



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
“Melchor Centeno Vallenilla”



ANÁLISIS DE FALLA DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL
PÉRDIDA TOTAL DEL SISTEMA.

DIA 07/03/2019

Elaborado por:
Dr. Julio Molina Guzmán
Director de la Escuela Ingeniería Eléctrica

Caracas, 12/03/2019



El sistema eléctrico reviste un carácter estratégico por su impacto en la sociedad y por las dimensiones propias del sector.

La generación eléctrica en Venezuela se origina fundamentalmente en dos sistemas: Los sistemas hidroeléctricos del bajo Caroní formados por las plantas de generación de Guri, Caruachi, Macagua I y II. Los sistemas termoeléctricos conformados por centrales de generación tales como Planta Centro, Tocoa, Termozulia, entre las principales del país.

El sistema de transmisión cubre buena parte del territorio del país, constituido por líneas y subestaciones que operan a niveles de tensión 765, 400 y 230 kV. Su puesta en operación se inició en 1967 con la línea Guri-Santa Teresa a 400kV.

Motivado a la falla generada en el servicio eléctrico nacional, el día 07/03/2019, en el presente documento, se explica el origen de la falla, porque la tardanza en recuperar el sistema en base a dos hipótesis, porque abarco todo el país, se concluye y se hacen algunas recomendaciones.

Origen de la falla: día jueves 07/03/2019

Se presume que un incendio cercano a la Subestación eléctrica (S/E) Malena de 765 kV, ubicada a las orillas del río Orinoco en el Estado Bolívar, provoca un excesivo aumento en la temperatura de las 3 líneas de transmisión (LT) que conforman el corredor del sistema troncal, causando la apertura de las protecciones de la S/E Malena. En consecuencia hay una súbita pérdida de potencia eléctrica en la planta de generación de Gurí, lo cual trae como resultado una aceleración y aumento de velocidad en el eje de la turbina, incrementándose la frecuencia eléctrica.

Los sistemas de control de la planta Gurí actuaron y desconectaron los generadores gradualmente para controlar la frecuencia eléctrica. El bloque de potencia desconectada fue



de tal magnitud que hizo incontrolable el aumento de la frecuencia, obligando al personal de operación de la planta a la desconexión total de los generadores. Tomando en cuenta el día y la hora del evento, se presume que la pérdida de potencia debió estar entre 7000MW a 8000MW lo cual equivale a un 80% de la energía exportada al Sistema Interconectado Nacional (SIN) por el conjunto de las hidroeléctricas de Gurí, Macagua y Caruachi.

Con la desconexión gradual de los generadores y la posterior parada de la planta Gurí no se pudo regular la frecuencia a 60Hz, lo que provocó un efecto “dominó” en las plantas Macagua y Caruachi causando la pérdida total del complejo hidroeléctrico del bajo Caroní.

La pérdida del sistema hidroeléctrico tuvo un gran impacto en el SIN por cuanto ésta representa el entre 85% a 90% de total de la energía eléctrica a nivel nacional, mientras que el restante es cubierto por la generación térmica. Las plantas térmicas en Venezuela trabajan en sincronismo de frecuencia con la planta Gurí y al perderse la referencia también se desconectan del SIN.

Esta serie de eventos conducen al Apagón Eléctrico o Backout en toda Venezuela.

¿Porque la tardanza en restablecer el servicio?

El apagón eléctrico del pasado 07/03/2018 que abarcó el 90% del territorio venezolano, es un evento inédito en Venezuela. En los últimos años pérdidas de grandes bloques de energía debido a fallas en el SIN pero sin pérdida total de los sistemas de generación, han provocado otros apagones, tal como ocurrió con el apagón del 28/04/2008 en el cual se perdió el 70% de la demanda del sistema.

Considerando que la falla es debido a la apertura de la S/E Malena y bajo las condiciones de disponer de equipos y materiales, sistemas de comunicaciones en funcionamiento y personal calificado, se estima que la energización progresiva para alcanzar la totalidad del país podría estar en un rango de 4h a 6h, usando como referencia el indicador *tiempo promedio de*



interrupción por fallos en el SIN que para los años 2008¹ y 2013² eran de 3.7h y 4.9h, respectivamente.

La realidad es que la interrupción del servicio en muchas partes del país superó los tiempos promedio e incluso al día de hoy, muchos estados del occidente del país continúan sin energía eléctrica, superando las 100h continuas sin servicio tal es el caso del estado Zulia³. Para explicar la posible causa de tan prolongada interrupción, se plantean dos hipótesis con base en la observación de la inestabilidad del sistema y al esquema de racionamiento de energía aplicado en algunas regiones del país incluyendo la ciudad de Caracas.

Hipótesis 1: Falla en la S/E Malena 765 kV de gran magnitud

Si la falla en la S/E Malena de 765 kV es de gran magnitud entonces se genera una deficiencia de energía eléctrica en el centro-occidente del país ya que sólo se dispondría del sistema de 400kV para exportar al SIN la generación de las plantas hidroeléctricas, a través de las S/E: La Canoa. El Tigre. San Gerónimo. Santa Teresa.

La figura 1. muestra la distribución del sistema de transmisión troncal y se observa la importancia de la S/E Malena por ser un nodo de interconexión entre la generación de Guri y las S/E del resto del sistema troncal en 765kV, compuesto de las S/E: San Gerónimo. La Horqueta. Arenosa. Yaracuy. Sur.

Esto explica por qué las primeras zonas en energizarse en el territorio venezolano fueron las del oriente del país y el Estado Bolívar través del sistema de 400kV.

¹ Informe anual Centro Nacional de Gestión del Sistema Eléctrico año 2008.

² Anuario Estadístico 2013. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.

³ Sergio Novelli (12/03/2019). *Así amanecen comercios en Maracaibo tras apagón de más de 100 horas*. Recuperado de <http://800noticias.com/fotosvideo-asi-amanecen-comercios-en-el-estado-zulia-tras-prolongado-apagon-de-mas-de-100-horas>



Figura 1 Sistema Troncal de Transmisión

El sistema de 400kV, debido a su capacidad de transporte, sólo es capaz de conducir al centro-occidente del país entre un 15% a 20% de la generación de las hidroeléctricas, generándose un déficit para atender la demanda eléctrica de éstas zonas de Venezuela.

Esto justificaría por una parte la inestabilidad del sistema ya que está operando por encima de su límite de exportación para paliar el déficit. La violación del límite de transmisión disminuye la confiabilidad del sistema, estando sujeto a la pérdida del enlace de transmisión ante cualquier perturbación en la red. Por otra parte, debido al déficit de energía se justifica el esquema de racionamiento aplicado hasta el momento en las diversas regiones del país.

Tomando en cuenta la situación geográfica de la S/E Malena que se encuentra en una zona de difícil acceso y despoblada, aunado a la situación actual de Corpoelec en cuanto a la no



disponibilidad de equipamiento, materiales, recursos humanos y financieros se estima que esta contingencia podría ser solventada a corto y mediano plazo, entre unos 15 a 60 días.

Hipótesis 2: Falla en turbinas de casa de máquinas II de la planta Gurí

Si la aceleración y aumento de velocidad de las turbinas de la planta Guri fue excesiva y no adecuadamente controlada, entonces ocasionó un daño en el conjunto turbina-eje-generator o en el peor de los casos en la estructura de la fosa de la casa de máquinas.

La indisponibilidad de una o varias máquinas de la planta Guri, en particular casa de máquinas II, implicaría una disminución importante de generación de energía eléctrica la cual no puede ser cubierta a corto ni mediano plazo por las plantas térmicas distribuidas en la geografía nacional.

La pérdida de la capacidad de generación de la planta Guri justificaría el esquema de racionamiento a nivel nacional y los problemas de inestabilidad de tensión a nivel de distribución en las distintas regiones y ciudades de país.

Para este caso la solución es a largo plazo considerando el tamaño y costo de estos equipos. Se estima un plazo razonable de 12 meses a 36 meses dependiendo de la disponibilidad de recursos económicos y la magnitud de los daños.

¿Por qué se ve afectado todo el País?

La relación entre la generación hidroeléctrica y térmica en Venezuela para el año 2013 era 64% a 36%⁴, relación que hoy en día se estima en 85% a 15%.

⁴ Anuario Estadístico 2013. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica



En la actualidad en el estado Zulia la disponibilidad térmica está en el orden del 14% (395MW) de la capacidad instalada (2918 MW)⁵, mientras que en la región central del país, la disponibilidad térmica es del 23% (2400MW) de la capacidad instalada (10360MW)⁶. Esta situación de indisponibilidad de generación térmica, motivado a la falta de mantenimiento y modernización de las plantas térmicas, se reproduce en el resto del país.

A esto se suma la baja producción de PDVSA de combustibles que necesitan las termoeléctricas disponibles, tales como diésel y gas imprescindibles para hacerlas operativas al 100%, para paliar parte del déficit energético actual⁷.

Al no contar con grandes centros de generación térmica a nivel regional, las pocas máquinas que están trabajando de forma aislada e independiente del SIN, pueden presentar grandes fluctuaciones de frecuencia al no disponer de una referencia fuerte que les permita mantener su sincronía.

Conclusiones

- El apagón eléctrico del día 07/03/2019 se produjo por una falla del sistema de transmisión de 765kV que causó la salida de toda la generación hidroeléctrica y la incapacidad de las termoeléctricas en mantener operativo parte del sistema eléctrico nacional.
- La estabilidad del servicio eléctrico, no es a corto plazo, tal como se desarrolla en las hipótesis.

⁵ Nataly Angulo (12/03/2019) *86% es el déficit de generación térmica en Zulia*. Recuperado de <http://www.laverdad.com/economia/140543-86-es-el-deficit-de-generacion-termica-en-zulia.html>

⁶ NotiEspano.com (13/06/2019) *70% de las unidades térmicas en el centro del país están fuera de servicio*, Recuperado de <https://notiespartano.com/2018/06/13/70-de-las-unidades-termicas-en-el-centro-del-pais-estan-fuera-de-servicio/>

⁷ Aporrea Agencia (11/03/2019) *Ingeniero Wiston Cabas: La generación termoeléctrica del país está por el suelo*. Recuperado de <https://www.aporrea.org/energia/n339292.html>



Recomendaciones

- Alertar a la comunidad universitaria y al país sobre la afectación de las actividades cotidianas promoviendo en la ciudadanía el uso eficiente y ahorro de la energía eléctrica y así contribuir en el sostenimiento del sistema hasta tanto se normalice la situación.
- Analizar el impacto de la implementación de racionamiento de electricidad en las actividades académicas y administrativas de las UCV.
- Exhortar al Gobierno Nacional para elaborar un plan de desarrollo integral del servicio eléctrico nacional, con la participación de PDVSA, CORPOELEC, profesionales de ingeniería con experiencia en el sector, con la academia, empresas relacionadas con la industria eléctrica, y otros actores vinculados al sector energético, para la recuperación y modernización del Sistema Eléctrico Nacional.