



# **INFORME PRELIMINAR**

**Evento regional**

**Domingo 20 de enero del 201**

25 de enero de 2019



## Tabla de contenido

1. Resumen .....	3
2. Condiciones del Sistema Eléctrico Nacional antes del evento .....	4
3. Secuencia de eventos .....	4
4. Análisis del evento .....	8
5. Maniobras de normalización .....	9
6. Desconexión de carga por baja frecuencia.....	10
7. Conclusiones y recomendaciones .....	13

## 1. Resumen

El domingo 20 de enero a las 10:42 horas y a las 12:25 horas se presentan dos eventos regionales que provocan la activación del Esquema de Desconexión Automática de Carga por Baja Frecuencia (EDACBF) en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), causando en el primer evento la pérdida de 103 MW de carga (96 por actuación del EDACBF y 7 MW por desconexión subestación Cahuita), 100 MW de generación y 156 MW de carga y 19 MW de generación en el segundo evento.

El origen del evento se presentó en el Sistema Eléctrico de Panamá, sin embargo aún no se conocen las causas oficiales del mismo. A continuación se presenta un resumen de lo sucedido.

- A las 10:42 horas se registra una gran oscilación de potencia por las líneas de interconexión, provocada por un evento en Panamá. La magnitud del flujo proveniente de Panamá alcanzó los 431 MW y durante el desarrollo del evento se presentaron condiciones de sobre y baja frecuencia.
  - La condición de sobre-frecuencia inicial y el alto flujo entrando al SEN desde Panamá provoca la activación de la protección especial para las líneas de interconexión Costa Rica-Panamá, la cual desconectó dos de las tres interconexiones. La tercera línea de interconexión (Cahuita-Changuinola) fue disparada por las protecciones propias de la línea, con lo que Panamá queda aislado del Sistema Eléctrico Regional (SER).
  - Al cortarse la inyección de potencia desde Panamá, se da una condición de baja frecuencia que provoca la activación en el SEN del esquema de desconexión automática de carga por baja frecuencia (EDACBF), hasta la tercera etapa, desconectando 96 MW de carga. Adicionalmente se desconecta la Subestación Cahuita con 7 MW de carga.
  - La segunda condición de sobre-frecuencia provoca la desconexión de 100 MW de generación en Costa Rica.
- A las 12:25 la LT 230 kV Liberia-Amayo fue disparada por las protecciones propias de la línea al alcanzar el flujo una magnitud de 264 MW ingresando desde Nicaragua, lo que provoca una segunda activación del EDACBF en el SEN, en esta ocasión hasta la quinta etapa con una pérdida de 156 MW de carga (dato preliminar) y 19 MW de generación.

Como consecuencia de los eventos el EOR reporta apagón total en Panamá y Nicaragua, así como activación de al menos 3 etapas del EDACBF en todos los países del SER.

## 2. Condiciones del Sistema Eléctrico Nacional antes del evento

Las condiciones operativas del SEN previas al evento cumplían con los criterios de calidad, seguridad y desempeño establecidos en la normativa nacional y regional. En la siguiente tabla se muestra el estado de las variables que se utilizan para controlar el cumplimiento de estos criterios:

Parámetro	Magnitud antes del evento	Límite permitido
Reserva de regulación para bajar	30 MW	> 30 MW
Reserva de regulación para subir	115 MW	> 30 MW
Reserva de potencia reactiva	400 MVar	> 220 MVar
Reserva de regulación primaria de frecuencia	214 MW	> 5% de la demanda (70 MW)
Frecuencia	59.98 Hz	$60 \pm 1.65\sigma^*$
Voltajes mínimos y máximos en las barras del SEN (230 kV y 138 kV)	99% - 103%	95% - 105% de la tensión nominal
Flujos de seguridad operativa (Norte – Centro)	642 MW	< 1180 MW
Restricción de transmisión asociada a la indisponibilidad de la LT Lindora – San Miguel 230 kV	258 MW	< 285 MW

\*90% de las variaciones de la frecuencia promedio en períodos de 10 minutos deben estar comprendidas dentro del rango de  $(60 \pm 1.65 \sigma)$  Hz, donde  $\sigma$  es la desviación estándar de la frecuencia promedio en períodos de 10 minutos ( $\sigma = 0.03$  Hz).

Costa Rica se encontraba exportando 14.5 MW de energía hacia el norte del Sistema Eléctrico Regional y porteando 14 MW en sentido sur-norte. Se encontraba en mantenimiento programado la línea de transmisión de doble circuito Lindora – San Miguel 230 kV.

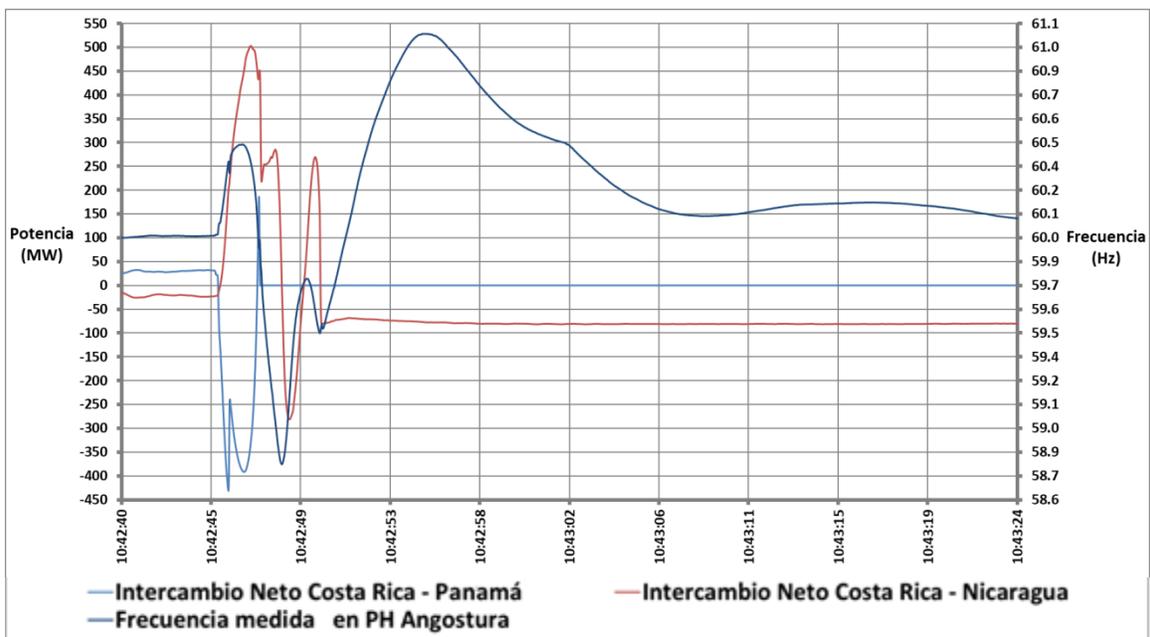
## 3. Secuencia de eventos

A continuación se presenta la secuencia de eventos:

- 10:42: Se registra una gran oscilación de potencia por las líneas de interconexión, provocada por un evento en Panamá. La magnitud del flujo proveniente de Panamá alcanzó los 431 MW y durante el desarrollo del evento se presentaron condiciones de sobre y baja frecuencia

- La condición de sobre-frecuencia inicial (que alcanzó los 60.5 Hz) y el alto flujo entrando al SEN provoca la activación de la protección especial para las líneas de interconexión Costa Rica-Panamá, la cual desconectó dos de las tres interconexiones. La tercera línea de interconexión (Cahuita-Changuinola) fue disparada por las protecciones propias de la línea, con lo que Panamá queda aislado del Sistema Eléctrico Regional (SER).
- La condición de baja frecuencia (que alcanzó los 58.83 Hz) provoca la activación en el SEN del esquema de desconexión automática de carga por baja frecuencia (EDACBF), hasta la tercera etapa, desconectando 96 MW de carga. Adicionalmente se desconecta la Subestación Cahuita con 7 MW de carga.
- La segunda condición de sobre-frecuencia (que alcanzó los 61.05 Hz) provoca la desconexión de 100 MW de generación en Costa Rica.

En la figura 1 se observa el comportamiento de la frecuencia y el flujo neto en las interconexiones con Panamá y Nicaragua durante el evento de las 10:42 horas:

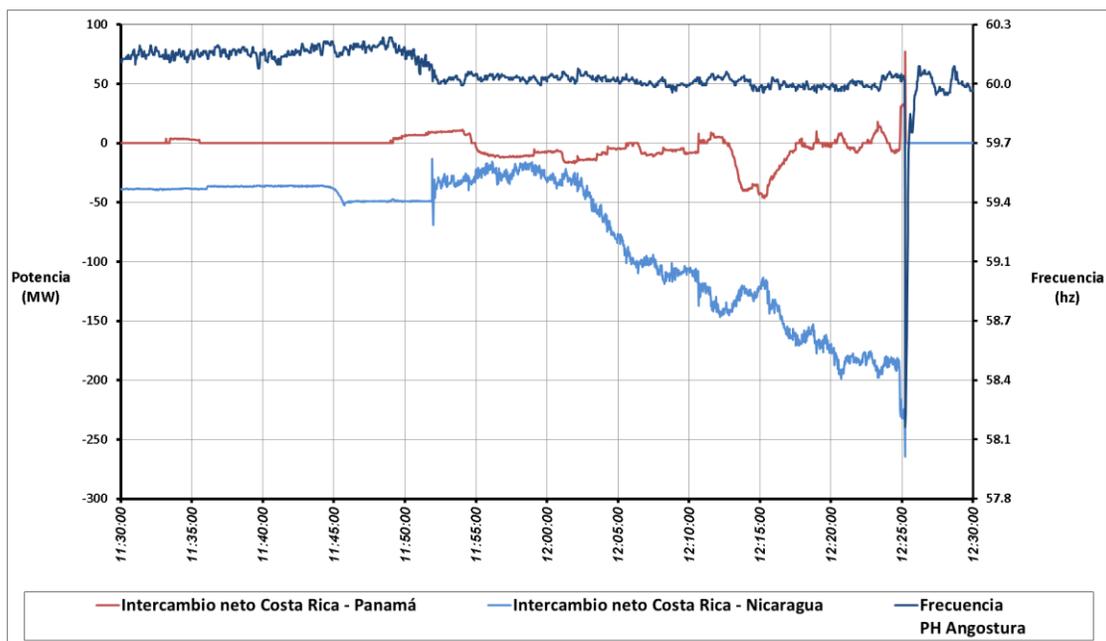


**Figura N°1**

**Frecuencia del SEN y flujo neto en las interconexiones durante el evento registrado a las 10:42 horas**

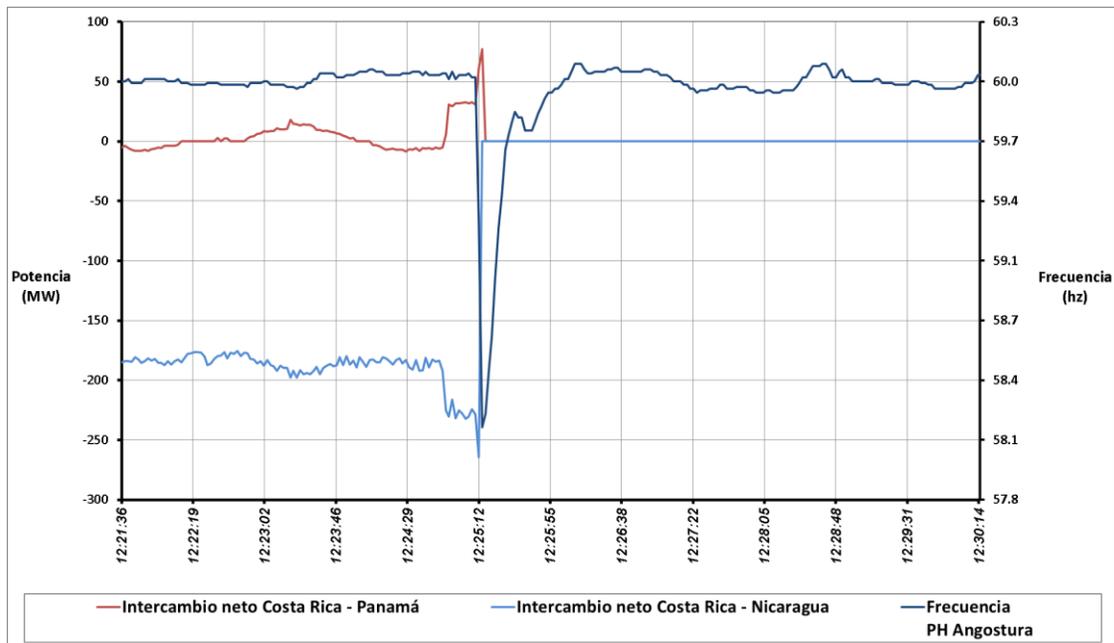
- 10:42: Luego del evento, Nicaragua se mantiene inyectando 81 MW al SEN por medio de la LT 230 kV Liberia-Amayo (hasta las 11:11 horas, luego el flujo se reduce a 35 MW hasta las 12:00) por lo que el CENCE solicita al Ente Operador Regional girar la instrucción a Nicaragua para que disminuya su generación, instrucción que no es acatada por el Operador de esta área de control.

- 11:20: Se normaliza la interconexión LT 230 kV Río Claro-Progreso para brindarle voltaje a Panamá y que puedan iniciar la recuperación de su sistema.
- 11:40: se normaliza la interconexión LT 230 kV Cahuita-Changuinola.
- 12:00: A partir de esta hora empieza a aumentar el flujo de potencia entrante desde Nicaragua por la línea Liberia-Amayo, afectando las reservas de regulación del SEN. Ante esta situación a las 12:12 horas el CENCE le informa al EOR que de mantenerse la situación, Costa Rica procedería a abrir la interconexión con Nicaragua en un plazo de 10 minutos.
- 12:22: El EOR, ante el no acatamiento de instrucciones por parte del Operador nicaragüense y el creciente flujo hacia Costa Rica (cercano a los 200 MW), autoriza a Costa Rica para abrir la interconexión Liberia-Amayo. El CENCE inicia las maniobras en el SEN para aumentar la generación para contar con suficiente reserva y estabilizar la frecuencia antes de abrir la interconexión.
- 12:25: Se produce la desconexión automática de la interconexión Liberia-Amayo por la operación de sus protecciones (se registra un flujo de 264 MW desde Nicaragua), lo que provoca una condición de baja frecuencia (58.2 Hz) que activa por segunda vez el EDACBF hasta la quinta etapa con una pérdida de 156 MW de carga (dato preliminar). También se desconectan 19 MW de generación. En las figuras 2 y 3 se observa la frecuencia y flujo en las interconexiones antes y durante este evento:



**Figura N°2**

**Frecuencia del SEN y flujo neto en interconexiones antes del evento de las 12:25 horas**



**Figura N°3**

**Frecuencia del SEN y flujo neto en interconexiones durante el evento de las 12:25 horas**

Este segundo evento tiene como consecuencia la salida total del sistema eléctrico de Nicaragua y Panamá, este último que apenas iniciaba el proceso de restablecimiento.

- 12:36: Normalizada la interconexión LT 230 kV Río Claro-Progreso.
- 12:52: Normalizada la interconexión LT 230 kV Cahuita-Changuinola.
- 13:20: El EOR coordina con el CENCE la normalización de las interconexiones con Nicaragua, dado que el sistema nicaragüense se encuentra estable y conectado con el resto de Centroamérica y México.
- 13:23: Se normaliza la interconexión LT 230 kV Cañas-Ticuantepe.
- 13:50: Se normaliza la interconexión LT 230 kV Liberia-Amayo.
- 15:06: Se normaliza la interconexión LT 230 kV Río Claro-Dominical.

## 4. Análisis del evento

El evento de las 10:42 horas tuvo su origen en el sistema eléctrico de Panamá, mientras se realizaban pruebas de protecciones en la subestación Panamá. El evento les causó un exceso de generación que fue transmitido hacia los demás sistemas eléctricos que conforman el SER. Las causas oficiales aún no se conocen.

### Evento de las 10:42 horas:

El evento descrito provoca un flujo de potencia de 431 MW desde Panamá hacia los restantes países de Centroamérica, causando una primera oscilación de gran magnitud que tuvo impacto en todo el SER. Como consecuencia de dicho flujo se da el disparo de la interconexión Guatemala – México, desconexión de líneas de interconexión regionales y disparos que causan cambios topológicos en la red eléctrica de Nicaragua, quedando la subestación Amayo conectada radialmente al SEN.

Como ya se mencionó, la magnitud de la sobre frecuencia y del flujo de potencia entrante, provoca la activación de la protección especial de las líneas de interconexión Costa Rica-Panamá que desconecta dos de las tres interconexiones (Cahuita-Changuinola se desconectó por protecciones propias de la línea), la desconexión de carga por activación del EDACBF hasta la tercera etapa y desconexión de 100 MW de generación en el SEN.

Es importante resaltar, que la actuación de la protección especial de las interconexiones Costa Rica-Panamá y el esquema de disparo de carga por baja frecuencia evitaron consecuencias más severas para el SEN.

Dado que la línea Cahuita – Changuinola 230 kV (así como la línea Moín-Cahuita 230 Kv) fue desconectada por protecciones propias y no por la protección especial de las líneas de interconexión, se está solicitando mayor información sobre las causas de la no operación de la protección especial en esta línea. Así mismo, se está analizando la actuación del EDACBF para determinar si se desconectó la carga según lo programado.

### Evento de las 12:25 horas:

Después del evento de la 10:42 horas y siguiendo las instrucciones del EOR, Costa Rica se mantiene colaborando con Panamá y Nicaragua para que pudieran restablecer sus sistemas. La conexión con Panamá no provocó problemas operativos, ya que se les suministró voltaje desde las subestaciones Cahuita y Río Claro para que iniciaran el proceso de sincronizar máquinas y recuperar en forma gradual la carga.

Con respecto a la conexión con Nicaragua, luego del evento de las 10:42 horas, se mantiene un flujo entrante de 81 MW (10:42 - 11:11) y luego se reduce a 35 MW (11:11 – 12:00) desde Amayo

hacia Liberia, que provoca que la frecuencia se mantenga alta hasta las 11:53 horas y causando problemas para controlar las reservas de regulación.

A partir de las 12:00 horas, posiblemente asociado al proceso de restablecimiento de Nicaragua, el flujo entrante empieza a aumentar de manera no controlada, superando los 100 MW a las 12:10 horas (ver figura 2). Por esta razón a las 12:12 horas el CENCE solicitó al EOR girar la instrucción a Nicaragua para reducir ese flujo o en caso contrario se procedería a abrir la interconexión Liberia-Amayo de forma manual. El Operador de Nicaragua no atendió la solicitud del EOR, por lo que a las 12:22 horas el EOR autorizó la apertura de la interconexión. Mientras el CENCE preparaba el SEN aumentando las reservas de generación para proceder con la apertura, la línea de interconexión se disparó por sobrecarga a las 12:25 (el flujo alcanzó los 264 MW), tal como se observa en la figura 2.

Debido a la pérdida del flujo de potencia entrante de Nicaragua, se presenta una condición de baja frecuencia que activa el esquema de disparo de carga por baja frecuencia hasta la quinta etapa y provoca nuevamente la desconexión de las interconexiones con Panamá (por baja frecuencia), así como la salida total de los sistemas de Panamá y Nicaragua. También se desconectan 19 MW de generación en el SEN (se está solicitando información de las causas).

En este evento la actuación de la protección de disparo de interconexiones por baja frecuencia y el esquema de disparo de carga por baja frecuencia evitaron consecuencias más severas para el SEN.

Para este tipo de condiciones, se requiere definir y aprobar un protocolo para proceder a abrir interconexiones cuando se presenten condiciones que pongan en riesgo al SEN y no se ejecuten las acciones oportunas por parte de las otras áreas de control. Es importante considerar que se cuenta con muy poca información por parte del EOR durante las primeras horas del evento sobre el estado de las otras áreas de control, por lo que la decisión de abrir o no una interconexión se debe tomar con los criterios suficientes, ya que podría más bien empeorar las condiciones del SEN.

## 5. Maniobras de normalización

Luego de ambos eventos el Centro Nacional de Control de Energía procede con la coordinación de la normalización de los circuitos de distribución que fueron desconectados por la actuación del Esquema de Disparo de Carga por Baja Frecuencia (EDACBF), así como la coordinación de la normalización de las líneas de interconexión y otros elementos de transmisión afectados.

A continuación se presentan las horas en que fueron restablecidos los elementos de transmisión, interconexiones y la demanda:

Evento 10:42 horas:

- 11:13 normalizada subestación Cahuita
- 11:25 normalizados todos los circuitos de distribución desconectados por el EDACBF
- 11:40 normalizadas interconexiones con Panamá (Río Claro-Progreso y Cahuita-Changuinola).

Evento 12:25 horas:

- 12:36 normalizadas interconexiones con Panamá (Río Claro-Progreso y Cahuita-Changuinola)
- 13:21 normalizados todos los circuitos de distribución desconectados por el EDACBF
- 13:50 normalizadas interconexiones con Nicaragua

## **6. Desconexión de carga por baja frecuencia**

En la Tabla 1 se muestra la lista de circuitos de distribución que se desconectaron producto del evento de las 10:42 y en la Tabla 2 se muestra la lista de circuitos desconectados por la baja frecuencia del evento de las 12:25:

**Tabla 1: Lista de circuitos que se desconectaron por actuación del esquema de desconexión de carga por baja frecuencia en el evento de las 10:42 (información preliminar)**

Nombre del circuito
LD. 34.5 kV Garita - Cebadilla
LD. 34.5 kV Naranjo - Alto Castro
LD. 34.5 kV Naranjo - Llano Bonito
LD. 34.5 KV Naranjo – Palmares
LD. 34.5 KV Santa Rita - Nosara
LD. 34.5 kV Barranca - Puntarenas
LD. 34.5 kV Barranca - Guacimal
LD. 34.5 kV Juanilama - Jacó.
LD. 34.5 kV Trapiche - L2
LD. 34.5 kV San Isidro - Buvis
LD. 34.5 kV Heredia - San Pablo
LD. 34.5 kV Moín - Puerto Viejo
LD. 34.5 kV Río Claro - Cotos
LD. 34.5 kV Ciudad Quesada - Florencia
LD. 34.5 kV Cañas - Tilarán
LD. 34.5 kV Alajuelita - Periféricos
LD. 34.5 kV Río Macho - Cachí
LD. 34.5 kV Tejar - Guayabal
LD. 34.5 kV El Este - Tres Ríos
LD. 34.5 kV Alajuelita - El Llano
LD. 34.5 kV Guadalupe - San Vicente
LD. 34.5 kV Sur - Zapote
LD. 34.5 kV Sur - Desamparados
LD. 34.5 kV Sur - San Cayetano
<b>Total (dato preliminar): 96 MW</b>

**Tabla 2: Lista de circuitos que se desconectaron por actuación del esquema de desconexión de carga por baja frecuencia en el evento de las 12:25 (información preliminar)**

Nombre del circuito
LD. 34.5 kV Naranjo - San Ramón
LD. 34.5 kV Naranjo - Palmares 2
LD. 34.5 kV Naranjo - Palmares 1
LD. 34.5 Naranjo – Alto Castro
LD. 34.5 kV Naranjo-Rosario
LD. 34.5 kV Naranjo- Llano Bonito
LD. 34.5 kV Naranjo- Argentina
LD. 34.5 kV Leesville-Guacimo
LD. 34.5 kV Naranjo-Barranca
LD. 34.5 kV Concavas-Cerrillos
LD. 34.5 kV Río Macho-Cachí
LD. 34.5 kV San Isidro-Buvis
LD. 34.5 kV Santa Rita-Nandayere
LD. 34.5 kV Río Claro-Coto
LD. 34.5 kV Santa Rita-Paquera
LD. 34.5 kV Santa Rita-Nosara
LD. 34.5 kV Moín-Puerto Viejo
LD. 34.5 kV Tejar-Guayabal
LD. 34.5 kV Cañas-Tilarán
LD. 34.5 kV Barranca L3
LD. 34.5 kV Barranca L7
LD. 34.5 kV Juanilama L3
LD. 34.5 kV Trapiche L2
LD. 34.5 kV Alajuelita-Perifericos
LD. 34.5 kV Alajuelita-El Llano
LD. 34.5 kV Escazú-Santa Ana
LD. 34.5 kV Guadalupe-San Vicente
LD. 34.5 kV Alajuelita-San Felipe
LD. 34.5 kV Desamparados-Higuito
LD. 34.5 kV Desamparados-Pararrá
LD. 34.5 kV Desamparados-Calle Fallas
LD. 34.5 kV Uruca-Bario México
LD. 34.5 kV Uruca-Barrio Don Bosco
LD. 34.5 kV Sur-Zapote
LD. 34.5 kV Sur-Desamparados
LD. 34.5 kV Sur-Cayetano
LD. 34.5 kV El Este-Tres Ríos
<b>Total (dato preliminar): 156 MW</b>

## 7. Conclusiones y recomendaciones

- La actuación de la protección especial en las interconexiones Costa Rica-Panamá y el esquema de disparo de carga por baja frecuencia evitaron consecuencias más severas para el SEN.
- Se está solicitando información al Negocio de Transmisión sobre la no actuación de la protección especial en la línea Cahuita – Changuinola, pues fueron otras protecciones las que actuaron durante el evento, con tiempos de operación mayores.
- Se está realizando la evaluación de la actuación del esquema de disparo automático de carga por baja frecuencia, para determinar si la magnitud de carga desconectada cumple con lo programado.
- Se encuentra en análisis el disparo de 19 MW de generación durante el evento de las 12:25 para determinar las causas y si se requiere realizar algún ajuste en los generadores desconectados.
- Se recomienda definir y aprobar un protocolo para proceder a abrir interconexiones cuando se presenten condiciones que pongan en riesgo al SEN cuando no se ejecuten las acciones oportunas por parte de las otras áreas de control o bien del Ente Operador Regional.