

INFORME de TRABAJO ... RESUMEN EJECUTIVO

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.

A. Situación General ... antecedentes de capacidad de generación

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 –.

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

Nota: capacidad instalada en MWe a condiciones ISO

En ese año 2.013, como bien se aprecia en el mencionado Anuario Estadístico, (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, la contribución correspondiente 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.

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.

De acuerdo con lo expuesto, la presente propuesta de acciones inmediatas 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 en cuatro (4) fase claramente diferenciadas – las FASES 01, 02 y 03 secuenciadas en tiempo y la FASE 04 que podría ser ejecutada en condición concurrente y reducir el plazo de ejecución – durante un plazo proyectado, no mayor a ciento ochenta (180) semanas

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, 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 suministro 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”; y 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 disponer y 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.

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.

B. 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. Grupos suministrados básicamente, por General Electric y Siemens y que 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 con capacidad de generación de entre 15 y 80 MWe – a condiciones de SITIO –, 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 y también, (b) aunque en “condición de unidades estacionarias”, once (11) grupos tipo “unidades móviles” con capacidad de generación de 15 MWe (en SITIO), que totalizan una capacidad de generación de 365 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 (a) cuatro (4) unidades turbogeneradores a gas – Clase TG 150 MWe – adquiridas por PDVSA y parcialmente instaladas, y (b) treinta (30) “unidades móviles

auto – transportables sobre ruedas” suministrados a PDVSA; 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 –. Estas unidades turbogeneradores a gas de PDVSA, 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 turbogeneradores a gas.

Para completar el número de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas y adscritas 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) setenta y ocho (78) nuevos Grupos de Turbinas de Gas y treinta y un (31) unidades móviles, se deben contabilizar: (b) siete (07) grupos de modelo Siemens – Westinghouse (80 MWe) instalados en los 90, y adicionar 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; los cuales deben evaluarse para identificar la conveniencia de ejecutar “trabajos de repotenciación”.

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 – y las nuevas 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 –.

C. Plan de Intervención de Plantas con Turbogeneradores a Gas; alcance

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 – de acuerdo al alcance de la Propuesta del Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia con unidades turbogeneradoras a gas 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.

Estos Grupos de Turbinas de Gas, totalizan un número de ciento cincuenta y tres (153) unidades – 77,7 % del total de ciento noventa y siete (197) unidades instaladas – y con

éste Plan de Intervención, se recuperarían 9.370 MWe a condiciones SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga –.

La Estimación de Gastos, elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima”, alcanza un monto presupuesto de 1.878.535.681,00 US \$ y resulta, para ejecutar el Plan de Intervención de las Plantas de Generación de Potencia con unidades turbogeneradoras a gas, en un indicador de referencia con un valor de 200.484 US\$/KW SITIO; cuyo desglose se expone a continuación.

	FASE 01	FASE 02	FASE 03	FASE 04
plazo ejecución	50 semanas	45 semanas	25 semanas	45 semanas
Nº Plantas	7	9	15	24
Nº Turbogas (153)	28	28	29	68

Nº Clase TG 150 MWe	21	12	7	0
Nº Clase TG 80 MWe	7	4	4	0
Nº Clase TG 40 MWe	0	12	16	3
Nº Clase TG 20 MWe	0	0	2	45
Nº Clase TG “móviles”	0	0	0	20

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

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.

Las Plantas de Generación de Potencia con unidades turbogeneradoras a gas, en las cuales se ejecutarían los trabajos de mantenimiento y reconstrucción, son las siguientes:

- 1) En la FASE 01 y durante un plazo menor a cincuenta (50) semanas, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en las 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 los Estados del Centro, la Región del Lago de Maracaibo y la Zona Andina.

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

- 2) En la FASE 02, a ser desarrollada a continuación de la FASE 01 durante un plazo menor a cuarenta y cinco (45) semanas, se propone concentrar los recursos financieros y técnicos en las 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 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.

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

- 3) A continuación, en la 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 fueron desarrolladas con 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.

GP 01 ... Región Centro (Miranda y Vargas) y Región Sur (Bolívar y Guárico)	Potencia en SITIO 490 MWe
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
GP 02 ... Región Oriental (Monagas y Sucre) y Región Llanos (Barinas y Portuguesa)	Potencia en SITIO 1.030 MWe
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
GP 03 ... Región Occidental (Sub – Región Maracaibo / Sub – Región Costa Oriental Lago / Estado Lara)	Potencia en SITIO 520 MWe
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

- 4) 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) unidades 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”.

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.

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

Dentro de ésta FASE 04 se incluyen con especial interés, por su movilidad y por encontrarse ubicados tanto en zonas “vulnerables” como en zonas de “alto consumo de energía eléctrica”, las nuevas unidades relacionadas con (a) los veinte (20) grupos de “unidades móviles auto – transportables sobre ruedas”, móviles y (b) once (11) grupos tipo “unidades móviles” con capacidad de generación de 15 MWe (en SITIO) – aunque instalados en “condición de unidades estacionarias” –, que representan en conjunto un total de capacidad de generación, de 365 MWe adicionales – a condiciones de SITIO –.

D. Plan de Intervención de las Plantas de Generación ... combustibles

Para colocar en operación las ciento cincuenta y tres (153) unidades turbogeneradoras a gas ciento cincuenta y tres (153) unidades turbogeneradoras a gas contempladas en el Plan de Intervención de Plantas propuesto, requiere identificar el alcance y proyección de los Consumos de Combustibles Líquido (Gas – Oil) y Gaseoso (Gas Natural). El 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 –, proyectando los Consumos de Combustible Líquido (Fuel – Oil) requeridos, 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 – con los ciento cincuenta y tres (153) turbogeneradores a gas, alcanza un estimado de 565.326 BBLs/día de Gas – Oil; calculado a una operación del 80% del Factor de Carga y representa un 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, proyecta un consumo de 2.720 MM Spie³/día y permitiría reducir el requerimiento equivalente de Combustible Gas – Oil, en 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 para la continuidad del servicio, un suministro de Combustible Gas – Oil 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 de los consumos de Combustibles Líquidos (Gas – Oil y Fuel – Oil) y Gaseosos (Gas Natural para cumplir con lo previsto en los objetivos anteriormente mencionados, considera las siguientes condiciones:

- 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 Spie³/día; representa una sustitución equivalente de Gas – Oil de 330.180 BBLs/día.

Será necesario (a) aprovechar las redes de gasoductos existentes y extenderlas territorialmente y (b) ampliar la producción de los Campos de Gas de las Cuencas Gasíferas de las Regiones Central y Oriental – Faja Petrolífera del Orinoco y campos “costa afuera” –, 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 y satisfacer la demanda de los turbogeneradores a gas previstos en el Plan de Intervención de Plantas, que alcanza:

- a) Regiones Central y parte de Sur, un valor de: 1.145 MM Spie³/día 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.

- b) Regiones Oriental y parte de Sur, un valor de: 724 MM Spie³/día para generar: 2.215 MWe a condiciones SITIO – 1.772 MWe al 80% de factor de carga –; incluyendo la Planta SIDOR (A) de la Región Sur.

- 2) 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 Spie³/día, que representa una sustitución equivalente de Gas – Oil de 217.000 BBLs/día.

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 y satisfacer la demanda de los turbogeneradores a gas previstos en el Plan de Intervención de Plantas, que alcanza:

- a) Sub – Regiones de Maracaibo, Coro, Dabajuro y Paraguaná, un valor de 632 MM Spie³/día para generar: 1.955 MWe a condiciones SITIO – 1.565 MWe al 80% de factor de carga –; la sustitución de Gas – Oil, alcanzaría los 117.990 BBLs/día.
 - b) Sub – Región de Barquisimeto, un valor de 151 MM Spie³/día para generar: 240 MWe a condiciones SITIO – 190 MWe al 80% de factor de carga –; la sustitución de Gas – Oil, alcanzaría los 21.627 BBLs/día.
- 3) En relación a la proyección del suministro de Combustible Gas – Oil hacia las Plantas Termoeléctricas con turbogeneradores a gas, ubicadas en zonas limitadas por la inexistencia de Gasoductos en Operación, es prudente adoptar las acciones necesarias para construir las redes de gasoductos previstas y ampliar la producción de los Campos de Gas, y considerar el alcance de las siguientes condiciones:
- a) Las Sub – Regiones de la Costa Oriental y la Costa Sur del Lago de Maracaibo – Sub – Región Andina –, 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.
 - b) La Región de Los Llanos requiere 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.
- 4) 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; 61 % del total de la Capacidad Instalada en turbogeneradores a vapor – 5.340 MWe –.

E. Plan de Intervención de las Plantas de Generación ... comentarios finales

Al cumplirse con las metas establecidas en 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, para generar 9.370 MWe a condiciones SITIO – 7.496 MWe al 80% de factor de carga –, con una Estimación de Gastos elaborada bajo el criterio de un “análisis de máxima” que 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 Spie³/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.

“comité de análisis del SEN”
Comisión de Energía
Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

José L. García Martínez-Barruchi

Oswaldo Gómez Aracil

Gilberto Castrejé

15/Agosto/2.019