

## **Minuta DAOP N° 05/2020**

Evaluación del requerimiento de generación por control  
de transferencias en los transformadores 220/110 kV  
de la Zona Metropolitana



## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Análisis y Resultados .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>8</b>

## **Minuta DAOP N° 05/2020**

### **Evaluación del requerimiento de generación por control de transferencias en los transformadores 220/110 kV de la Zona Metropolitana**

#### **1. Introducción**

El presente documento complementa los resultados de la Minuta DAOP N° 03/2020, que resume el análisis de operación orientado a determinar el requerimiento de generación local de la central Nueva Renca en el anillo de 110 kV de Enel Distribución Chile S.A. Esto, considerando la opción de que el Sistema de Desconexión Automática de Carga (SDAC) actúe frente a sobrecargas en algunos de los transformadores 220/110 kV de este anillo de 110 kV, evitando una desconexión en cascada de instalaciones producto de contingencias simples ocurridas en las instalaciones de transmisión que abastecen la Zona Metropolitana, por medio de una desconexión acotada de consumos.

#### **2. Antecedentes**

La demanda del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana se calcula como la sumatoria de los flujos de potencia a través de las siguientes instalaciones:

- Lado de 220 kV de los transformadores de poder 220/110 kV de las SS/EE El Salto, Cerro Navia, Chena, Buin y Los Almendros.
- Paños de 110 kV de las líneas de doble circuito: Cerro Navia - Las Vegas y Cerro Navia - Santiago Solar, medidos en S/E Cerro Navia; Tap Off La Laja - Florida medido en S/E Florida; Alto Jahuel - Buin - Florida medido en S/E Alto Jahuel.
- Generación local de las centrales Renca, Nueva Renca y Florida.

De acuerdo con los registros de demanda del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, correspondientes a la segunda quincena de diciembre 2020, ha habido instantes en que ha superado los 2500 MVA, coincidentes con días y horarios de alta temperatura ambiente. Las Figuras 1 y 2 muestran demanda y temperatura ambiente, respectivamente, para el caso particular de los días comprendidos entre el sábado 19 al miércoles 23 de diciembre de 2020.

Figura 1: Registros de demanda (MVA) SCADA del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana durante los días 19 al 23 de diciembre de 2020.

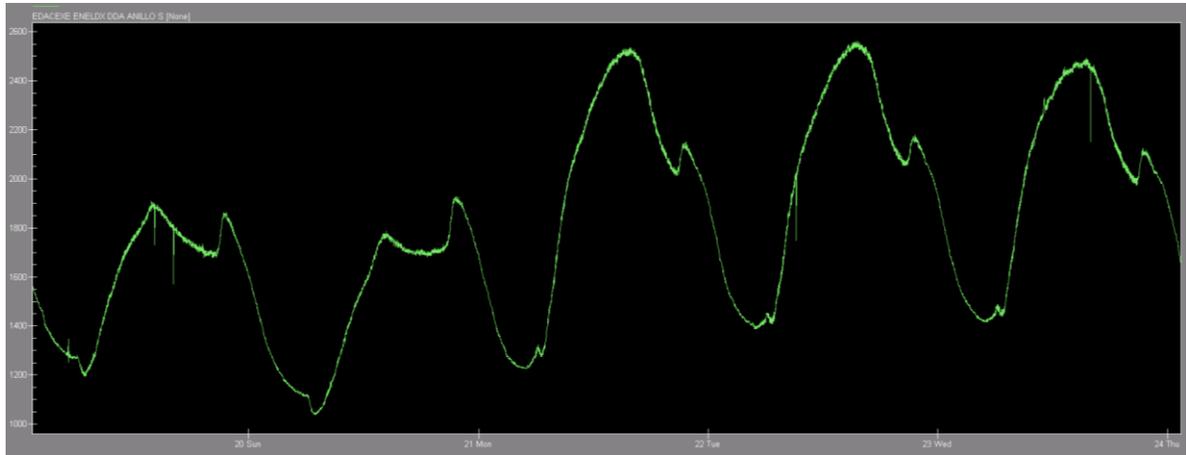
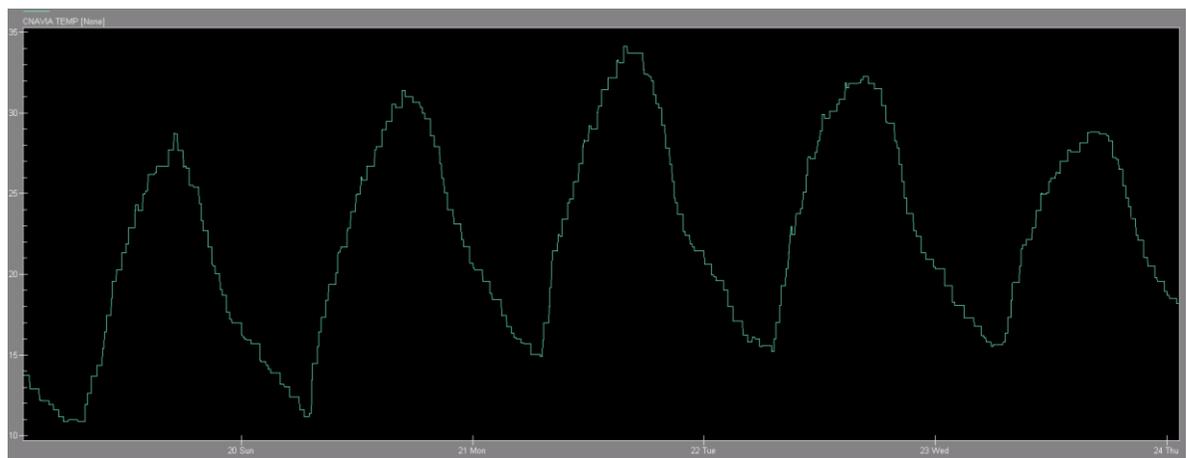


Figura 2: Registros de temperatura ambiente (°C) SCADA de S/E Cerro Navia durante los días 19 al 23 de diciembre de 2020.



Como se mencionó en la Minuta DAOP N° 03/2020, el SDAC que se encuentra habilitado en las SS/EE de transformación 220/110 kV del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, opera a partir de la detección de la apertura de alguno de los interruptores asociados a los transformadores 220/110 kV de las SS/EE El Salto, Cerro Navia, Chena, Buin, Alto Jahuel y Los Almendros, y que a su vez se presente sobrecarga en alguno de ellos a consecuencia de esta apertura de interruptor, sobre la base de umbrales de carga especificados para cada transformador, según lo muestra la Tabla 1. Su operación trae como consecuencia el deslastre de consumos distribuido en siete escalones, cuyo orden de prioridad depende del transformador sometido a sobrecarga.

Tabla 1: Umbrales de operación del SDAC en transformadores 220/110 kV de Enel Distribución Chile S.A.

Transformador de Poder 220/110 kV	Capacidad Nominal lado 110 kV [A]	Umbral de Operación [A]	Carga Equivalente [%]
El Salto T1	2099	2519	120%
El Salto T2	2099	2519	120%
Cerro Navia T2	2099	2099	100%
Cerro Navia T3	2099	2099	100%
Cerro Navia T5	2099	2099	100%
Chena T1	2099	2519	120%
Chena T2	2099	2519	120%
Buin T1	2099	2393	114%
Alto Jahuel T1	2099	2353	115%
Los Almendros T1	2099	2519	120%

Por otra parte, dentro de los recursos operacionales adicionales que permitirían aliviar sobrecargas en los transformadores 220/110 kV de S/E Cerro Navia, se encuentra un trip automático por contingencia específica ante la desconexión de uno de estos equipos, que consiste en una orden de desenganche directo sobre los interruptores de esta S/E pertenecientes a ambos circuitos de la línea 2x110 kV El Salto - Cerro Navia, mediante alambrado físico en caso de operar el relé maestro de alguno de ellos. De esa manera, se lograría reducir de forma automática la carga del transformador que queda en servicio, transfiriendo parte de su carga hacia las SS/EE aledañas del anillo de 110 kV.

Sin embargo, solamente los transformadores N°2 y N°5 de S/E Cerro Navia poseen implementado este trip automático por contingencia específica. A su vez, se debe tener en consideración que la operación normal de esta S/E contempla en servicio a los transformadores N°2 y N°3 con la finalidad de cubrir la severidad de falla en barras de 110 kV. En consecuencia, este esquema no se toma en cuenta en el análisis que se presenta a continuación.

### 3. Análisis y Resultados

Considerando a la central Nueva Renca fuera de servicio, la Tabla 2 resume los resultados de fallas o desconexiones intempestivas simuladas en instalaciones de la Zona Metropolitana obtenidos para una demanda en el anillo de 110 kV de 2600 MVA, considerando que en la post contingencia simple la magnitud de la corriente de carga en algún transformador 220/110 kV se encuentra cercana al pick up de su protección de sobrecorriente de fase del lado de 110 kV (lado donde más se reduce la tensión post falla), dejando para ello un margen de seguridad de 5% para evitar desconexiones en cascada (relación “kA/Pick Up 51 [%]”), habiéndose activado de todas formas el SDAC. En este caso, ante la salida intempestiva del T2 de Cerro Navia, el T3 de esta misma S/E supera en un 13% su carga nominal, provocando la activación del SDAC, pero alcanzando una corriente de fase en su devanado de 110 kV equivalente a un 95% del pick up de su protección de sobrecorriente de tiempo inverso.

Tabla 2: Niveles de carga en transformadores 220/110 kV para distintas contingencias simples en instalaciones de Enel Distribución Chile S.A., en operación normal y con central Nueva Renca fuera de servicio.

Transformador de Poder 220/110 kV	Nivel de Carga de los Transformadores de Poder						
	Operación Pre-Falla	Falla TR2 220/110 kV Cerro Navia		Falla Barra 220 kV El Salto		Falla TR1 220/110 kV Chena	
	MVA [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]
El Salto T1	50	55	40	0	0	53	39
El Salto T2	50	55	40	0	0	53	39
Cerro Navia T2	77	0	0	98	81	88	73
Cerro Navia T3	79	113	95	101	85	91	76
Chena T1	81	93	69	93	68	0	0
Chena T2	81	93	69	93	68	115	85
Buin T1	66	70	52	72	53	77	57
Alto Jahuel T2	70	73	60	81	67	75	62
Los Almendros T1	79	83	61	105	78	83	61

Cabe destacar que estos resultados se obtuvieron para una tensión en la barra de 110 kV de S/E Cerro Navia en 107 kV (tensión representativa de operación), donde la contingencia dada por la desconexión forzada del transformador N°2 220/110 kV de esta S/E provoca una disminución de la tensión en aproximadamente 1,5 kV. Por ello, en caso de registrarse tensiones menores a 107 kV en condiciones normales de operación, conviene tener presente, además, como criterio de seguridad N-1 entre ambos transformadores de poder, una transferencia conjunta del orden de 620 MVA, debido a que la corriente de carga post falla del equipo que queda en servicio aumenta proporcionalmente con la reducción de la tensión.

El nivel de carga del transformador N°3 220/110 kV de S/E Cerro Navia puede ser controlado con aportes internos de generación en el anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, a través de la central Nueva Renca, con la finalidad de mantener un margen de seguridad adecuado respecto de la activación y riesgo de operación de las protecciones de sobrecorriente de fase en 110 kV, a pesar de la activación del SDAC, donde el tiempo de actuación de este esquema es comparable con el tiempo de operación de las protecciones, por lo cual debe evitarse sobrepasar ese nivel de carga.

Para demandas mayores, la Tabla 3 y la Tabla 4 resumen los resultados de fallas o desconexiones intempestivas simuladas en instalaciones de la Zona Metropolitana obtenidos para demandas en el anillo de 110 kV de 2845 MVA y 2975 MVA, con central Nueva Renca generando a mínimo técnico (160 MW) y a plena carga (350 MW), respectivamente, sin riesgo de propagación adicional a la desconexión de consumos derivada de la operación del SDAC, ante fallas por contingencia simple ocurrida en las instalaciones de transmisión que abastecen la Zona Metropolitana.

Tabla 3: Niveles de carga en transformadores 220/110 kV para distintas contingencias simples en instalaciones de Enel Distribución Chile S.A., en operación normal y con central Nueva Renca en servicio a mínimo técnico (160 MW).

Transformador de Poder 220/110 kV	Nivel de Carga de los Transformadores de Poder						
	Operación Pre-Falla	Falla TR2 220/110 kV Cerro Navia		Falla Barra 220 kV El Salto		Falla TR1 220/110 kV Chena	
	MVA [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]
El Salto T1	51	55	41	0	0	53	39
El Salto T2	51	55	41	0	0	53	39
Cerro Navia T2	74	0	0	94	78	85	71
Cerro Navia T3	76	108	91	96	81	88	74
Chena T1	84	95	70	95	70	0	0
Chena T2	84	95	70	95	70	119	88
Buin T1	67	71	53	73	54	79	59
Alto Jahuel T2	73	75	62	83	69	79	65
Los Almendros T1	97	101	75	128	95	102	75

Tabla 4: Niveles de carga en transformadores 220/110 kV para distintas contingencias simples en instalaciones de Enel Distribución Chile S.A., en operación normal y con central Nueva Renca en servicio a plena carga (350 MW).

Transformador de Poder 220/110 kV	Nivel de Carga de los Transformadores de Poder						
	Operación Pre-Falla	Falla TR2 220/110 kV Cerro Navia		Falla Barra 220 kV El Salto		Falla TR1 220/110 kV Chena	
	MVA [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]
El Salto T1	50	54	41	0	0	53	39
El Salto T2	50	54	41	0	0	53	39
Cerro Navia T2	66	0	0	85	71	77	64
Cerro Navia T3	68	96	91	88	74	80	67
Chena T1	84	93	70	94	69	0	0
Chena T2	84	93	70	94	69	118	87
Buin T1	66	70	53	71	53	78	58
Alto Jahuel T2	74	76	62	84	70	80	66
Los Almendros T1	98	102	75	128	95	103	76

Según lo indicado en las tablas precedentes, frente a la desconexión forzada de la barra de 220 kV de S/E El Salto, si bien el SDAC debiese activarse al detectar la condición de sobrecarga post falla en el transformador 220/110 kV de S/E Los Almendros (que superó el 120%), la corriente de carga se encuentra cercana al pick up de su protección de sobrecorriente de fase del lado de 110 kV.

Ante la indisponibilidad de la central Nueva Renca por falla o mantenimiento, y en escenarios con demandas en el anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana que superen los 2600 MVA, se realizó una sensibilidad con el caso de disponer de la inyección radial hacia S/E Cerro Navia de la generación de la central Los Vientos a plena carga (120 MW), de manera expresa a través de un circuito de la línea 2x110 kV Cerro Navia - Las Vegas. Los resultados se muestran en la Tabla 5, para una demanda en el anillo de 2785 MVA, siendo los resultados similares al caso de disponer de la generación de la central Nueva Renca a mínimo técnico.

Tabla 5: Niveles de carga en transformadores 220/110 kV para distintas contingencias simples en instalaciones de Enel Distribución Chile S.A., en operación normal y con central Los Vientos en servicio a plena carga (120 MW), inyectando radial de generación hacia S/E Cerro Navia.

Transformador de Poder 220/110 kV	Nivel de Carga de los Transformadores de Poder						
	Operación Pre-Falla	Falla TR2 220/110 kV Cerro Navia		Falla Barra 220 kV El Salto		Falla TR1 220/110 kV Chena	
		MVA [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]	kA/Pick Up 51 [%]	MVA [%]
El Salto T1	50	55	41	0	0	53	39
El Salto T2	50	55	41	0	0	53	39
Cerro Navia T2	75	0	0	97	80	87	72
Cerro Navia T3	77	110	93	99	84	89	75
Chena T1	84	95	70	95	70	0	0
Chena T2	84	95	70	95	70	118	87
Buin T1	66	71	52	72	54	78	58
Alto Jahuel T2	71	74	61	82	68	77	64
Los Almendros T1	96	101	74	128	95	101	75

Es importante destacar que los niveles de demanda del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, para efectos de monitorear y tomar la decisión de recurrir a la inyección de la generación de central Nueva Renca (o en su defecto de central Los Vientos), deberá considerar además la eventual activación de limitaciones internas de las redes de transmisión que componen este sistema para niveles de demanda global inferiores a los valores de corte establecidos, donde si bien, la demanda del anillo corresponde a un dato zonal de tipo agregado, la distribución interna de las cargas podría activar previamente, como ocurre con el criterio N-1 de los transformadores 220/110 kV de S/E Cerro Navia, los límites térmicos de los conductores de algunos tramos de línea en 110 kV (como sucede con los tramos Tap Andes - Tap La Reina y/o Tap San Joaquín - Tap Santa Elena), especialmente en condiciones de alta temperatura ambiente.

#### 4. Conclusiones

Esta minuta ha presentado un análisis operacional para determinar el requerimiento de generación, para el control de transferencias en transformadores 220/110 kV del anillo de 110 kV de Enel Distribución Chile S.A., bajo el criterio de evitar la propagación de fallas por contingencia simple ocurridas en las instalaciones de transmisión que abastecen la Zona Metropolitana, que afecten el suministro a clientes finales por sobre aquellos montos de consumos desconectados por operación del Sistema de Desconexión Automática de Carga (SDAC).

Se determinó que en la operación normal de las instalaciones que componen el anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, estando habilitado el Sistema de Desconexión Automático de Carga (SDAC), las demandas de corte alcanzan los siguientes valores:

- Demanda anillo 110 kV bajo los **2600 MVA**:  
→ Sin requerimiento de generación de la central Nueva Renca.

- Demanda anillo 110 kV entre **2601 MVA** y **2845 MVA**:  
→ Requerimiento de generación de la central Nueva Renca a mínimo técnico, por control de transferencias en los transformadores 220/110 kV de S/E Cerro Navia.
- Demanda anillo 110 kV entre **2846 MVA** y **2975 MVA**:  
→ Requerimiento de generación de la central Nueva Renca a plena carga, por control de transferencias en el transformador 220/110 kV de S/E Los Almendros.

Lo anterior, con el propósito de mantener un margen de seguridad adecuado respecto de la activación y riesgo de operación de las protecciones de sobrecorriente de fase en el lado de 110 kV de los transformadores 220/110 kV de este anillo, donde el tiempo de actuación del SDAC es comparable con el tiempo de operación de dichas protecciones.

Alternativamente, **ante indisponibilidad de la central Nueva Renca**, por falla o mantenimiento, la inyección radial hacia S/E Cerro Navia de la generación de la central Los Vientos a plena carga (inyección fuera del anillo de 110 kV), de manera expresa a través de la línea 110 kV Cerro Navia - Las Vegas, estando habilitado el SDAC, entrega demandas de corte que alcanzan los siguientes valores:

- Demanda anillo 110 kV entre **2601 MVA** y **2785 MVA**:  
→ Requerimiento de generación de la central Los Vientos a plena carga, radial hacia Cerro Navia, por control de transferencias en el transformador 220/110 kV de S/E Los Almendros.

Para valores superiores a 2975 MVA de demanda en el anillo de 110 kV, con la generación de la central Nueva Renca ya a plena carga, se debe optar por el despacho adicional de la central Los Vientos para reducir la carga global a través de las líneas Cerro Navia - Las Vegas y Cerro Navia - Santiago Solar. En caso de no ser suficiente, así como ocurre también para valores de demanda en el anillo de 110 kV superiores a 2785 MVA, con central Nueva Renca indisponible, se deberá recurrir a la radialización de los circuitos de 110 kV de manera cruzada entre SS/EE contiguas, desanillando el sistema, con lo cual se logra reducir la propagación en cascada de los efectos de una contingencia simple ocurrida en las instalaciones de transmisión que abastecen la Zona Metropolitana.

Finalmente, cabe destacar que, si bien las demandas de corte referenciales mencionadas representan valores globales que pueden obtenerse para diversas distribuciones de cargas internas del anillo de 110 kV de la Zona Metropolitana, bajo esos niveles podrían activarse otras limitaciones locales que requerirían medidas operacionales específicas, por ejemplo, para el control de la transferencia máxima conjunta de 620 MVA a través de ambos transformadores 220/110 kV de S/E Cerro Navia, por criterio N-1.