

## INFORME de TRABAJO

### **Ante la grave crisis que afecta al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ... Propuesta para la reconstrucción y rehabilitación de la Infraestructura de Operaciones de las Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC**

La difícil situación por la que atraviesa el país por causa de las deficiencias en el servicio de energía eléctrica y la ocurrencia continua de eventos de fallas en la infraestructura de operaciones de CORPOELEC, una vez más son demostrativos de la grave crisis que afecta al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Con el interés de colaborar con soluciones que contribuyan a resolver la situación de crisis del SEN, el “comité de análisis del SEN” de la Comisión de Energía de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ha analizado el alcance de una propuesta de acciones inmediatas, que de ser implementadas en un esfuerzo de gestión que integre: (a) recursos de servicios técnicos de ingeniería, construcción, mantenimiento y de operaciones, (b) medidas organizativas y de promoción de acuerdos contractuales y alianzas estratégicas con agentes financieros y de suministro de tecnología y (c) manejo apropiado de recursos disponibles de suministro y transporte de combustibles, aseguraría iniciar y cumplir con los alcances de un Plan de Ejecución de ciento ochenta (180) semanas, cuyo objetivo principal, es ejecutar un proceso de reconstrucción – rehabilitación de la infraestructura de operaciones de aquellas Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC, que dispongan en sus instalaciones de unidades Turbogeneradoras a Gas. Un resumen de ese trabajo, se expone a continuación.

#### **Situación General ... descripción y antecedentes de capacidad de generación**

Contrastando la información disponible en la prensa y suministrada por parte del Gobierno Nacional, los propios suplidores de tecnología de turbogeneradores a gas y las empresas contratistas participantes en los proyectos termoeléctricos, entre los años 2.008 y 2.014 han sido adquiridos para el SEN – entre CORPOELEC y PDVSA –, nuevos Grupos de Turbinas de Gas, que totalizan una capacidad de generación de 8.760 MWE de potencia.

Es precisamente hacia estos equipos, dónde como primera opción, se deben dirigir los esfuerzos de un Programa de Inversiones de Mantenimiento y Reconstrucción de la Infraestructura de las Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC con unidades Turbogeneradoras a Gas, destinado no sólo a concluir “trabajos incompletos” sino a ejecutar “trabajos de reparación”, con el único objetivo de asegurar con prontitud capacidad de generación termoeléctrica; de soporte y complemento de la hidroeléctrica.

Distribuidas en el territorio nacional, se encuentran instaladas en cincuenta y ocho (58) Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC, un total de doscientas diecinueve (219) unidades termoeléctricas, que al principio del año 2.019, presentaban

un factor de indisponibilidad de turbogeneradores que oscila entre el 53% y el 63% (128 y 140 unidades, respectivamente); y la mayoría, por falta de mantenimiento o en proceso de reparaciones. De éste total de turbogeneradores termoeléctricos, (a) en cincuenta y cinco (55) Plantas se encuentran instalados ciento noventa y siete (197) unidades turbogeneradoras a gas – con potencias unitarias a condiciones de SITIO, de entre 10 MWe y 150 MWe –, tres (3) unidades turbogeneradoras a vapor – operando en Ciclos Combinados de la clase 160 MWe – y (b) en cuatro (4) Plantas, diecinueve (19) unidades turbogeneradoras a vapor; con potencias unitarias de entre 60 MWe y 600 MWe.

Estas doscientas diecinueve (219) unidades termoeléctricas, representan una capacidad instalada de generación de 15.640 MWe a condiciones de SITIO – 12.500 MWe al 80% de factor de carga – y de acuerdo con la información expuesta en el Anuario Estadístico del MPPEE, en su edición de Noviembre 2.014 – en el cual se reflejaban los datos del año 2.013 –, se observa que en el año 2.013, la capacidad de generación de potencia instalada – sin incluir las Plantas de Generación Distribuida –, alcanzaba un valor de 14.011 MWe; que representan 10.300 MWe al 80% de factor de carga – carga firme –.

<b>2.011</b>	<b>2.012</b>	<b>2.013</b>	<b>Tipo de Turbogenerador</b>
<b>4.820</b>	<b>6.255</b>	<b>8.465</b>	<b>Turbogas</b>
<b>940</b>	<b>1.300</b>	<b>1.300</b>	<b>Turbovapor y Turbogas en Ciclo Combinado</b>
<b>4.266</b>	<b>4.266</b>	<b>4.266</b>	<b>Turbovapor</b>
<b>1.044</b>	<b>1.221</b>	<b>1.290</b>	<b>Diésel en Generación Distribuida</b>
<b>11.050</b>	<b>13.022</b>	<b>15.301</b>	<b>TOTAL MWe</b>

**Nota: capacidad instalada en MWe a condiciones ISO**

En ese año 2.013, como bien se aprecia en la Tabla 01 expuesta a continuación, (a) la capacidad instalada – en MWe a condiciones ISO – del Sistema Interconectado Nacional (S.I.N.) era de 30.180 MWe, de los cuales 14.879 MWe correspondían a las Plantas Hidroeléctricas – dónde la contribución correspondiente de las Plantas Termoeléctricas, fue del 50,70 % – y (b) la demanda máxima satisfecha alcanzó un valor de 18.357 MWe.

Y en términos de energía generada, se aprecia en esa Tabla 01, que la contribución de (a) las unidades turbogeneradoras a gas y turbogeneradoras a vapor operando en Ciclos Combinados, alcanzó un valor del 28,37 % – 22,18 % a las primeras y 6,19 % a las segundas – y de (b) las turbogeneradoras a vapor – en Ciclo Simple –, alcanzó un valor del 8,65 %; estos porcentajes de contribución a la energía generada, que en ese año 2.013 corresponden a un 37 % de las Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC – sin incluir las Plantas de Generación Distribuida –, es consistente con el diseño del SEN en el cual ese año 2.103, el 61,42 % de la energía generada correspondió a energía suministrada por Plantas Hidroeléctricas. El 1,58 % de la energía restante, corresponde a Regiones Aisladas y Plantas de Generación Distribuida.

De acuerdo con lo expuesto, la presente propuesta de acciones inmediatas, a ser aplicadas por medio de un Programa de Inversiones de Mantenimiento y Reconstrucción de la Infraestructura de las Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC con unidades Turbogeneradoras a Gas, tiene como objetivo principal, recuperar la capacidad de generación de energía instalada en esas Plantas Termoeléctricas, que se encontraba disponible en el año 2.013; éste Programa ha sido proyectado para ser desarrollado, durante un plazo de ejecución de ciento ochenta (180) semanas.

Tabla 01 ... Energía Generada y Potencia Instalada por Tipo de Unidad

	2011	2012	2013*
<b>Energía Eléctrica Bruta Generada por Tipo de Unidad <sup>a/</sup></b>			
Sistema Eléctrico Nacional (GWh)	122.897,73	127.854,27	132.682,73
Sistema Interconectado Nacional (GWh)	122.842,39	127.804,26	132.530,52
Hidráulica	83.259,73	81.852,30	81.495,98
Térmica	39.582,67	45.951,96	51.034,54
Turbo Gas	17.772,79	22.204,11	29.427,40
Turbo Vapor	13.727,43	14.125,66	11.473,99
Ciclo Combinado	5.884,48	7.313,37	8.209,02
Distribuida	2.197,98	2.308,83	1.924,14
Plantas Aisladas	55,34	50,01	152,22
Micro Centrales Hidroeléctricas	4,34	3,68	3,48
Térmica Aislada	48,02	41,11	55,12
Parque Eólico	-	-	88,27
Sistemas de Fuentes Alternas de Energía <sup>b/</sup>	2,98	5,22	5,36

	2011	2012	2013*
<b>Capacidad Instalada de Generación de Energía Eléctrica por Tipo</b>			
Sistema Eléctrico Nacional (MW)	25.722,06	27.723,19	30.291,69
Sistema Interconectado Nacional (MW)	25.672,44	27.644,38	30.180,73
Hidráulica	14.622,00	14.622,00	14.879,00
Térmica	11.050,44	13.022,38	15.301,73
Turbo Gas	4.820,64	6.255,20	8.465,48
Turbo Vapor	4.246,00	4.246,00	4.246,00
Ciclo Combinado	940,00	1.300,00	1.300,00
Distribuida	1.043,80	1.221,19	1.290,25
Plantas Aisladas	49,62	78,81	110,95
Micro Centrales Hidroeléctricas	0,81	0,81	0,81
Térmica Aislada	46,41	45,50	57,08
Parque Eólico	-	29,82	50,20
Sistemas de Fuentes Alternas de Energía	2,40	2,68	2,87

Para alcanzar los efectos mencionados, se propone un Plan de Intervención en cincuenta y tres (53) Plantas de Generación Termoeléctrica, con el único interés de ejecutar trabajos de reparación y mantenimiento mayor en ciento cincuenta y tres (153) unidades turbogeneradoras a gas – del total de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas –

y que para ser ejecutado en cuatro (4) fases claramente diferenciadas – FASES 01, 02, 03 y 04 –, ha sido elaborado tomando en consideración: (a) no sólo lo apropiado de los equipos – de acuerdo a un análisis de modelo, fecha de puesta en operación y capacidad de generación – (b) sino estableciendo como primera opción, las necesidades de energía eléctrica en las regiones de ubicación de las unidades turbogeneradoras a gas, tomando en cuenta zonas críticas y de “alto consumo de energía eléctrica”; es hacia éstas Plantas Termoeléctricas, dónde se deben dirigir esfuerzos para concluir “trabajos incompletos” y ejecutar “trabajos de reparación y mantenimiento o de repotenciación de unidades”.

Este Plan de Intervención permitiría asegurar (a) una capacidad de generación, por medio de unidades turbogeneradoras a gas, de 9.370 MWe a condiciones de SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga – y (b) recuperar la capacidad de generación de energía instalada con unidades turbogeneradoras a gas, que se encontraba disponible en el año 2.013. Ver Tabla 01 y párrafos anteriores.

Adicionalmente y aunque no está incluido en el alcance de las proyecciones de presupuesto de éste Programa de Inversiones de Mantenimiento y Reconstrucción, se debería dentro de éste esfuerzo de trabajo, proceder a recuperar durante el plazo mencionado, las tres (3) unidades turbogeneradoras a vapor operando en Ciclos Combinados y que al pertenecer a la clase TV 160 MWe, permitiría disponer de 450 MWe adicionales; para un total proyectado de capacidad de generación de energía instalada, de 9.820 MWe a condiciones de SITIO; factor que representa unos 11.500 MWe ISO.

#### **Situación Particular ... Plantas de Generación con Turbogeneradores a Gas**

Es conveniente señalar que Venezuela es el país de América Latina que en un plazo de diez (10) años se han adquirido el mayor número de Grupos de Turbinas de Gas de la mayor potencia disponible a 60 Hz en el mercado de turbogeneradores a gas – Clase TG 150 MWe –; hasta el año 2.015; estos Grupos han sido suministrados básicamente por General Electric y Siemens, y en número de cuarenta (40) unidades, representan 6.000 MWe de capacidad instalada de generación de potencia – a condiciones de SITIO –.

Adicionalmente, en trece (13) Plantas Termoeléctricas también fueron instalados durante ese plazo, treinta y ocho (38) grupos de modelos de las Clases TG: GE 50 – 85 – 100 MW / P&W 60 MW / RR 58 MW con capacidad de generación de entre 15 y 80 MWe – a condiciones de SITIO – de las empresas Siemens – Westinghouse – Rolls Royce / General Electric / Pratt & Whitney; que totalizan una capacidad de generación de 2.000 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

Y como complemento, fueron adquiridas (a) en “unidades móviles auto – transportables sobre ruedas”, veinte (20) grupos móviles de la empresa Solar Turbine – Clase Solar 10 MWe – con capacidad de generación unitaria de 10 MWe, que totalizan una capacidad de generación de 200 MWe adicionales – a condiciones de SITIO – y también, (b) aunque en “condición de unidades estacionarias”, once (11) grupos tipo “unidades móviles” de modelos de la Clase TG : P&W 20 MW con capacidad de generación de 15 MWe (en SITIO) de la empresa Pratt & Whitney, que totalizan una capacidad de generación de 165 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

A éste número de “unidades móviles”, que representan un total de capacidad de generación, de 365 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –, se deben adicionar treinta (30) “unidades móviles auto – transportables sobre ruedas” suministrados a PDVSA por la empresa Solar Turbine – Clase Solar 10 MWe, con lo cual en el país se encuentran a la fecha, sesenta y un (61) “unidades móviles”, que representan un total de capacidad de generación de 665 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

Concentrando sólo los nuevos Grupos de Turbinas de Gas adquiridos para el SEN, se totaliza una capacidad de generación de 8.365 MWe de potencia – a condiciones de SITIO –. Y es apropiado señalar que a esa capacidad de generación de nuevos Grupos, se deben adicionar cuatro (4) unidades turbogeneradores a gas – Clase TG 150 MWe – adquiridas por PDVSA y parcialmente instaladas, las cuales junto a las treinta (30) “unidades móviles” identificadas en párrafos anteriores, representan una capacidad adicional a la del SEN que alcanzaría, una vez finalizada su instalación, 900 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –; es decir, 9.265 MWe en nuevos Grupos.

Para completar el número de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas adscrita directamente a la operación del SEN, junto a la mencionada capacidad de generación de 8.365 MWe de potencia – a condiciones de SITIO – correspondientes a (a) setenta y ocho (78) nuevos Grupos y las treinta y un (31) unidades móviles, se deben contabilizar: (b) siete (07) grupos modelo Siemens – Westinghouse (80 MWe) instalados en los 90, y las unidades que se encuentran instaladas en doce (12) Plantas Termoeléctricas desde finales de los años 70 y 80, relacionadas con ochenta y un (81) grupos de los modelos: GE LM 2500 (20 MWe), GE MS 6001 EA (48 MWe), GE MS 7000 EA (70 MWe) e Hitachi LM 2500 (20 MWe) y Siemens / ABB; y los cuales deberían ser evaluados, para identificar la conveniencia de ejecutar “trabajos de repotenciación en vez de mantenimiento.

Es preciso mencionar, que el total de Grupos de Turbinas de Gas instalados en el país destinados a generación de energía eléctrica, alcanza los doscientos treinta y uno (231). Con un número tan alto de unidades turbogeneradoras a gas adquiridas, instaladas y puestas en operación desde el año 2.007 y bajo éstas condiciones sería apropiado considerar: (a) que los esfuerzos deben ser concentrados y dirigidos a concluir “trabajos incompletos” y ejecutar “trabajos de reparación y mantenimiento o de repotenciación de unidades” instaladas – que han estado en operación hasta los últimos cuatro (4) años – y (b) no proceder a la adquisición de “nuevos equipos estacionarios” y mucho menos, “unidades móviles”; es apropiado señalar, que en unidades móviles” adscritas a CORPOELEC y PDVSA, se encuentran en número que alcanza a la fecha, sesenta y un (61) “unidades móviles”, y que representan un total de capacidad de generación de 665 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

### **Plan de Intervención Plantas de Generación con Turbogeneradores a Gas; alcance**

Tomando en consideración lo expuesto en el presente documento, el Plan de Intervención propuesto de unidades turbogeneradoras a gas, a ser ejecutado en cincuenta y tres (53) Plantas de Generación Termoeléctrica de CORPOELEC, para ejecutar trabajos de reparación y mantenimiento mayor en ciento cincuenta y tres (153) unidades turbogeneradoras a gas – del total de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas –, sería desarrollado en cuatro (4) fases claramente diferenciadas – las



FASES 01, 02 y 03 secuenciadas en tiempo y la FASE 04 que podría ser ejecutada en condición concurrente –, y las cuales tendrían los siguientes alcances:

### **FASE 01**

- 1) Durante un plazo menor a cincuenta (50) semanas, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en las siguientes Plantas, que disponen de nuevos Grupos de turbinas de gas de la clase TG 150 MWe y de la clase TG 80 MWe y se encuentran ubicadas en zonas de “alto consumo de energía eléctrica”; como son los Estados del Centro, la Región del Lago de Maracaibo y la Zona Andina.

<b>GP 01 ... Región Centro (Miranda y Vargas)</b>	<b>Potencia en SITIO 1.300 MWe</b>
<b>Sub-Región Valles del Tuy</b>	<b>11110 Planta India Urquía</b>
<b>Sub-Región Altos Mirandinos</b>	<b>11210 José María España</b>
<b>Sub-Región Estado Vargas</b>	<b>11420 Barcazas (Tacoa)</b>
<b>GP 02 ... Región Lago de Maracaibo (Zulia y Mérida)</b>	<b>Potencia en SITIO 1.520 MWe</b>
<b>Sub-Región Maracaibo</b>	<b>21110 Termo – Zulia</b>
<b>Sub-Región Sur Lago (Mérida)</b>	<b>22120 Don Luis Zambrano</b>
<b>GP 03 ... Región Centro (Aragua y Carabobo)</b>	<b>Potencia en SITIO 900 MWe</b>
<b>Sub-Región Lago de Valencia</b>	<b>12210 Planta Pedro Camejo</b>
<b>Sub-Región Costera Carabobo</b>	<b>12120 Termo – Carabobo</b>

- 2) En éstas siete (07) Plantas Termoeléctricas, el total de grupos de turbogeneradores de gas a ser intervenidos con trabajos de mantenimiento mayor y recuperación de instalaciones, sería de veintiocho (28), distribuidos entre Clase TG 150 MWe: veintiuno (21) y Clase TG 80 MWe: siete (07) y se recuperarían 3.720 MWe a condiciones SITIO – 2.976 MWe al 80% de factor de carga –.
- 3) La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un valor de 786.415.755,00 US \$ y los indicadores de referencia son:
  - (a) 184.000 US\$/KW ISO
  - (b) 212.000 US\$/KW SITIO
  - (c) 264.000 US\$/KW 80%FC

### **FASE 02**

- 1) A continuación de la FASE 01 y durante un plazo menor a cuarenta y cinco (45) semanas, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en las siguientes Plantas, que disponen de nuevos Grupos de turbinas de gas de las clases TG 150 MWe, TG 80 MWe y TG 40 MWe y se encuentran ubicadas en zonas de “alto consumo de energía eléctrica”; como son la Región Central, las Sub – Regiones de Paraguaná y Barquisimeto en la Región Occidental y las Sub – Regiones de la Región Oriental: Faja Petrolífera de los Estados Anzoátegui y

Monagas, la Insular (Estado Nueva Esparta) y la Costera de los Estados Anzoátegui y Sucre.

<b>GP 01 ... Región Centro (Miranda y Carabobo)</b>	<b>Potencia en SITIO 970 MWe</b>
<b>Sub-Región Valles del Tuy</b>	<b>11120 Planta La Raisa</b>
<b>Sub-Región Guarenas/Guatire</b>	<b>11310 Planta Guarenas</b>
<b>Sub-Región Lago de Valencia</b>	<b>12240 Planta La Cabrera</b>
<b>GP 02 ... Región Occidental (Lara y Falcón)</b>	<b>Potencia en SITIO 570 MWe</b>
<b>Sub-Región Paraguaná</b>	<b>24110 Planta Josefa Camejo</b>
<b>Sub-Región Barquisimeto</b>	<b>25110 Planta Argimiro Gabaldón</b>
<b>GP 03 ... Región Oriental (Anzoátegui, Sucre y Nueva Esparta)</b>	<b>Potencia en SITIO 1.060 MWe</b>
<b>Sub-Región Costera de Anzoátegui</b>	<b>51110 Alberto Lovera</b>
<b>Sub-Región Costera de Sucre</b>	<b>53110 Antonio José de Sucre</b>
<b>Sub-Región Petrolífera de Anzoátegui</b>	<b>51220 San Diego de Cabrutica</b>
<b>Sub-Región Insular (Nueva Esparta)</b>	<b>54120 Juan Bautista Arismendi</b>

- 2) En éstas nueve (09) Plantas Termoeléctricas, el total de grupos de turbogeneradores de gas a ser intervenidos con trabajos de mantenimiento mayor y recuperación de instalaciones, sería de veintiocho (28,) distribuidos entre Clase TG 150 MWe: doce (12), Clase TG: 80 MWe cuatro (04) y Clase TG 40: doce (12) y se recuperarían 2.600 MWe a condiciones SITIO – 2.080 MWe al 80% de factor de carga –.
- 3) La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un valor de 502.912.645,00 US \$ y los indicadores de referencia son:
  - (a) 162.230 US\$/KW ISO
  - (b) 193.428 US\$/KW SITIO
  - (c) 241.785 US\$/KW 80% FC

De lograrse cumplir en el plazo de dos (2) años con el alcance de las mencionadas FASE 01 y FASE 02, se podrían satisfacer las expectativas de recuperar el suministro del servicio de energía eléctrica en zonas de “alto consumo”, como son la Región Capital, los Estados del Centro, la Región del Lago de Maracaibo y la Zona Andina, las Sub – Regiones de Paraguaná y de Barquisimeto y en la Zona Oriental: la Faja Petrolífera, la Región Insular y la Sub – Región Costera; zonas que coinciden con las quince (15) Plantas dónde se encuentran instaladas el mayor número de turbogeneradores a gas, de los modelos de las clases TG 150 MWe, TG 80 MWe y TG 40 MWe – para un total de cincuenta y seis (56) turbogeneradores a gas –.

Con éste Plan de Intervención se recuperarían 6.320 MWe a condiciones SITIO – 5.056 MWe al 80% de factor de carga –. La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un valor de 1.289.328.400,00 US \$ y los indicadores de referencia son:

- (a) 175.300 US\$/KW ISO
- (b) 204.008 US\$/KW SITIO
- (c) 255.010 US\$/KW 80%FC

**FASE 03**

- 1) El Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC de las FASES 01 y 02, debería continuarse con una FASE 03 y durante un plazo no mayor a veinticinco (25) semanas adicionales, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en el resto de las siguientes Plantas, que también disponen de nuevos Grupos de turbinas de gas de las clases TG 150 MWe, TG 80 MWe y TG 40 MWe y se encuentran ubicadas en zonas de “alto consumo de energía eléctrica”; como la Región Central, las Sub – Regiones del Lago de Maracaibo y de Barquisimeto, las Regiones de los Llanos y del Sur y las Sub – Regiones de la Región Oriental: Faja Petrolífera del Estado Monagas y la Costera del Estado Sucre.

<b>GP 01 ... Región Centro (Miranda y Vargas) y Región Sur (Bolívar y Guárico)</b>	<b>Potencia en SITIO 490 MWe</b>
Sub-Región Valles del Tuy	11130 Planta Sur
Sub-Región Estado Vargas	11430 Planta Picure
Sub-Región Sur (Bolívar)	62110 Planta SIDOR
Sub-Región Sur (Guárico)	61110 Ezequiel Zamora
<b>GP 02 ... Región Oriental (Monagas y Sucre) y Región Llanos (Barinas y Portuguesa)</b>	<b>Potencia en SITIO 1.030 MWe</b>
Sub-Región Costera (Sucre)	53120 Planta Guiria (SIGMA)
Sub-Región Petrolífera (Monagas)	52120 El Furrial
Región Llanos (Barinas)	41110 Termo – Barranca
Región Llanos (Portuguesa)	42110 C. Azuc. Ezequiel Zamora
Región Llanos (Barinas)	41120 Planta Guanapa
<b>GP 03 ... Región Occidental (Sub – Región Maracaibo / Sub – Región Costa Oriental Lago / Estado Lara)</b>	<b>Potencia en SITIO 520 MWe</b>
Sub-Región Maracaibo	21150 Planta Guaicaipuro 21140 Planta Bajo Grande
Sub-Región Costa Oriental Lago Maracaibo	23120 Planta San Timoteo 23110 Barcaza Ant. Nicolás Briceño
Sub-Región Barquisimeto	25120 Planta Barquisimeto 25130 Juan de Villegas

- 2) En éstas seis (06) Plantas Termoeléctricas, el total de grupos de turbogeneradores de gas a ser intervenidos con trabajos de mantenimiento mayor y recuperación de instalaciones, sería de veintinueve (29), distribuidos entre Clase TG 150 MWe: siete (07), Clase TG 80 MWe: cuatro (04), Clase TG 40: dieciséis (16), Clase TG 20: dos (02) y se recuperarían 2.040 MWe a condiciones SITIO – 1.632 MWe al 80% de factor de carga –.
- 3) La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un valor de 384.515.541,00 US \$ y los indicadores de referencia son:
- (a) 124.037 US\$/KW ISO
  - (b) 188.488 US\$/KW SITIO
  - (c) 235.610 US\$/KW 80% FC



Es conveniente mencionar, que de cumplirse con las metas establecidas para finalizar las FASES 01, 02 y 03 durante un plazo proyectado, no mayor a ciento veinte (120) semanas y con el alcance de la Propuesta del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC, se podrían satisfacer las expectativas de recuperar el suministro del servicio de energía eléctrica en zonas de “alto consumo”, que coinciden con las treinta y un (31) Plantas dónde se encuentran instaladas (a) el mayor número de los nuevos Grupos de Turbinas de Gas, adquiridos para el SEN – entre CORPOELEC y PDVSA – de los modelos de la Clase TG 150 MWe: cuarenta (40), Clase TG 80 MWe: quince (15), Clase TG 40: veintiocho (28) y Clase TG 20 MWe: dos (02), y (b) los Grupos más potentes instalados a partir de la década del 90 y que totalizan, un número de ochenta y cinco (85) turbogeneradores a gas –.

Con éste Plan de Intervención se recuperarían 8.360 MWe a condiciones SITIO – 6.688 MWe al 80% de factor de carga –. La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un valor de 1.673.843.941,00 US \$ y los indicadores de referencia son:

- (a) 160.176 US\$/KW ISO
- (b) 200.220 US\$/KW SITIO
- (c) 250.276 US\$/KW 80% FC

#### **FASE 04**

- 1) El Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC de las FASES 01, 02 y 03, debería continuarse o prever la ejecución de manera concurrente de una FASE 04 – porque éstas Plantas se encuentran ubicadas en “zonas críticas” del SEN – para seleccionar, dentro del inventario de turbogeneradores a gas restante que alcanza el número de ciento doce (112) y que fueron instaladas entre finales de los 70 y en los 80 – modelos GE LM 2500 (20 MW), GE MS 7000 EA (70 MW) y ABB (24 MW) –, en las Plantas de las Empresas Electricidad de Caracas, CADAFE, ENELVEN y ENELBAR, y a partir del año 2.010 – modelos Solar Titan 130 (10 MW) y P&W FT4 (20 MW) – con CORPOELEC y que quedarían pendientes dentro de ésta FASE 04, para evaluar y decidir su inclusión dentro del Programa de Inversiones de Mantenimiento y Reconstrucción de la Infraestructura de las Plantas de Generación de CORPOELEC; con la intención de (a) concluir “trabajos incompletos”, (b) ejecutar “trabajos de reparación” de las instalaciones de operaciones y (c) ejecutar actividades de mantenimiento mayor; y que en algunos modelos de largo tiempo de operación o con “daños apreciables”, podría convertirse casi en un “mantenimiento con grado de repotenciación”.
- 2) Dentro de ésta FASE 04 se incluyen con especial interés, por encontrarse ubicados éstas unidades turbogeneradoras tanto en zonas “vulnerables” como en zonas de “alto consumo de energía eléctrica”, (a) las “unidades móviles auto – transportables sobre ruedas” correspondientes a los veinte (20) grupos móviles de la empresa Solar Turbine – Clase Solar 10 MWe – con capacidad de generación unitaria de 10 MWe, que totalizan una capacidad de generación de 200 MWe adicionales – a condiciones de SITIO – y (b) las “unidades móviles” correspondientes a los once (11) grupos de modelos de la Clase TG : P&W FT4

(20 MW) con capacidad de generación de 15 MWe (en SITIO) de la empresa Pratt & Whitney, que totalizan una capacidad de generación de 165 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –; y que representan en conjunto un total de capacidad de generación, de 365 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

- 3) Durante un plazo menor a cuarenta y cinco (45) semanas, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en las siguientes Plantas y de acuerdo a las prioridades establecidas a continuación.

<b>GP 01 ... “unidades móviles” Clases Solar 10 MWe y P&amp;W 20 MW</b>	<b>365 MWe</b>
<b>200 MWe – SITIO –</b> <b>Estado Falcón ... [ Coro ; Dabajuro ]</b> <b>Estado Nueva Esparta [ Luisa Cáceres ; Juan Bautista Arismendi ]</b> <b>Estado Bolívar ... [ Fuerte Cayaurima ]</b> <b>Estado Amazonas ... [ Puerto Ayacucho ]</b> <b>Estado Trujillo ... [ Planta Monay ]</b> <b>Estado Zulia ... [ Rafael Urdaneta ]</b>	<b>Clase TG :</b> <b>Solar 10 MWe</b>  veinte (20) TG de un total de veinte (20) TG
<b>165 MWe – a condiciones de SITIO –</b> <b>Estado Monagas ... [ PetroMonagas ]</b> <b>Estado Nueva Esparta .. [ Luisa Cáceres ]</b> <b>Estado Mérida ... [ El Vigía ] / Estado Zulia .. [ Rafael Urdaneta ]</b>	<b>Clase TG :</b> <b>P&amp;W FT4</b> <b>(20 MWe)</b> once (11) TG de un total de once (11) TG
<b>GP 02 ... Clases TG: 20 / 40 / 60 MWe</b>	<b>645 MWe</b>
<b>300 MWe – a condiciones de SITIO –</b> <b>Estado Falcón ... [ Coro ]</b> <b>Estado Nueva Esparta ... [ Luisa Cáceres ]</b> <b>Estado Carabobo ... [ Planta del Este ]</b> <b>Estado Lara ... [ Barquisimeto ]</b> <b>Estado Zulia ... [ Rafael Urdaneta ; Santa Bárbara del Zulia ]</b> <b>Estado Vargas ... [ Picure ] / Estado Táchira ... [ Planta Táchira ]</b> <b>Estado Apure ... [ San Fernando ]</b>	<b>Clase TG :</b> <b>GE LM 2500</b> <b>(20 MWe)</b> veintidós (22) TG de un total de cuarenta y dos (42) TG
<b>180 MWe – a condiciones de SITIO –</b> <b>Estado Falcón ... [ Punto Fijo ]</b> <b>Estado Táchira ... [ Planta Táchira ]</b> <b>Estado Lara ... [ Barquisimeto ]</b> <b>Estado Zulia ... [ Casigua ]</b>	<b>Clase TG :</b> <b>Hitachi LM</b> <b>2500 (20 MWe)</b> doce (12) TG de un total de veinte (20) TG
<b>165 MWe – a condiciones de SITIO –</b>  <b>Estado Nueva Esparta .. [ Luisa Cáceres ]</b> <b>Estado Táchira ... [ Planta Táchira ]</b>	<b>GE MS 6001</b> <b>EA (48 MWe)</b> <b>GE MS 7000</b> <b>EA (70 MWe)</b> tres (03) TG de un total de seis (06) TG

- 4) En éstas veinticuatro (24) Plantas Termoeléctricas, el total de grupos de turbogeneradores de gas a ser intervenidos con trabajos de mantenimiento mayor y recuperación de instalaciones, sería de sesenta y ocho (68) unidades de un total de ciento cinco (105), distribuidos entre Clase TG 40: tres (03), Clase TG 20: cuarenta y cinco (45) y Clase TG 10 MWe (Solar Titan): veinte (20) se recuperarían 1.010 MWe a condiciones SITIO – 808 MWe al 80% de factor de carga –.

- 5) La Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un monto de 204.691.740,00 US \$ y el indicador de referencia alcanza un valor de 202.665 US\$/KW SITIO.
  - 6) La ventaja de las “unidades móviles auto – transportables sobre ruedas”, como el modelo Solar Turbine: Titan 130 (10 MWe), es que pueden ser desplazadas con rapidez a otras Plantas Termoeléctricas ubicadas en zonas “vulnerables”, asegurar la operación y reducir el impacto de situaciones de riesgo en el SEN Y de igual manera los “modelos estacionarios”, aunque por sus dimensiones fácilmente transportables; como los de: (a) General Electric: GE LM 2500 (20 MWe) e Hitachi LM 2500 (20 MWe) y (b) Pratt & Whitney: PW FT4 (20 MWe).
- 

Al cumplirse con las metas establecidas para finalizar las FASES 01, 02, 03 y 04 durante un plazo proyectado, no mayor a ciento ochenta (180) semanas – aunque la FASE 04 podría ser ejecutada en condición concurrente a las FASES 01, 02 y 03 secuenciadas y reducir el plazo a ciento veinte (120) semanas – y cumplir con el alcance de la Propuesta del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC, se podrían satisfacer las expectativas de recuperar el suministro del servicio de energía eléctrica en zonas de “alto consumo”, que coinciden con las cincuenta y tres (53) Plantas dónde se encuentran instalados:

- (a) el mayor número de los nuevos Grupos de Turbinas de Gas, adquiridos en los últimos diez (10) años para el SEN – entre CORPOELEC y PDVSA –;
- (b) los modelos de Grupos de Turbinas de Gas puestos en operación entre finales de los 70 y en los 80; y
- (c) los Grupos más potentes instalados a partir de la década del 90.

Y todos estos Grupos de Turbinas de Gas, sugeridos en la Propuesta del Plan de Intervención y correspondientes en unidades a la Clase TG 150 MWe: cuarenta (40), Clase TG 100 MWe: una (01), Clase TG 80 MWe: catorce (14), Clase TG 40 MWe: treinta y una (31), Clase TG 20 MWe: cuarenta y ocho (48) y Clase TG 15 MWe: veinte (20), totalizan un número de ciento cincuenta y tres (153) turbogeneradores a gas – 77,7 % del total de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas –.

Con éste Plan de Intervención se recuperarían 9.370 MWe a condiciones SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga – y la Estimación de Gastos, elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima”, alcanza un monto de 1.878.535.681,00 US \$; resultando un indicador de referencia con un valor de 200.484 US\$/KW SITIO.

Estos resultados en conjunto, se aprecian en los datos consolidados del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC de las FASES 01, 02, 03 y 04, expuestos a continuación en la Tabla 02.

**Tabla 02 ... Plan de Intervención Plantas de Generación de Potencia CORPOELEC con unidades turbogeneradoras a gas ... FASES 01, 02, 03 y 04**

	<b>FASE 01</b>	<b>FASE 02</b>	<b>FASE 03</b>	<b>FASE 04</b>
<b>plazo ejecución</b>	<b>50 semanas</b>	<b>45 semanas</b>	<b>25 semanas</b>	<b>45 semanas</b>
<b>N° Plantas</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>24</b>
<b>N° Turbogas (153)</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>68</b>

<b>N° Clase TG 150 MWe</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
<b>N° Clase TG 80 MWe</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>N° Clase TG 40 MWe</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>3</b>
<b>N° Clase TG 20 MWe</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>45</b>
<b>N° Clase TG “móviles”</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>

<b>Horas / Hombre</b>	<b>231.580</b>	<b>229.470</b>	<b>167.600</b>	<b>124.500</b>
<b>Total ... 753.150 H/H</b>				
<b>(A) Total : 9.370 MWe ... en SITIO</b>				
<b>potencia en SITIO</b>	<b>3.720 MWe</b>	<b>2.600 MWe</b>	<b>2.040 MWe</b>	<b>1.010 MWe</b>
<b>potencia 80% FC</b>	<b>2.976 MWe</b>	<b>2.080 MWe</b>	<b>1.632 MWe</b>	<b>808 MWe</b>
<b>(B) Total : 7.496 MWe ... a 80% FC</b>				
<b>Total ... 1.880 MM US\$</b>				
<b>estimado “máxima”</b>	<b>787 MM US\$</b>	<b>503 MM US\$</b>	<b>385 MM US\$</b>	<b>205 MM US\$</b>
<b>indicador US\$/MW (e)</b>	<b>212</b>	<b>195</b>	<b>189</b>	<b>203</b>

### **Plan de Intervención de las Plantas de Generación ... acciones iniciales**

El Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC, se desarrolla en FASES que representan en conjunto, un estimado de labor de técnicos e ingenieros de más de 750.000 horas hombre – distribuidos durante un plazo de ejecución de ciento ochenta (180) semanas – y que dependerían, para ejecutar de manera simultánea, los trabajos de reparación y mantenimiento mayor de las instalaciones de planta y establecer diferentes “grupos de trabajo”, de suficientes recursos técnicos de maquinaria y personal; organizados por Planta y en el número requerido.

Adelantar con éxito éste Plan de Intervención de las Plantas, dependerá de la prontitud con la que se disponga en operación, de:

- a) los acuerdos de “alianzas estratégicas” con los suplidores de tecnología de los turbogeneradores a gas instalados en el país y que coinciden básicamente con: General Electric, Siemens, Modern Power Systems (Mitsubishi – Hitachi) y Caterpillar (Solar Turbines); y también, en el caso de las unidades más antiguas de las Clases TG 20 / 40 MWe, con algunos suplidores O&EM o “licenciados” de tecnologías de turbinas de gas;
- b) los recursos técnicos de ingeniería para adelantar las actividades de auditoría, diagnóstico e identificación del alcance del trabajo de reparación y mantenimiento;

- c) los procesos de contratación de los servicios técnicos de maquinaria y del esfuerzo de labor de Técnicos e Ingenieros y establecer, la disponibilidad de recursos para asignar la distribución de trabajos en las diferentes Plantas Termoeléctricas, a los “grupos de trabajo”; y
- d) adelantar los acuerdos financieros – para lo cual será primordial alcanzar las mencionadas “alianzas estratégicas” – requeridos para asignar y distribuir el presupuesto del Programa de Inversiones que se acuerde, para ejecutar satisfactoriamente los trabajos de reparación y mantenimiento mayor de los equipos turbogeneradores a gas; previstos en el Plan de Intervención de Plantas.

### **Plan de Intervención de las Plantas de Generación ... combustibles**

El Plan de Intervención de Plantas con turbogeneradores a gas propuesto durante un plazo no mayor a ciento ochenta (180) semanas – FASES 01, 02, 03 y 04 –, requiere para ser ejecutado y de acuerdo a las necesidades del suministro del servicio de energía eléctrica en zonas de “alto consumo” y en “zonas vulnerables” del país, identificar el alcance y proyección de los Consumos de Combustibles Líquidos (Gas – Oil y Fuel – Oil) y Gaseosos (Gas Natural u opciones de LNG – CNG), asociados.

Éste análisis, expuesto a continuación, ha sido elaborado en conjunto con una Propuesta de Plan de recuperación de unidades turbogeneradores a vapor – cuatro (4) Plantas de CORPOELEC –, tomando en cuenta los siguientes objetivos:

Primero. Identificar el alcance disponible y la proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), asociado a las Plantas con turbogeneradores a gas ubicadas en la Región Centro, la Región Oriental y parte de la Región Sur – Puerto Ordaz –; regiones que disponen de la red de gasoductos más amplia del país.

Segundo. Identificar la proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), asociado a las Plantas con turbogeneradores a gas ubicadas en la Región Occidental – Zulia, Falcón, Lara – y las Regiones Andina y de Los Llanos – y en particular, la Sub – Región Ciudad de Maracaibo –, con el objetivo de evaluar opciones de suministro alternativo al Consumo de Combustible Líquido (Gas – Oil); tomando en consideración que las Sub – Regiones de la Costa Oriental y Sur del Lago de Maracaibo, al igual que la Región de Los Llanos y parte de la Región Sur, no disponen de red de gasoductos.

Tercero. Identificar la proyección del Consumo de Combustible Líquido (Fuel – Oil), asociado a las Plantas con turbogeneradores a vapor ubicadas en la Región Centro y la Región Occidental, con el objetivo de aprovechar “cortes de refinación” disponibles en las Refinerías de PDVSA.

Es apropiado mencionar, que la proyección del Consumo de Combustible Líquido (Gas – Oil) requerido para generar 9.370 MWe a condiciones SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga – en las cincuenta y tres (53) Plantas dónde se encuentran instaladas el número de ciento cincuenta y tres (153) turbogeneradores a gas, que integran el Plan de



Intervención propuesto, alcanza un estimado de 565.326 BBLs/día de Gas – Oil; calculado a una operación del 80% del Factor de Carga y el cual representa un equivalente en número: de 1.998 gandolas de 45.000 Litros/día.

En las condiciones presentes del mercado internacional y a un elevado precio del Gas – Oil, si tuviese que destinarse el mencionado volumen de Combustible Líquido (Gas – Oil) al consumo de los turbogeneradores a gas, demuestra la conveniencia de aprovechar los recursos de combustibles disponibles por la Nación y bajo los criterios de una conveniente “matriz energética”, identificar las opciones más apropiadas de sustitución.

El Plan de Suministro de Combustible Gaseoso (Gas Natural) aprovechando las redes de gasoductos existentes, permitiría proyectar un consumo de 2.720 MM Spie<sup>3</sup>/día y reducir, el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, que alcanzaría un valor de 469.725 BBLs/día.

En las Regiones que se encuentran limitadas por la inexistencia de Gasoductos en Operación y requieren para operar de un suministro de Combustible Gas – Oil, como las Sub – Regiones de (a) la Costa Oriental y la Costa Sur del Lago de Maracaibo – Sub – Región Andina –, y las Regiones de (b) Los Llanos y (c) Sur – Plantas de Fuerte Cayaurima, San Fernando de Apure y Puerto Ayacucho –, es preciso prever un suministro de Combustible Gas – Oil de alrededor de 110.000 BBLs/día.

Adicionalmente, de ser aceptado recuperar las Plantas Termoeléctricas de Generación Distribuida, que presentan una capacidad instalada de 765 MWe, requerirán de un suministro de Combustible Gas – Oil de alrededor de 10.000 BBLs/día.

Al respecto de lo expuesto, la proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural) para cumplir con lo previsto en los objetivos anteriormente mencionados, considera las siguientes condiciones:

#### **Objetivo Primero : Regiones Central, Oriental y parte de Sur – Puerto Ordaz –**

- 1) La proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), de acuerdo al primer objetivo de concentrar el suministro en las Regiones Central, Oriental y parte de Sur – Puerto Ordaz y Ezequiel Zamora – y disponer de 6.805 MWe a condiciones SITIO – 5.544 MWe al 80% de factor de carga –, alcanza un valor de 1.975 MM Spie<sup>3</sup>/día, que representa una sustitución equivalente de Combustible Gas – Oil de 330.180 BBLs/día y se discrimina de acuerdo a los siguientes consumos y capacidad de generación:
  - a) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas de la Región Central – Región Capital (Vargas, Miranda), Aragua, Carabobo y Yaracuy –, la Capacidad Instalada es de 3.440 MWe a condiciones SITIO – 2.750 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 1.105 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 192.844 BBLs/día. En ésta proyección no se incluyen las Plantas Termoeléctricas de La Mariposa (Miranda), Turboven (Aragua) y Castillito (Carabobo).

- b) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas de la Región Oriental, la Capacidad Instalada es de 2.065 MWe a condiciones SITIO – 1.652 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 796 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 121,902 BBLs/día. En ésta proyección no se incluyen las Plantas Termoeléctricas de Guanta (Anzoátegui) y de Santa Bárbara y Jusepín (Monagas).
- c) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas de la Región Sur, limitadas a Puerto Ordaz – Planta SIDOR A – y la Planta de Ezequiel Zamora, por indisponibilidad de gasoductos, la Capacidad Instalada es de 150 MWe a condiciones SITIO – 120 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 74 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 15.393 BBLs/día.
- 2) Será necesario aprovechar las redes de gasoductos existentes y extenderlas territorialmente para cumplir así con la proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), asociada al objetivo de concentrar el suministro en las Regiones Central, Oriental y parte de Sur – Puerto Ordaz – y en consecuencia es preciso indicar, que éstas Regiones se encuentran delimitadas por las siguientes acciones:

acción 01 / Región Central y Sur ... aprovechar la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación de la Región Central provenientes de las Cuencas Gasíferas de la Región Centro – Oriente y satisfacer la demanda básica de aquellos Turbogeneradores de mayor potencia, que alcanza un valor de 940 MM Spie<sup>3</sup>/día; para generar 2.960 MWe a condiciones SITIO – 2.368 MWe al 80% de factor de carga –; incluyendo la Planta Ezequiel Zamora de la Región Sur.

Es oportuno señalar, que el histórico de suministro de Gas Natural relacionado con la Capacidad de Transporte de los Sub – Sistemas del Gasoducto Anaco – Altigracia – Caracas – Morón al año 2.014, alcanzó una capacidad de transporte de 1.520 MM Spie<sup>3</sup>/día.

acción 02 / Región Central y Sur ... adoptar las acciones necesarias para (a) proyectar y construir redes de gasoductos adicionales y extender la capacidad de transporte del Sistema de Gasoductos en Operación de la Región Central y (b) ampliar la producción de los Campos de Gas de las Cuencas Gasíferas de la Región Centro – Oriente y satisfacer la demanda de los Turbogeneradores previstos en el Plan de Intervención de Plantas, que alcanza un valor de: 1.145 MM Spie<sup>3</sup>/día; requeridos para generar 3.590 MWe a condiciones SITIO – 2.872 MWe al 80% de factor de carga –; incluyendo la Planta Ezequiel Zamora de la Región Sur.

La Capacidad de Producción de Campos de Gas en la Región Oriental al 2.107 alcanzó un valor de 2.400 MM Spie<sup>3</sup>/día y la Capacidad Transporte prevista con la Ampliación – Gasoducto Anaco – Morón en 590 MM Spie<sup>3</sup>/día, incrementaría el suministro de Gas Natural a 2.110 MM Spie<sup>3</sup>/día.

acción 03 / Regiones Oriental y Sur ... aprovechar la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación de la Región Oriental provenientes de las Cuencas Gasíferas de la Región Oriental – Faja Petrolífera del Orinoco y campos “costa afuera” – y satisfacer la demanda básica de aquellos Turbogeneradores de mayor potencia, que alcanza un valor de 434 MM Spie<sup>3</sup>/día; para generar 1.810 MWe a condiciones SITIO – 1.448 MWe al 80% de factor de carga – , incluyendo a Puerto Ordaz – Planta SIDOR A –.

Es oportuno señalar, que el histórico de suministro de Gas Natural relacionado con la Capacidad de Transporte de los Sub – Sistemas del Gasoducto Jose – Puerto La Cruz – SINORGAS al año 2.017, alcanzó una capacidad de transporte de 917 MM Spie<sup>3</sup>/día; y el equivalente Anaco – Puerto Ordaz al año 2.017, fue de 1.365 MM Spie<sup>3</sup> /día.

acción 04 / Regiones Oriental y Sur ... adoptar las acciones necesarias para (a) proyectar y construir redes de gasoductos adicionales y ampliar la producción de los Campos de Gas de las Cuencas Gasíferas de la Región Oriental y (b) ampliar la producción de los Campos de Gas de las Cuencas Gasíferas de la Región Oriental y satisfacer la demanda de los Turbogeneradores previstos en el Plan de Intervención de Plantas, que alcanza un valor de: 724 MM Spie<sup>3</sup>/día; requeridos para generar 2.215 MWe a condiciones SITIO – 1.772 MWe al 80% de factor de carga –.

### **Objetivo Segundo : Regiones Occidental, Andina y de Los Llanos**

- 1) La proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), de acuerdo al segundo objetivo de concentrar el suministro en la Región Occidental – Zulia, Falcón, Lara – y las Regiones Andina y de Los Llanos – y en particular, la Sub – Región Ciudad de Maracaibo, que al igual que las que las Sub – Regiones de la Costa Oriental y Sur del Lago de Maracaibo, son consideradas zonas de “vulnerables y de alto consumo de energía eléctrica” – y disponer de 3.500 MWe a condiciones SITIO – 2.800 MWe al 80% de factor de carga –, alcanza un valor de 1.212 MM Spie<sup>3</sup>/día, que representa una sustitución equivalente de Combustible Gas – Oil de 217.000 BBLs/día.

Tomando en consideración, las Sub – Regiones que pueden disponer de la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación instalados en la Región Occidental, y provenientes tanto de las Cuencas Gasíferas de la Región Centro – Oriente como de los Campos “costa afuera” y del Lago de Maracaibo, se discrimina de acuerdo a los siguientes consumos y capacidad de generación:

- a) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en las Sub – Regiones de Maracaibo, Coro, Dabajuro y Paraguaná, la Capacidad Instalada es de 1.955 MWe a condiciones SITIO – 1.565 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 632 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 117.990 BBLs/día.

- b) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en la Sub – Región de Barquisimeto, la Capacidad Instalada es de 240 MWe a condiciones SITIO – 190 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 151 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 21.627 BBLs/día.
- c) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en las Sub – Regiones de la Costa Oriental y la Costa Sur del Lago de Maracaibo – Sub – Región Andina – incluyendo a la incluyendo los dos (2) turbogeneradores a gas Clase TG 150 MWe de la Planta Termoeléctrica Bachaquero – PDVSA, la Capacidad Instalada es de 1.275 MWe a condiciones SITIO – 990 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 417 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 78.700 BBLs/día.

Sin contabilizar la Planta Termoeléctrica Bachaquero, los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 337 MM Spie<sup>3</sup>/día o el equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría los 62.794 BBLs/día.

- d) En las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en la Región de Los Llanos, la Capacidad Instalada es de 270 MWe a condiciones SITIO – 216 MWe al 80% de factor de carga – y los requerimientos de suministro de Combustible Gas Natural, alcanzaría un valor de 92 MM Spie<sup>3</sup>/día; el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, alcanzaría un valor de 14.787 BBLs/día.

- 2) Será necesario aprovechar las redes de gasoductos existentes y extenderlas territorialmente para cumplir así con la proyección del Consumo de Combustible Gaseoso (Gas Natural), asociada al objetivo de concentrar el suministro en las Sub – Regiones que pueden disponer de la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación instalados en la Región Occidental; la Sub – Región Ciudad de Maracaibo y Falcón y Lara y en consecuencia es preciso indicar, que éstas Sub – Regiones se encuentran delimitadas por las siguientes acciones:

acción 01 / Región Occidental ... aprovechar la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación de la Región Occidental hacia las Sub – Regiones de: Maracaibo, Coro y Paraguaná y satisfacer la demanda básica de aquellos Turbogeneradores de mayor potencia de las Clases TG 80 / 150 MWe – ubicados en Maracaibo y Paraguaná – y que alcanza un valor de 482 MM Spie<sup>3</sup>/día; para generar 1.700 MWe a condiciones SITIO – 1.360 MWe al 80% de factor de carga –, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- i. Sub – Región Maracaibo, un requerimiento de 440 MM Spie<sup>3</sup>/día para generar con el total de Grupos Turbogas, 1.355 MWe a condiciones SITIO – 1.084 MWe al 80% de factor de carga –; que representa una sustitución equivalente de Combustible Gas – Oil, que alcanzaría un valor de 78.223 BBLs/día – o 276 gandolas de 45.000 Litros/día –.
- ii. Sub – Región Paraguaná y Sub – Región Coro / Dabajuro, un requerimiento de 192 MM Spie<sup>3</sup>/día para generar con el total de Grupos Turbogas, 600 MWe a condiciones SITIO – 480 MWe al 80% de factor de carga –; que

representa una sustitución equivalente de Combustible Gas – Oil, que alcanzaría un valor de 39.767 BBLs/día – o 141 gandolas de 45.000 Litros/día –.

La Capacidad de Producción de los Campos de Gas “costa afuera” de La Perla al 2.017, fue de 650 MM Spie<sup>3</sup>/día, y la Capacidad de Transporte del Gasoducto Ulé – Amuay desde la conexión a Cardón IV fue de 534 MM Spie<sup>3</sup>/día y en conjunto con la conexión al ICO – Gasoducto Morón – Rio Seco – que alcanzó al 2.014 un valor de 240 MM Spie<sup>3</sup>/día, permitiría transportar un total de 774 MM Spie<sup>3</sup>/día.

acción 02 / Región Occidental ... aprovechar la capacidad de transporte de Gasoductos en Operación de la Región Central hacia la Sub – Región de Barquisimeto y satisfacer la demanda total que alcanza un valor de 151 MM Spie<sup>3</sup>/día y generar, 240 MWe a condiciones SITIO – 192 MWe al 80% de factor de carga –; representa una sustitución equivalente de Combustible Gas – Oil, de 21.627 BBLs/día – o 37 gandolas de 45.000 Litros/día –.

El histórico del suministro del gasoducto Morón – Barquisimeto, con una capacidad de 210 MM Spie<sup>3</sup>/día, fue de 140 MM Spie<sup>3</sup>/día al 2.015.

- 3) Para las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en las Sub – Regiones de la Costa Oriental y la Costa Sur del Lago de Maracaibo – Sub – Región Andina – que se encuentran limitadas por la inexistencia de Gasoductos en Operación y requieren de un suministro de Combustible Gas – Oil de 67.794 BBLs/día y el cual representa un equivalente en número: de 222 gandolas de 45.000 Litros/día – sin contabilizar la Planta Termoeléctrica Bachaquero –, es prudente adoptar las acciones necesarias para construir las redes de gasoductos y ampliar la producción de los Campos de Gas, de acuerdo con lo siguiente:
  - i. Costa Oriental del Lago, gasoducto Ulé – Amuay; finalizar la construcción del gasoducto de 26”, con capacidad de 703 MM Spie<sup>3</sup>/día.
  - ii. Costa Sur del Lago, gasoducto Ulé – La Fría; finalizar el proyecto y construcción del gasoducto de 26”, con capacidad de 570 MM Spie<sup>3</sup>/día.
  - iii. Sur Lago del Lago, gasoducto Casigua – La Fría; finalizar el proyecto y construcción del gasoducto de 10”, con capacidad de 150 MM Spie<sup>3</sup>/día.
  
- 4) Para las Plantas Termoeléctricas Turbogas ubicadas en la Región de Los Llanos que se encuentran limitadas por la inexistencia de Gasoductos en Operación y requieren de un suministro de Combustible Gas – Oil de 14.787 BBLs/día y el cual representa un equivalente en número: de 52 gandolas de 45.000 Litros/día, es prudente adoptar las acciones necesarias para construir las redes de gasoductos y ampliar la producción de los Campos de Gas, de acuerdo con las siguientes opciones:
  - i. Opción 01 ... gasoducto Eje Norte Llanero; finalizar el proyecto y construcción del gasoducto de 16”, con capacidad de 270 MM Spie<sup>3</sup>/día
  - ii. Opción 02 ... gasoductos desde Campo Barrancas; ejecutar el proyecto y construcción de varios gasoductos de 10”, con capacidad en conjunto de 150 MM Spie<sup>3</sup>/día.



### **Objetivo Tercero : Regiones Central y Occidental ... Plantas a Vapor**

- 1) La proyección del Consumo de Combustible Líquido (Fuel – Oil), de acuerdo al tercer objetivo asociado a las Plantas con Turbogeneradores a Vapor, ubicadas en la Región Centro y la Región Occidental, con el interés de aprovechar “cortes de refinación” disponibles en el país, y asegurar la operación de doce (12) Turbogeneradores a Vapor – de un total de diecinueve (19) – coincidentes con las Plantas de Tocoa, Centro, Ramón Laguna y el Bloque 8-CR Paraguaná, alcanzaría un valor de 106.360 BBLs/día de Fuel – Oil y permitiría disponer de una capacidad instalada de 3.260 MWe – potencia de 2.600 MWe al 80% de factor de carga –.
- 2) Y todos estos Grupos de Turbinas de Vapor, corresponde a unidades de Clase TV 600 MWe una (01), Clase TV 400 MWe cinco (05) , Clase TV 160 MWe dos (02), Clase TV 100 MWe dos (02) , Clase TV 80 MWe una (01) y Clase TV 60 MWe una (01), representan un 61 % del total de la Capacidad Instalada en turbogeneradores a vapor; que es de 5.340 MWe.

### **Plan de Intervención de las Plantas de Generación ... comentarios finales**

Al cumplirse con las metas establecidas para finalizar las FASES 01, 02, 03 y 04 durante un plazo proyectado, no mayor a ciento ochenta (180) semanas – aunque la FASE 04 podría ser ejecutada en condición concurrente a las FASES 01, 02 y 03 secuenciadas y reducir el plazo a ciento veinte (120) semanas – y cumplir con el alcance de la Propuesta del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia de CORPOELEC, se podrían satisfacer las expectativas de recuperar el suministro del servicio de energía eléctrica en zonas de “alto consumo” y en “zonas vulnerables” del país, que coinciden con las cincuenta y tres (53) Plantas dónde se encuentran instaladas:

- (a) el mayor número de los nuevos Grupos de Turbinas de Gas, adquiridos en los últimos diez (10) años para el SEN – entre CORPOELEC y PDVSA –;
- (b) los modelos de Grupos de Turbinas de Gas puestos en operación entre finales de los 70 y en los 80; y
- (c) los Grupos más potentes instalados a partir de la década del 90.

Y todos estos Grupos de Turbinas de Gas, sugeridos en la Propuesta del Plan de Intervención y correspondientes en unidades a la Clase TG 150 MWe: cuarenta (40), Clase TG 100 MWe: una (01), Clase TG 80 MWe: catorce (14), Clase TG 40 MWe: treinta y una (31), Clase TG 20 MWe: cuarenta y ocho (48) y Clase TG 15 MWe: veinte (20), totalizan un número de ciento cincuenta y tres (153) turbogeneradores a gas – 77,7 % del total de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas –.

Con éste Plan de Intervención enfocado en las Plantas Termoeléctricas con turbogeneradores a gas, se recuperarían 9.370 MWe a condiciones SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga – y la Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” alcanza un monto de 1.878.535.681,00 US \$; resultando un indicador de referencia con un valor de 200.484 US\$/KW SITIO.

Este presupuesto incluye apartados de trabajos de contingencia para recuperar instalaciones de servicios de las Plantas Termoeléctricas y dentro de los cuales destaca la infraestructura de (a) manejo de combustibles: unidades de compresión de gas para alcanzar los requerimientos de operación de los turbogeneradores y sistemas de almacenamiento y tratamiento de combustibles líquidos e (b) instalaciones de potencia.

Adelantar con éxito éste Plan de Intervención de las Plantas, dependerá de la prontitud con la que se cumpla con los plazos de arranque y se puedan ejecutar (a) los procesos de auditorías, licitaciones, procura de repuestos y materiales y (b) se concreten los acuerdos de “alianzas estratégicas” de servicios con suplidores de tecnología y O&EMs; éstos últimos, son el factor principal para estructurar el esfuerzo de labor de técnicos e ingenieros, estimado en más de 750.000 horas hombre.

El Plan de Suministro de Combustible Gaseoso (Gas Natural) hacia éstas Plantas, aprovechando las redes de gasoductos existentes, permitiría proyectar un consumo de 2.720 MM Spie<sup>3</sup>/día y reducir, el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, que alcanzaría un valor de 469.725 BBLs/día.

En las Regiones que se encuentran limitadas por la inexistencia de Gasoductos en Operación y requieren para operar de un suministro de Combustible Gas – Oil, como las Sub – Regiones de (a) la Costa Oriental y la Costa Sur del Lago de Maracaibo – Sub – Región Andina –, y las Regiones de (b) Los Llanos y (c) Sur – Plantas de Fuerte Cayaurima, San Fernando de Apure y Puerto Ayacucho –, es preciso prever un suministro de Combustible Gas – Oil de alrededor de 110.000 BBLs/día.

Adicionalmente, de ser aceptado recuperar las Plantas Termoeléctricas de Generación Distribuida, que presentan una capacidad instalada de 765 MWe, requerirán de un suministro de Combustible Gas – Oil de alrededor de 10.000 BBLs/día.

La proyección del Consumo de Combustible Líquido (Fuel – Oil), asociado a las Plantas con Turbogeneradores a Vapor ubicadas en la Región Centro y la Región Occidental, con el interés de aprovechar “cortes de refinación” disponibles en el país, y asegurar la operación de doce (12) Turbogeneradores a Vapor – de un total de diecinueve (19) – coincidentes con las Plantas de Tocoa, Centro, Ramón Laguna y el Bloque 8-CR Paraguaná, alcanzaría un valor de 106.360 BBLs/día de Fuel – Oil y permitiría disponer de una capacidad instalada de 3.260 MWe – potencia de 2.600 MWe al 80% de factor de carga –.

La Propuesta del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de CORPOELEC, considera ejecutar trabajos de Mantenimiento y Reconstrucción a ciento cincuenta y tres (153) Turbogeneradores a Gas y doce (12) Turbogeneradores a Vapor – de un total de ciento noventa y siete (197) y diecinueve (19) instalados, respectivamente – en cincuenta y siete (57) Plantas Termoeléctricas, y permitiría asegurar una capacidad de generación instalada en Plantas Termoeléctricas a Condiciones de Sitio, de 12,645 MWe; y una potencia esperada al 80% del Factor de Carga, de 10,116 MWe.

### **José Luis García Martínez-Barruchi**

Ing. Mecánico UCV / 1.976 ... CIV: 18.731  
MSc. Ing. Hidráulica UCV / 1.980 ... MSc. Ing. Mecánica UCV / 1.980  
05/Agosto/2.019