

1. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

El 15 de marzo del 2025 a las 22:23:14, la frecuencia medida en el Sistema Eléctrico de Costa Rica empezó a aumentar de manera sostenida. Según el reporte preliminar de evento N° 33-3-2025 del EOR, este fenómeno fue causado por una falla en la subestación PANAM del Sistema Eléctrico de Panamá la cual creó un desbalance entre la carga y la generación de esta área de control. El exceso de generación en el Sistema Eléctrico de Panamá provocó una inyección de potencia hacia Costa Rica y un aumento de la frecuencia del sistema interconectado. Estas dos condiciones son monitoreadas por el esquema de protección SPECR-P entre Costa Rica y Panamá, el cual operó desconectando las tres líneas de interconexión entre estos países (Cahuita - Changuinola, Río Claro - Progreso y Río Claro - Dominical). Luego del disparo de esta interconexión, el área de control de Costa Rica quedó con un déficit de generación, pues la importación programada de energía desde Panamá era de 118 MW. Al perder la interconexión sur, esta energía fue provista momentáneamente por el SER a través de la interconexión con el sistema eléctrico de Nicaragua. Bajo esta condición de operación, el flujo hacia Costa Rica alcanzó un máximo de 138.8 MW. En este contexto, el EOR reportó que “la inyección de potencia en el nodo de Los Brillantes (...) se incrementó de un programa de 170 MW a 482 MW, (razón por la cual) operó el esquema de protección por bajo voltaje quedando el SER desconectado del sistema eléctrico de México”. Sin embargo, vale la pena notar que el aumento del flujo por la interconexión México-Guatemala fue más del doble que el flujo máximo hacia Costa Rica luego de la pérdida del intercambio programado con Panamá. Por lo que se considera que debieron existir situaciones adicionales en el SER que provocaron un aumento tan elevado del flujo por esta interconexión.

Como consecuencia de la pérdida de la interconexión con el sistema eléctrico de México, la frecuencia cayó hasta los 59.303 Hz, según las mediciones del PMU en la ST Angostura, y activó la primera etapa del EDACBF de manera parcial.

2. CONSECUENCIAS DEL EVENTO

En Costa Rica tuvo lugar la actuación del esquema de protección SPECR-P que desconectó, de manera automática, las líneas de transmisión a 230 kV Cahuita - Changuinola, Río Claro - Progreso y Río Claro - Dominical. En consecuencia, el área de control de Costa Rica quedó conectada al SER a través de su interconexión norte, pero aislada, en la frontera sur, del Sistema Eléctrico de Panamá.

Adicionalmente, luego del disparo de la interconexión México-Guatemala, se presentó la actuación parcial del EDACBF, pues la frecuencia mínima no alcanzó el nivel de disparo en algunos puntos del país. Este esquema de protección desconectó las líneas de distribución vinculadas a las subestaciones: Ciudad Quesada, Desamparados, El Este, Escazu, Garita, Leesville, Naranjo, Río Macho. La pérdida de carga, como resultado de la desconexión de dichas líneas, fue de 26.15 MW, aproximadamente. Además, en el instante del evento se registró la desconexión automática del Bloque 4 de generación térmica en ST Garabito. El agente reportó la actuación de la protección diferencial de la celda a la que se conecta esta generación. Sin embargo, la actuación de esta protección se mantiene en análisis pues el disparo de este relé podría no estar correlacionado con el evento regional.

3. CONDICIÓN PREFALLA DEL SEN

Un minuto antes del evento, el SEN registraba una demanda de 1460.68 MW y los flujos netos de potencia en las interconexiones tenían los siguientes valores: CRI-NIC = 12.96 MW y CRI-PAN = -106.28 MW.

Observaciones: Dos minutos antes del evento, específicamente a las 22:26:30, se presentó una caída temporal del flujo de potencia recibido desde el Sistema Eléctrico de Panamá. Este déficit duró unos 30 segundos. Durante este tiempo, el flujo en la interconexión con Panamá cayó a unos 80 MW en promedio hacia Costa Rica. Esto representó, un déficit de 40 MW aproximadamente, pues el intercambio programado en la Interconexión Sur era de 118.65 MW en dirección a Costa Rica. Aunque este desvío del flujo fue temporal, la frecuencia cayó a 59.95 Hz en promedio y así se mantuvo hasta que se presentó el aumento sostenido de la frecuencia por el evento de desbalance de carga-generación en Panamá.

Diagrama unifilar: Ver Figura 10.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SUCESOS EN ORDEN CRONOLÓGICO

Fecha-Hora	Elemento	Causa
15/03/2025 22:28	ST Cahuita, Apertura Cahuita (CAH) - Changuinola (CHA) - 1	SPECR-P
15/03/2025 22:28	ST Ciudad Quesada, Apertura LD-02 (Florencia)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Desamparados, Apertura LD-03 (Río Azul)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST El Este, Apertura LD-03 (San Diego)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Escazu, Apertura LD Valle Central (Piedades)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Garabito, Apertura PTA Bloque 4	En análisis
15/03/2025 22:28	ST Garita, Apertura LD-03 (Parrita)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Leesville, Apertura LD-01 (Piñeras)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Naranja, Apertura LD-10 (Barranca)	Baja Frecuencia
15/03/2025 22:28	ST Río Claro, Apertura Rio Claro (RCL) - Dominical (DOM) - 1	SPECR-P
15/03/2025 22:28	ST Río Claro, Apertura Rio Claro (RCL) - Progreso (PRO) - 1	SPECR-P
15/03/2025 22:28	ST Río Macho, Apertura LD-04 (Concavas)	Baja Frecuencia

5. CONFIGURACIÓN POSTFALLA

Un minuto después de iniciado el evento, el SEN registraba una demanda de 1432.61 MW y los flujos netos de potencia en las interconexiones tenían los siguientes valores: CRI-NIC = 20.36 MW y CRI-PAN = 0.26 MW. En el SEN, se presentó la desconexión automática de las LT 230 kV Río Claro - Progreso, Río Claro - Dominical y Cahuita - Changuinola. Adicionalmente, el EDACBF disparó algunas de las líneas de distribución que forman parte de la primera etapa del EDACBF, pues la frecuencia mínima no alcanzó el umbral de disparo en todas las subestaciones del país. Finalmente, se registró el disparo del Bloque 4 de generación térmica en ST Garabito por operación de la protección diferencial de la celda a la cual se conecta esta generación. La actuación de esta protección se mantiene en análisis pues el disparo de este relé podría no estar correlacionado con el evento regional.

Observaciones: Ninguna.

Diagrama unifilar: Ver Figura 11.

6. MANIOBRAS DE NORMALIZACIÓN REALIZADAS

Fecha-Hora	Elemento	Estado
15/03/2025 22:31	ST Garita, LD-03 (Parrita)	Normalizado
15/03/2025 22:33	ST Leesville, LD-01 (Piñeras)	Normalizado
15/03/2025 22:40	ST Ciudad Quesada, LD-02 (Florencia)	Normalizado
15/03/2025 22:43	ST Escazu, LD Valle Central (Piedades)	Normalizado
15/03/2025 22:43	ST El Este, LD-03 (San Diego)	Normalizado
15/03/2025 22:43	ST Desamparados, LD-03 (Río Azul)	Normalizado
15/03/2025 22:48	ST Río Macho, LD-04 (Concavas)	Normalizado
15/03/2025 22:48	ST Naranjo, LD-10 (Barranca)	Normalizado
15/03/2025 22:53	ST Garabito, PTA Bloque 4	Normalizado
15/03/2025 23:15	ST Río Claro, Río Claro (RCL) - Progreso (PRO) - 1	Normalizado
16/03/2025 01:10	ST Cahuita, Cahuita (CAH) - Changuinola (CHA) - 1	Normalizado
16/03/2025 01:22	ST Río Claro, Río Claro (RCL) - Dominical (DOM) - 1	Normalizado

7. ENERGÍA NO SUMINISTRADA

Subestación	Elemento	Potencia interrumpida [MW]	Energía no suministrada [MWh]	Duración [hh:mm:ss]
El Este	LD-03 (San Diego)	7.61	1.90	00:15:00
Escazu	LD Valle Central (Piedades)	4.02	1.00	00:15:00
Desamparados	LD-03 (Río Azul)	3.85	0.96	00:15:00
Ciudad Quesada	LD-02 (Florencia)	2.55	0.51	00:12:00
Leesville	LD-01 (Piñeras)	4.70	0.39	00:05:00
Garita	LD-03 (Parrita)	2.88	0.14	00:03:00
Río Macho	LD-04 (Concavas)	0.40	0.13	00:20:00
Naranjo	LD-10 (Barranca)	0.14	0.05	00:20:00
Totales		26.15	5.1	—

Se utiliza el Costo de Energía No Suministrada para Costa Rica del Bloque 1 (US\$ 508 por MWh). Tabla de la página 13 de la **Resolución CRIE-44-2023**.

8. GENERACIÓN DESCONECTADA

Elemento	Desconexión [hh:mm]	Normalización [hh:mm]	Potencia pre-falla [MW]	Causa
ST Garabito, PTA Bloque 4	22:28	22:53	35	En análisis
Total			35	—

9. CONSIDERACIONES FINALES

Luego del análisis realizado, se determinó que el esquema de protección SPECR-P operó en 60.20 Hz en una de las tres líneas de la interconexión Costa Rica - Panamá, específicamente en la LT 230 kV Cahuita - Changuinola. Esta situación ya fue corregida por el agente transmisor, quien aplicó los cambios el 28 de marzo del año en curso según la parametrización acordada. En las LT 230 kV Río Claro - Progreso y Río Claro - Dominical, el esquema de protección actuó correctamente, según lo previsto.

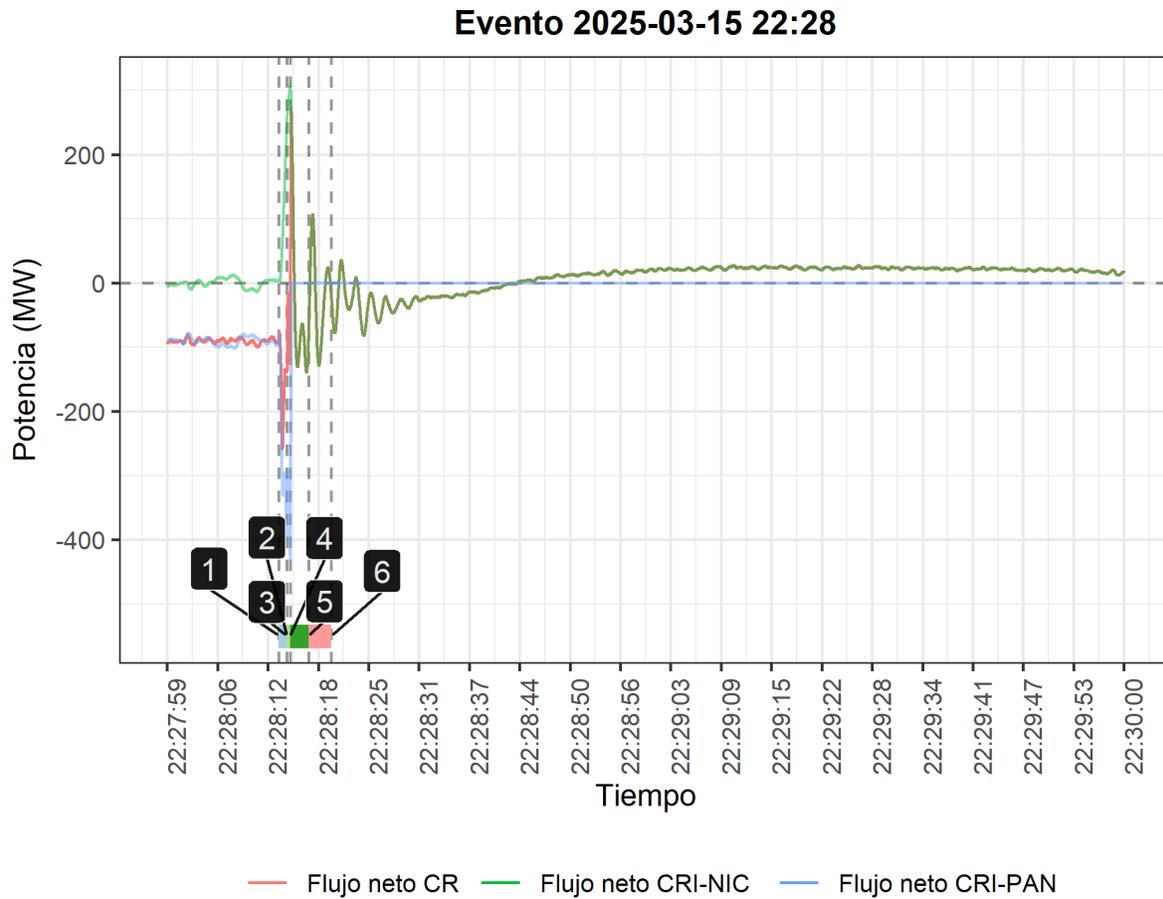
Con respecto al desempeño del EDACBF, solo el 45 % de los circuitos en la primera etapa del esquema fueron disparados para una pérdida total de 26.15 MW de carga. Esta situación se debe a que la frecuencia del sistema no alcanzó el umbral de disparo de manera homogénea en todas las subestaciones del país.

Finalmente, con respecto al disparo de los 35 MW de generación, el agente indicó el disparo por protección diferencial de la celda a la que se conecta esta generación. Sin embargo, la actuación de esta protección se mantiene en análisis pues el disparo de este relé podría no estar correlacionado con el evento regional.

10. ANEXOS

Figura 1: Flujos netos en las interconexiones

Datos tomados de los PMU



1 Inicio del evento

2 Frecuencia máxima

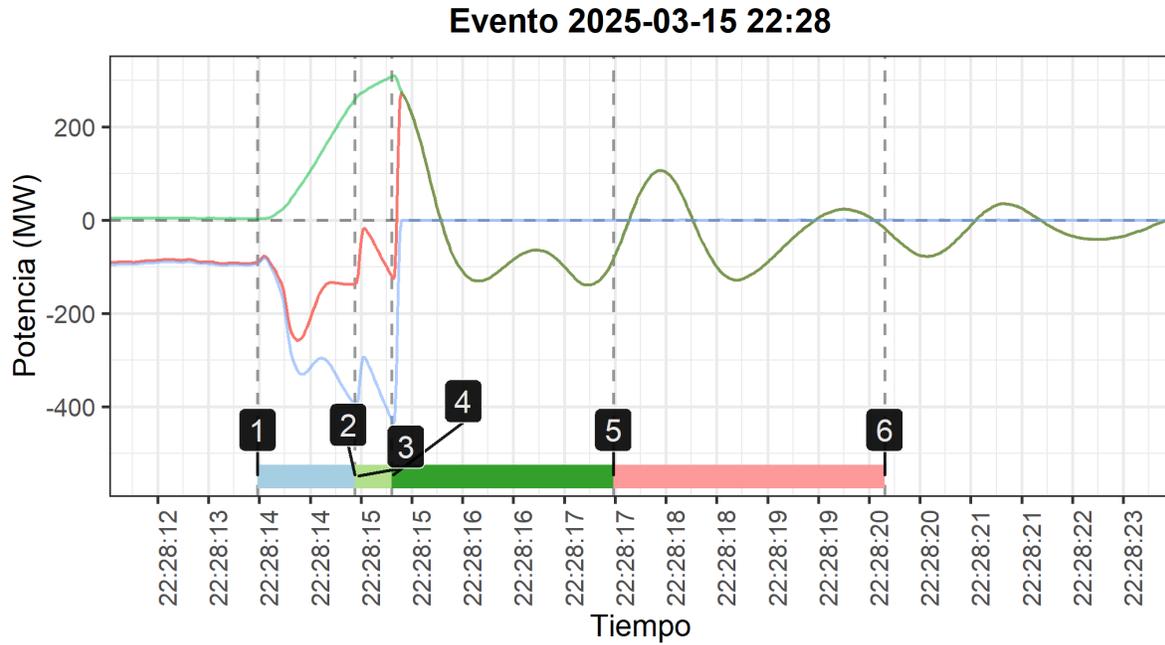
3 Disparo LT CAH-CHA

4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM

5 Disparo interconexión MEX-GUA

6 Frecuencia mínima

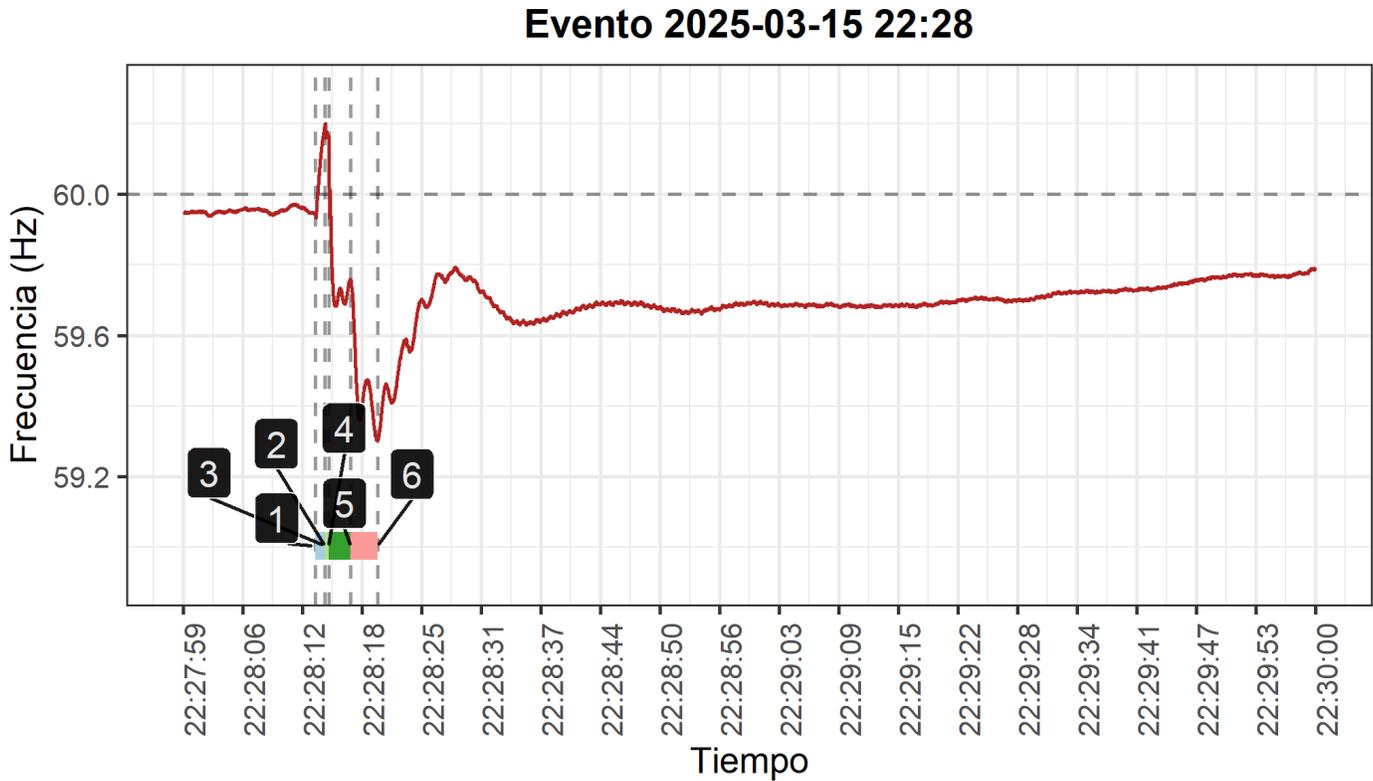
Figura 2: Detalle en flujos netos en las interconexiones
 Datos tomados de los PMU



— Flujo neto CR — Flujo neto CRI-NIC — Flujo neto CRI-PAN

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Inicio del evento | 4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM |
| 2 Frecuencia máxima | 5 Disparo interconexión MEX-GUA |
| 3 Disparo LT CAH-CHA | 6 Frecuencia mínima |

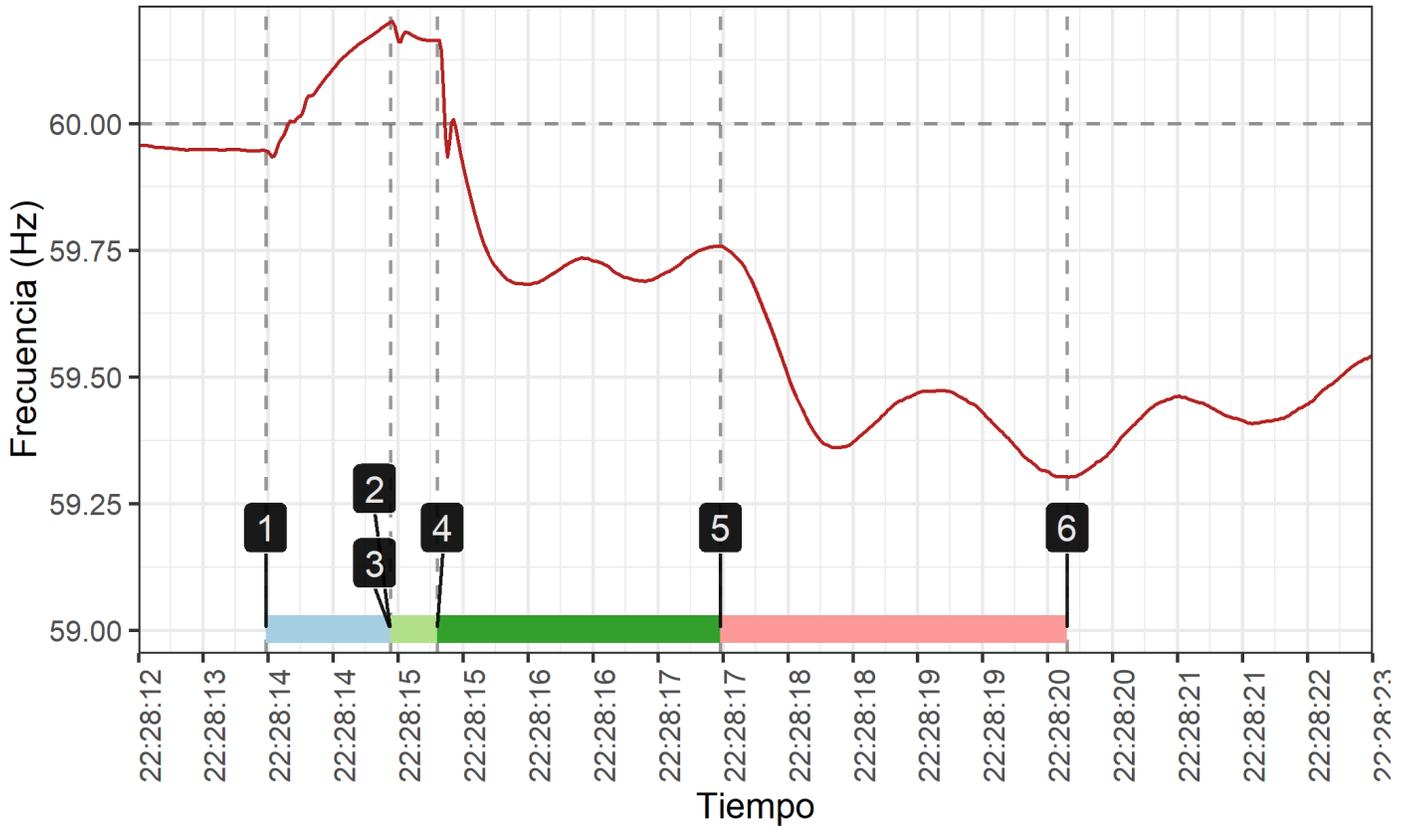
Figura 3: Frecuencia medida en ST Angostura
 Datos tomados del PMU



- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Inicio del evento | 4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM |
| 2 Frecuencia máxima | 5 Disparo interconexión MEX-GUA |
| 3 Disparo LT CAH-CHA | 6 Frecuencia mínima |

Figura 4: Detalle de la frecuencia medida en ST Angostura
 Datos tomados del PMU

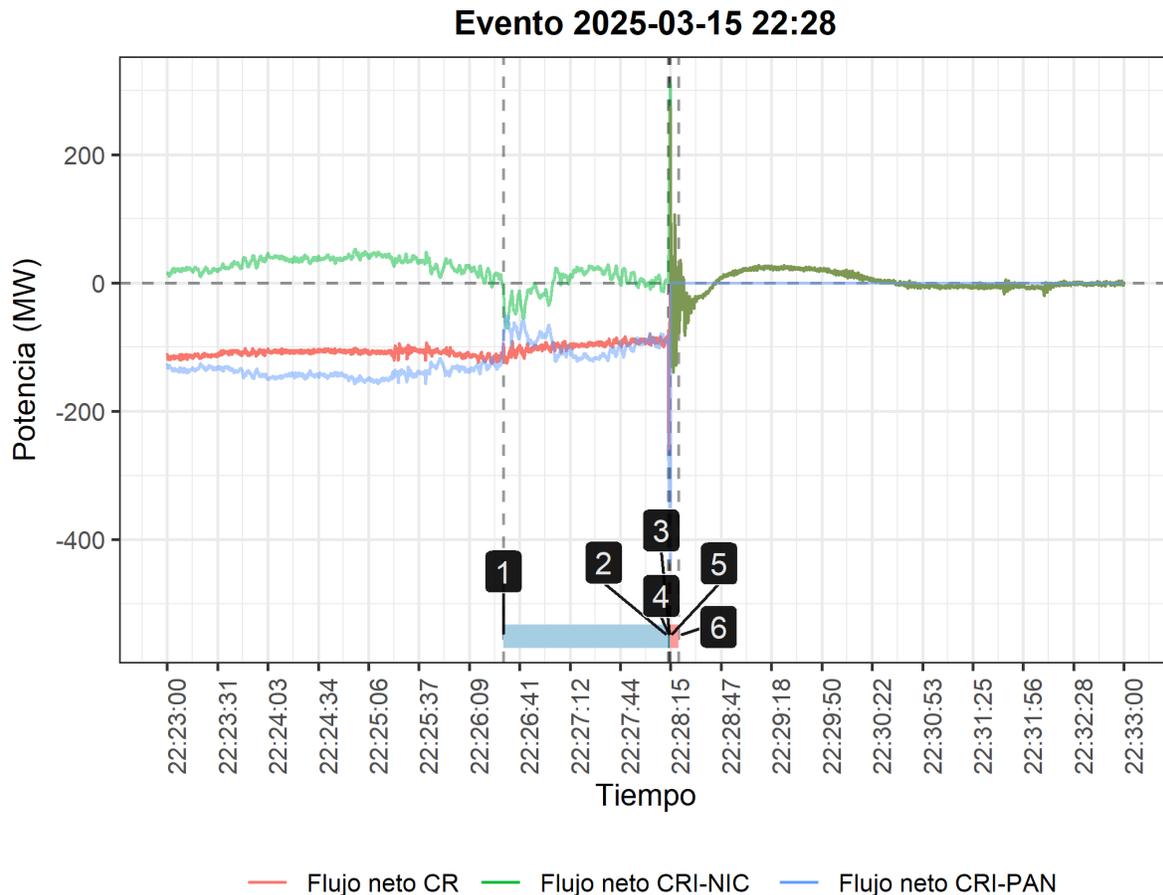
Evento 2025-03-15 22:28



- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 Inicio del evento | 4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM |
| 2 Frecuencia máxima | 5 Disparo interconexión MEX-GUA |
| 3 Disparo LT CAH-CHA | 6 Frecuencia mínima |

Figura 5: Condición del flujo neto antes de la falla

Datos tomados de los PMU. Se observa que dos segundos antes del evento regional, se presenta un incumplimiento momentáneo en el intercambio programado de Panamá.



1 Incumplimiento Prog. Intercambio PAN

4 Disparo LT CAH-CHA

2 Inicio del evento

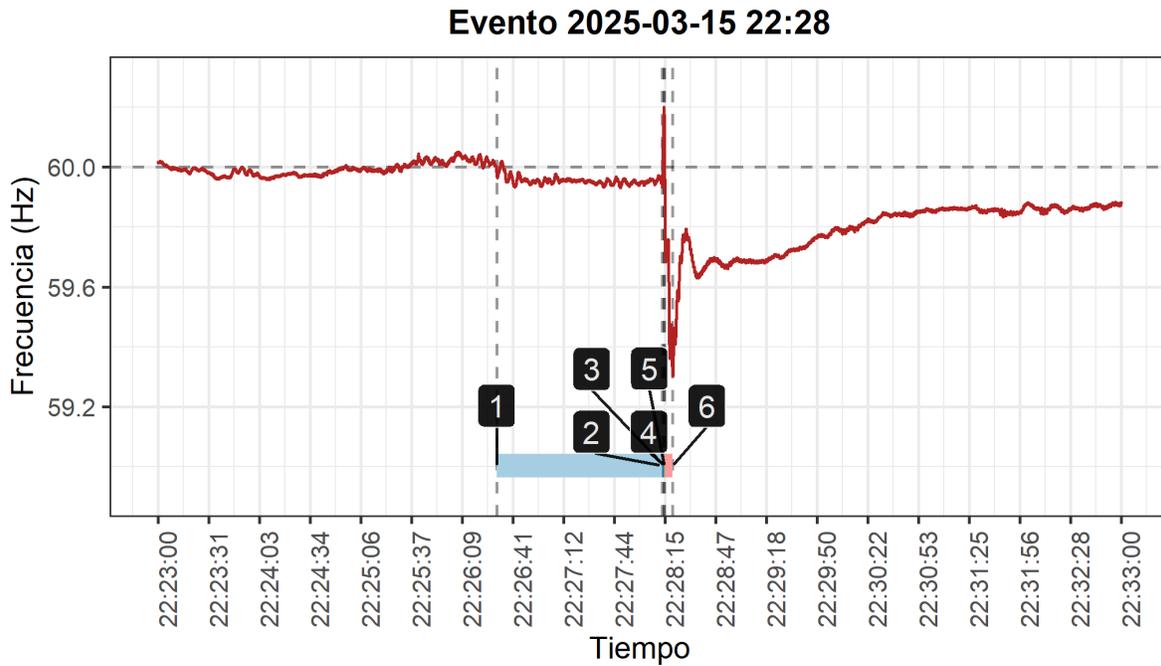
5 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM

3 Frecuencia máxima

6 Frecuencia mínima

Figura 6: Condición de la frecuencia antes de la falla

Datos tomados del PMU en ST Angostura. Se observa que dos segundos antes del evento regional, se presenta una reducción de la frecuencia del sistema y se mantiene por debajo de la frecuencia programada hasta la ocurrencia del evento regional.



1 Incumplimiento Prog. Intercambio PAN

4 Disparo LT CAH-CHA

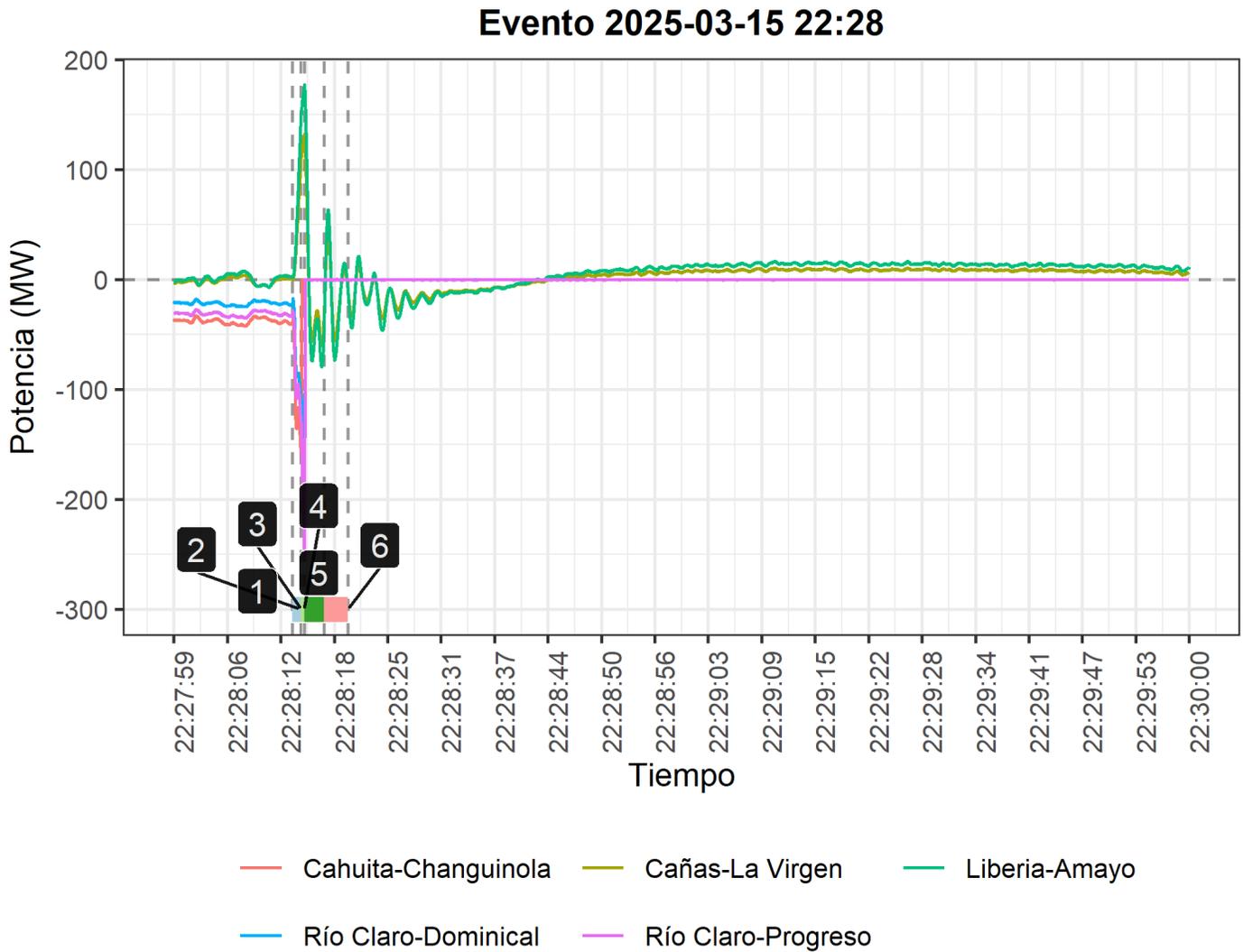
2 Inicio del evento

5 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM

3 Frecuencia máxima

6 Frecuencia mínima

Figura 7: Flujos en las interconexiones
 Datos tomados de los PMU



1 Inicio del evento

2 Frecuencia máxima

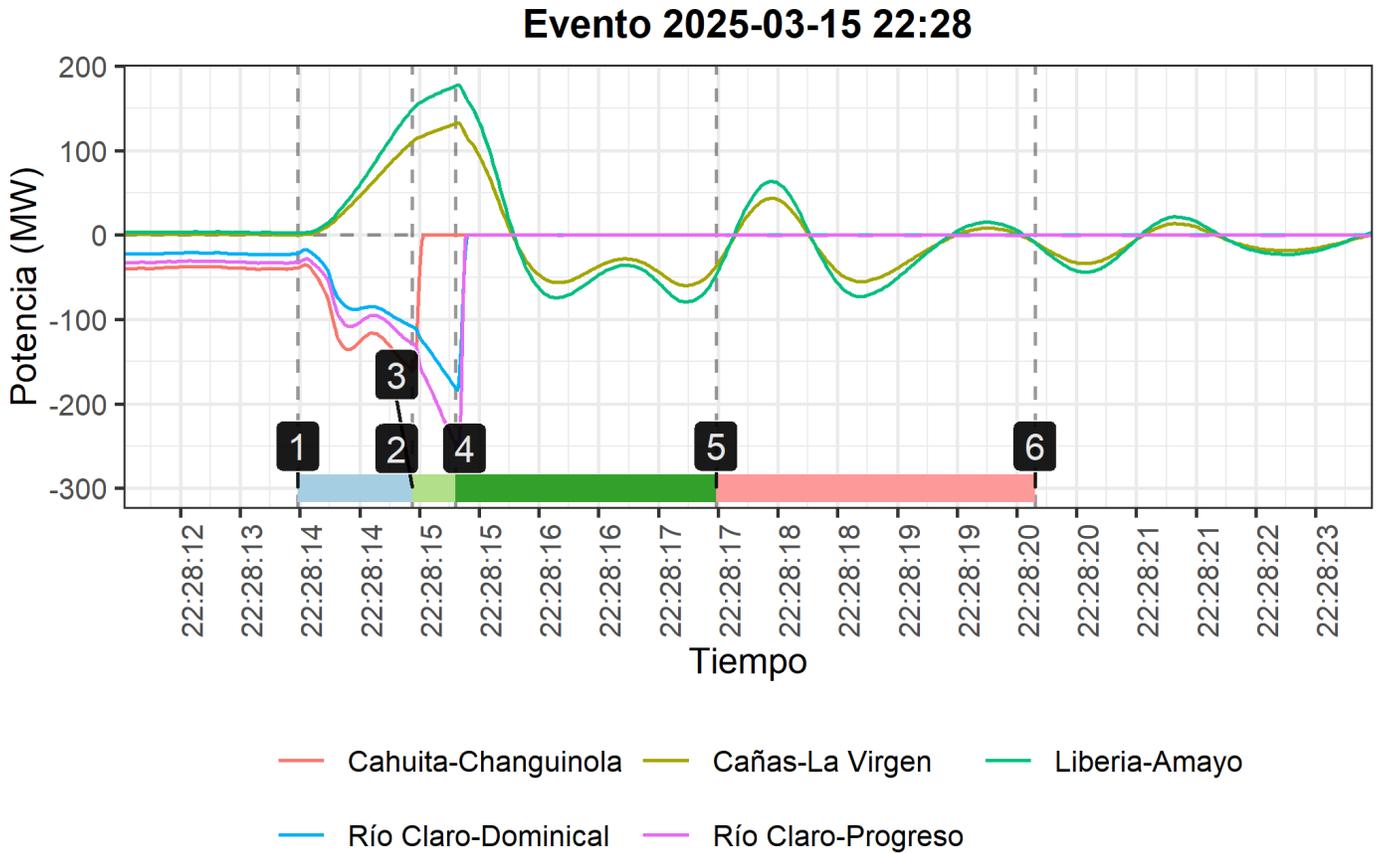
3 Disparo LT CAH-CHA

4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM

5 Disparo interconexión MEX-GUA

6 Frecuencia mínima

Figura 8: Detalle de los flujos en las interconexiones
 Datos tomados de los PMU



1 Inicio del evento

2 Frecuencia máxima

3 Disparo LT CAH-CHA

4 Disparo LT RCL-PRO y LT RCL-DOM

5 Disparo interconexión MEX-GUA

6 Frecuencia mínima

Figura 9: ACE crudo y filtrado
Datos tomados del historiador

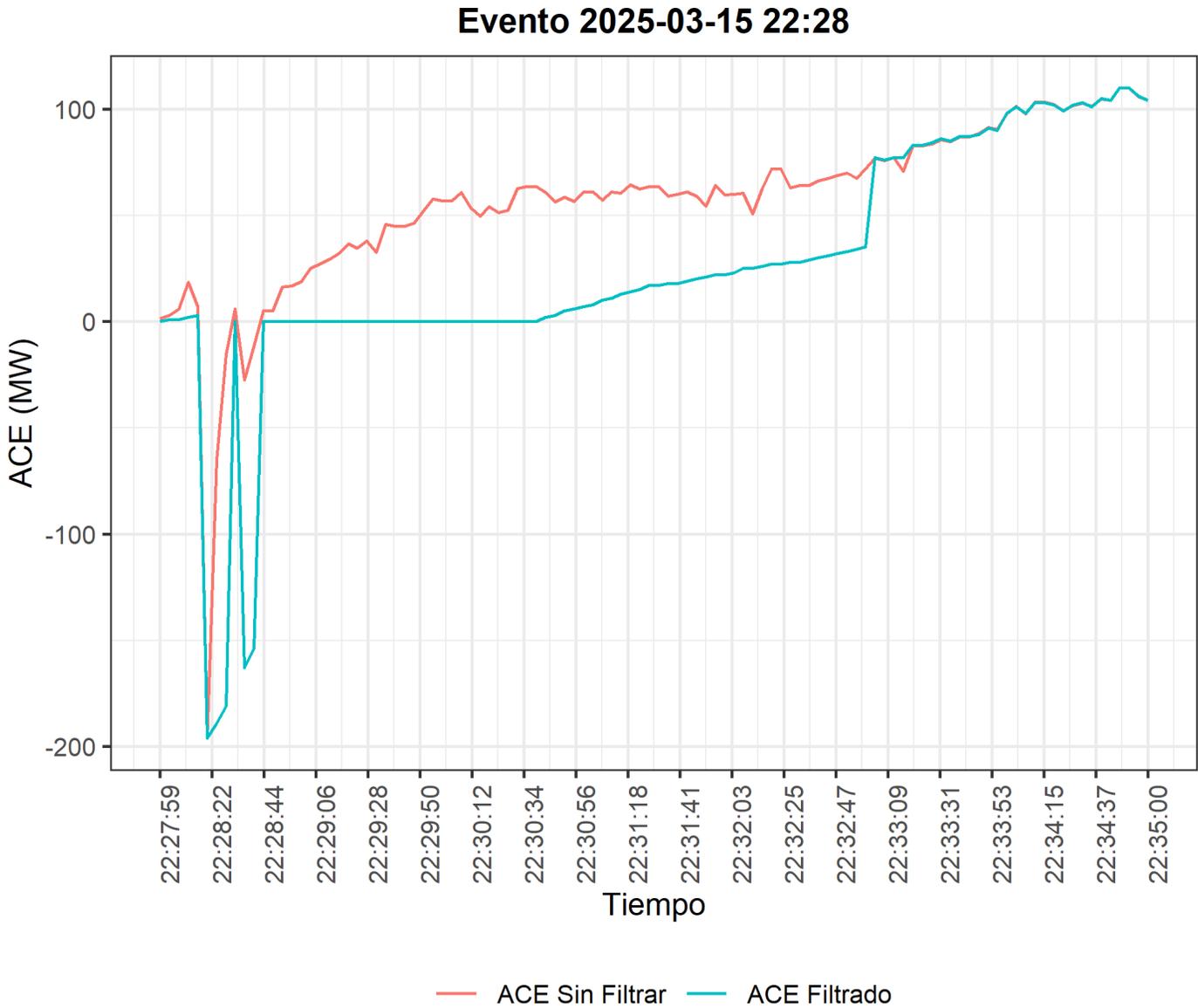


Figura 10: Configuración prefalla
 Los elementos desconectados se señalan mediante ✖

