



---

# **INFORME DE ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS DE CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA PE SAN GABRIEL**

Informe Técnico

Preparado para:



Octubre - 2025

A 0917 | R 1007-23

# Tabla de Contenidos

<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....</b>	<b>4</b>
<b>ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>7</b>
<b>REGISTRO DE COMUNICACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>SECCIÓN PRINCIPAL .....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL.....</b>	<b>9</b>
<b>3. MARCO NORMATIVO .....</b>	<b>18</b>
<b>4. ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DEL CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA</b>	<b>19</b>
4.1. Participantes durante los ensayos de verificación.....	19
4.2. Respuesta del control primario de frecuencia ante variaciones de tipo escalón	19
4.3. Respuesta del control primario de frecuencia ante variaciones naturales en la	
frecuencia de la red .....	30
4.4. Determinación del Estatismo Permanente .....	31
<b>5. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE CPF .....</b>	<b>32</b>
5.1. Determinaciones a partir de los ensayos de tipo escalón .....	32
5.1.1 Verificación de los aportes de potencia activa.....	32
5.1.2 Cálculo de parámetros de desempeño .....	34
5.2. Determinaciones a partir de los registros de operación libre.....	41
5.3. Determinación del estatismo permanente .....	42
5.4. Modificación de parámetros y limitaciones del sistema de control .....	43
5.5. Resumen de resultados .....	44
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>47</b>
<b>1. INFORMACIÓN TÉCNICA .....</b>	<b>47</b>
1.1. Características de los aerogeneradores .....	47
1.2. Datos técnicos del transformador de bloque.....	49
1.3. Datos técnicos del transformador principal .....	50
1.4. Datos técnicos del banco de compensación.....	51
1.5. Antecedentes de red colectora .....	51

<b>2. ARCHIVOS ADJUNTOS ENTREGADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>CHECKLIST DE PRUEBAS REALIZADAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ACTA DE PRUEBAS .....</b>	<b>55</b>

## Índice de tablas y gráficos

Tabla 1. Despacho de potencia activa para los ensayos de CPF.....	19
Tabla 2. Aportes de potencia ante escalones de frecuencia para una banda muerta configurada en $\pm 25$ mHz. ....	31
Tabla 3. Resumen de aportes $E = 2\%$ , escalones de 200 mHz.....	32
Tabla 4. Resumen de aportes $E = 2\%$ , escalones de 700 mHz.....	32
Tabla 5. Resumen de aportes $E = 4\%$ , escalones de 200 mHz.....	33
Tabla 6. Resumen de aportes $E = 4\%$ , escalones de 700 mHz.....	33
Tabla 7. Resumen de aportes $E = 7.69\%$ , escalones de 200 mHz. ....	33
Tabla 8. Resumen de aportes $E = 7.69\%$ , escalones de 700 mHz. ....	33
Tabla 9. Tiempos asociados para $E = 2\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	34
Tabla 10. Parámetros de desempeño para $E = 2\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	35
Tabla 11. Tiempos asociados para $E = 4\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	36
Tabla 12. Parámetros de desempeño para $E = 4\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	36
Tabla 13. Tiempos asociados para $E = 7.69\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF...37	37
Tabla 14. Parámetros de desempeño para $E = 7.69\%$ y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF.....	37
Tabla 15. Tiempos asociados para $E = 2\%$ y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF. ....	38
Tabla 16. Parámetros de desempeño para $E = 4\%$ y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF. ....	38
Tabla 17. Tiempos asociados para $E = 4\%$ y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF. ....	39
Tabla 18. Parámetros de desempeño para $E = 4\%$ y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF. ....	39
Tabla 19. Tiempos asociados para $E = 7.69\%$ y escalón de -700 mHz_61.76 MW_CPF. 40	40
Tabla 20. Parámetros de desempeño para $E = 7.69\%$ y escalón de -700 mHz_61.76 MW_CPF.....	40
Tabla 21. Cálculo de estatismo permanente. ....	43
Tabla 22. Rango de ajuste de parámetros CPF.....	43
Tabla 23. Tabla de resultados CPF escalones $\pm 0.2$ Hz. ....	44
Tabla 24. Tabla de resultados CPF escalones $\pm 0.7$ Hz. ....	45
Gráfico 1. Diagrama Unilineal de interconexión con el sistema.....	10
Gráfico 2. Esquema unilineal de la SE San Gabriel 33kV - Barra N°1. ....	11



Gráfico 3. Esquema unilineal de la SE San Gabriel 33kV - Barra N°2. ....	12
Gráfico 4. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 4 y 5. ....	13
Gráfico 5. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 1 y 3. ....	14
Gráfico 6. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 9 y 8. ....	15
Gráfico 7. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 7 y 6. ....	16
Gráfico 8. Diagrama unilineal de MT – Circuito 2. ....	17
Gráfico 9. Respuesta CPF_60 MW_ E =2%_DB = 25 mHz_ΔF = -200 mHz. ....	20
Gráfico 10. Respuesta CPF_60 MW_ E =2%_DB = 25 mHz_ΔF = +200 mHz. ....	20
Gráfico 11. Respuesta CPF_61 MW_ E =2%_DB = 25 mHz_ΔF = -700 mHz. ....	20
Gráfico 12. Respuesta CPF_61 MW_ E =2%_DB = 25 mHz_ΔF = +700 mHz. ....	21
Gráfico 13. Respuesta CPF_61.76 MW_ E =4%_DB = 25 mHz_ΔF = -200 mHz. ....	21
Gráfico 14. Respuesta CPF_61.76 MW_ E =4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	21
Gráfico 15. Respuesta CPF_61 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	21
Gráfico 16. Respuesta CPF_61 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	22
Gráfico 17. Respuesta CPF_61.76 MW_ E = 7.69%_DB = 25 mHz_ ΔF = -200 mHz. ....	22
Gráfico 18. Respuesta CPF_61.76 MW_ E = 7.69%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	22
Gráfico 19. Respuesta CPF_61.76 MW_ E = 7.69%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	22
Gráfico 20. Respuesta CPF_61.76 MW_ E = 7.69%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	23
Gráfico 21. Respuesta CPF_78 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -200 mHz. ....	23
Gráfico 22. Respuesta CPF_78 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	23
Gráfico 23. Respuesta CPF_78 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	23
Gráfico 24. Respuesta CPF_78 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	24
Gráfico 25. Respuesta CPF_93 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -200 mHz. ....	24
Gráfico 26. Respuesta CPF_93 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	24
Gráfico 27. Respuesta CPF_93 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	24
Gráfico 28. Respuesta CPF_93 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	25
Gráfico 29. Respuesta CPF_110 MW_ E = 2%_DB = 25 mHz_ ΔF = -200 mHz. ....	25
Gráfico 30. Respuesta CPF_110 MW_ E = 2%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	25
Gráfico 31. Respuesta CPF_110 MW_ E = 2%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	25
Gráfico 32. Respuesta CPF_110 MW_ E = 2%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	26
Gráfico 33. Respuesta CPF_110 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -200 mHz. ....	26
Gráfico 34. Respuesta CPF_110 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +200 mHz. ....	26
Gráfico 35. Respuesta CPF_110 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = -700 mHz. ....	26
Gráfico 36. Respuesta CPF_110 MW_ E = 4%_DB = 25 mHz_ ΔF = +700 mHz. ....	27

Gráfico 37. Respuesta CPF_110 MW_E = 7.69%_DB = 25 mHz_ $\Delta F$ = -200 mHz.....	27
Gráfico 38. Respuesta CPF_110 MW_E = 7.69%_DB = 25 mHz_ $\Delta F$ = +200 mHz.....	27
Gráfico 39. Respuesta CPF_110 MW_E = 7.69%_DB = 25 mHz_ $\Delta F$ = -700 mHz.....	27
Gráfico 40. Respuesta CPF_110 MW_E = 7.69%_DB = 25 mHz_ $\Delta F$ = +700 mHz.....	28
Gráfico 41. Interfaz para el ingreso de parámetros de la central. ....	28
Gráfico 42. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%, P=78 MW y $\Delta f$ =+700 mHz.....	29
Gráfico 43. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%, P=110 MW y $\Delta f$ =+700 mHz.....	29
Gráfico 44. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%, P=110 MW y $\Delta f$ =-700 mHz.....	29
Gráfico 45. CPF_60 MW_E = 4%_DB = 25 mHz. Respuesta libre. ....	30
Gráfico 46. CPF_110 MW_E = 4%_DB = 25 mHz. Respuesta libre. ....	30
Gráfico 47. Respuesta temporal para escalones de frecuencia con la banda muerta configurada en $\pm 25$ mHz. ....	31
Gráfico 48. Parámetros de desempeño calculados para E = 2% y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	34
Gráfico 49. Parámetros de desempeño calculados para E = 4% y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	35
Gráfico 50. Parámetros de desempeño calculados para E = 7.69% y escalón de +700 mHz_110 MW_CPF. ....	36
Gráfico 51. Parámetros de desempeño calculados para E = 2% y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF.....	37
Gráfico 52. Parámetros de desempeño calculados para E = 4% y escalón de -700 mHz_61 MW_CPF. ....	39
Gráfico 53. Parámetros de desempeño calculados para E = 7.69% y escalón de -700 mHz_61.76 MW_CPF.....	40
Gráfico 54. Verificación de la BM y estatismo, P = 60 MW. Registro libre. ....	41
Gráfico 55. Verificación de la BM y estatismo, P = 110 MW. Registro libre.....	42
Gráfico 56. Esquema de la turbina AW3000. ....	47
Gráfico 57. Datos nominales del aerogenerador.....	47
Gráfico 58. Curva de capacidad de los aerogeneradores. ....	48
Gráfico 59. Curva V-Q de los aerogeneradores. ....	48
Gráfico 60. Hoja de datos de transformador de bloque. ....	49
Gráfico 61. Placa de datos del transformador principal. ....	50
Gráfico 62. Características del banco de condensadores. ....	51

## Abreviaturas y acrónimos

**CEN:** Coordinador Eléctrico Nacional

**CNE:** Comisión Nacional de Energía

**CDC:** Centro de despacho del coordinador

**ERNC:** Energía Renovables No Convencional

**NTSyCS:** Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio

**PE:** Parque Eólico

**PSFV:** Parque solar fotovoltaico

**SE:** Subestación eléctrica

**AT:** Alta tensión

**MT:** Media tensión

**BT:** Baja tensión

**ONAN:** Oil Natural Air Natural

**ONAF:** Oil Natural Air Forced

**SEN:** Sistema Eléctrico Nacional

**RCB:** Regulador Bajo Carga

**PMU:** Power Management Unit

**CPF:** Control primario de frecuencia

**CT:** Control de tensión

**CTF:** Control Terciario de frecuencia

**PA:** Partida Autónoma

## Registro de comunicaciones

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

<b>N°</b>	<b>Fecha</b> dd/mm/año	<b>Preparó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>	<b>Observaciones</b>
1	24/10/2025	CC	FG	FM	Versión inicial del informe

## Sección principal

### 1. Introducción

En el siguiente informe se describen los resultados obtenidos en los ensayos de verificación del servicio complementario de control primario de frecuencia realizados en el parque eólico San Gabriel durante los días 30 de septiembre y 1 de octubre, con el objetivo de dar cumplimiento a las exigencias establecidas en la norma técnica de servicios complementarios vigente.

Las verificaciones anteriormente señaladas se realizan siguiendo los lineamientos estipulados en las "Guía de Verificación Servicios Complementarios Control de Frecuencia" expedida por el Coordinador Eléctrico Nacional.

### 2. Descripción de la central

El PE San Gabriel se encuentra ubicado en la región IX de la Araucanía, comuna de Renaico. El mismo está constituido por 61 aerogeneradores marca Acciona Wind Power, modelo AW3000/116 (3 MW), totalizando una potencia instalada de 183 MW. La tecnología de estos aerogeneradores es del tipo generador asincrónico doblemente alimentado.

El PE San Gabriel cuenta con una subestación en 220 kV, en la que existe un transformador elevador de capacidad 215 MVA y 33/220 kV. El punto de conexión del PE es mediante la barra de 33 kV de la SE San Gabriel. La conexión al sistema eléctrico se realiza mediante una línea aérea 220 kV (doble circuito) de 28.57 km de distancia que conecta con el patio de mufas de la SE Mulchén 220 kV.

La red colectora interna del parque consta de nueve circuitos en 33 kV que colectan la energía generada. Cada aerogenerador posee un transformador de bloque 12/33 kV de 3.4 MVA que conecta la salida del aerogenerador (12 kV) con la red de 33 kV. Así mismo, el parque cuenta con cuatro bancos de capacitores de 4.25 MVar, los cuales dos se conectan sobre la barra de los circuitos colectores (4-5-1-3) y los dos restantes se conectan a la barra que tiene los circuitos (9-8-7-6-2).

En el Gráfico 1 se muestra un diagrama unilineal de la SE Mulchén 220 kV, mientras que en el Gráfico 2 y Gráfico 3 se muestra un diagrama unilineal de la SE San Gabriel en 33 kV correspondiente a la barra 1 y la barra 2, respectivamente. En el Gráfico 4, Gráfico 5, Gráfico 6, Gráfico 7 y Gráfico 8 se muestra un diagrama unilineal de la red colectora del parque.

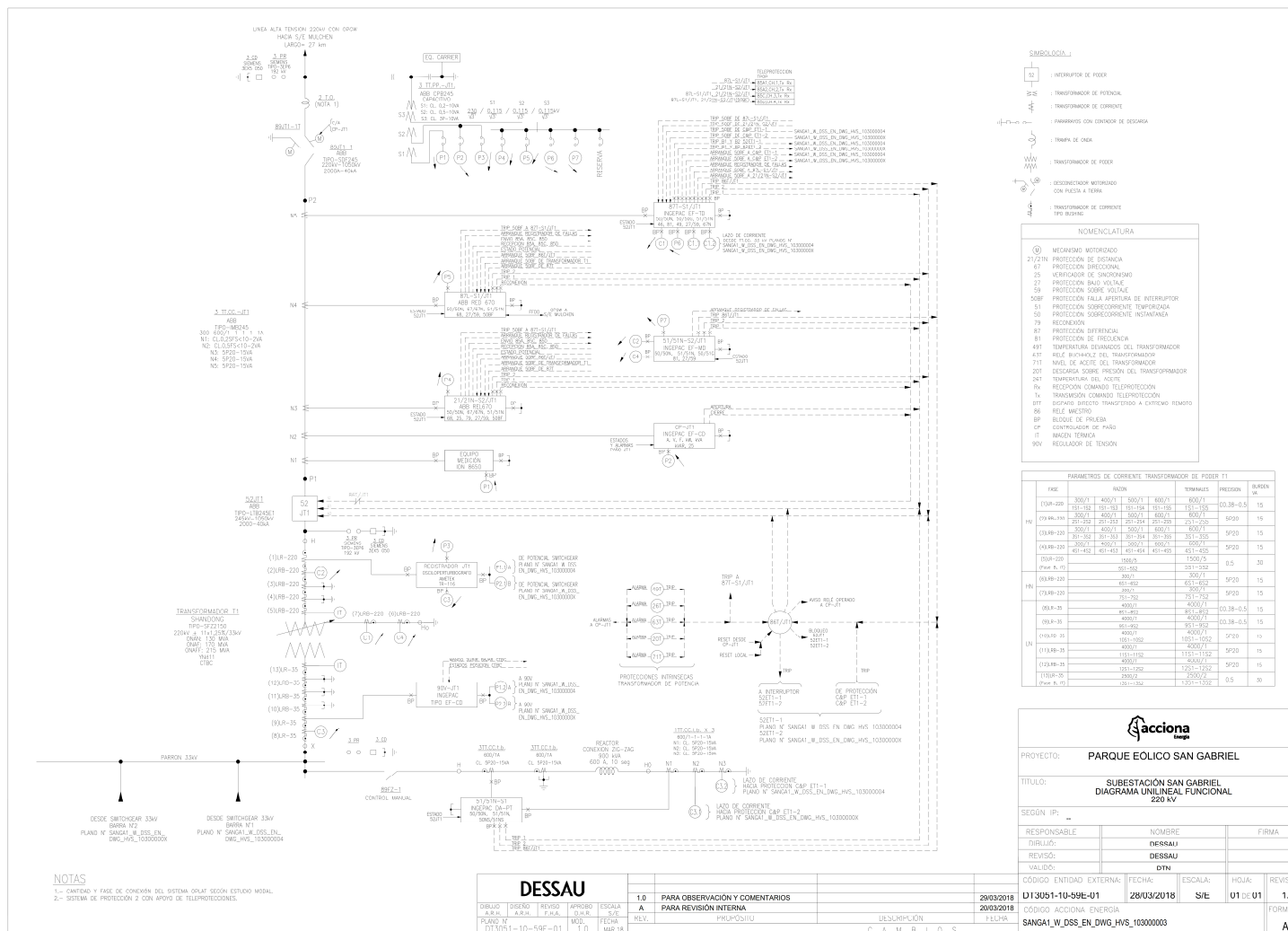
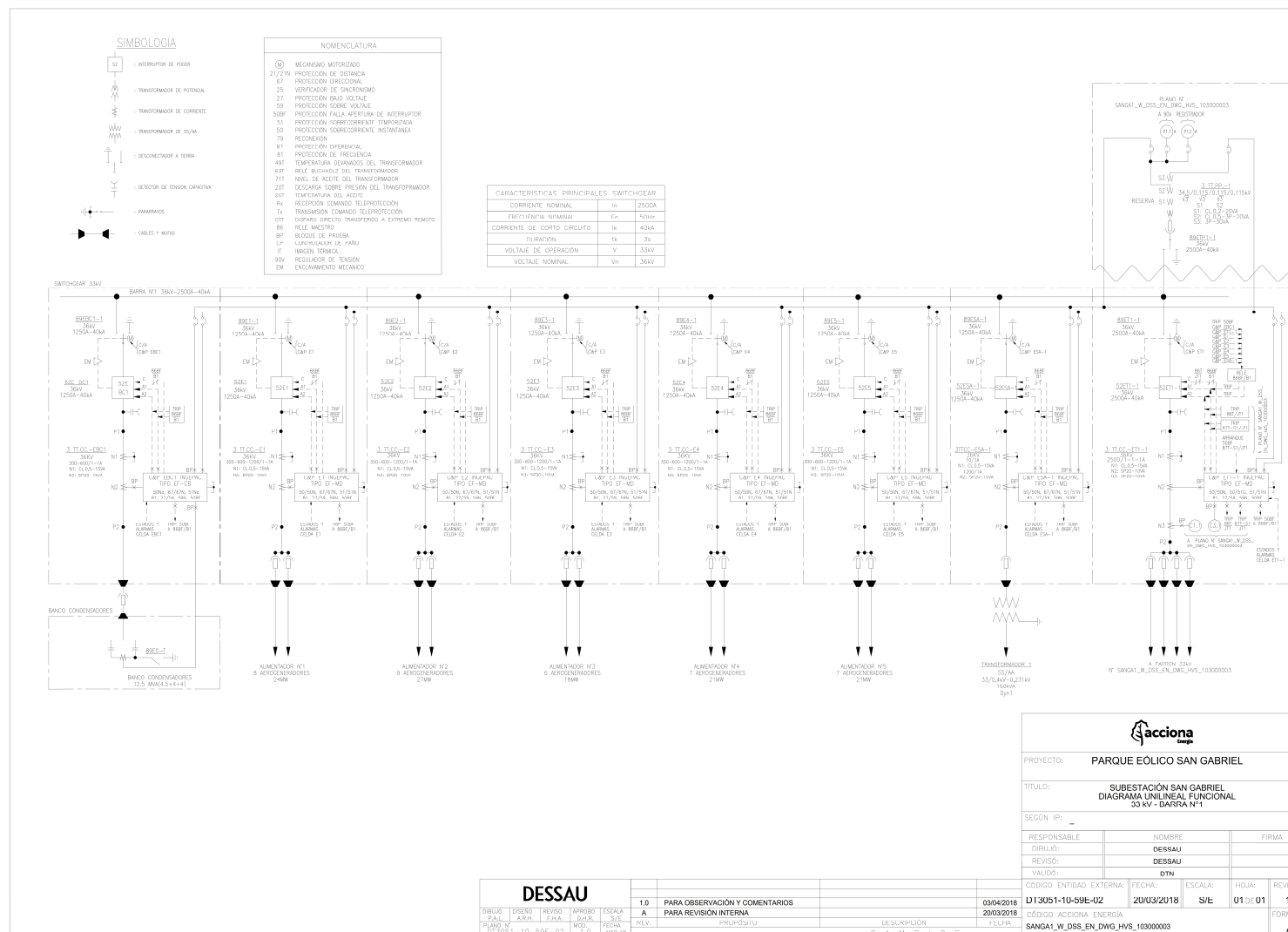
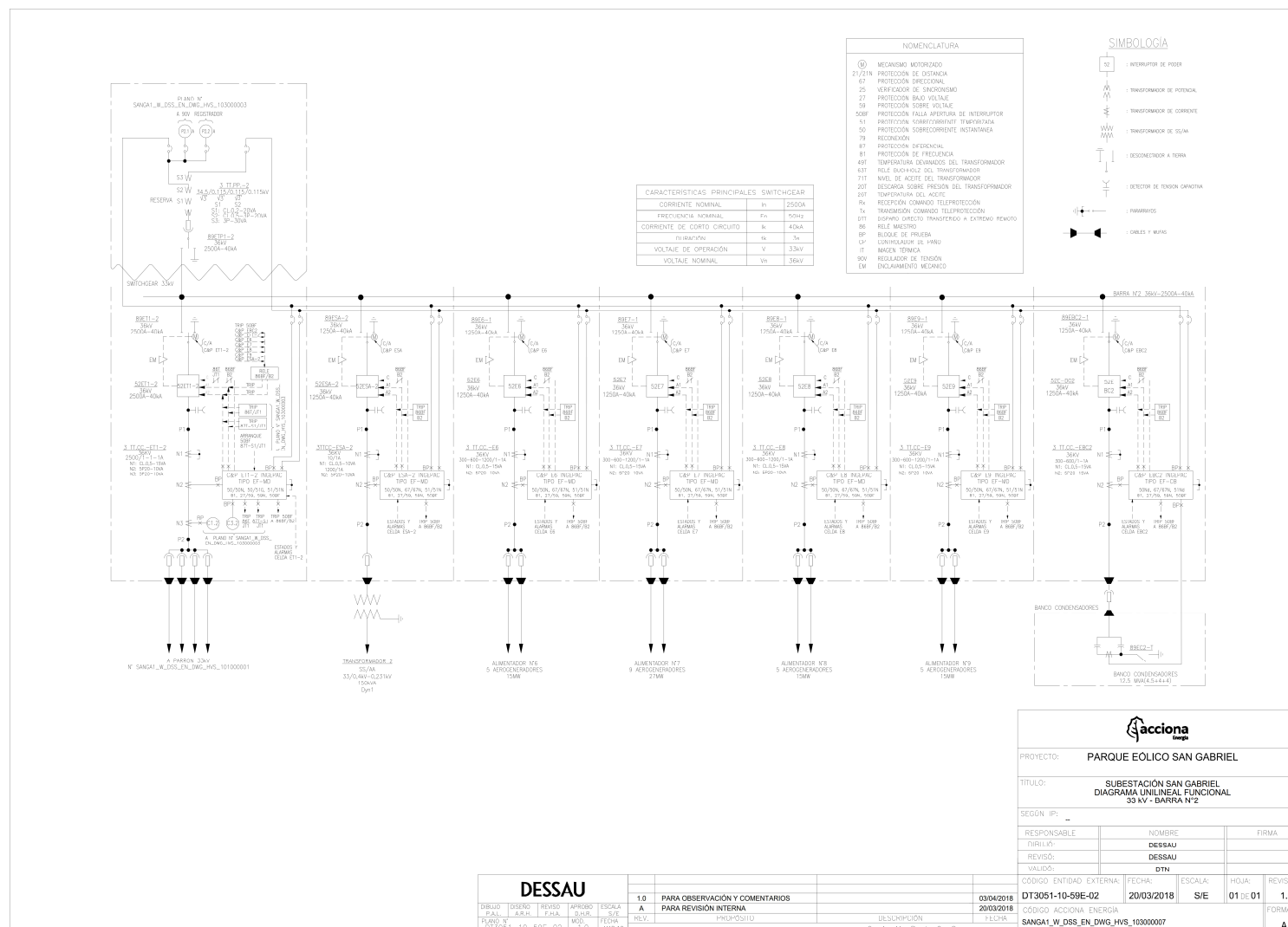


Gráfico 1. Diagrama Unilineal de interconexión con el sistema.



**Gráfico 2. Esquema unilineal de la SE San Gabriel 33kV - Barra N°1.**



**Gráfico 3. Esquema unilineal de la SE San Gabriel 33kV - Barra N°2.**



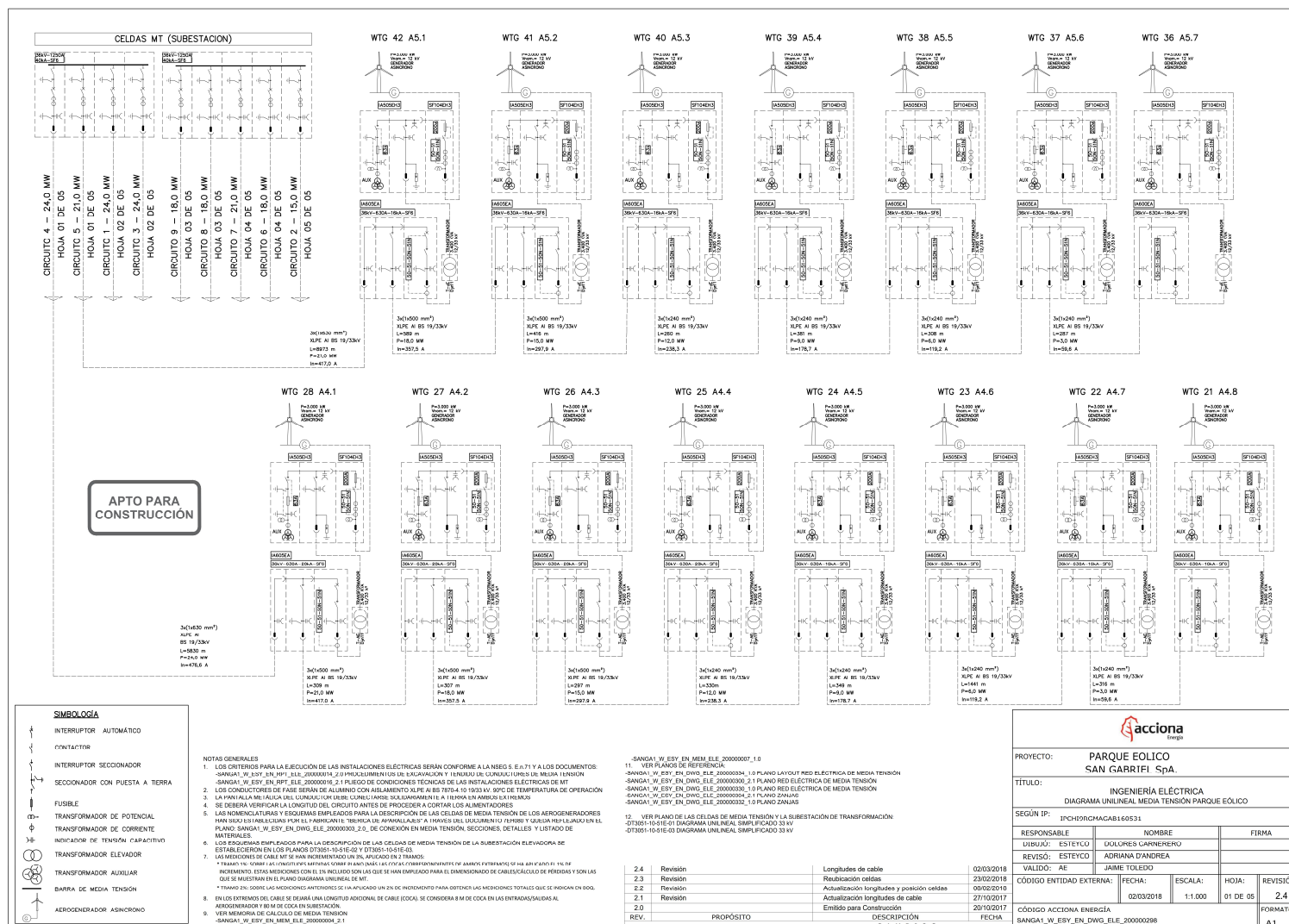
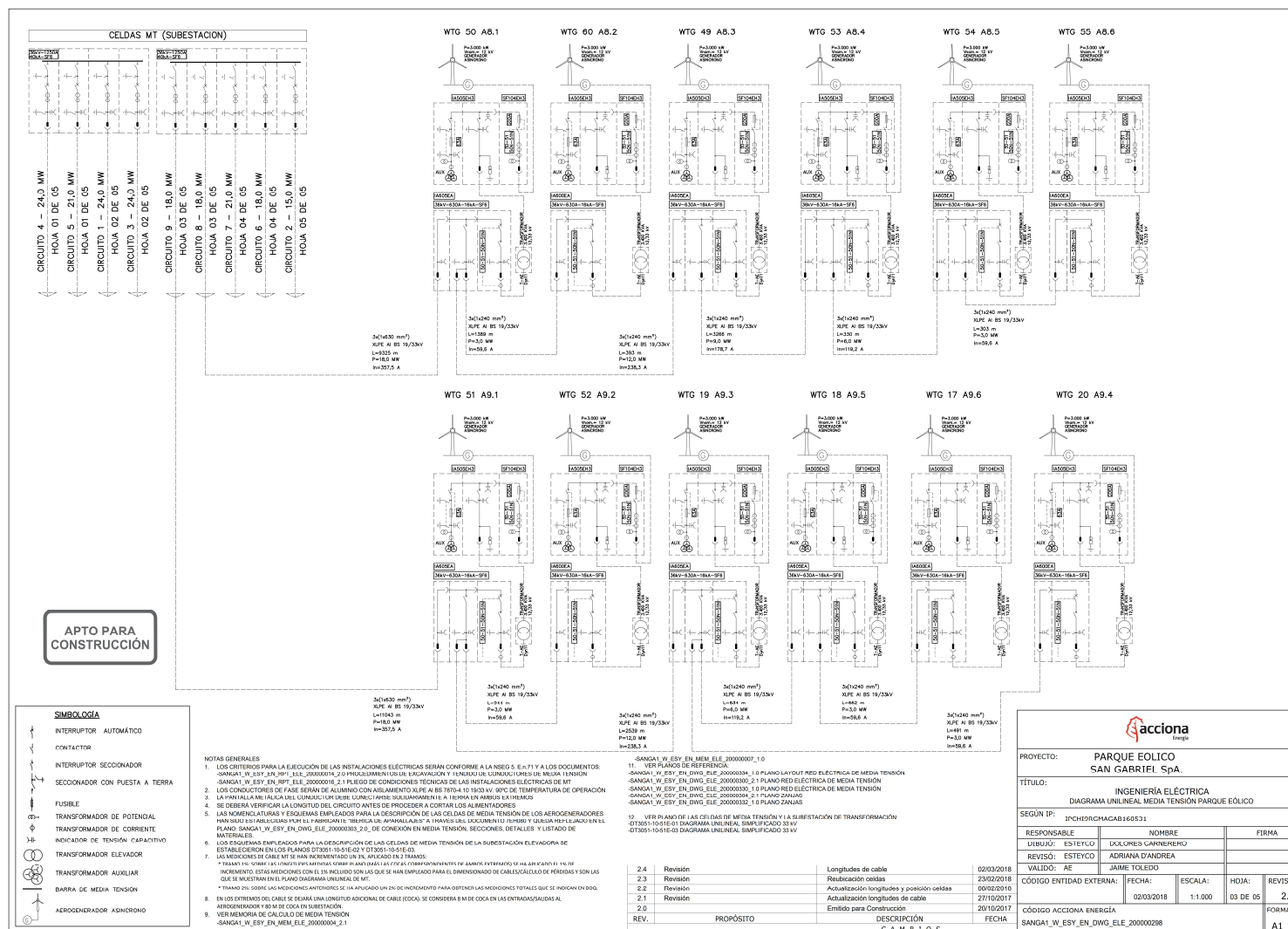


Gráfico 4. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 4 y 5.

**Gráfico 5. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 1 y 3.**



**Gráfico 6. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 9 y 8.**

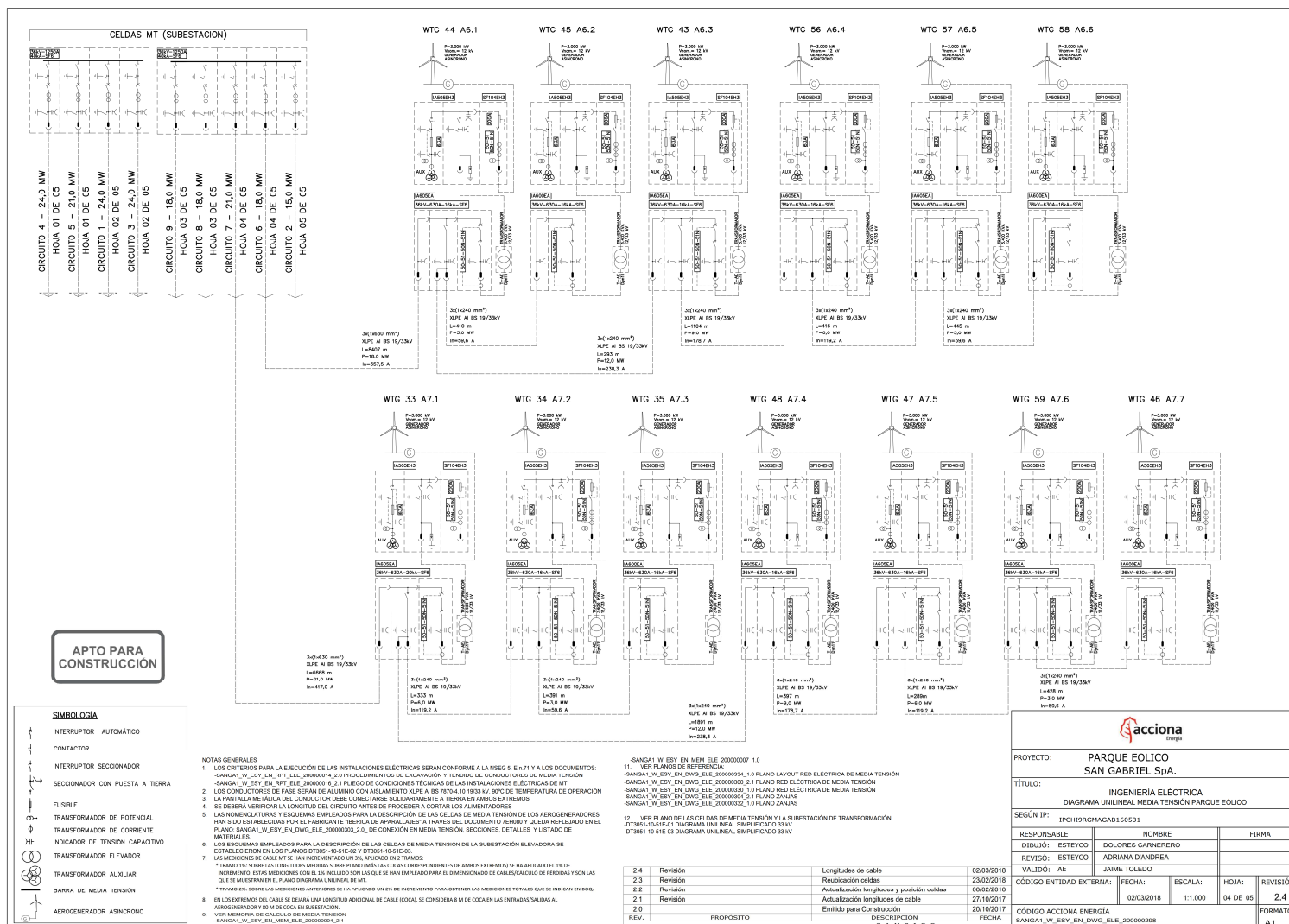


Gráfico 7. Diagrama unilineal de MT – Circuitos 7 y 6.

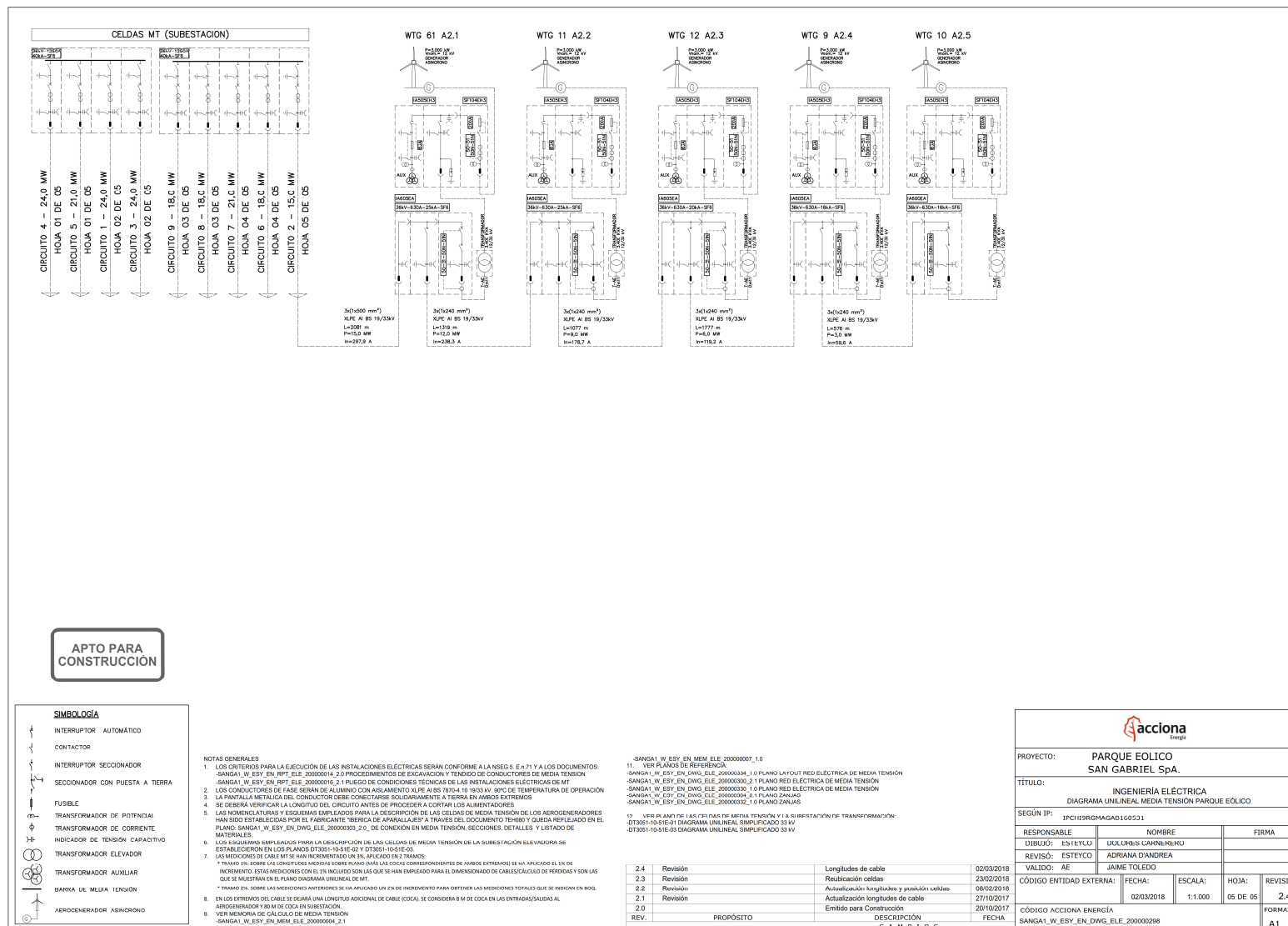


Gráfico 8. Diagrama unilineal de MT – Circuito 2.

### 3. Marco normativo

Los ensayos que se detallan a continuación siguen los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico: Verificación De Instalaciones Para La Prestación SSCC de la Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC) vigente, y en la Guía de Verificación de Servicios Complementarios de Control de Frecuencia, a los fines de verificar la prestación del recurso técnico de instalaciones para la prestación del Servicio Complementario de Control Primario de frecuencia (CPF). En particular se revisan, los aspectos aplicables a parques fotovoltaicos, para el servicio complementario de control primario de frecuencia (CPF).

Los titulares o solicitantes del Proceso de Verificación deben entregar al Coordinador información técnica asociada a la cuantificación de recursos técnicos asociados a los SSCC de Control de Frecuencia y Control de Tensión que se indican en los Artículos 14 y 15 del Anexo Técnico.

En líneas generales se deben realizar ensayos y/o mediciones a efectos de demostrar que:

- La instalación cumple con los tiempos establecidos en la Resolución SSCC.
- El controlador de potencia/frecuencia cumple con las exigencias mínimas de desempeño estático y dinámico definidos en el Artículo 3-17 de la NTSyCS.
- La instalación dispone de los equipos para un adecuado monitoreo de la disponibilidad y desempeño del SC CPF, de acuerdo con lo indicado en los Artículos 4-17 y 4-27 de la NTSyCS.
- Verificar la respuesta del sistema de control potencia/frecuencia de la instalación.

Complementario a lo anterior, mediante mediciones en terreno, se deberá verificar el desempeño del controlador frente a pequeñas perturbaciones en la consigna de frecuencia, requiriéndose como mínimo:

- Medir el estatismo permanente del lazo automático de control potencia/frecuencia.
- Medir la mínima y máxima banda muerta del controlador potencia/frecuencia.
- Medir el tiempo de establecimiento del lazo de control de frecuencia frente a un pequeño escalón en la consigna de frecuencia.
- Verificar la capacidad de tomar o reducir carga, en forma automática ante distintas variaciones de frecuencia.

De los requerimientos normativos anteriores, en las siguientes secciones se indican los ensayos realizados y se presentan los resultados obtenidos por parte del experto técnico, en conjunto con la empresa solicitante, que permiten verificar la capacidad de entregar el SSCC de CPF por parte del PE San Gabriel.



## 4. Ensayos de verificación del control primario de frecuencia

### 4.1. Participantes durante los ensayos de verificación

Los participantes durante los ensayos de verificación de control de frecuencia del PE San Gabriel se listan a continuación:

- **Luis Valenzuela Díaz:** Responsable de Instrumentación, Control y Protecciones, de parte del coordinado Acciona, se encargó de las coordinaciones y la supervisión de los ensayos.
- **Carlos Lange Verdugo:** Responsable de Instrumentación, Control y Protecciones de parte del coordinado Acciona, se encargó del ingreso de los distintos setpoints durante la prueba en función de la instrucción por parte del personal de la consultora GME y de las comunicaciones con el Centro de Despacho de Carga del Coordinador.
- **Benjamín Gálvez:** Junior Analyst, por el lado de la consultora GME, se encargó de la instrucción de los distintos setpoint y configuraciones necesarias para el desarrollo de los ensayos bajo la supervisión del Experto Técnico.
- **Francisco Guerra:** Power System Control Testing Leader, del lado de la consultora GME, en carácter de Experto técnico se encargó de la supervisión de los ensayos de verificación.

El objetivo de los ensayos es verificar la respuesta de la planta ante variaciones rápidas y pequeñas de la frecuencia y convalidar que el error de estado permanente esté dentro de los márgenes tolerados una vez alcanzada la nueva condición de equilibrio, conforme a las exigencias establecidas en el TITULO 3-3 de la NT SSCC.

Para la realización de estas pruebas, se trabajó con los siguientes despachos de potencia activa:

**Tabla 1. Despacho de potencia activa para los ensayos de CPF.**

Despacho	P [MW]
P1_CPF	61.76
P2_CPF	78.00
P3_CPF	93.00
P4_CPF	110.00

### 4.2. Respuesta del control primario de frecuencia ante variaciones de tipo escalón

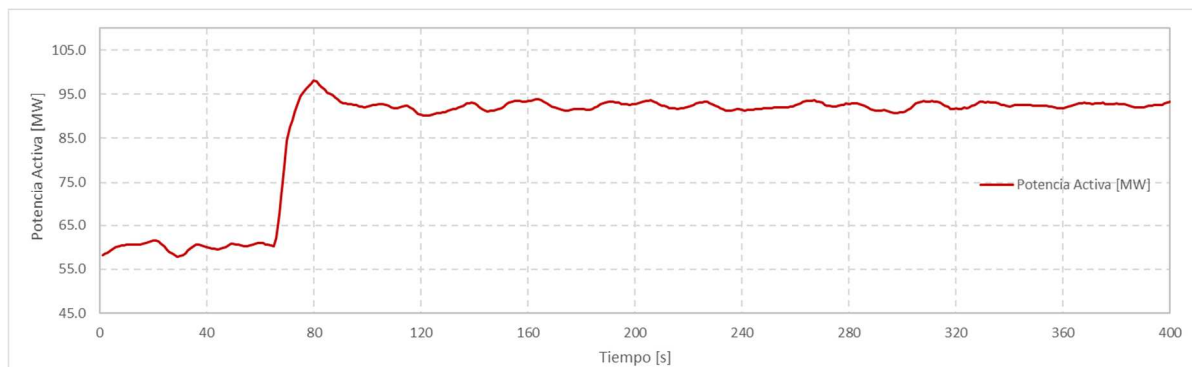
A fin de verificar el cumplimiento de lo establecido por la Guía Técnica, se verifica la respuesta del PE San Gabriel ante variaciones rápidas de frecuencia.

Cada uno de los ensayos se compone de dos (2) escalones de frecuencia; escalones de signo positivo y negativo de 0.2 Hz y, por otro lado, escalones de signo positivo y negativo de 0.7 Hz.

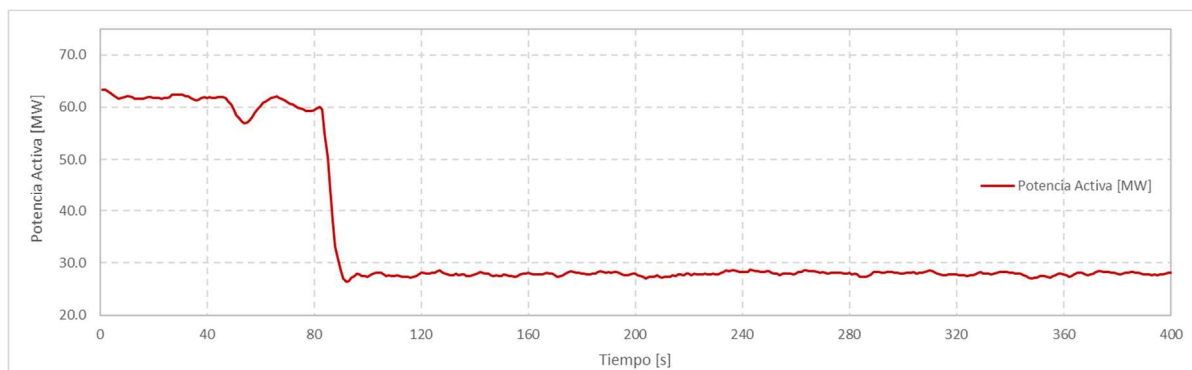
Los ensayos se realizan en cada uno de los niveles de potencia especificados en la Tabla 1, con un estadismo mínimo según norma (2%), el estadismo configurado en su valor actual (4%), y el estadismo máximo (7.69 %). Además, se ajustó la banda muerta a un valor de  $\pm 25$  mHz para el desarrollo de estas pruebas.

Los escalones de frecuencia se ingresaron en el sistema de control a partir de la habilitación del modo prueba, en el cual se introduce un error en la medición de frecuencia con lo cual se simulan los escalones requeridos.

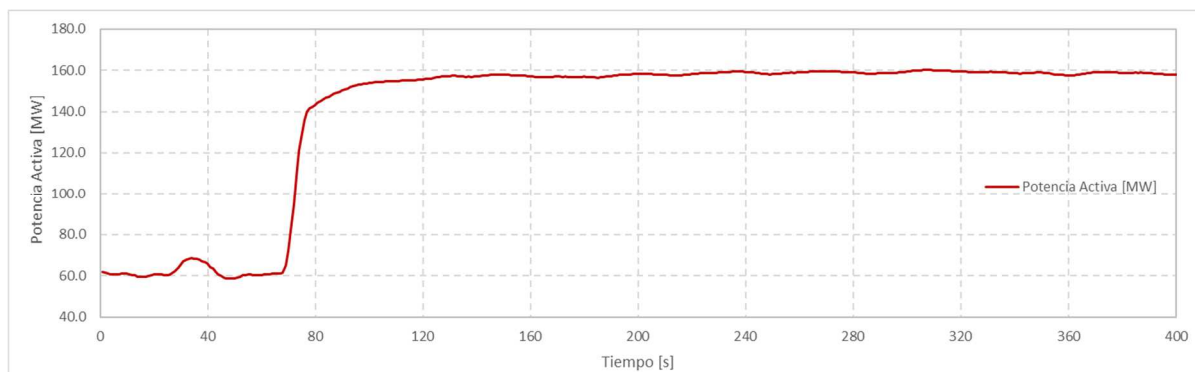
A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



**Gráfico 9. Respuesta CPF\_60 MW\_ E = 2%\_DB = 25 mHz\_ΔF = -200 mHz.**

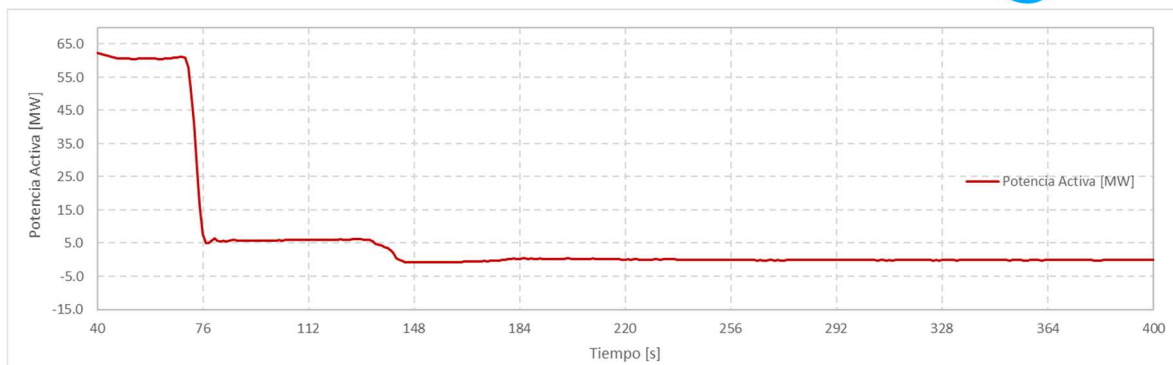


**Gráfico 10. Respuesta CPF\_60 MW\_ E = 2%\_DB = 25 mHz\_ΔF = +200 mHz.**

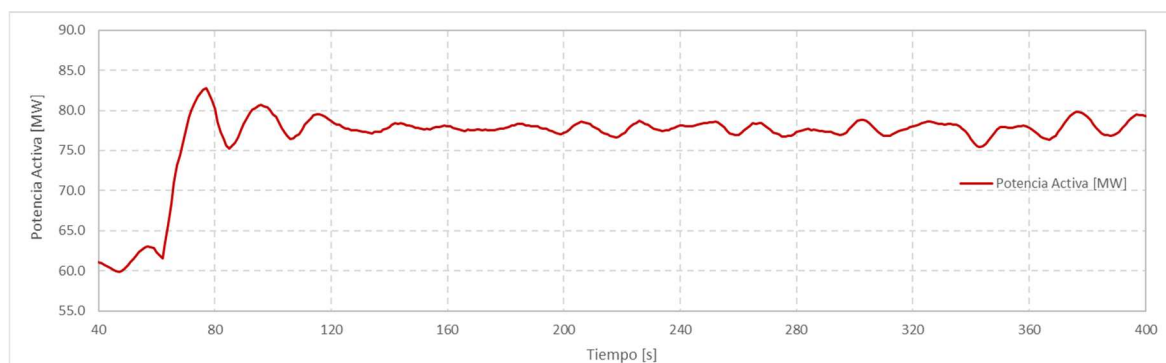


**Gráfico 11. Respuesta CPF\_61 MW\_ E = 2%\_DB = 25 mHz\_ΔF = -700 mHz.**

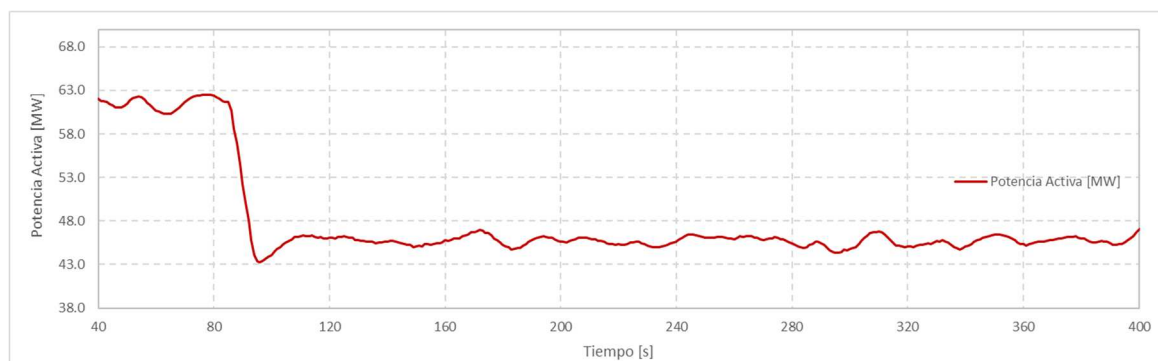




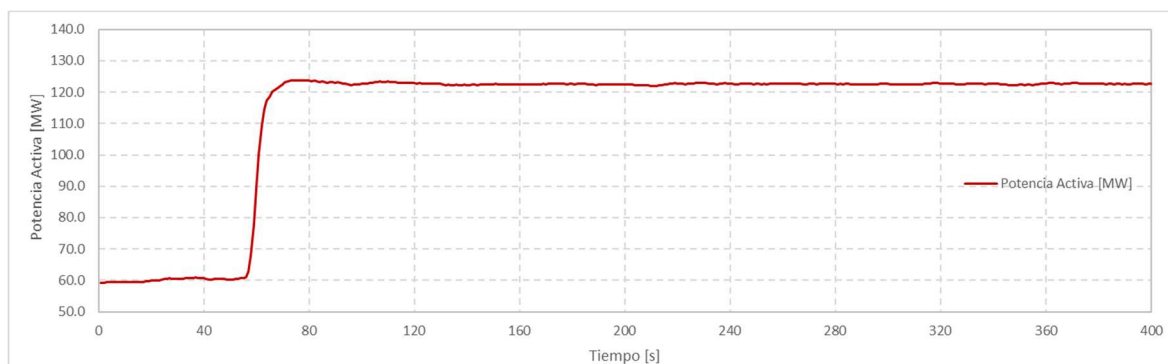
**Gráfico 12. Respuesta CPF\_61 MW\_E = 2%\_DB = 25 mHz\_ΔF = +700 mHz.**



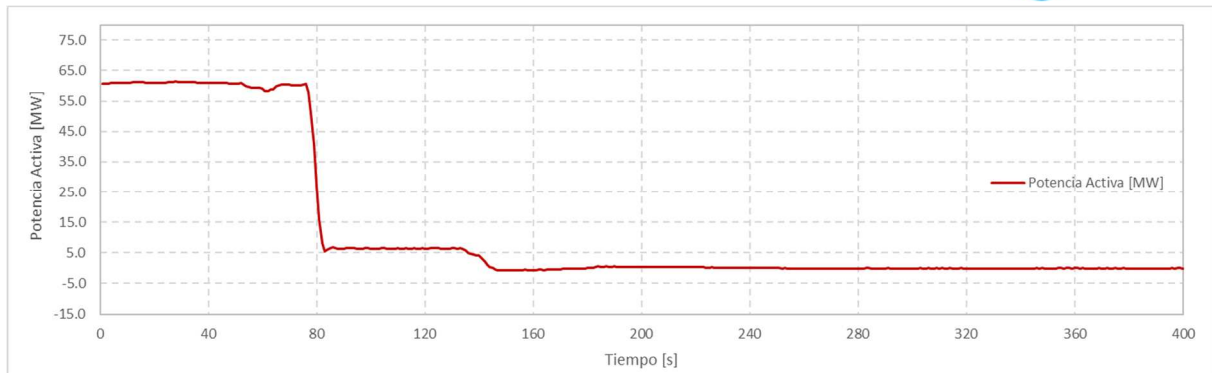
**Gráfico 13. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ΔF = -200 mHz.**



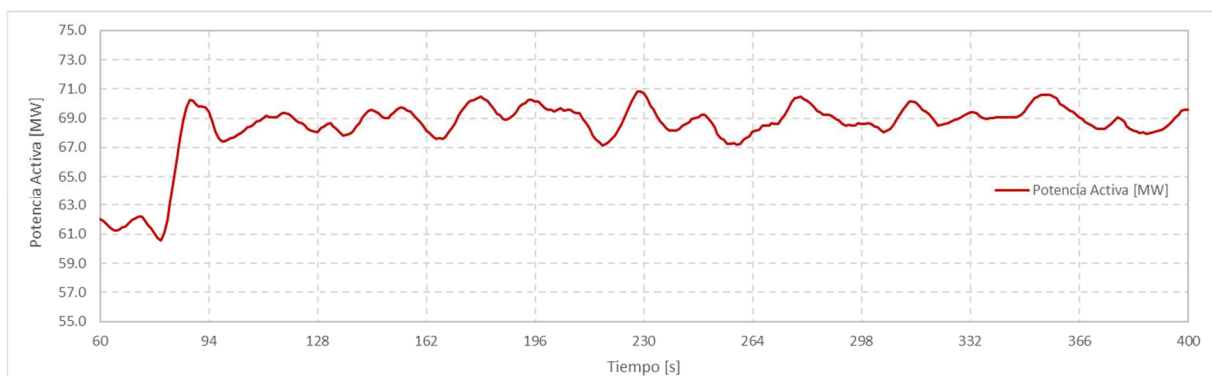
**Gráfico 14. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ΔF = +200 mHz.**



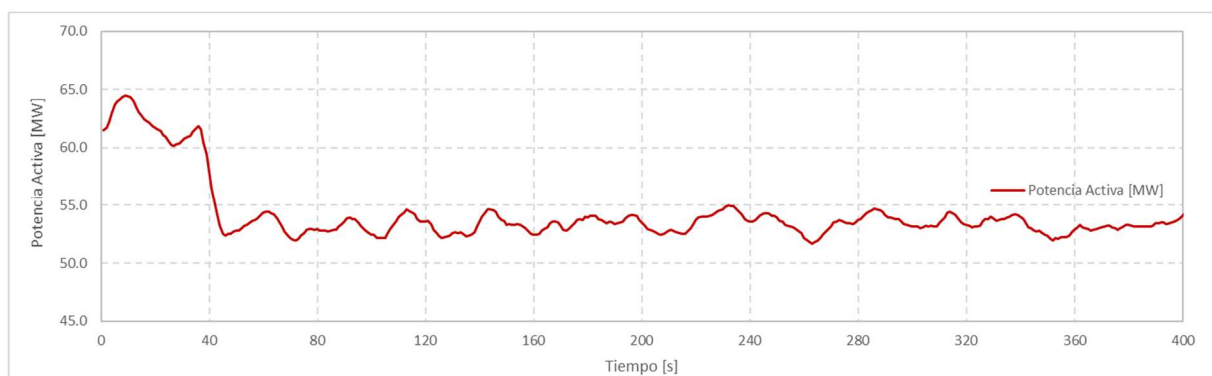
**Gráfico 15. Respuesta CPF\_61 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ΔF = -700 mHz.**



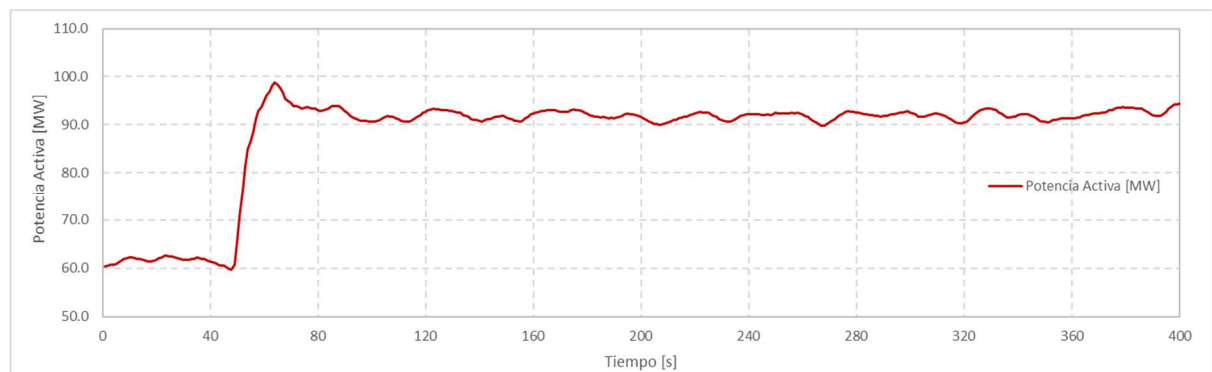
**Gráfico 16. Respuesta CPF\_61 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_  $\Delta F$  = +700 mHz.**



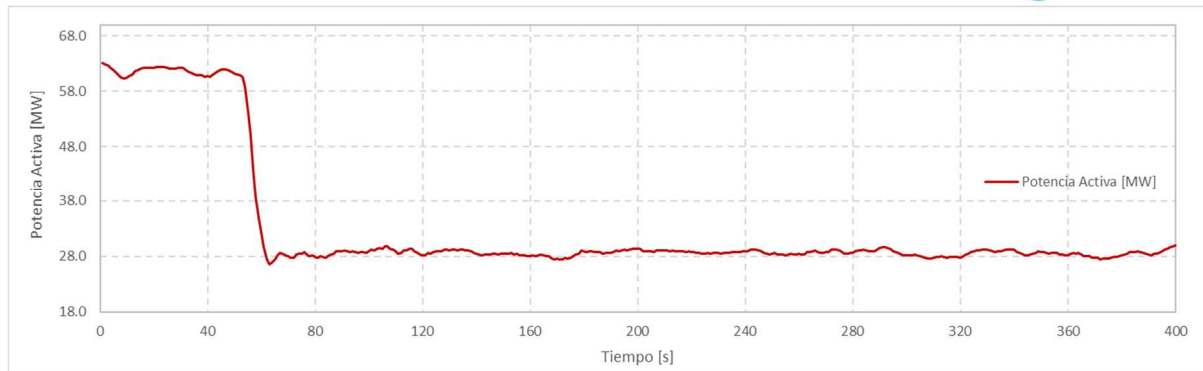
**Gráfico 17. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_  $\Delta F$  = -200 mHz.**



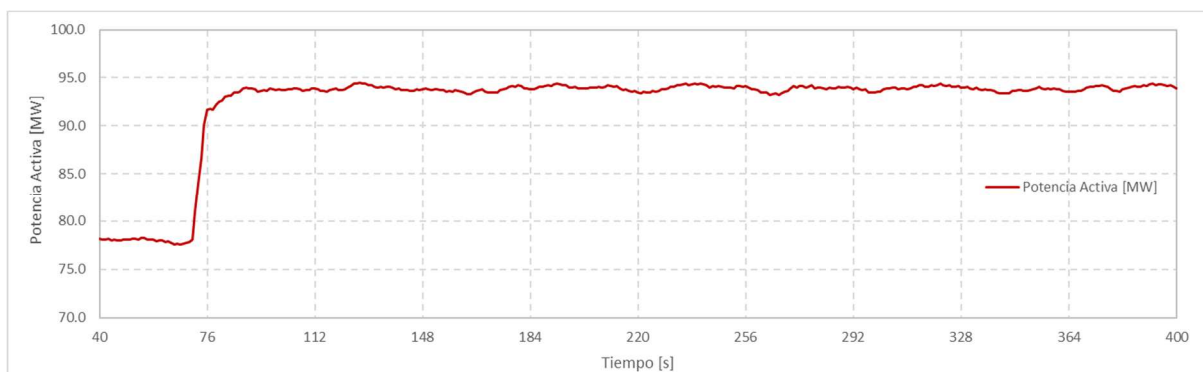
**Gráfico 18. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_  $\Delta F$  = +200 mHz.**



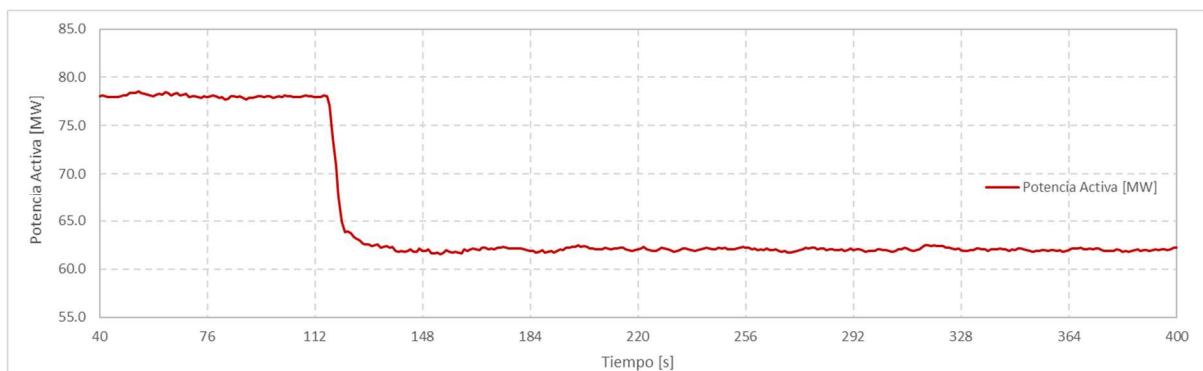
**Gráfico 19. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_  $\Delta F$  = -700 mHz.**



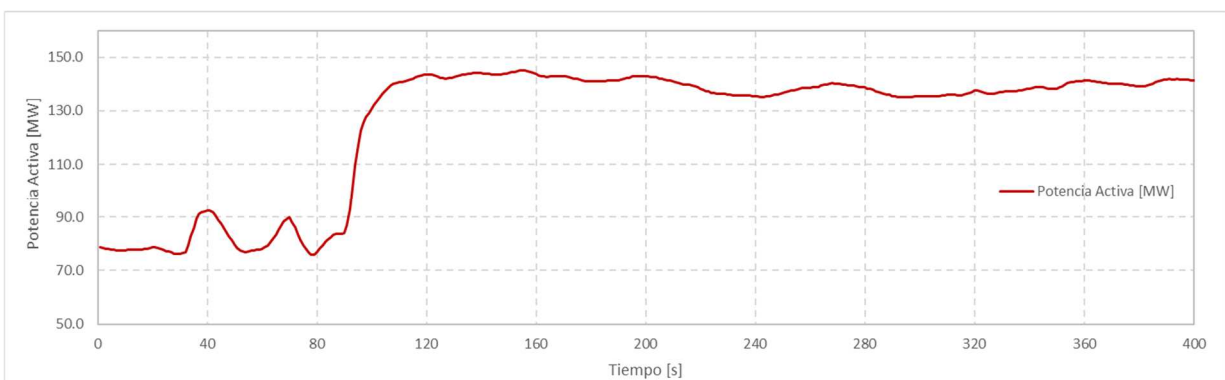
**Gráfico 20. Respuesta CPF\_61.76 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +700 mHz.**



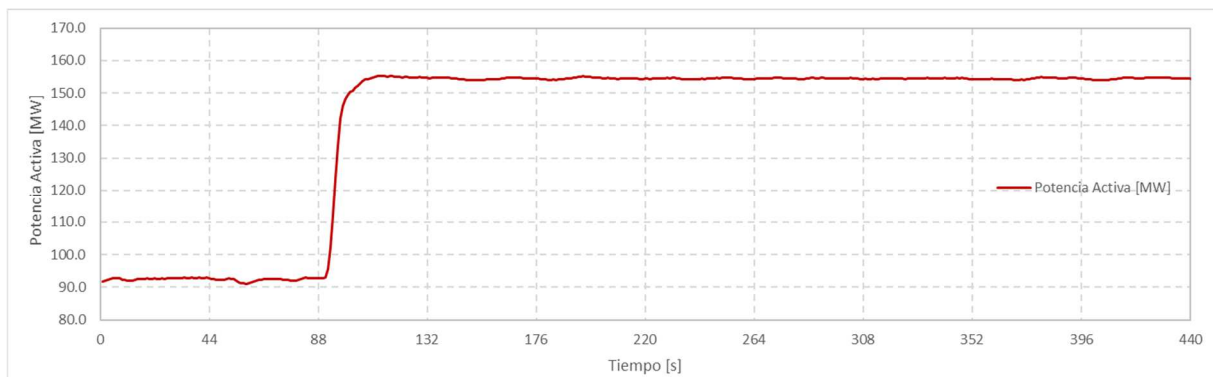
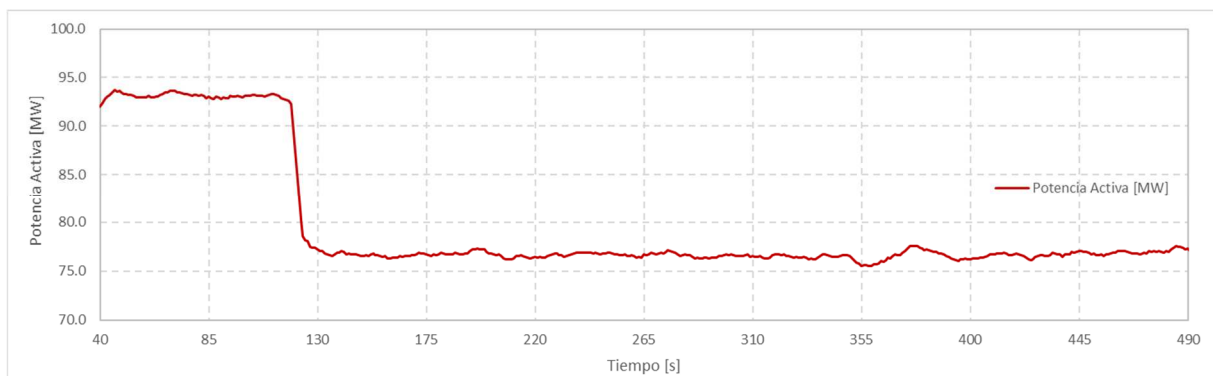
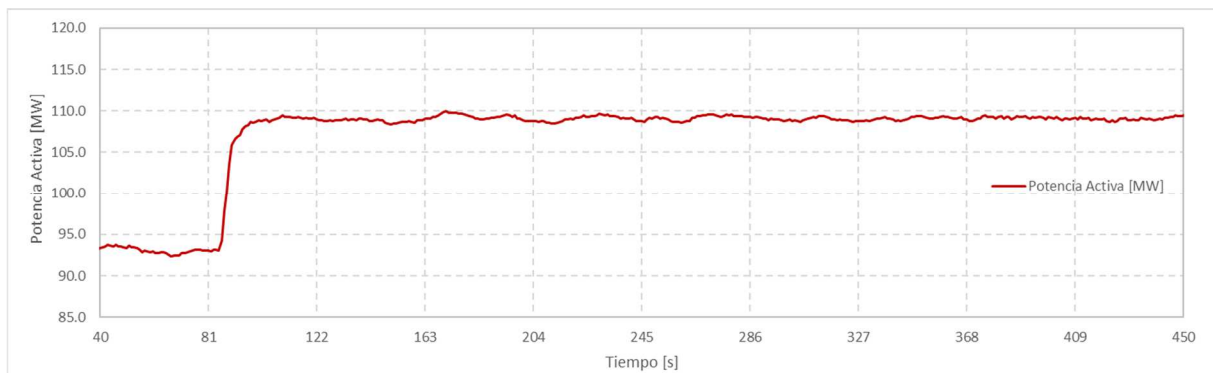
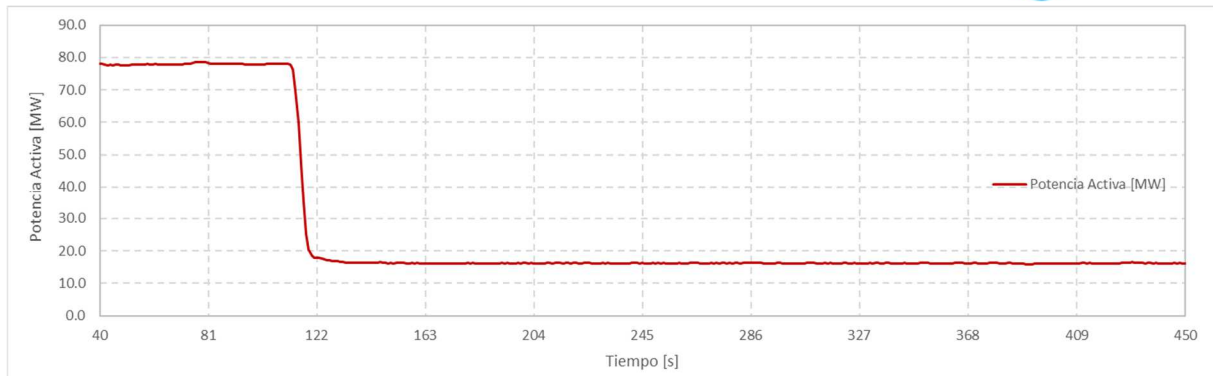
**Gráfico 21. Respuesta CPF\_78 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -200 mHz.**

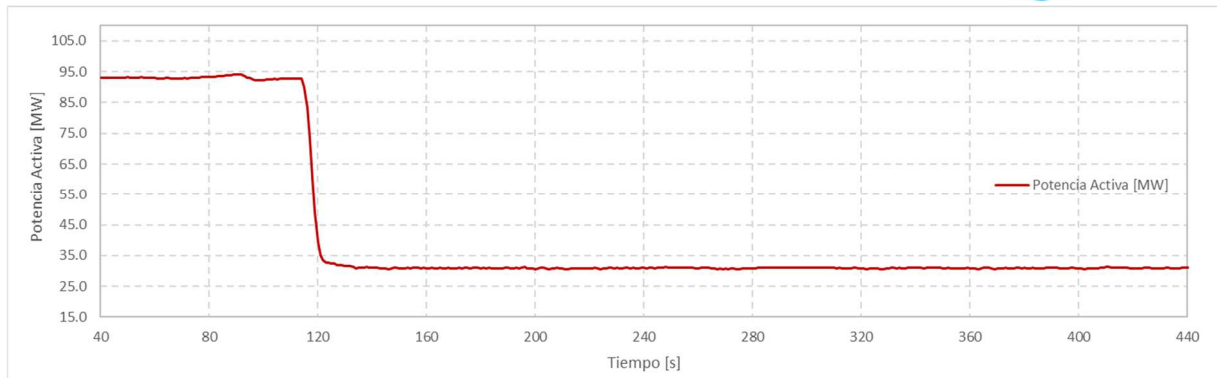


**Gráfico 22. Respuesta CPF\_78 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +200 mHz.**

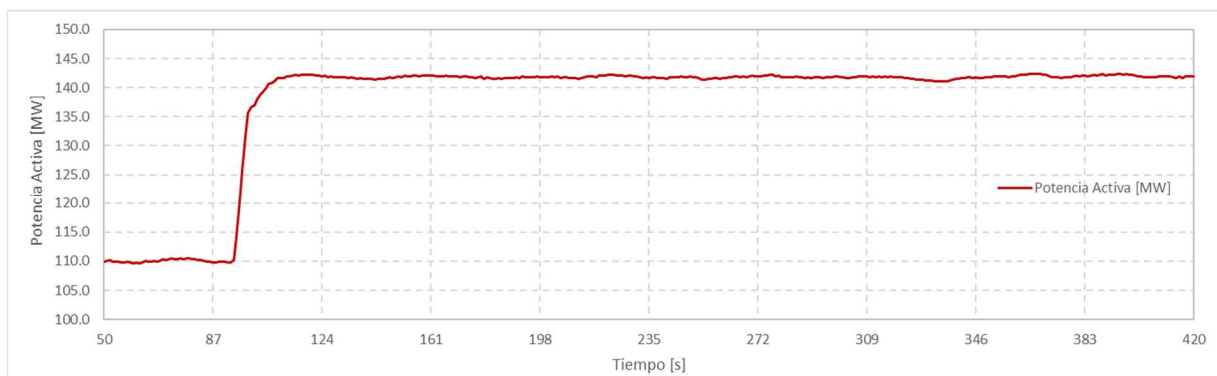


**Gráfico 23. Respuesta CPF\_78 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -700 mHz.**

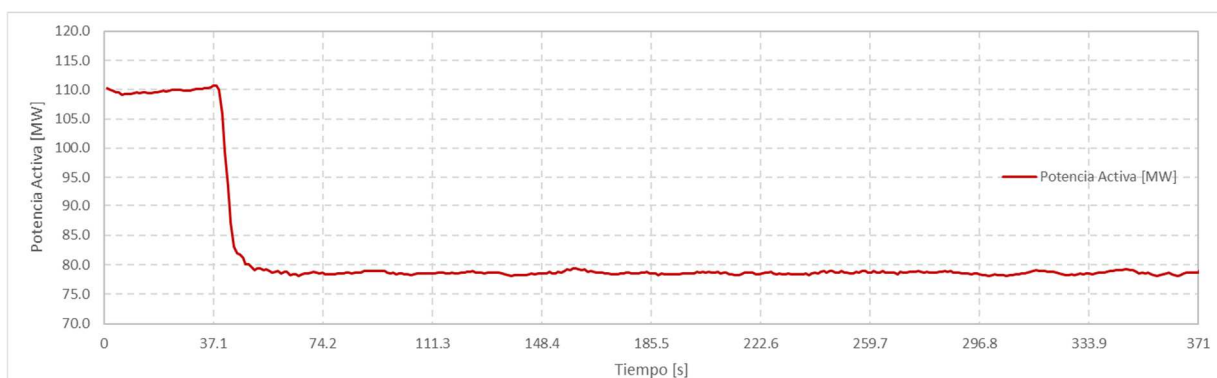




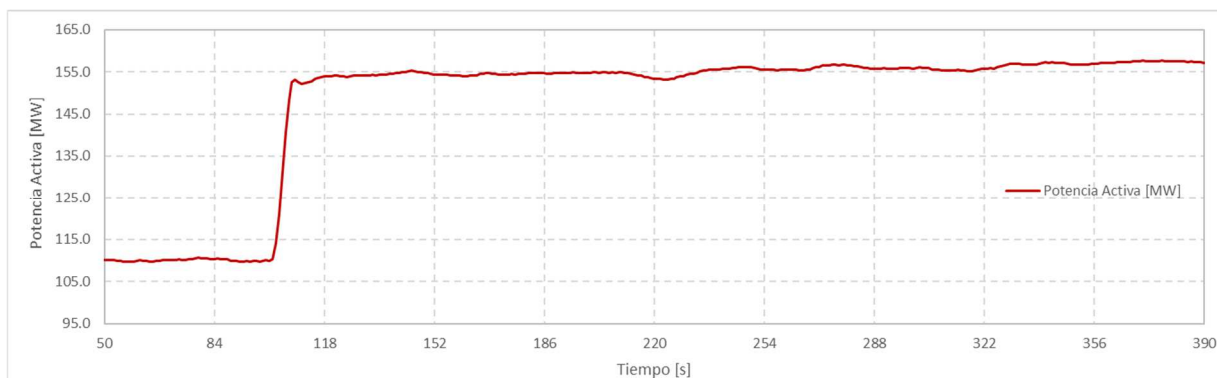
**Gráfico 28. Respuesta CPF\_93 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +700 mHz.**



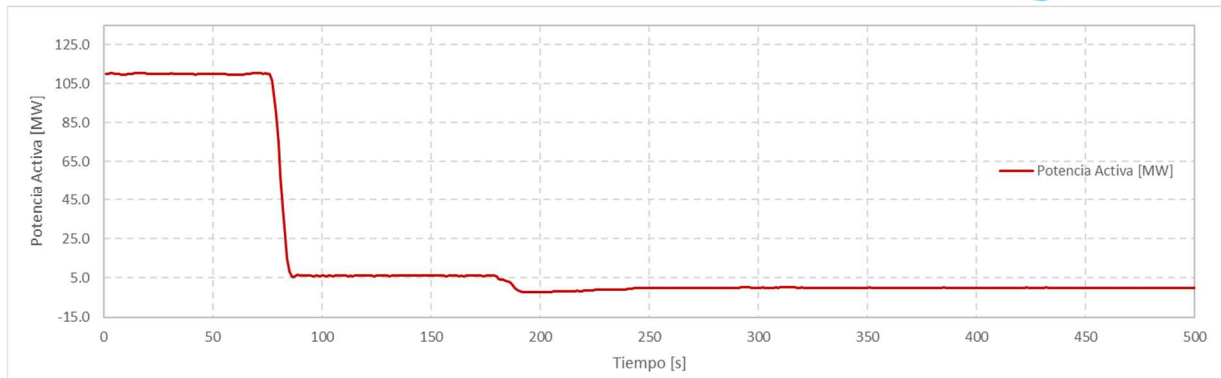
**Gráfico 29. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 2%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -200 mHz.**



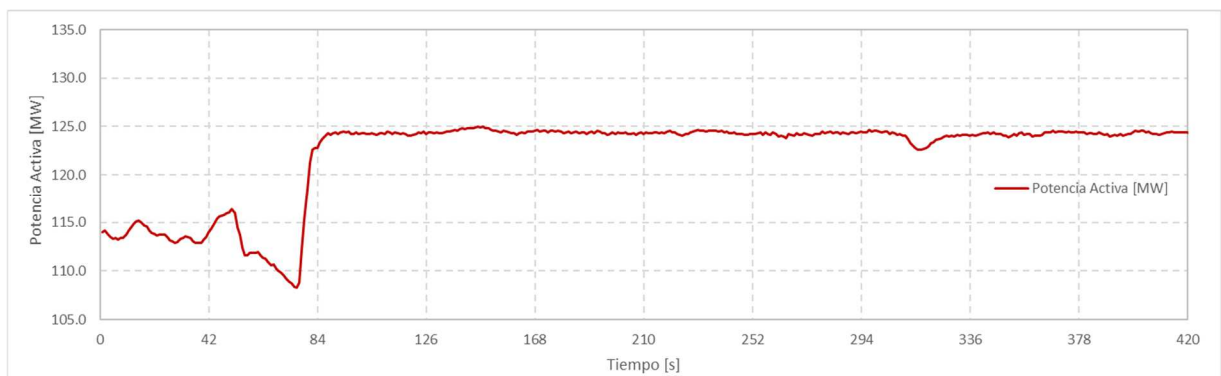
**Gráfico 30. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 2%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +200 mHz.**



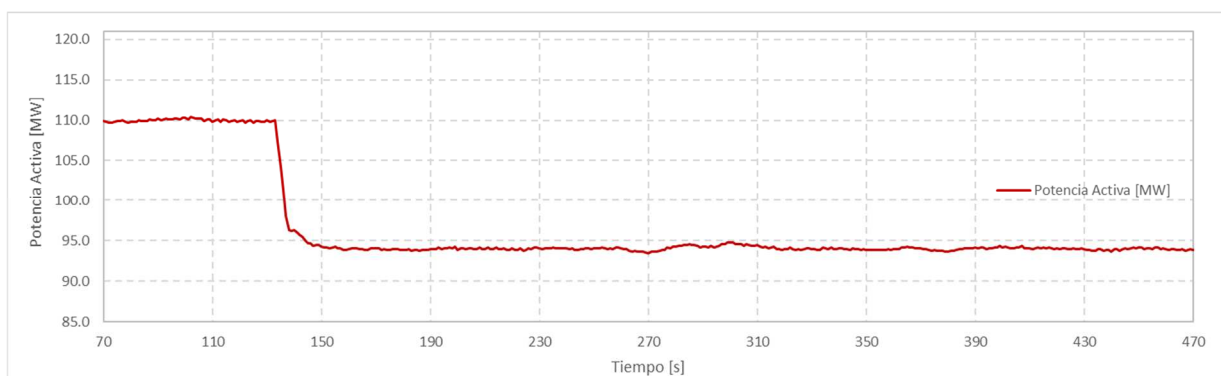
**Gráfico 31. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 2%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -700 mHz.**



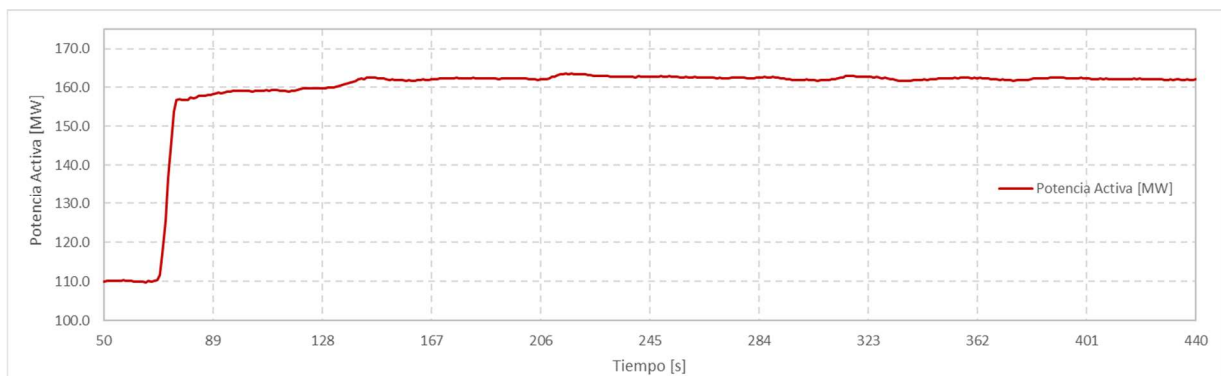
**Gráfico 32. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 2%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +700 mHz.**



**Gráfico 33. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -200 mHz.**

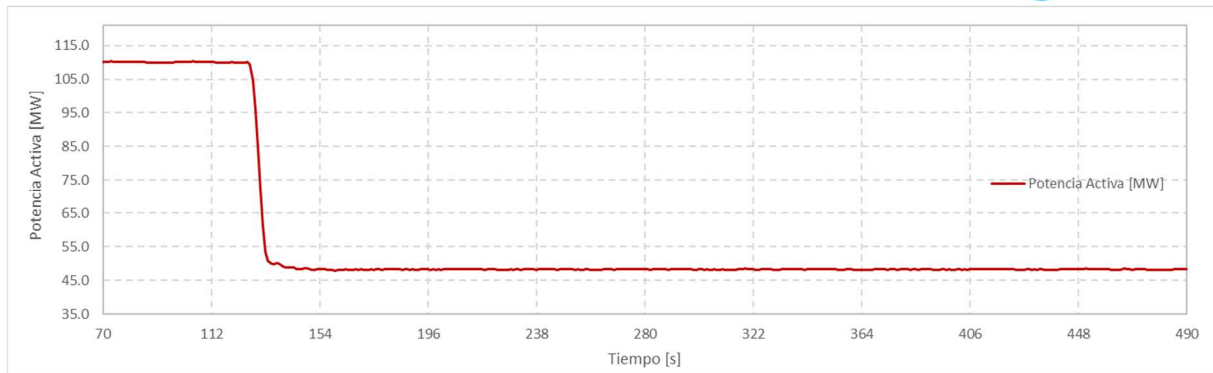


**Gráfico 34. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +200 mHz.**

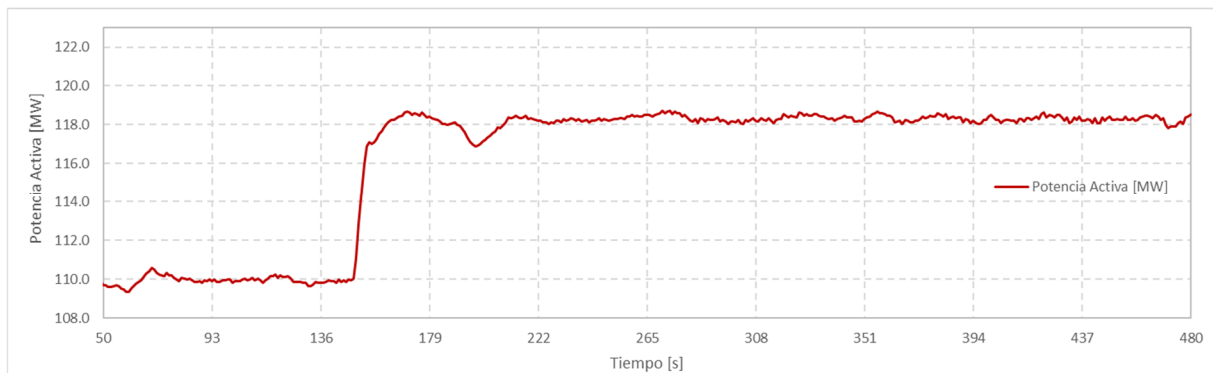


**Gráfico 35. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -700 mHz.**

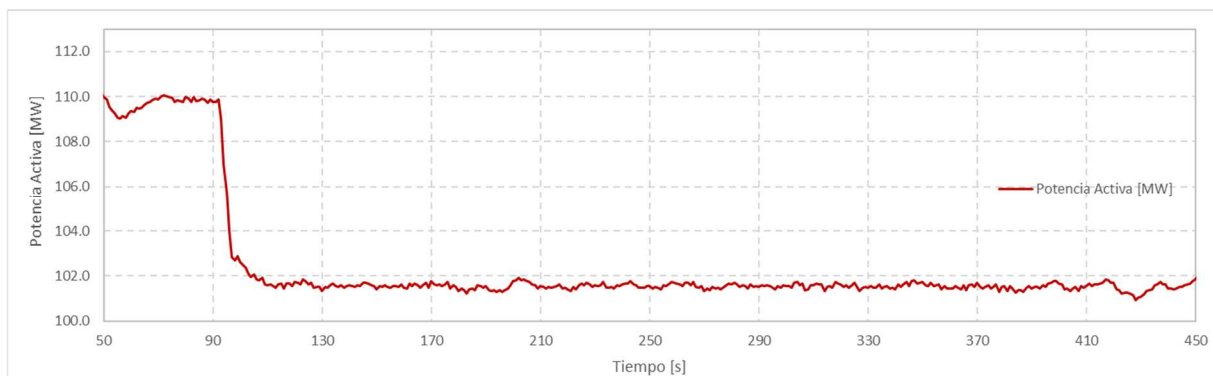




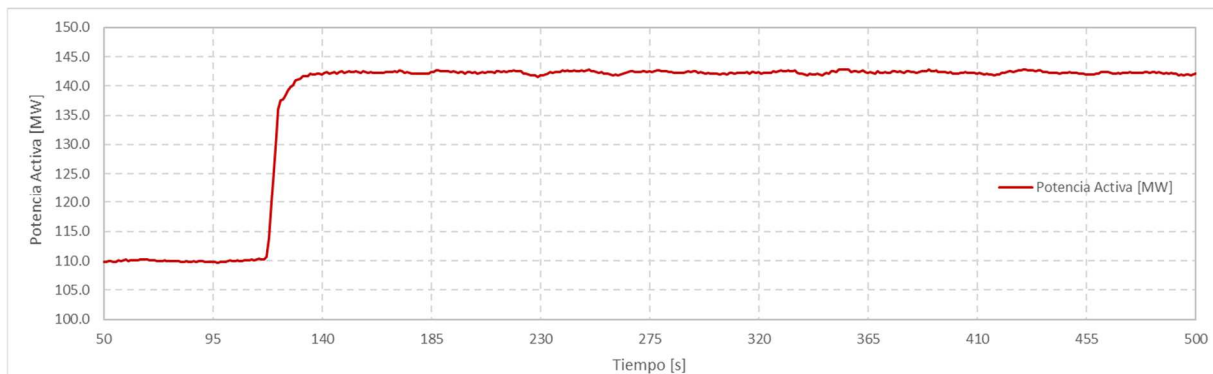
**Gráfico 36. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +700 mHz.**



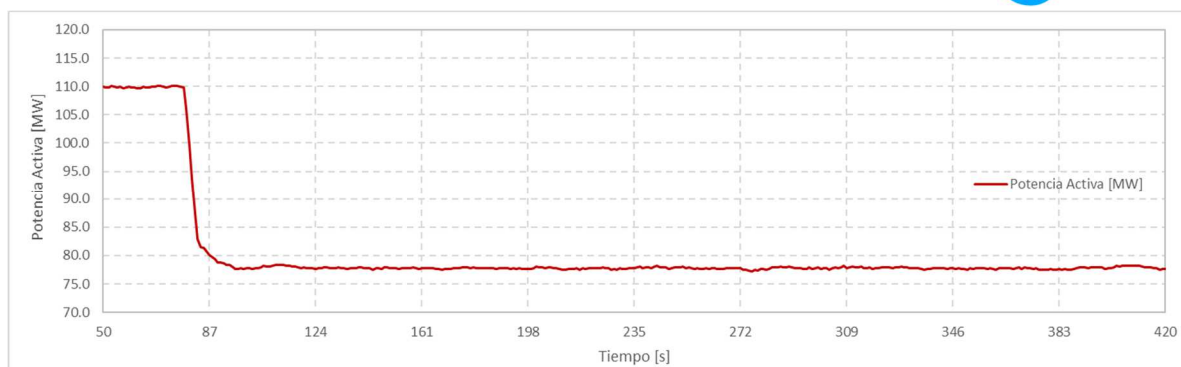
**Gráfico 37. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -200 mHz.**



**Gráfico 38. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +200 mHz.**



**Gráfico 39. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = -700 mHz.**



**Gráfico 40. Respuesta CPF\_110 MW\_E = 7.69%\_DB = 25 mHz\_ ΔF = +700 mHz.**

De los gráficos anteriores se observa que la variación de potencia activa responde al estatismo configurado en cada caso. Se observa, además que en los 5 minutos de aplicación del escalón la potencia aportada se mantiene estable. Sin embargo, algunos de los escalones no cumplen con el estatismo configurado y no cuentan con estabilidad, esto se debe a la disponibilidad de recurso y el mínimo técnico de la central, se presenta en los gráficos, Gráfico 11, Gráfico 12, Gráfico 16, Gráfico 31, Gráfico 32 y Gráfico 35, por otro lado, la respuesta corresponde al signo correcto para estos escalones. Resulta importante mencionar que el sistema de control solo permite ingresar valores de K enteros, por lo cual, el estatismo utilizado corresponde a un K=13 (R=7.69%) para no superar el 8% establecido en la NTSyCS (ver Gráfico 41). Si bien la falta de recurso primario no permitió obtener la respuesta completa de los escalones de potencia activa, es importante mencionar que en los casos anteriores el PPC entrega como setpoint la potencia máxima disponible. Lo anterior se puede ver en el Gráfico 42 al Gráfico 44.

Frecuencia		
<input checked="" type="checkbox"/> Activo	<input type="checkbox"/> No Listo	
Frecuencia Nominal	50,00 Hz	f5
K Sobre Frecuencia	13	13
K Sobre Frecuencia 2	13	13
K Sub Frecuencia	13	13
K Sub Frecuencia 2	13	13
Sobre Frecuencia	50025	50025 mHz f7
Sobre Frecuencia 2	51500	51500 mHz f8
Sub Frecuencia	49975	49975 mHz f3
Sub Frecuencia 2	47500	47500 mHz f2
Sobre Frec Ramp	10	10 %Pn/s
Sub Frec Ramp	10	10 %Pn/s
Frecuencia Recon Sobre Frecuencia	50025	50025 mHz f6
Frecuencia Recon Sub Frecuencia	49975	49975 mHz f4
Frecuencia Descon Sobre Frecuencia	52000	52000 mHz f9
Frecuencia Descon Sub Frecuencia	47000	47000 mHz f1

**Gráfico 41. Interfaz para el ingreso de parámetros de la central.**



**Frequency tests**

Manual test Please, configure the frequency parameters and activate the mode

	Test frequency [Hz]	SCD	Current
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	50.00	50700	50700
Estimated SP [MW]			16.180

Automatic test

	Test frequency [mHz]
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	50700

Gráfico 42. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%,  $P=78$  MW y  $\Delta f=+700$  mHz.

**Frequency tests**

Manual test Please, configure the frequency parameters and activate the mode

	Test frequency [Hz]	SCD	Current
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	50.00	50700	50700
Estimated SP [MW]			0.000

Automatic test

	Test frequency [mHz]
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	50700

Gráfico 43. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%,  $P=110$  MW y  $\Delta f=+700$  mHz.

**Frequency tests**

Manual test Please, configure the frequency parameters and activate the mode

	Test frequency [Hz]	SCD	Current
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	50.00	49300	49300
Estimated SP [MW]			163.316

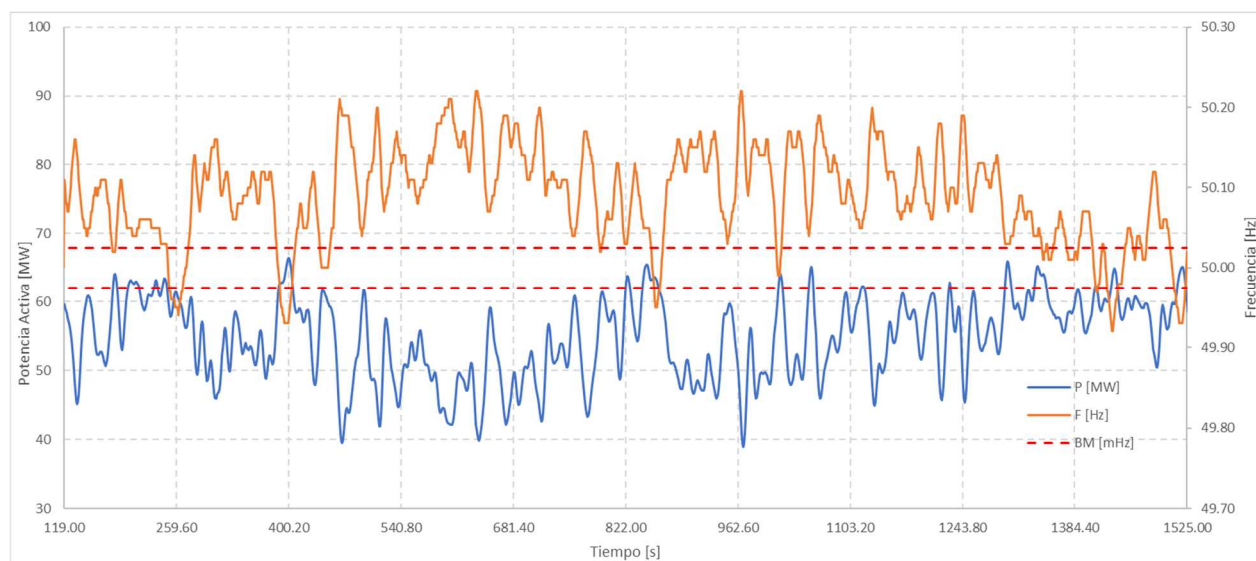
Automatic test

	Test frequency [mHz]
<input type="button" value="Freq test OFF"/>	49300

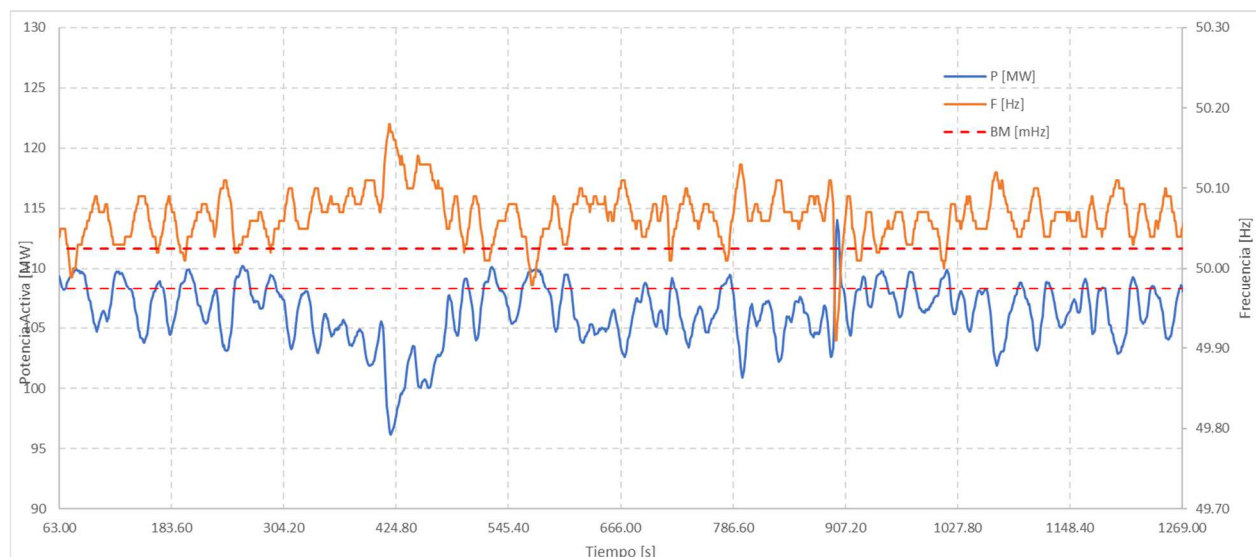
Gráfico 44. Cálculo de aporte PPC PE San Gabriel, estatismo 4.0%,  $P=110$  MW y  $\Delta f=-700$  mHz.

### 4.3. Respuesta del control primario de frecuencia ante variaciones naturales en la frecuencia de la red

Operando el PE en los niveles P1\_CPF y P4\_CPF, mostrados en la Tabla 1, se realiza un registro de la respuesta del control primario de frecuencia ante variaciones naturales de la frecuencia de la red. Las pruebas consisten en registrar la evolución de la potencia activa en función de la frecuencia de la red durante un plazo de 20 minutos. Durante estas pruebas se considera la banda muerta ajustada a  $\pm 25$  mHz (línea roja segmentada) y el estatismo en su valor actual de 4%.



**Gráfico 45. CPF\_60 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz. Respuesta libre.**

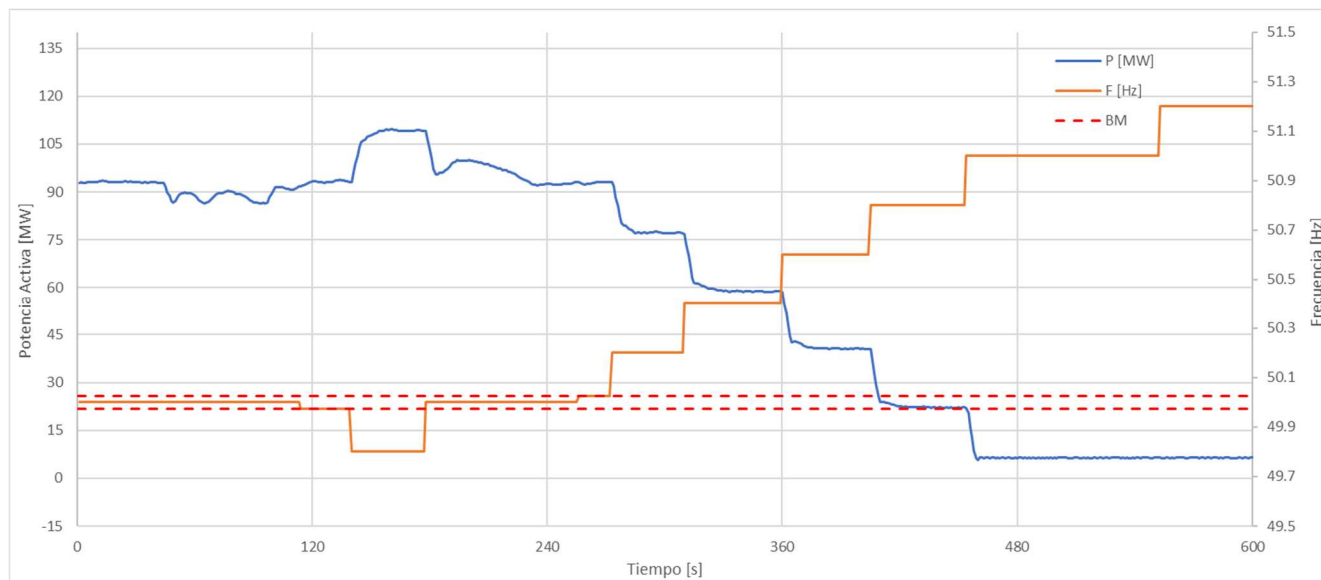


**Gráfico 46. CPF\_110 MW\_E = 4%\_DB = 25 mHz. Respuesta libre.**

De los gráficos anteriores puede observarse que la respuesta es adecuada mostrándose el efecto espejo esperado entre la frecuencia y la potencia activa.

#### 4.4. Determinación del Estatismo Permanente

En esta sección con la banda muerta configurada en 25 mHz, valor requerido por el CEN en esta ocasión, y con una potencia de 93 MW, se aplican escalones de 49.975 Hz, 49.8 Hz, 50 Hz, 50.025, 50.2 Hz, 50.4 Hz, 50.6 Hz, 50.8 Hz, 51 Hz, 51.2 Hz y 50 Hz con el objetivo de comprobar el correcto funcionamiento del estatismo configurado. A continuación, se muestra el resultado obtenido:



**Gráfico 47. Respuesta temporal para escalones de frecuencia con la banda muerta configurada en  $\pm 25$  mHz.**

En la siguiente tabla se muestran los aportes de potencia activa:

**Tabla 2. Aportes de potencia ante escalones de frecuencia para una banda muerta configurada en  $\pm 25$  mHz.**

t [s]	F [Hz]	P [MW]
0	50.000	93.3
114	49.975	93.2
140	49.800	109.1
178	50.000	92.1
256	50.025	93.0
273	50.200	77.1
310	50.400	50.8
360	50.600	40.5
405	50.800	22.2
454	51.000	3.9
553	51.200	0.0
645	50.000	93.2

Del ensayo se observa que para escalones dentro de la banda muerta la potencia se mantiene invariante y del mismo modo se observa la variación de la potencia activa para los escalones por fuera de la banda muerta y con esto se verifica la correcta operación de esta.

## 5. Análisis de los ensayos de verificación de CPF

En las siguientes secciones se evalúan distintos parámetros de performance del control primario de frecuencia en función de los ensayos de verificación del SSCC de CPF realizado.

### 5.1. Determinaciones a partir de los ensayos de tipo escalón

#### 5.1.1 Verificación de los aportes de potencia activa

A partir de los ensayos de tipo escalón (ver sección 4.1), se calcula el aporte de potencia en cada caso y se los compara con el monto teórico calculado en función del despacho de potencia, el estatismo configurado y escalón de frecuencia aplicado. En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 3. Resumen de aportes E = 2%, escalones de 200 mHz.**

$\Delta F = - 0.2$ [Hz]						$\Delta F = + 0.2$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	32.03	109.81	31.99	29.06	32.36	-32.03	110.61	-32.01	-30.48	-31.99
<b>60.00</b>	32.03	60.22	32.08	34.34	32.60	-32.03	60.04	-32.04	-33.65	-32.13

**Tabla 4. Resumen de aportes E = 2%, escalones de 700 mHz.**

$\Delta F = - 0.7$ [Hz]						$\Delta F = + 0.7$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	123.53	110.33	43.77	42.03	45.84	-123.53	109.95	-109.95	-104.30	-109.98
<b>61.00</b>	123.53	61.39	97.61	80.10	97.37	-123.53	61.00	-61.00	-54.67	-61.14

De las tablas anteriores puede verificarse que en principio el aporte resultante coincide en gran medida con el teórico, sin contar los ensayos, en donde, la potencia de la central se ve limitada por la disponibilidad del recurso, verificando así el estatismo de 2% configurado.

**Tabla 5. Resumen de aportes E = 4%, escalones de 200 mHz.**

$\Delta F = - 0.2$ [Hz]						$\Delta F = + 0.2$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	16.01	108.28	16.02	15.47	16.08	-16.01	110.01	-16.21	-14.55	-16.26
<b>93.00</b>	16.01	93.04	16.06	15.09	15.96	-16.01	93.16	-16.56	-15.74	-16.34
<b>78.00</b>	16.01	78.08	15.82	14.54	16.01	-16.01	78.04	-16.04	-14.89	-16.23
<b>61.76</b>	16.01	61.59	16.31	18.44	15.77	-16.01	61.69	-15.99	-18.32	-16.36

**Tabla 6. Resumen de aportes E = 4%, escalones de 700 mHz.**

$\Delta F = - 0.7$ [Hz]						$\Delta F = + 0.7$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	61.76	110.26	51.54	46.44	51.76	-61.76	110.02	-61.82	-60.23	-61.87
<b>93.00</b>	61.76	92.89	61.61	57.42	61.76	-61.76	92.70	-61.90	-60.09	-61.72
<b>78.00</b>	61.76	83.65	61.75	45.48	57.95	-61.76	77.92	-61.72	-60.14	-61.68
<b>61.00</b>	61.76	60.95	61.65	59.08	61.58	-61.76	60.76	-60.76	-53.86	-60.86

De las tablas anteriores puede verificarse que en principio el aporte resultante coincide en gran medida con el teórico, verificando así el estatismo de 4% configurado.

**Tabla 7. Resumen de aportes E = 7.69%, escalones de 200 mHz.**

$\Delta F = - 0.2$ [Hz]						$\Delta F = + 0.2$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	8.33	110.01	8.29	7.52	8.26	-8.33	109.88	-8.38	-7.51	-8.37
<b>61.76</b>	8.33	60.57	8.43	9.63	8.38	-8.33	61.87	-8.47	-9.50	-7.86

**Tabla 8. Resumen de aportes E = 7.69%, escalones de 700 mHz.**

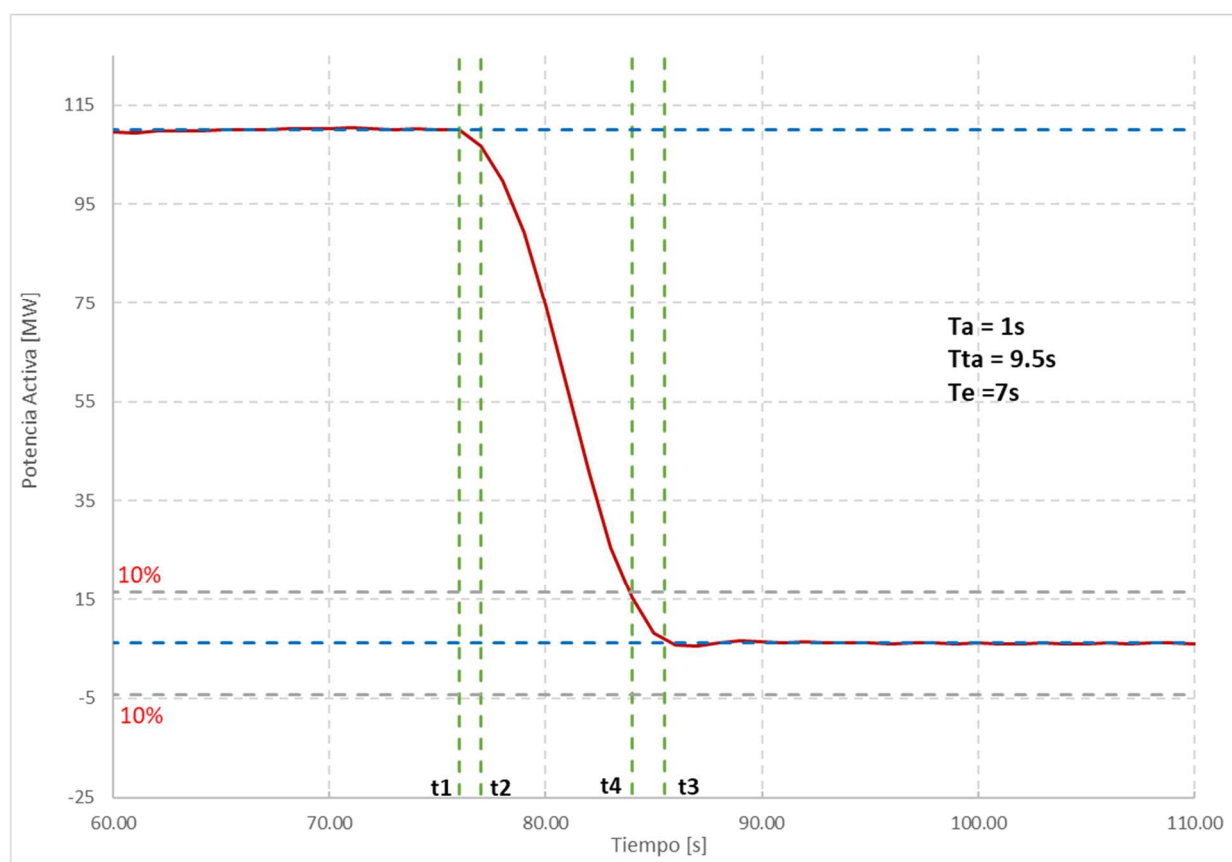
$\Delta F = - 0.7$ [Hz]						$\Delta F = + 0.7$ [Hz]				
Despacho inicial teórico [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]	$\Delta P$ teórico Esperado [MW]	Despacho inicial real [MW]	$\Delta P$ real [MW]	$\Delta P$ 10 s [MW]	$\Delta P$ 5 min [MW]
<b>110.00</b>	32.12	109.79	-31.99	-29.99	-32.25	-32.12	110.59	-31.71	-29.18	-31.28
<b>61.76</b>	32.12	59.68	32.22	33.12	31.19	-32.12	60.65	-32.05	-34.05	-32.18

De las tablas anteriores puede verificarse que en principio el aporte resultante coincide en gran medida con el teórico, verificando así el estatismo de 7.69% configurado.

### 5.1.2 Cálculo de parámetros de desempeño

A partir de los ensayos de escalón de la sección 4.1 se calculan a continuación los parámetros de desempeño de CPF a saber: Tiempo de inicio de activación ( $T_a$ ), Tiempo total de activación ( $T_{ta}$ ) y el tiempo de establecimiento ( $T_e$ ).

El análisis se realiza para los escalones de  $\pm 700$  mHz y despacho P1\_CTF y P4\_CTF de la Tabla 1 con el estatismo configurado en 2%, 4% y 7.69%, y banda muerta configurada en planta (25 mHz). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



**Gráfico 48. Parámetros de desempeño calculados para E = 2% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

**Tabla 9. Tiempos asociados para E = 2% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

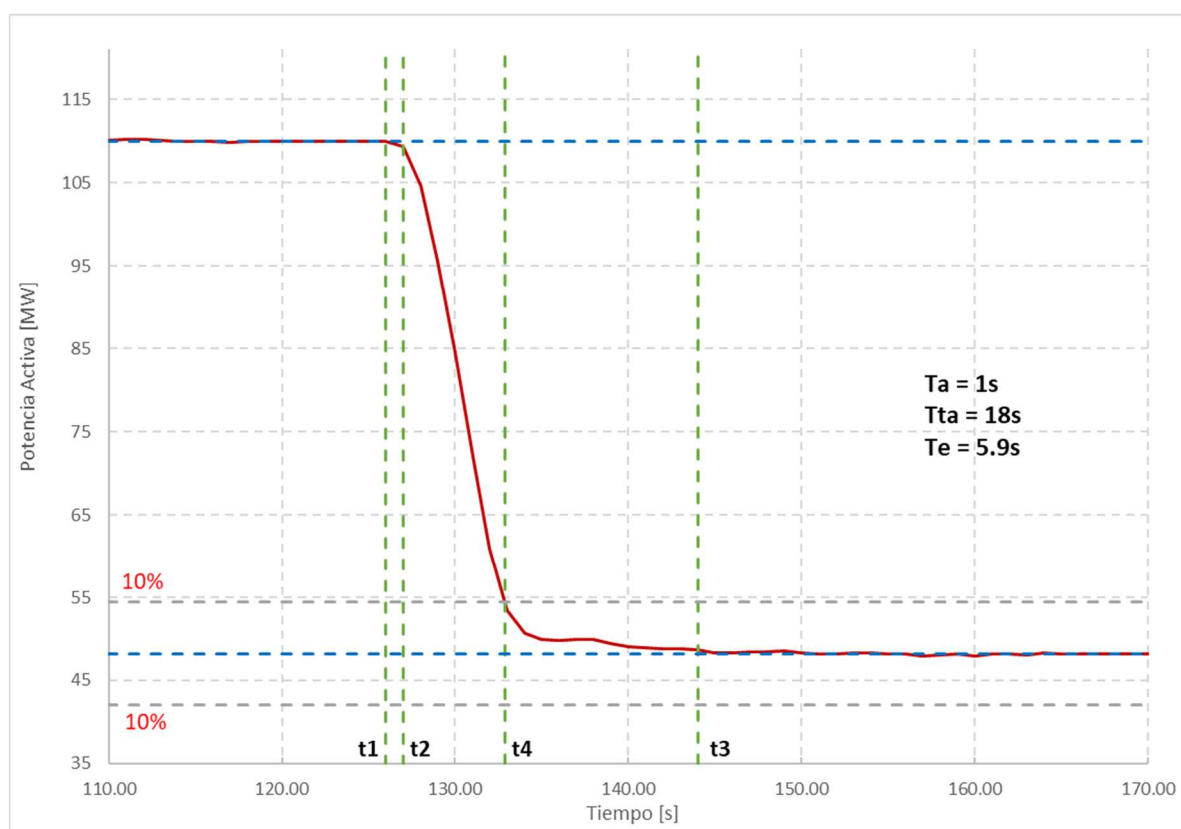
t1 [s]	76.0	Envío de setpoint
t2 [s]	77.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	85.5	Llegada a setpoint
t4 [s]	84.0	Llegada a banda (10%)



**Tabla 10. Parámetros de desempeño para E = 2% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1.0	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	9.5	10	Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	7.0	30	Cumple

Resulta importante mencionar que para el caso en donde se tiene un despacho de 110 MW, con un estatismo del 2% y un escalón de frecuencia de +700 mHz, el PE San Gabriel satura en un límite inferior de 6.1 MW asociado a su mínimo técnico, pasado un tiempo se comienzan a pausar unidades de manera de alcanzar el setpoint de 0MW, de esta manera, los tiempos presentados en la Tabla 10 son calculados respecto al mínimo técnico del Parque Eólico San Gabriel sin tener en cuenta el retardo en la pausa de unidades ya que este depende del proceso propio de pausa del aerogenerador.



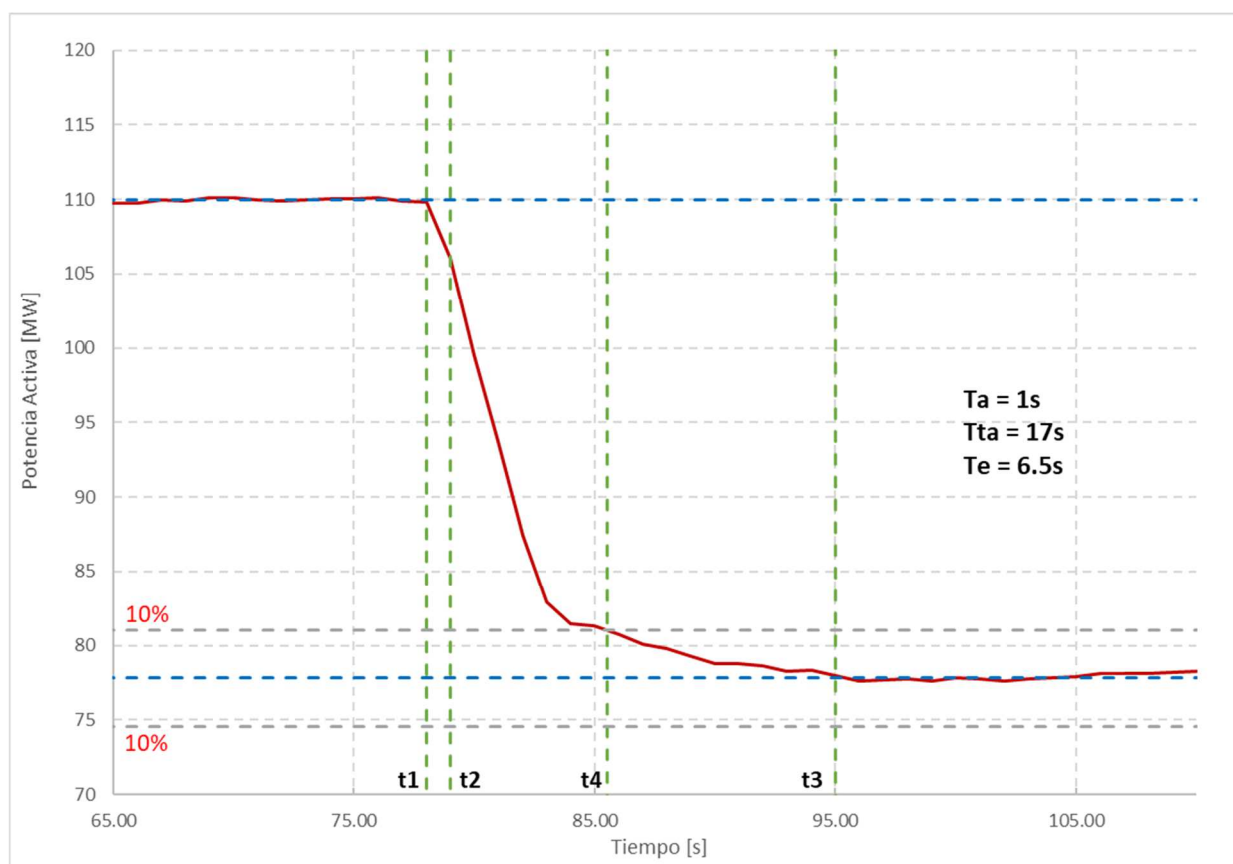
**Gráfico 49. Parámetros de desempeño calculados para E = 4% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

**Tabla 11. Tiempos asociados para E = 4% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

t1 [s]	126.0	Envío de setpoint
t2 [s]	127.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	144.0	Llegada a setpoint
t4 [s]	132.9	Llegada a banda (10%)

**Tabla 12. Parámetros de desempeño para E = 4% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1.0	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	18	10	No Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	5.9	30	Cumple



**Gráfico 50. Parámetros de desempeño calculados para E = 7.69% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

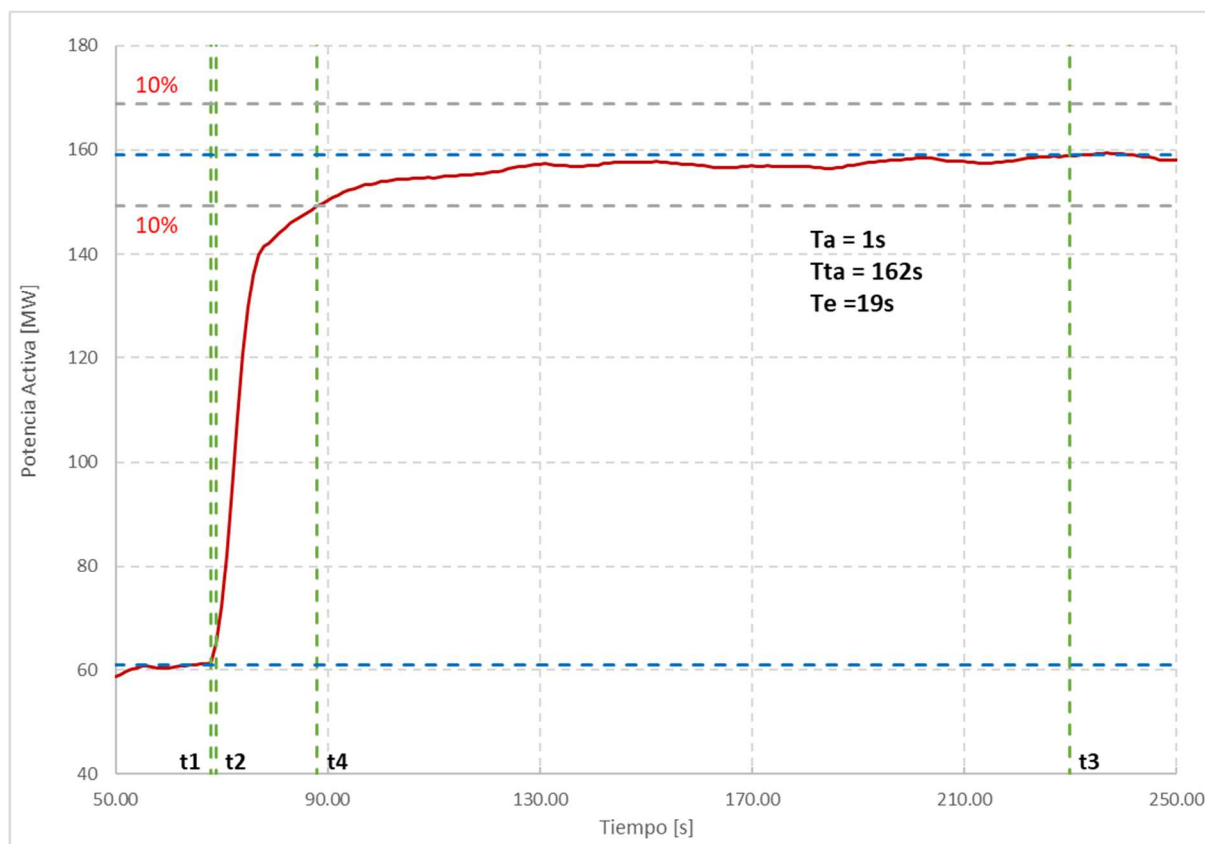


**Tabla 13. Tiempos asociados para E = 7.69% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

t1 [s]	78.0	Envío de setpoint
t2 [s]	79.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	95.0	Llegada a setpoint
t4 [s]	85.5	Llegada a banda (10%)

**Tabla 14. Parámetros de desempeño para E = 7.69% y escalón de +700 mHz\_110 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	17	10	No Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	6.5	30	Cumple



**Gráfico 51. Parámetros de desempeño calculados para E = 2% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

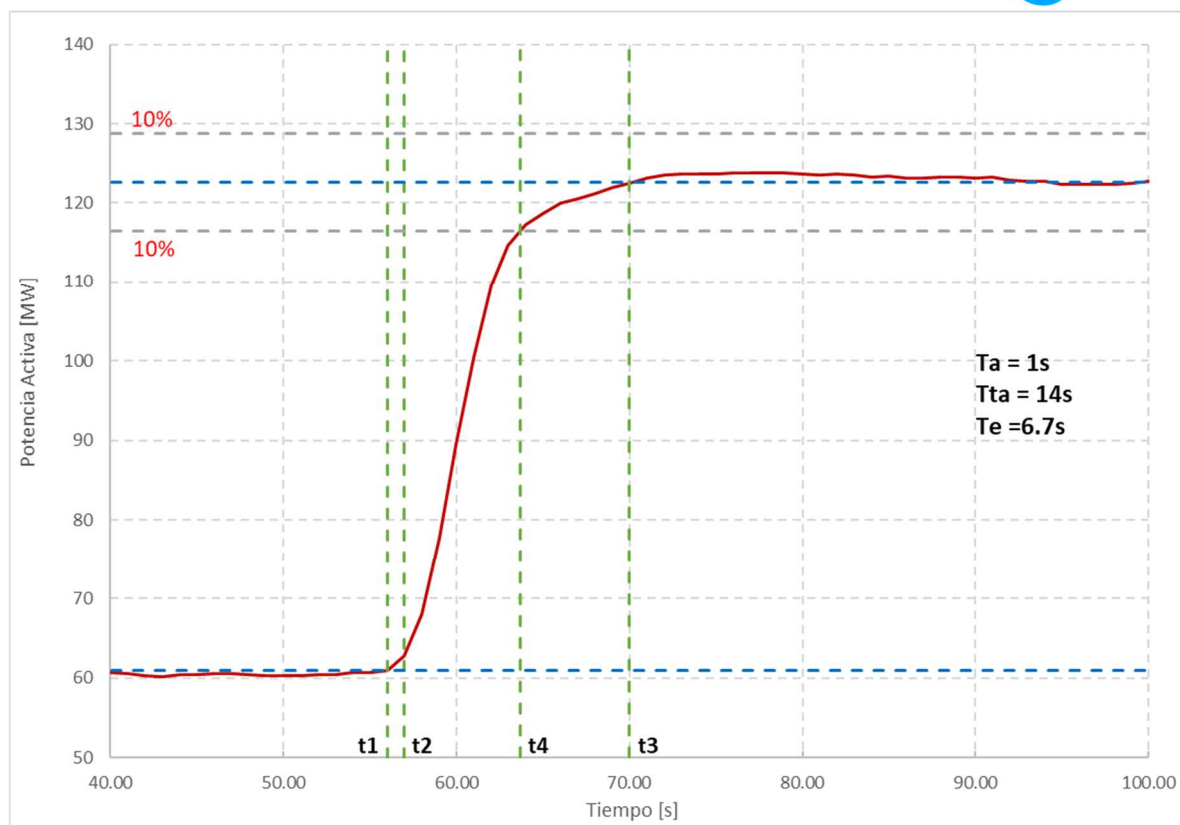
**Tabla 15. Tiempos asociados para E = 2% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

t1 [s]	68.0	Envío de setpoint
t2 [s]	69.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	230.0	Llegada a setpoint
t4 [s]	88.0	Llegada a banda (10%)

(\*) Se debe tener presente que en el caso del ensayo de -700 mHz, E=2% y una potencia de 61MW, la respuesta se vio limitada por la disponibilidad del recurso primario, de esta manera no se obtuvo una respuesta libre, por lo cual, el tiempo Tta no resulta representativo.

**Tabla 16. Parámetros de desempeño para E = 4% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1.0	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	162.0	10	No Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	19.0	30	Cumple



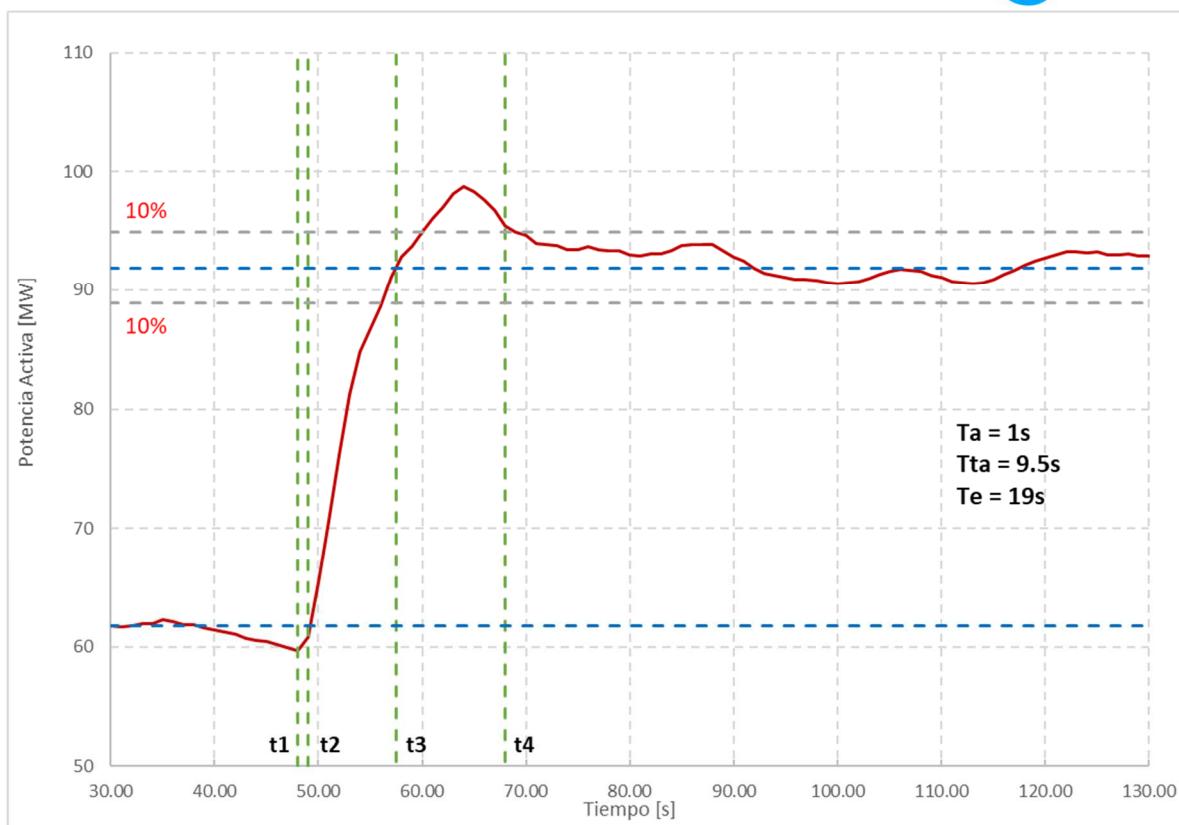
**Gráfico 52. Parámetros de desempeño calculados para E = 4% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

**Tabla 17. Tiempos asociados para E = 4% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

t1 [s]	56.0	Envío de setpoint
t2 [s]	57.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	70.0	Llegada a setpoint
t4 [s]	63.7	Llegada a banda (10%)

**Tabla 18. Parámetros de desempeño para E = 4% y escalón de -700 mHz\_61 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1.0	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	14.0	10	No Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	6.7	30	Cumple



**Gráfico 53. Parámetros de desempeño calculados para E = 7.69% y escalón de -700 mHz\_ 61.76 MW\_CPF.**

**Tabla 19. Tiempos asociados para E = 7.69% y escalón de -700 mHz\_61.76 MW\_CPF.**

t1 [s]	48.0	Envío de setpoint
t2 [s]	49.0	Inicio de respuesta en frecuencia
t3 [s]	57.5	Llegada a setpoint
t4 [s]	68.0	Llegada a banda (10%)

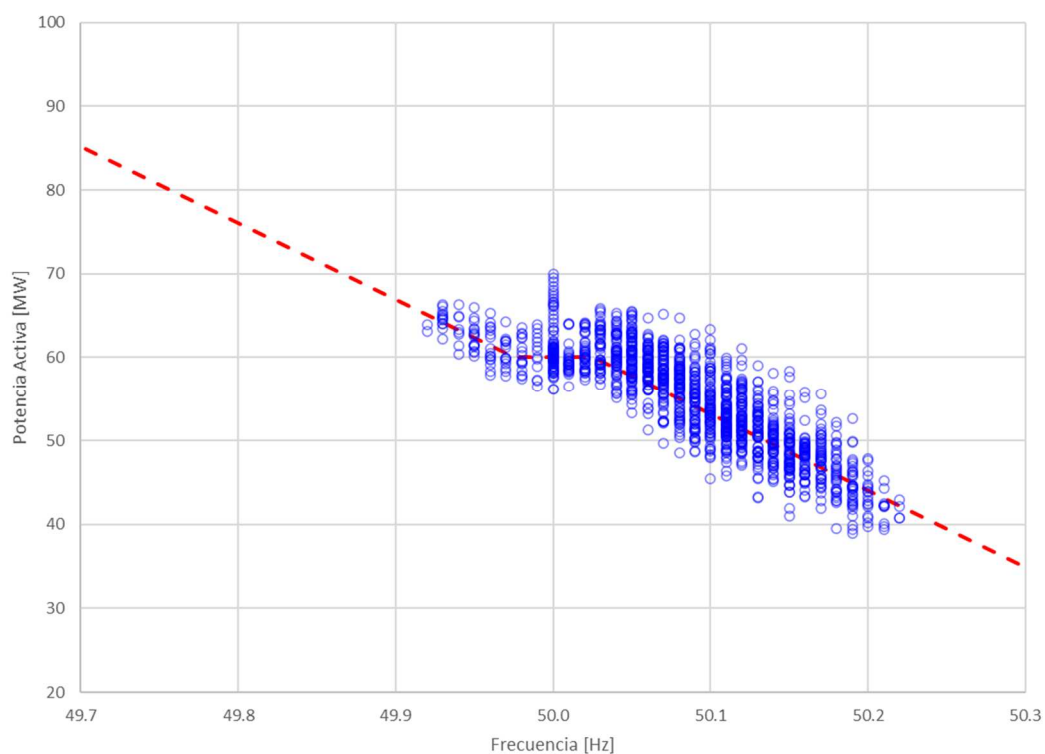
**Tabla 20. Parámetros de desempeño para E = 7.69% y escalón de -700 mHz\_61.76 MW\_CPF.**

Parámetro	Valor Medido [s]	Tiempos máximos indicados en la Guía de verificación [s]	Verificación
Tiempo de inicio de activación (ta)	1.0	2	Cumple
Tiempo total de activación (Tta)	9.5	10	Cumple
Tiempo de establecimiento (te)	19	30	Cumple

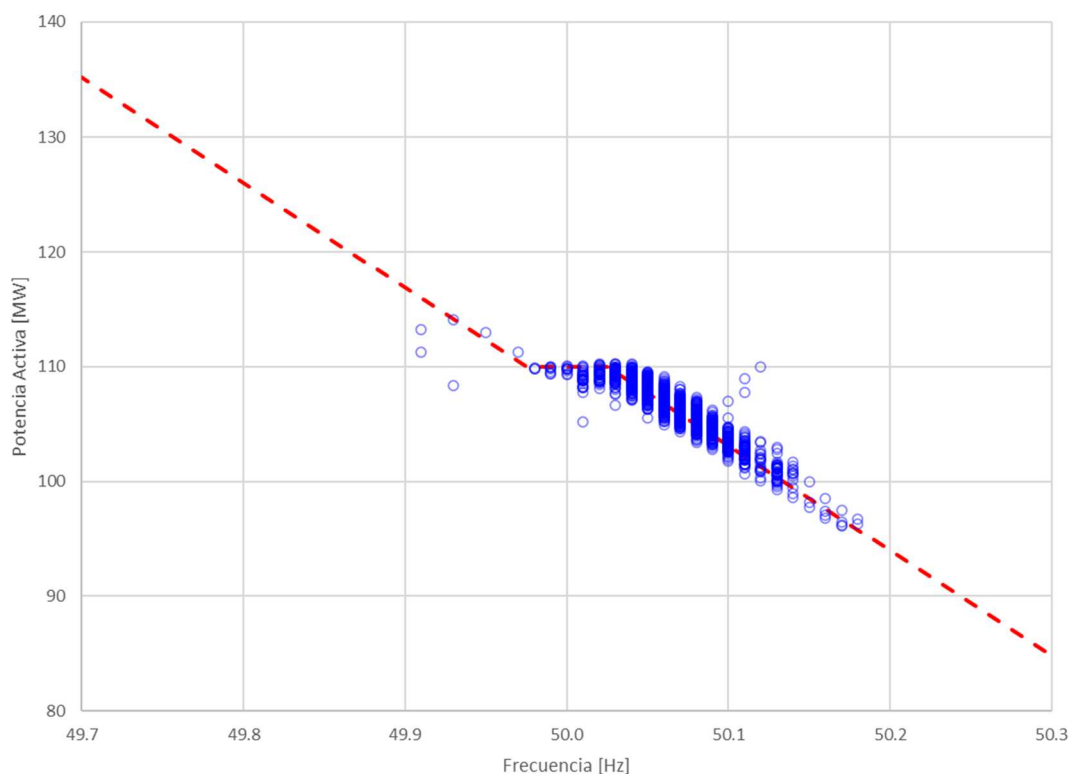
De los resultados obtenidos anteriormente se observa que los parámetros de desempeño obtenidos, en su mayoría, cumplen con la normativa.

## 5.2. Determinaciones a partir de los registros de operación libre

A partir de los registros de operación libre (sección 4.2) se verificó el estatismo y la banda muerta del control de potencia frecuencia. En los siguientes gráficos se muestra el resultado obtenido.



**Gráfico 54. Verificación de la BM y estatismo, P = 60 MW. Registro libre.**



**Gráfico 55. Verificación de la BM y estadismo, P = 110 MW. Registro libre.**

En el Gráfico 54 y el Gráfico 55 se verifica el correcto cumplimiento del estadismo (4%) y la banda muerta ( $\pm 25$  mHz) configurados.

### 5.3. Determinación del estadismo permanente

La guía de verificación de servicios complementarios define el estadismo permanente como la inversa de la ganancia de régimen permanente del lazo de control de frecuencia. La fórmula de estadismo adaptada para generación de tipo ENRC se muestra a continuación:

$$R [\%] = \frac{\frac{(\Delta f - BM)}{fn}}{\frac{\Delta P}{P_{base}}} \times 100\%$$

Donde:

- $\Delta f$ : Escalón de frecuencia aplicado
- $BM$ : Banda muerta de control de potencia/frecuencia configurada
- $fn$ : Frecuencia nominal (50 Hz)
- $\Delta P$ : Variación de potencia activa
- $P_{base}$ : Potencia base a partir del cual el sistema de control realiza el cálculo del aporte de potencia ante desviaciones de frecuencia, coincidente en este caso con la potencia nominal de la central ( $P_{base} = 183$  MW).

En el caso de centrales basadas en electrónica de potencia, el control de potencia/frecuencia se realiza mediante el control de la electrónica de los inversores.

Luego, el estatismo no depende de las características constructivas de los inversores, sino que depende de cómo está configurado el controlador (software) de la planta. En el caso del PE San Gabriel el controlador no cuenta con un parámetro de estatismo característico “permanente”, si no que este es configurable en un rango. Para efectos de verificación de este ítem se procedió a verificar el estatismo configurado en la central (4%) a partir de los escalones de +200 mHz y +700 mHz ensayados en la sección 4.2 para despacho P2\_CPF de la Tabla 1.

En función de dichos ensayos y aplicando la fórmula del estatismo descrita anteriormente en las siguientes tablas se muestra el resultado obtenido.

**Tabla 21. Cálculo de estatismo permanente.**

Escalón [Hz]	$\Delta P$ [MW]	Pbase [MW]	BM [Hz]	E [%] calculado	E [%] configurado	Estado
+0.2	-16.04	183	0.025	3.993	4.0	Cumple
+0.7	-61.72	183	0.025	4.003	4.0	Cumple

De la tabla anterior se observa que el estatismo obtenido coincide con el estatismo configurado.

#### 5.4. Modificación de parámetros y limitaciones del sistema de control

Como pudo observarse de las pruebas de escalón realizadas, los escalones de  $\pm 200$  mHz y  $\pm 700$  mHz se pudieron aplicar sin inconvenientes para distintos despachos de potencia activa. Estos cambios se realizan inyectando un error de frecuencia en el sistema de control desde el sistema SCADA de la central. De igual manera el estatismo y la banda muerta pueden ser ajustados desde el sistema SCADA.

En la siguiente tabla se muestra el rango de ajuste de dichos parámetros.

**Tabla 22. Rango de ajuste de parámetros CPF.**

Parámetro	Ajuste Original	Rango de Ajuste
Estatismo	4%	2 a 7.69 %
Banda Muerta	25 mHz	25 a 200 mHz

Los parámetros de estatismo y banda muerta fueron modificados por el operador con la central en pleno funcionamiento.



## 5.5. Resumen de resultados

Tabla 23. Tabla de resultados CPF escalones  $\pm 0.2$  Hz.

			SSCC	Control de Frecuencia
			Categoría	Control Primario de Frecuencia
			Subcategoría	CPF+ y CPF-
			Valor determinado	
			U1	
Estatismo permanente	Estatismo del lazo automático de control de velocidad (%)		4.0	
Estatismo global	Estatismo global (%)		4.0	
Estatismo al cual la unidad se encuentra ajustada normalmente (4.0%)	Escalón 0,2 Hz	Reserva comprometida (escalón 0,2Hz)	$\text{Reserva Comprometida} = \frac{0.2 \text{ Hz} - BM}{50 \text{ Hz}} \cdot \frac{PMax}{R\%}$	
		P1 (61.76 MW)	16.0125	
			Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			8.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			8.3	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			14.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			37	
			Reserva alcanzada [MW]	
			16.31	
		P2 (78 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			22.5	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			17.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			7.4	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			7.6	
			Reserva alcanzada [MW]	
			16.04	
		P3 (93 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			15.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			22.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			4.5	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			7.5	
			Reserva alcanzada [MW]	
			16.56	
		P4 (110 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			25.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			8.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			9.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			11.0	
			Reserva alcanzada [MW]	
			16.21	

**Tabla 24. Tabla de resultados CPF escalones  $\pm 0.7$  Hz.**

			SSCC	Control de Frecuencia
			Categoría	Control Primario de Frecuencia
			Subcategoría	CPF+ y CPF-
			Valor determinado	
			U1	
Estatismo permanente	Estatismo del lazo automático de control de velocidad (%)		4.0	
Estatismo global	Estatismo global (%)		4.0	
Estatismo al cual la unidad se encuentra ajustada normalmente (4.0%)	Escalón 0,7 Hz	Reserva comprometida (escalón 0,7Hz)	$\frac{0.7 \text{ Hz} - BM}{50 \text{ Hz}} \cdot \frac{PMax}{R\%}$	
		P1 (61 MW)	61.7625	
			Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			7.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			14.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			4.5	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			6.7	
			Reserva alcanzada [MW]	
			61.65	
		P2 (78 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			18.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			66.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			5.5	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			16.0	
			Reserva alcanzada [MW]	
			61.75	
		P3 (93 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			19.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			17.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			5.5	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			7.2	
			Reserva alcanzada [MW]	
			61.90	
		P4 (110 MW)	Banda muerta [mHz]	
			25	
			Tiempo Activación CPF+ [s]	
			1.0	
			Tiempo Activación CPF- [s]	
			1.0	
			Tiempo total de activación CPF+ [s]	
			18.0	
			Tiempo total de activación CPF- [s]	
			71.0	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]	
			5.9	
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]	
			6.0	
			Reserva alcanzada [MW]	
			16.21	

## 6. Conclusiones

- Se realizaron ensayos de verificación del servicio complementario de control primario de frecuencia sobre el PE San Gabriel, en función de los lineamientos de la guía de verificación de servicios complementarios de control de Frecuencia del coordinador eléctrico nacional.
- Se realizaron ensayos de escalones de frecuencia de  $\pm 200$  mHz y  $\pm 700$  mHz con los cuales se verificó por un lado el aporte máximo al CPF y los parámetros de desempeño asociados a la respuesta, además de la simetría de la respuesta obtenida para distintos despachos de potencia activa, tanto para el estatismo configurado como para el estatismo máximo posible de la central.
- Se verificó la simetría del aporte CPF y la estabilidad durante 10 s y 5 minutos del mismo.
- Se realizaron ensayos de respuesta libre con la finalidad de comprobar el aporte de CPF de la central para el máximo y mínimo despacho alcanzable, que el estatismo y la banda muerta calculados coincidan con los configurados y que el aporte tuviese el sentido correcto (efecto espejo entre la potencia activa y la frecuencia).
- Se realizó la evaluación del estatismo permanente con un resultado satisfactorio.

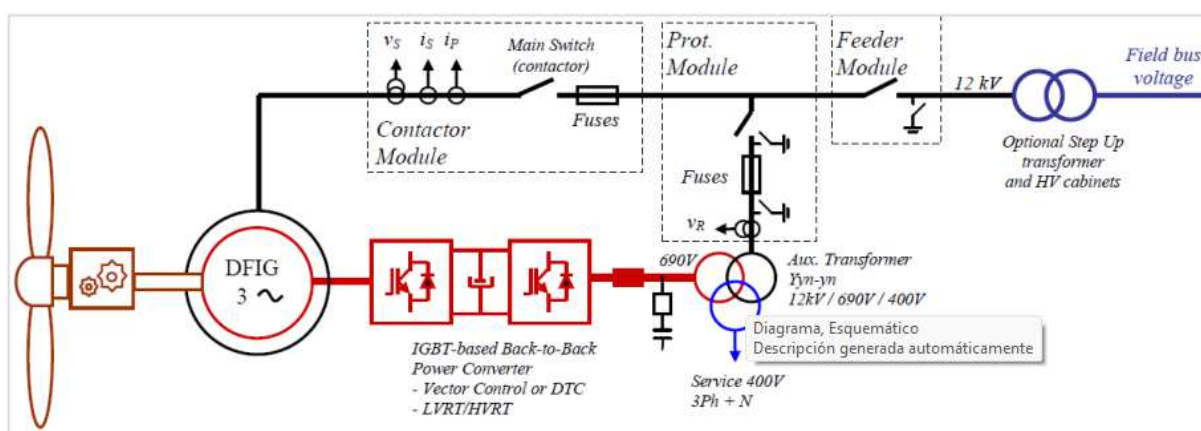
De los resultados obtenidos en el ensayo se concluye que el PE San Gabriel puede prestar los servicios complementarios de control primario de frecuencia, dentro de los límites informados, de forma estable y resguardando la seguridad de la instalación.

# ANEXO

## 1. INFORMACIÓN TÉCNICA

### 1.1. Características de los aerogeneradores

El modelo de aerogenerador que compone el parque es un AW3000, del fabricante Nordex-Acciona Windpower. Es un aerogenerador Tipo 3 o DFIG (del inglés "Doubly-Fed Induction Generator"), con una potencia nominal de 3 MW, una tensión (de línea) nominal de estator de 12 kV y la potencia de generación (activa y reactiva) controla mediante las corrientes rotóricas. Estas corrientes son producto de un convertidor electrónico de conmutación forzada con transistores IGBT. El equipo de potencia se alimenta en 690 kV y los servicios auxiliares en 400 V, mediante un transformador 12/0.69/0.4 kV.



**Gráfico 56. Esquema de la turbina AW3000.**

Característica / Feature	Nominal / Rated
Tensión de línea / Line Voltage	12000 VAC
Frecuencia de red / Grid Frequency	50/60 Hz
Potencia activa / Active Power <sup>(1)(4)(5)(6)</sup>	3000 kW
Potencia Reactiva / Reactive power <sup>(1)(2)(3)(4)(6)</sup>	1200 kVAr

**Gráfico 57. Datos nominales del aerogenerador.**

En el Gráfico 58 se muestra la curva PQ del aerogenerador AW3000/116. Por otro lado, en el Gráfico 59 se muestra la dependencia entre la potencia reactiva que puede entregar o absorber el aerogenerador, con la tensión en bornes de este.

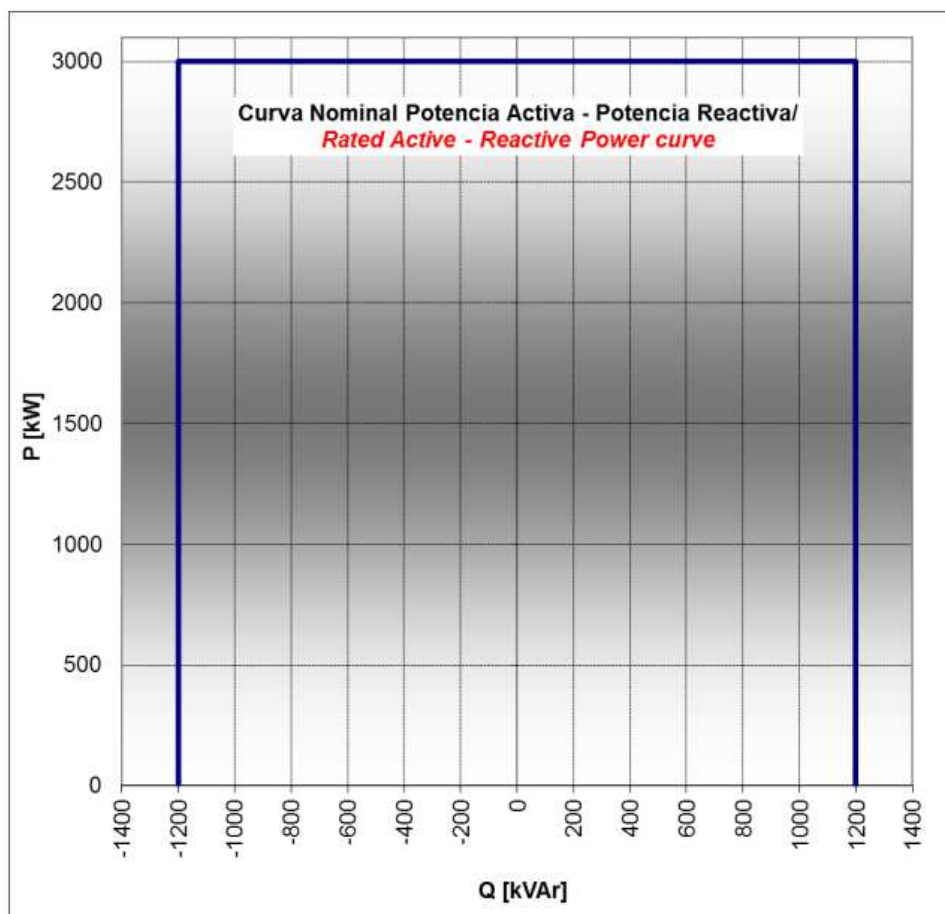


Gráfico 58. Curva de capacidad de los aerogeneradores.

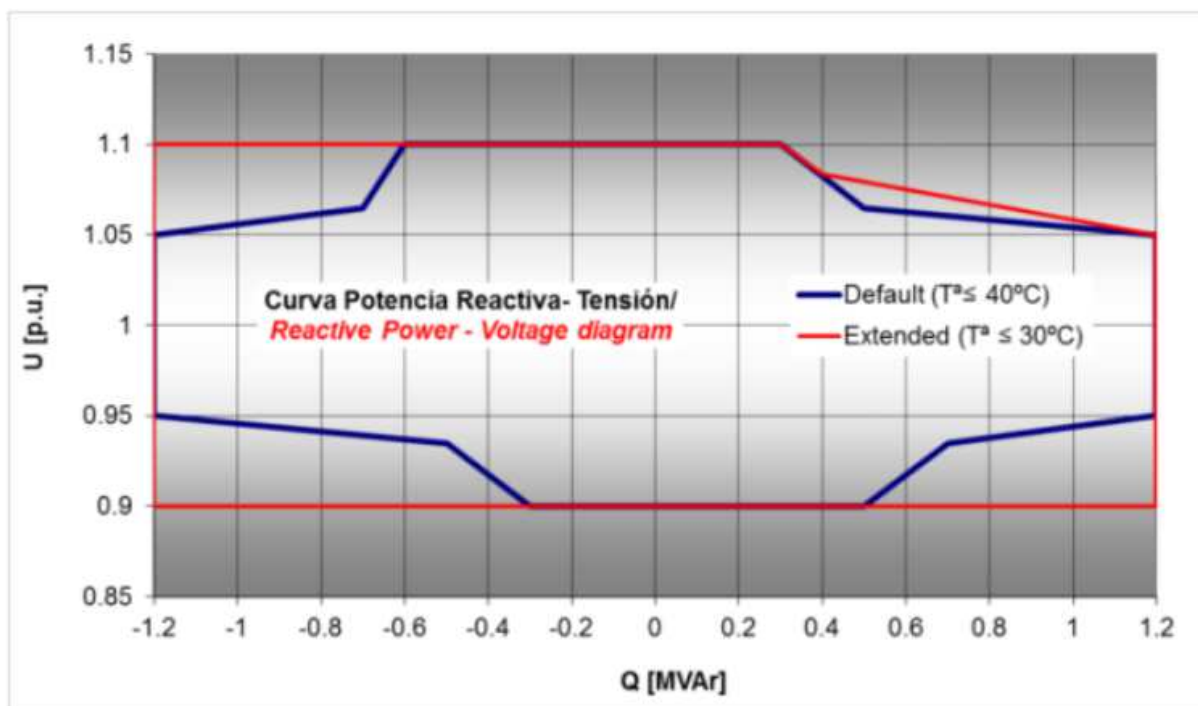



Gráfico 59. Curva V-Q de los aerogeneradores.

## 1.2. Datos técnicos del transformador de bloque

<b>Technical specification</b> <b>VEARW633</b>		 <b>SBG</b> Your dedicated partner of the SGB-SMIT Group	
Datum: 16.11.2018		Seite 1 von 2	
<b>Description</b> Three-phase- Oil transformer acc. to IEC 60076 hermetic sealed, designed for ambient temperature of -25 °C up to 50 °C and max. altitude for installation of 1.000 m , suitable for indoor installation with copper windings Routine test acc. to IEC 60076 In compliance with the specification "AW3000 12-30/33/34,5 Transformer" Doc: PdCF0346 Rev. G			
<b>Techn. parameters</b>			
Type:	DNT 3400 H/30	Cooling method:	KNAN
Nominal Capacity:	3.400 kVA	Operating Mode:	continuous
Nominal Voltage:	33.000 V / 12.000 V	Frequency:	50,00 Hz
Nominal Current HV:	59,5 A	Type:	LT
Nominal Current LV:	164 A	Insulation Class:	120
Tappings HV:	±2x2,5 %	Duration of short-circuit:	2 s
AC HV / LV:	70,0 kV / 38,0 kV	Coolant:	Midel eN
BIL HV / LV:	170 kV / 95 kV	Excess temp. of winding:	65 K
Insulated for:	36,0 kV / 17,5 kV	Excess temp. of oil:	80 K
Degree of protection transform:	IP54	Excess tem hot spot:	80 K
Degree of protection bushings:	IP54/IP54		
Vectorgroup:	Dyn 11		
Neutral point:	L.V. leaded through, 100% max. permissible load		
<b>Losses</b>			
No-load losses:	3.500 W	Tolerance:	15,0 %
impedance losses at 75°:	24.000 W	Tolerance:	15,0 %
Total Losses:	27.500 W	Tolerance:	10,0 %
Impedance voltage at 75°:	6,00 %	Tolerance:	5,0 %
Sound power:	81 dB		
	Impedance losses at 85°C: 24.900 W, Tolerance: 15%		
	Impedance voltage at 85°: 6%		
<b>Marking</b>			
Language:	engspa		
<b>Equipment</b>			
Temperature:	1 pc. screw-in resistance thermometer PT-100/ 3-channel-technique without monitor		
Pressure:	pressure relief device Maier, type G1A-0,3 bar with cap 1 pc. pressure switch, type Qualitrol 148 with 2 contact		
Gas:	1 pc. hermetic-protection-device, type Qualitrol series 049 Junction box on the lid for protection devices		
<b>Bushings</b>			
H.V.:	plug-in bushing type Elastimold M 400 T1/J, (36kV, 400A), type B		
L.V.:	plug-in bushing type Elastimold K 180 AR-2/J, (24kV, 250A) Cable clamp system		
<b>Chassis</b>			
	without roller Center-to-center distance longitudinal 820 mm ; Center-to-center distance transverse 1.070 mm		
<b>Corrosion protection</b>			
Kind of corrosion protection:	coating acc to DIN EN 12944 C3		
Coat thickness:	140 µm		
Covering coat:	RAL 7033		

**Gráfico 60. Hoja de datos de transformador de bloque.**

### 1.3. Datos técnicos del transformador principal

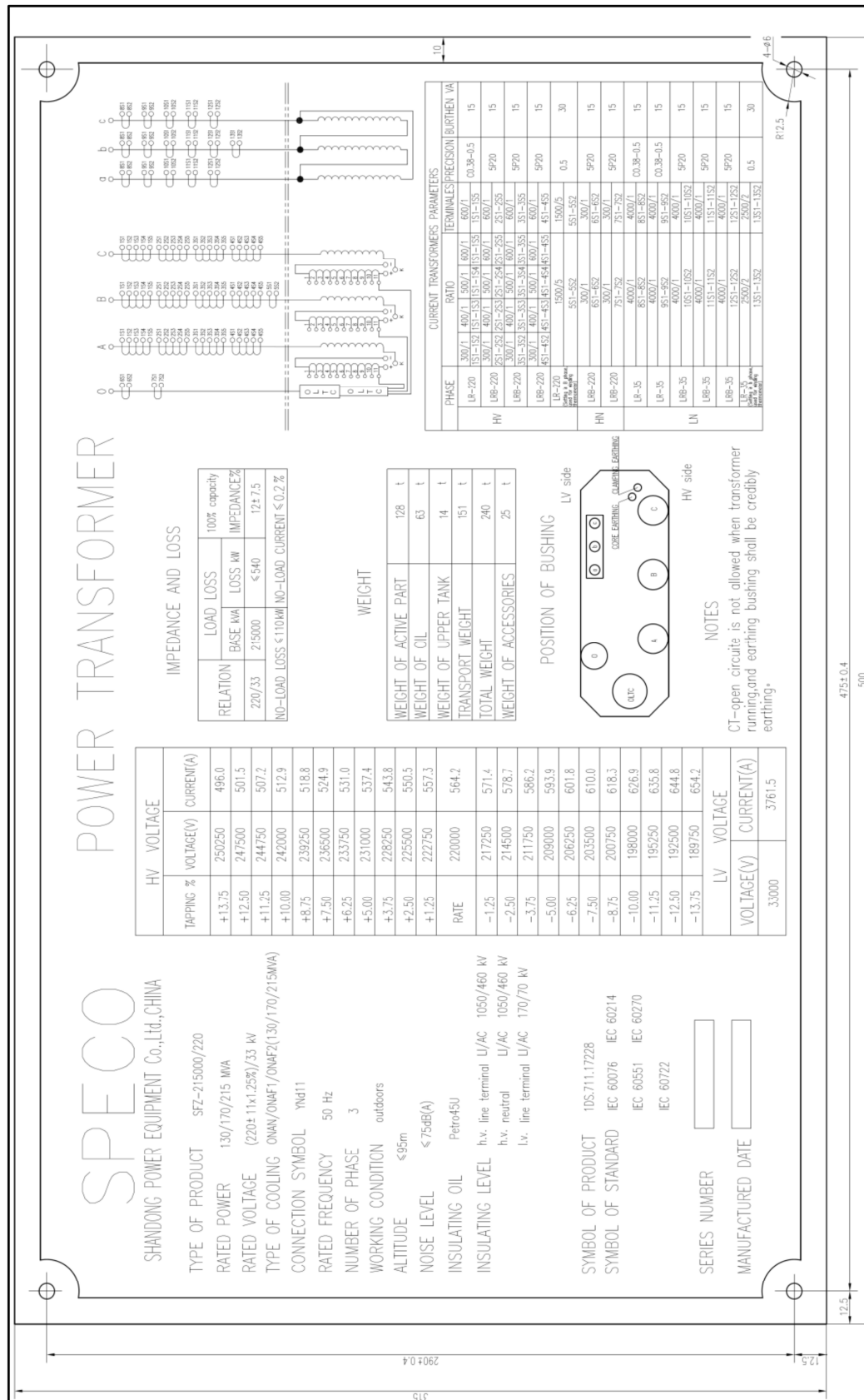


Gráfico 61. Placa de datos del transformador principal.



#### 1.4. Datos técnicos del banco de compensación.

El PE San Gabriel dispone de 4 bancos de compensación de 4.25 MVar cada uno y teniendo 2 en cada barra de media tensión, teniendo un total de 17MVar, cuyas características se muestran en la siguiente tabla:

Característica	Valor
Modelo	CAA
Identificador	CAA 4250 KVar 33KV
Arreglo	Doble estrella
Conexión de neutro	Flotante
Servicio	Exterior
Grado de protección	N3R
Temperatura máxima de operación	55°C
Temperatura mínima de operación	-25°C
Tensión nominal	33 kV
Tensión del circuito auxiliar de control	125 VCD
Tolerancia capacitiva	10%
Corriente nominal In	74.36 A
Frecuencia Nominal	50 Hz
Potencia Q	4250 kVar

**Gráfico 62. Características del banco de condensadores.**

Este banco está integrado al sistema de control del PE con una lógica de conexión y desconexión en función de la potencia generada. Se emplea para cubrir la máxima inyección de potencia reactiva en la zona de alta generación (zona superior capacitiva de la curva de capacidad).

#### 1.5. Antecedentes de red colectora

El PE San Gabriel cuenta con 9 alimentadores en MT, distribuidos en 2 barras, los cuales colectan la energía por los aerogeneradores:

- Circuito 1: Aerogeneradores A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A1.5, A1.6, A1.7 y A1.8.
- Circuito 2: Aerogeneradores A2.1, A2.2, A2.3, A2.4 y A2.5.
- Circuito 3: Aerogeneradores A3.1, A3.2, A3.3, A3.4, A3.5, A3.6, A3.7 y A3.8.
- Circuito 4: Aerogeneradores A4.1, A4.2, A4.3, A4.4, A4.5, A4.6, A4.7 y A4.8.
- Circuito 5: Aerogeneradores A5.1, A5.2, A5.3, A5.4, A5.5, A5.6 y A5.7.
- Circuito 6: Aerogeneradores A6.1, A6.2, A6.3, A6.4, A6.5 y A6.6.
- Circuito 7: Aerogeneradores A7.1, A7.2, A7.3, A7.4, A7.5, A7.6 y A7.7.
- Circuito 8: Aerogeneradores A8.1, A8.2, A8.3, A8.4, A8.5, A8.6.
- Circuito 9: Aerogeneradores A9.1, A9.2, A9.3, A9.4, A9.5 y A9.6.

## **2. ARCHIVOS ADJUNTOS ENTREGADOS**

Forman parte integral del presente informe los siguientes archivos que se entregan en forma adjunta:

- Registro de ensayos: Registros\_PE\_San\_Gabriel\_SSCC\_CPF.rar

Todos los registros de ensayos del presente informe son entregados adjuntos en formato “.csv”.



# Protocolo de Ensayos de Verificación de SSCC

## Control Primario de Frecuencia

PE SAN GABRIEL	
Ubicación	Malleco, Araucania, Chile
Fecha	
Cliente	ACCIONA ENERGÍA
Proyecto	R 1007 - 23
Observaciones	

Las partes certifican con su firma que los ensayos fueron realizados conforme a lo especificado en el presente documento:



Por GME

Francisco  
Guerra

-----  
Firma y Aclaración

-----  
Firma y Aclaración



Por ACCIONA ENERGÍA

-----  
Firma y Aclaración

-----  
Firma y Aclaración

## CHECKLIST DE PRUEBAS REALIZADAS

Nº	Nombre	REALIZACION	OBSERVACIONES
2.1.1	Rango de ajuste del estatismo	Si	0-8%
2.1.2	Cambio de ajuste del estatismo	Si	Lo realiza el especialista del PPC
2.1.3	Determinación del estatismo permanente y global	Si	-
2.2.1	Rango de ajuste de la banda muerta	Si	25-200 mHz
2.2.2	Capacidad de variar el ajuste de la banda muerta con la unidad en servicio	Si	Lo realiza el especialista del PPC
2.2.3	Medición de la banda muerta	Si	-
2.3	Retardo inicial y tiempo de establecimiento	Si	-
3	Determinación del gradiente de incremento/reducción de carga	Si	-

# ACTA DE PRUEBAS

DATOS DE LA PLANTA ERNC A ENSAYAR Y TRANSFORMADOR			
<b>Unidad generadora</b>			
Marca WTG: Nordex-Acciona Windpower			
Modelo WTG: AW3000	Potencia Nominal: 3,0		MVA
Nº WTGs: 61	Tensión Nominal: 12		kV
Potencia Nominal WTG: 3,0 MW	Potencia contrato/declarada: 183		MW
<b>Transformador Unidad</b>			
Marca:	Grupo de conexión: Dyn11		
Potencia: 3,4 MVA	Tensión de cortocircuito: 6%		
Relación de transformación: 33/12 kV	Conmutador: $\pm 2 \times 2,5\%$ sin carga		
<b>Transformador Principal</b>			
Marca:	Grupo de conexión: YNd11		
Potencia: 215 MVA	Tensión de cortocircuito: 12.71%		
Relación de transformación: 220/33 kV	Conmutador: $\pm 11 \times 1,25\%$		
<b>Protecciones</b>			
Sobretensión:		Subtensión:	
> 1,40 pu	0,0 s	< 0,0 pu	1,6 s
> 1,20 pu	0,04 s	< 0,2 pu	1,6 s
> 1,15 pu	1,5 s	< 0,8 pu	60 s
> 1,10 pu	5 s	< 0,9 pu	60 s
Sobrefrecuencia:		Subfrecuencia:	
> 52,0 Hz	0,5 s	< 47,0 Hz	0,5 s
Observaciones:			
-			

<b>2 – ENSAYOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD / POTENCIA</b>	
<b>2.1.a – Ensayo en carga máxima – estatismo nominal</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 02:31(+200 mHz) 01/10/2025 02:40(+700 mHz) 01/10/2025 02:23(-200 mHz) 01/10/2025 03:19(-700 mHz)	Registro N°: - Graficos 4% 110MW +200mHz.csv - Graficos 4% 110MW +700mHz.csv - Graficos 4% 110MW -200mHz.csv - Graficos 4% 110MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Escalón aplicado $\Delta f$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 110 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: - Se llega al máximo disponible según recurso disponible	
<b>2.1.b – Ensayo en carga máxima – estatismo mínimo</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 04:15 (+200 mHz) 01/10/2025 04:24 (+700 mHz) 01/10/2025 04:06 (-200 mHz) 01/10/2025 04:55 (-700 mHz)	Registro N°: - Graficos 2% 110MW +200mHz.csv - Graficos 2% 110MW +700mHz.csv - Graficos 2% 110MW -200mHz.csv - Graficos 2% 110MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 2 %	Escalón aplicado $\Delta f$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 110 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: - Se llega al máximo disponible según recurso disponible.	
<b>2.1.c – Ensayo en carga máxima – estatismo máximo</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 03:38 (+200 mHz) 01/10/2025 03:56 (+700 mHz) 01/10/2025 03:30 (-200 mHz) 01/10/2025 03:46 (-700 mHz)	Registro N°: - Graficos 7.69% 110MW +200mHz.csv - Graficos 7.69% 110MW +700mHz.csv - Graficos 7.69% 110MW -200mHz.csv - Graficos 7.69% 110MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 7.69 %	Escalón aplicado $\Delta f$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 110 MW	Banda Muerta: 25 mHz

Observaciones1: Se llega al máximo disponible según recurso disponible.	
<b>2.1.d – Ensayo en carga media – estatismo nominal – P3_CPF</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 00:48 (+200 mHz) 01/10/2025 01:26 (+700 mHz) 01/10/2025 00:57 (-200 mHz) 01/10/2025 01:45 (-700 mHz)	Registro N°: - Graficos 4% 93MW +200mHz.csv - Graficos 4% 93MW +700mHz.csv - Graficos 4% 93MW -200mHz.csv - Graficos 4% 93MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Escalón aplicado $\Delta f$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 93 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: -	
<b>2.1.e – Ensayo en carga media – estatismo nominal – P2_CPF</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 00:15 (+200 mHz) 01/10/2025 00:33 (+700 mHz) 01/10/2025 00:24 (-200 mHz) 30/09/2025 18:09 (-700 mHz)	Registro N°: - Graficos 4% 78MW +200mHz.csv - Graficos 4% 78MW +700mHz.csv - Graficos 4% 78MW -200mHz.csv - Graficos 4% 78MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Escalón aplicado $\Delta n$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 78 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: -	
<b>2.1.f – Ensayo en carga baja – estatismo nominal</b>	
Fecha y hora: 30/09/2025 16:10 (+200mHz) 30/09/2025 23:46 (+700mHz) 30/09/2025 15:58 (-200mHz) 30/09/2025 23:57 (-700mHz)	Registro N°: - Graficos 4% 61.76MW +200mHz.csv - Graficos 4% 61MW +700mHz.csv - Graficos 4% 61.76MW -200mHz.csv



	- Graficos 4% 61MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Escalón aplicado $\Delta n$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 61.76 / 61 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: -	
<b>2.1.g – Ensayo en carga baja – estatismo mínimo</b>	
Fecha y hora: 30/09/2025 17:12 (+200mHz) 30/09/2025 22:57 (+700mHz) 30/09/2025 17:24 (-200mHz) 30/09/2025 23:17 (-700mHz)	Registro N°: - Graficos 2% 60MW +200mHz.csv - Graficos 2% 61MW +700mHz.csv - Graficos 2% 60MW -200mHz.csv - Graficos 2% 61MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 2 %	Escalón aplicado $\Delta f$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 61 / 60 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: Se llega al mínimo de potencia de la central (0 MW).	
<b>2.1.h – Ensayo en carga baja – estatismo máximo</b>	
Fecha y hora: 30/09/2025 16:27(+200mHz) 30/09/2025 16:41 (+700mHz) 30/09/2025 16:19 (-200mHz) 30/09/2025 16:52 (-700mHz)	Registro N°: - Graficos 7.69% 61.76MW +200mHz.csv - Graficos 7.69% 61.76MW +700mHz.csv - Graficos 7.69% 61.76MW -200mHz.csv - Graficos 7.69% 61.76MW -700mHz.csv
Estatismo ajustado (E): 7.69 %	Escalón aplicado $\Delta n$ : $\pm 200$ mHz   $\pm 700$ mHz
Potencia Activa (P): 61.76 MW	Banda Muerta: 25 mHz
Observaciones: -	
<b>2.2.a – Ensayo de escalones de frecuencia</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 02:02	Registro N°: - Escalones_PE_San_Gabriel.csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Banda Muerta: 25 mHz

Potencia Activa (P): 109.1 / 0.0 MW	
Observaciones: Droop = 4% - BM = 25 mHz - 50,00 Hz--> 49,975 Hz --> 49,80 Hz-->50,00 Hz-->50,025 Hz--> 50,20 Hz-->50,40 Hz-->50,60 Hz-->50,80 Hz-->51,00 Hz-->51,20 Hz-->50,00 Hz	
<b>2.2.b – Operación de la unidad en control de frecuencia carga alta</b>	
Fecha y hora: 01/10/2025 02:51	Registro N°: - Graficos Registro libre 4% 110MW .csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Banda muerta (BM): 25 mHz
Potencia Activa (P): 110 MW	
Observaciones: -	
<b>2.2.b – Operación de la unidad en control de frecuencia carga baja</b>	
Fecha y hora: 30/09/2025 17:35	Registro N°: - Graficos Registro libre 4% 60MW .csv
Estatismo ajustado (E): 4 %	Banda muerta (BM): 25 mHz
Potencia Activa (P): 60 MW	
Observaciones: -	