alimentada en 33 kV
2019	Instalación Parque industrial Ibicuy, límite de transporte del primer tramo línea 33kV	Entrada en servicio de ET Ibicuy y energización de línea Gchú - Islas en 132kV.
2038	Límite de transporte línea de alimentación E.T Ibicuy	Construcción de nuevas líneas.
2038	Límite de transporte línea de vinculación E.T Gualeguaychú-E.T Colonia Elia	