



ENTE OPERADOR REGIONAL
DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

INFORME TÉCNICO DE SEGURIDAD OPERATIVA

Estado actual y resultados de las acciones correctivas implementadas en el SER para elevar el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones electromecánicas de potencia de modo inter-área

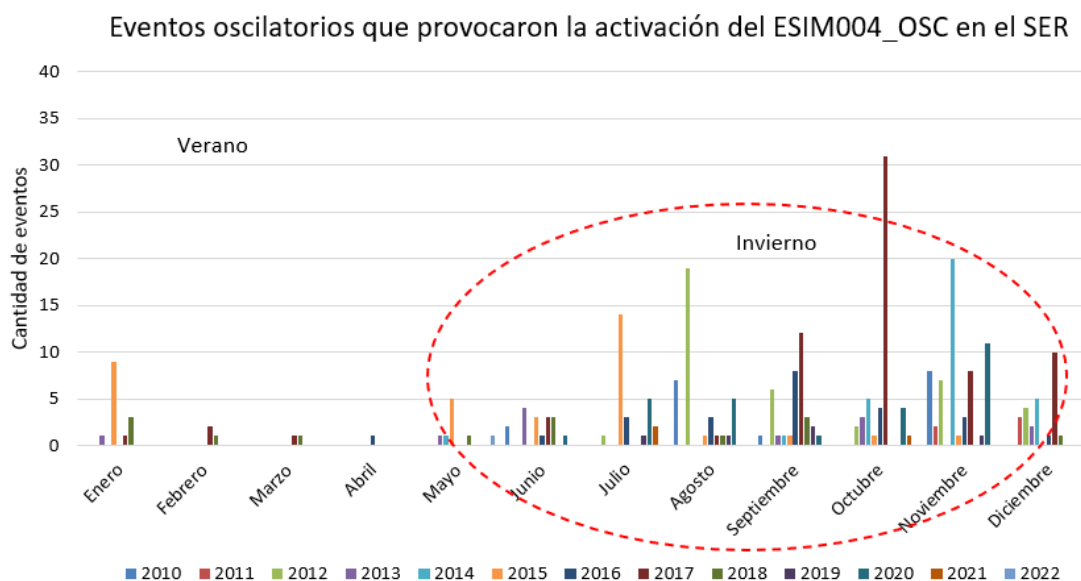
Elaborado por:	Ente Operador Regional - EOR
Asunto:	Informe técnico del estado actual y resultados de las acciones correctivas implementadas en el SER para elevar el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones electromecánicas de potencia de modo inter-área 0.2 Hz
Fecha:	junio de 2022

Contenido

Antecedentes a la implementación de ajustes a controles de unidades de generación en el SER.....	3
Estado actual y resultados del avance en el plan de trabajo para Etapa III – implementación de ajustes en los equipos de control de las unidades generadoras resultantes del estudio de pequeña señal	5
Análisis de resultados obtenidos con la implementación de nuevos ajustes en los controles de unidades generadoras identificadas en el SER	6
Conclusiones y Recomendaciones.....	10
Anexos	11

Antecedentes a la implementación de ajustes a controles de unidades de generación en el SER

- Desde la puesta en servicio en el año 2010, de la interconexión extrarregional México – Guatemala, línea de transmisión de 400 kV, que conecta las subestaciones de Tapachula Potencia en México y Los Brillantes en Guatemala, hasta diciembre de 2020 (previo a la implementación de nuevos ajustes), ocurrieron un total de **280** eventos oscilatorios de modo 0.2 Hz (inter-área).
- Lo anterior ha provocado la actuación en cada uno de esos eventos, del esquema de control suplementario (ECS) contra oscilaciones de potencia de bajo amortiguamiento **ESIM004_OSC** instalado en el área de control de Guatemala, el objetivo principal de dicho ECS es desconectar del SER al sistema eléctrico de México, con el objetivo de detener las oscilaciones de potencia de modo inter-área con bajo amortiguamiento que afectan la operación confiable del SER.
- Según los registros históricos hasta el año 2022 (ver figura abajo), de los eventos oscilatorios ocurridos en el SER, más del 85% han ocurrido en época húmeda (lluviosa o invierno) entre los meses de mayo a noviembre, y el 15% restante en época seca (verano) entre los meses de diciembre a abril, por lo que se evidencia que la generación de tecnología hidráulica es la que participa de manera más directa en los fenómenos oscilatorios.





- A inicios de **2016**, el EOR inició las gestiones y licitaciones públicas para la contratación de una empresa que realizara la ejecución de pruebas y ensayos de campo para la validación y la homologación de parámetros, análisis de pequeña señal y determinación de ajustes a unidades generadoras para elevar el amortiguamiento de las oscilaciones de potencia que ocurren en el SER, y a otra empresa para la supervisión de dichas tareas como contraparte del EOR en conjunto con personal de seguridad operativa del EOR.
- En octubre de **2017**, se inician ambas consultorías contratadas por el EOR, con las que se realizaron las pruebas y ensayos de campo a las unidades generadoras para homologar sus modelos dinámicos, así como los estudios de pequeña señal y el cálculo de los ajustes respectivos para aumentar el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones; el proyecto se desarrolló en dos etapas que se detallan a continuación:
 - 1- En la **etapa I**, se realizaron pruebas y ensayos de campo a un grupo de 32 unidades generadoras del SER identificadas por el EOR con base en sus análisis técnicos, iniciando en 2017 y finalizando en 2018.
 - 2- La **etapa II** inició a mediados de 2018 y finalizó a mediados de 2019, siendo que en noviembre de 2019 se obtiene el informe final, donde con base en estudios de pequeña señal realizados con el software DSATools y utilizando los modelos homologados de las unidades generadoras ensayadas en la etapa I, además de la base de datos del sistema eléctrico mexicano, se concluye y se recomiendan las siguientes medidas o acciones correctivas:
 - Se identificaron dos modos de oscilación inter-área (**0.2 y 0.4 Hz**) con bajo amortiguamiento, siendo el modo de 0.4 Hz, un modo donde solo participan generadores del noreste de México con las unidades del norte de Centro América, este modo 0.4 Hz al momento no presenta inestabilidad para el SER.
 - El aumento del nivel de amortiguamiento del modo de **0.2 Hz** se logró ajustando o agregando PSS a las unidades generadoras identificadas en el SER, mejorando el amortiguamiento teórico de dicho modo hasta un 37.86% en el caso que se implementen todos los ajustes en dichas unidades generadoras, tal cual han sido calculados en el programa de simulación.
 - Al agregar o ajustar PSS a las unidades del noreste de México, se logra un mayor amortiguamiento en el modo de oscilación de 0.4 Hz de 1.31 a 6.61%.

- En el marco de los resultados de la etapa II del proyecto y con base en lo establecido en la Resolución CRIE-42-2020, el EOR en coordinación con los OS/OM y agentes generadores involucrados, elaboró un plan de trabajo para la implementación de los ajustes en los equipos de control de las unidades de generación identificadas en el SER, para dar inicio y seguimiento a la tercera etapa del proyecto.

Estado actual y resultados del avance en el plan de trabajo para Etapa III – implementación de ajustes en los equipos de control de las unidades generadoras resultantes del estudio de pequeña señal

El EOR, en coordinación con los OS/OM y los respectivos Agentes Generadores involucrados, conformó e integró el Plan de Trabajo para la implementación de los ajustes recomendados resultantes del estudio de pequeña señal de la Etapa II, verificando y procurando la operación segura y confiable del SER cumpliendo con los CCSD, ante los cambios por los nuevos ajustes de los sistemas de control de las unidades generadoras involucradas.

Debido a las restricciones impuestas por la pandemia de COVID19, se presentaron algunos retrasos respecto al plan de trabajo original.

Análisis de resultados obtenidos con la implementación de nuevos ajustes en los controles de unidades generadoras identificadas en el SER

Analizando algunos eventos ocurridos en el SER donde sucedió pérdida de carga o generación, o ambos, circunstancias que en años recientes han provocado oscilaciones electromecánicas en el SER, con el objetivo de observar el comportamiento actual y el nivel de amortiguamiento de los modos de oscilación presentados en el SER.

Los primeros eventos corresponden a fechas previas (2019-2020) a la implementación de los nuevos ajustes en 18 de las 32 unidades generadoras del SER, y los siguientes eventos corresponden a fechas posteriores a dicha implementación (aún están pendientes 14 unidades generadoras), con el objetivo de evaluar si se ha incrementado el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones de potencia del modo 0.2 Hz, como efecto directo de los nuevos ajustes implementados en las unidades generadoras.

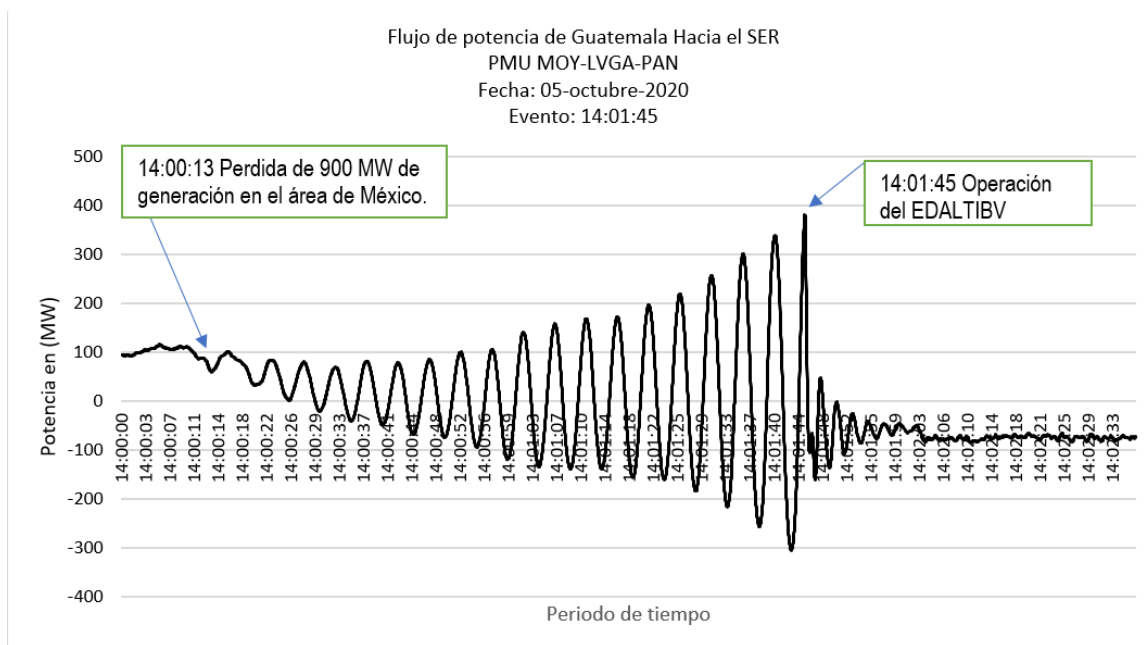
Para los eventos posteriores (2021-2022) a la implementación de los ajustes, se utilizó la herramienta OBAT (Oscillations Baseline Analysis Tool) para realizar análisis de datos recolectados de Unidades de Medición Fasorial (PMU) para análisis post-evento, de donde se obtienen el modo de oscilación y su nivel de amortiguamiento durante el evento oscilatorio.

En la tabla a continuación, se muestra un resumen de los valores obtenidos del análisis del modo y el nivel de amortiguamiento presentado durante los eventos oscilatorios previos a la implementación de los nuevos ajustes en 18 de las 32 unidades generadoras del SER, participantes en los modos de oscilación:



Evento	Fecha	OBAT	
		F (Hz)	D (%)
Eventos previos a la implementación de nuevos ajustes resultantes a los parámetros de los controles de 18 de las 32 unidades generadoras homologadas.			
1.-Disparo de la línea de transmisión en el SER, provocando oscilaciones de potencia no amortiguadas.	23/06/2019, 14:01:45 hrs	0.19	0.29
2.-Disparo de la línea de transmisión en el SER, provocando oscilaciones de potencia no amortiguadas.	30/06/2020, 11:37:03 hrs	0.21	1.78
3.-Disparo de la línea de interconexión en el SER, provocando oscilaciones de potencia no amortiguadas.	17/08/2020, 12:57:54 hrs	0.19	1.84
4.-Pérdida de 900 MW de generación en el SIN de México y oscilaciones de potencia no amortiguadas en el SER.	05/10/2020, 14:01:45 hrs	0.20	-1.91

A continuación, se muestra un gráfico con datos PMU ejemplo de un evento oscilatorio que ocurrió previo a la implementación de los nuevos ajustes, donde se observa como la oscilación se vuelve inestable y pobremente amortiguada, hasta que operan ECS que desconectan del SER al SIN de México:



En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores obtenidos del análisis del modo y el nivel de amortiguamiento presentado durante los eventos oscilatorios posteriores a la implementación de los nuevos ajustes en 18 de las 32 unidades generadoras participantes en los modos de oscilación y donde se observa un incremento en el nivel de amortiguamiento mayor al 7%:

Evento	Fecha	OBAT	
		F (Hz)	D (%)
Eventos posteriores a la implementación de ajustes propuestos a los parámetros de los controles de 18 de las 32 unidades generadoras homologadas			
1.-Pérdida de carga en el SER	19/01/2021, 12:31:23 hrs	0.19	14.87
2.-Pérdida de carga y generación en el SER	19/01/2021, 13:21:14 hrs	0.83	12.48
3.-Pérdida de carga y generación en el SER.	05/02/2021, 12:27:35 hrs	0.43	13.00
4.-Pérdida de carga en el SER.	11/02/2021, 09:45:00 hrs	0.23	17.82



5.-Pérdida de generación en el SER.	22/04/2021, 17:05:00 hrs	0.19	7.98
6.-Pérdida de generación en el SER.	27/09/2021, 19:42:00 hrs	0.202	18.14
7.-Pérdida de generación y carga en el SER.	19/02/2022, 13:15:00 hrs	0.192	9.09
8.-Pérdida de generación en el SER.	29/03/2022, 09:05:00 hrs	0.189	7.31

Es importante explicar que la herramienta OBAT calcula el modo de oscilación (F(HZ)) y el nivel de amortiguamiento (D(%)) con base en los datos de PMU contenidos en toda la ventana de tiempo previo, durante y después del evento.

Así mismo, en la siguiente tabla se muestran los únicos eventos oscilatorios ocurridos en el año 2021 (3 eventos) y en lo que va hasta mayo de 2022 (1 evento), y que han presentado un nivel de amortiguamiento menor al 5%, actuando el ECS ESIM004_OSC, haciendo la salvedad que todos fueron originados por condiciones operativas en el sistema eléctrico de México, sin consecuencias ni afectaciones en el SER:

Evento	Fecha	OBAT	
		F (Hz)	D (%)
Eventos oscilatorios ocurridos durante 2021 y hasta mayo 2022, luego de los ajustes en 18 de las 32 unidades generadoras homologadas, sin afectaciones en el SER			
1.-Pérdida de 1000 MW de generación en el sistema eléctrico de México.	02/07/2021, 16:22 hrs	0.19	-1.19
2.-Pérdida de 460 MW de generación en el sistema eléctrico de México.	06/07/2021, 15:13 hrs	0.19	1.94
3.-Oscilaciones espontáneas sin registro de contingencia en el SER.	26/10/2021, 16:36 hrs	0.19	2.70
4.-Oscilaciones espontáneas sin registro de contingencia en el SER.	28/05/2022, 13:26 hrs	0.20	2.06



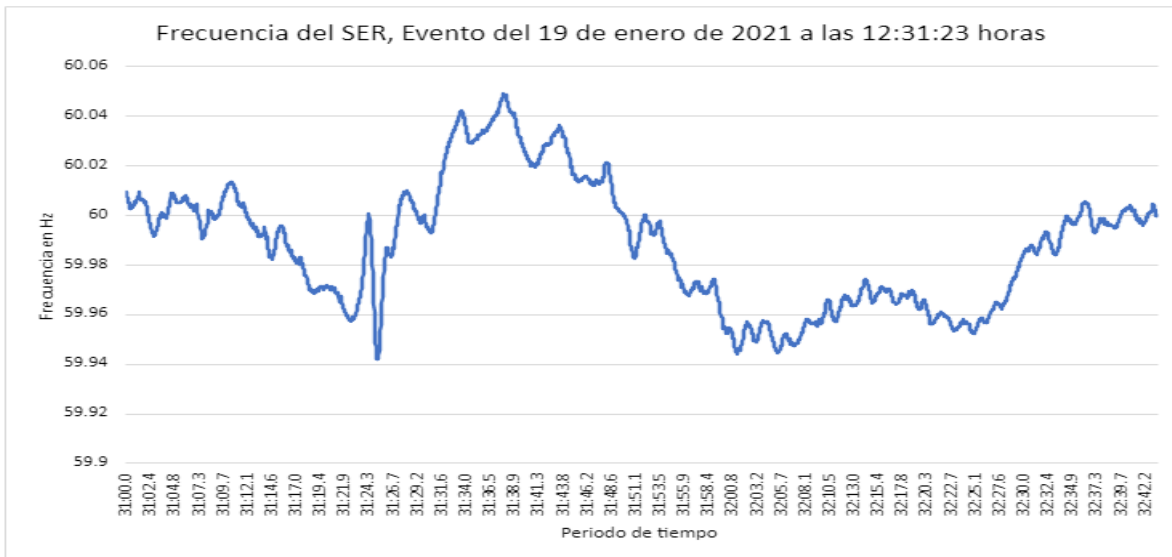
Conclusiones y Recomendaciones

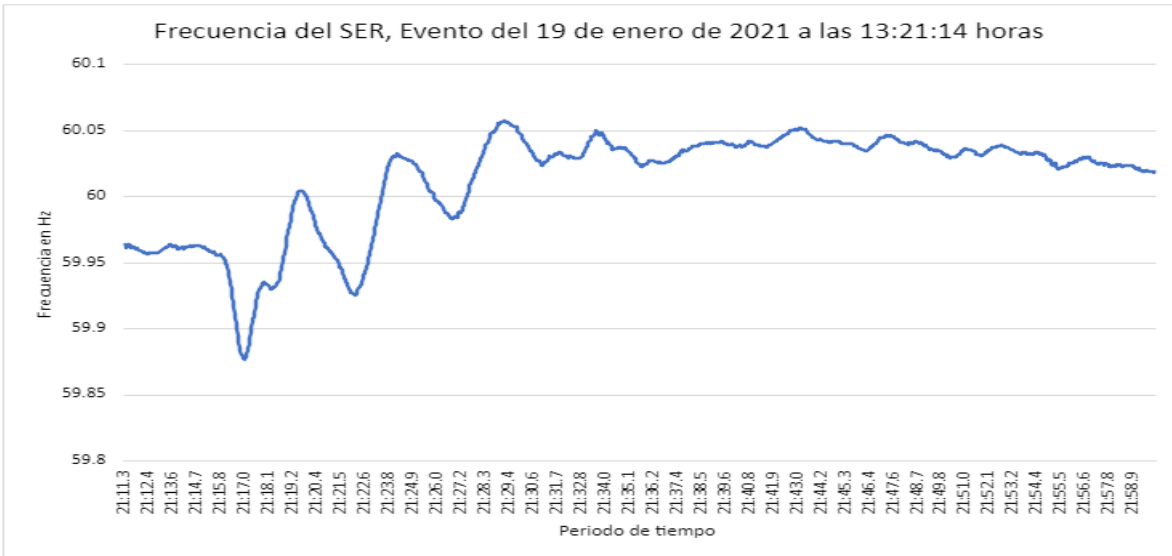
- A. Se verifica un notable incremento en el nivel de amortiguamiento de las oscilaciones electromecánicas en el SER, desde 7.3% hasta el 18% en el modo de oscilación inter-área de 0.2 Hz, en dependencia de la cantidad de unidades generadoras ya homologadas y ajustadas que están en servicio al ocurrir contingencias en el SER.
- B. Con la implementación de los nuevos ajustes en las 14 unidades que aún están pendientes en el SER, se espera aumentar aún más el nivel de amortiguamiento logrado hasta ahora.
- C. Durante el año 2020, previo a los nuevos ajustes, ocurrieron 27 eventos oscilatorios de modo 0.2 Hz, con amortiguamiento negativo o menor al 5%, que provocaron eventos en cascada, con desconexión de generación y también de carga por actuación del EDACBF regional.
- D. A partir de la implementación en diciembre 2020, de los nuevos ajustes en 18 de los 32 generadores involucrados en el SER, durante el año 2021 solamente ocurrieron 3 eventos oscilatorios no amortiguados originados por contingencias en el sistema eléctrico de México, sin causar afectaciones en la operación del SER, lo que constituye una reducción del 89% con respecto al año 2020; y en lo que va hasta mayo del año 2022 ha ocurrido solo 1 evento oscilatorio con bajo amortiguamiento, con origen en contingencia en México.

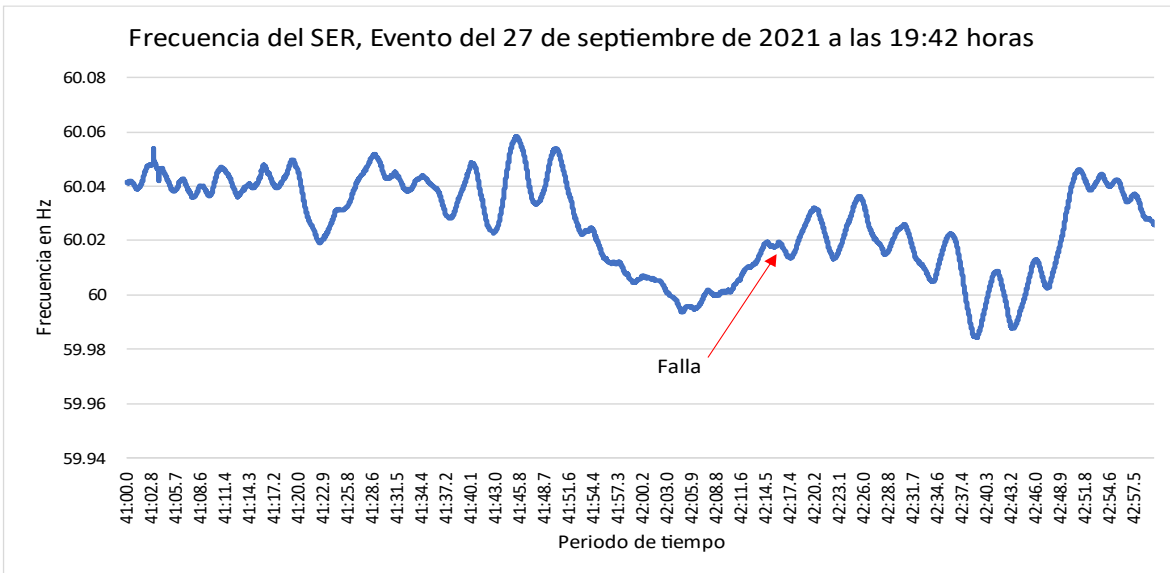
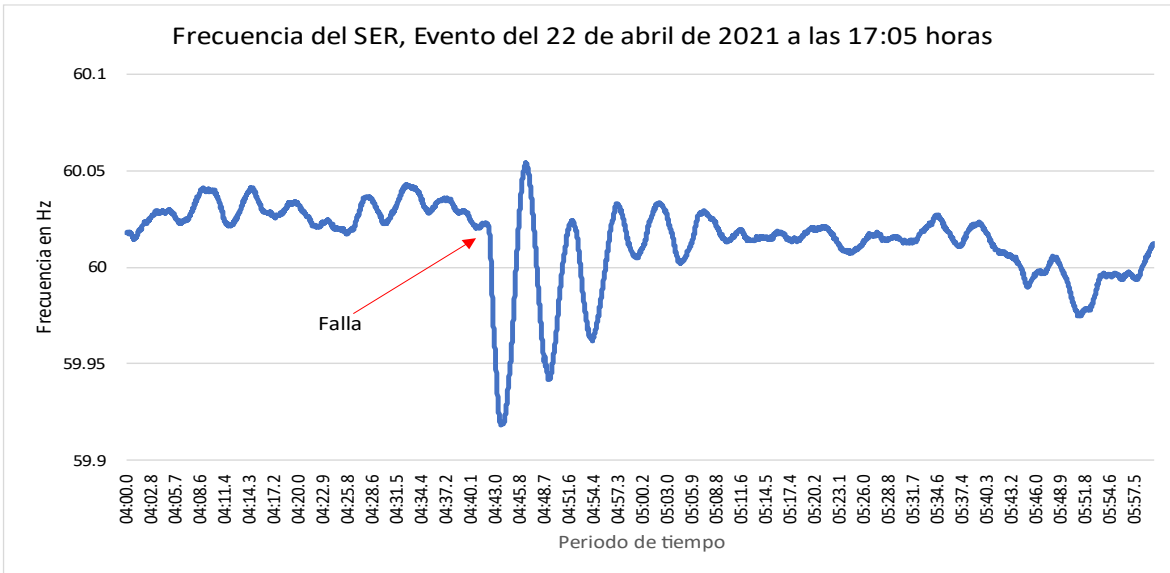


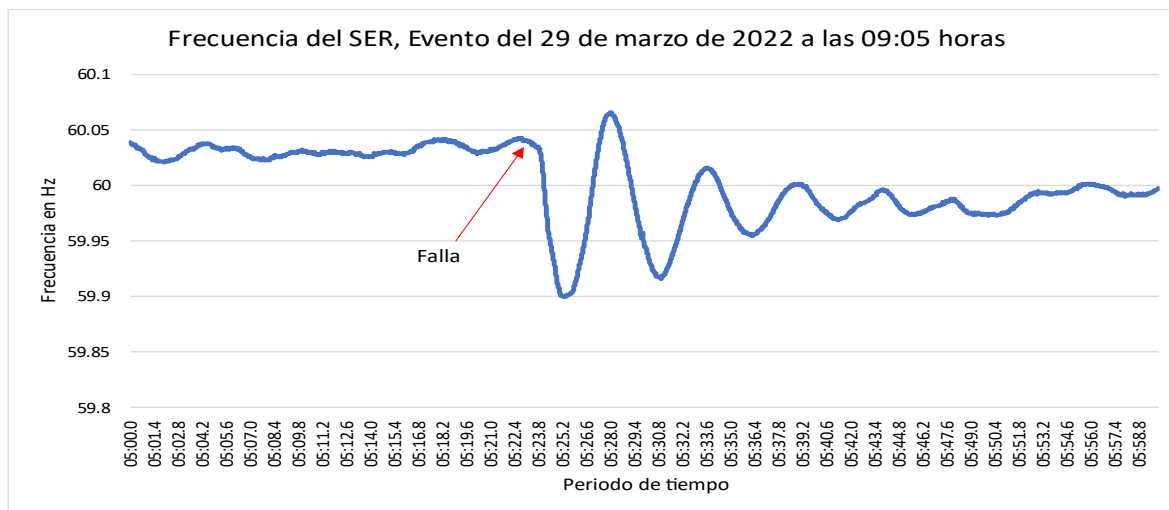
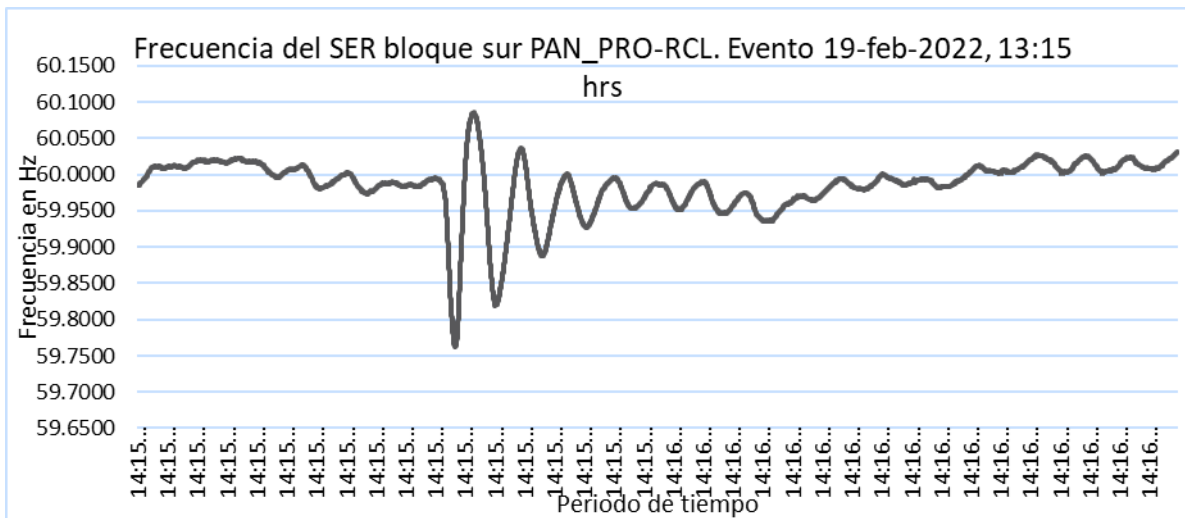
Anexos

Anexo 1: Gráficos PMU de eventos oscilatorios con alto nivel de amortiguamiento, posteriores a la implementación de los nuevos ajustes:











Anexo 2: Gráficos PMU de los 3 eventos oscilatorios en 2021 con bajo nivel de amortiguamiento, posteriores a la implementación de los nuevos ajustes:

