



CENTRO DE DESPACHO ECONÓMICO DE CARGA  
DEL SISTEMA INTERCONECTADO DEL NORTE GRANDE



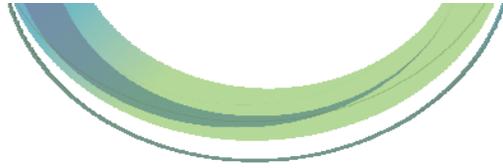
CDEC-SING C-0052/2013  
Clasificación: Para Observaciones Coordinados

Versión: Preliminar

# ESTUDIO DE EDAC POR SUBTENSIÓN - AÑO 2013 INFORME

Autor	Dirección de Operación
Fecha Creación	15-07-2013
Última Impresión	15-07-2013
Correlativo	CDEC-SING C-0052/2013
Versión	Preliminar

---



## CONTROL DEL DOCUMENTO

---

### APROBACIÓN

Versión	Aprobado por
1.0	Raúl Moreno T.

### REGISTRO DE CAMBIOS

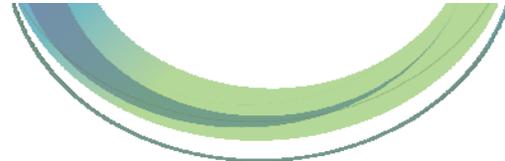
Fecha	Autor	Versión	Descripción del Cambio
15-07-2013	Departamento de Sistemas Eléctricos	1.0	Confección del Informe

### REVISORES

Nombre	Cargo
Daniel Salazar J.	Director de Operación y Peajes
Raúl Moreno T.	Subdirector de Operación
Gretchen Zbinden V.	Jefe Departamento de Sistemas Eléctricos
Johanna Monteiro Z.	Ingeniero Departamento de Sistemas Eléctricos

### DISTRIBUCIÓN

Copia	Destinatario



## CONTENIDO

<b>CONTROL DEL DOCUMENTO</b>	<b>2</b>
Aprobación	2
Registro de Cambios	2
Revisores	2
Distribución	2
<b>CONTENIDO</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. ESCENARIOS DE ANÁLISIS</b>	<b>5</b>
2.1 Horizonte de Evaluación	5
2.2 Tipos de Contingencias	5
2.3 Previsión de Demanda	5
2.4 Despacho tipo para Estado Normal	5
<b>3. ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DE RECOMENDACIONES</b>	<b>6</b>
3.1 Zona Norte	6
3.1.1 Antecedentes	6
3.1.2 Análisis	7
3.1.3 Recomendaciones	8
3.2 Zona Chuquicamata-Calama	9
3.2.1 Antecedentes	9
3.2.2 Análisis	9
3.2.3 Recomendaciones	10
3.3 Zona Escondida-Zaldívar	10
3.3.1 Análisis	10
3.3.2 Recomendaciones	12
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>13</b>
<b>5. ANEXOS</b>	<b>14</b>
5.1 Gráficos	14
5.1.1 Zona Norte	14
5.1.2 Zona Chuquicamata	20
5.1.3 Zona Escondida	22
5.2 Despacho de Generación	26



## 1. INTRODUCCIÓN

---

El presente Estudio de Esquema de Desconexión Automática de Carga (EDAC) por Subtensión, encomendado en el Título 6-9 de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NT), tiene por objeto revisar y adecuar los EDAC vigentes. De acuerdo con lo establecido en el Artículo 6-54 de la NT, éste deberá realizarse al menos con periodicidad bianual.

El horizonte de evaluación del presente Estudio comprende las condiciones operacionales previstas para el período entre Septiembre 2013 a Agosto 2015.

Si bien actualmente en el SING no se han implementando automatismos para evitar condiciones de subtensión, en el Estudio realizado el año 2011, se identificaron ciertos problemas que podrían presentarse en distintas zonas del sistema, específicamente en las zonas Norte, Chuquicamata-Calama y Escondida.

En dicho Estudio se propusieron diversas alternativas de control, las cuales requerían de una evaluación previa a fin de establecer la necesidad de un diseño de detalle, para luego proceder si correspondía, a una etapa definitiva de implementación.

Es así como en el presente Estudio se verificará la validez de los análisis realizados en el Estudio del año 2011, considerando los cambios topológicos que ha sufrido el sistema, revisando además la prioridad de implementación de las recomendaciones especificadas.



## 2. ESCENARIOS DE ANÁLISIS

---

### 2.1 HORIZONTE DE EVALUACIÓN

El Artículo 6-54 de la NT establece que la DO realizará el Estudio de EDAC, al menos con periodicidad bianual.

Considerando lo anterior, para la elaboración del presente Estudio se consideró un horizonte de evaluación comprendido entre Septiembre 2013 y Agosto 2015.

Dado que la demanda prevista para el año 2015 presenta un aumento considerable en comparación con la demanda actual del SING, sería necesario incorporar cambios topológicos relevantes en los escenarios proyectados. Es por este motivo que en los análisis se han considerado sólo los años 2013 y 2014. De ser necesario, la DO actualizará el presente Estudio, considerando lo planteado anteriormente.

### 2.2 TIPOS DE CONTINGENCIAS

Los tipos de Contingencias a considerar, a efectos de evaluar el comportamiento del sistema en lo que respecta a los problemas de subtensión, se detallan en los análisis de cada una de las zonas, considerando aquellas que resulten particularmente críticas.

### 2.3 PREVISIÓN DE DEMANDA

Para el presente Estudio se considera la previsión de demandas informadas por las empresas en respuesta a la carta CDEC-SING N° 0034/2013 para el período Enero 2013 - Diciembre 2027. La demanda utilizada se encuentra en el Anexo 5.2.

En particular, para el horizonte de evaluación se ha considerado la conexión al sistema de los siguientes consumos:

Propietario	Proyecto	Fecha Conexión	Potencia Conectada [MVA]	Factor de Potencia	Potencia Conectada [MW]
Codelco Chile	Ministro Hales	Septiembre 2013	97.0	0.98	95.1
Antofagasta Minerals	Antucoya	Enero 2014	45.0	0.98	44.1
Minera Quadra Chile	Sierra Gorda	Julio 2015	120.0	0.98	117.6
Norgener	PMA Tocopilla	2° Semestre 2013	7.0	0.98	6.9
Minera Escondida	Subestación Lixiviación	2° Semestre 2013	4.6	0.98	4.5
	S/E OLAP	Noviembre 2013	20.0	0.98	19.6
	OGP1	Octubre 2014	170.0	0.98	166.6

### 2.4 DESPACHO TIPO PARA ESTADO NORMAL

El análisis general considera un despacho base, cuya característica principal se presenta en el Anexo 5.3. De acuerdo a los análisis realizados, para cada una de las zonas consideradas, este despacho base puede sufrir modificaciones con el objeto de realizar análisis particulares.



### 3. ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN DE RECOMENDACIONES

---

Debido al carácter local asociado a los problemas de subtensión, inestabilidad o colapso de tensión, el análisis se concentra en verificar la presencia de dichos problemas en zonas específicas del SING, considerando como base la experiencia adquirida a través del análisis y la operación del sistema, los resultados del Estudio de Control de Tensión y Requerimientos de Potencia Reactiva 2013 y EDAC por Subtensión del año 2011, y el tipo de contingencias establecidas en la NT.

En el Estudio del año 2011, se verificó la presencia de eventuales problemas de subtensión, de modo de sugerir recomendaciones y evaluar la necesidad y conveniencia de implementar medidas de mitigación en el SING.

A continuación se presenta el análisis realizado por zona.

#### 3.1 ZONA NORTE

##### 3.1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad se encuentra vigente la Política de Operación “Programación y operación de las transferencias de potencia desde la zona centro a la zona norte, con restricciones de seguridad”<sup>1</sup>, la cual recoge y resume las acciones que debe llevar a cabo el CDC, considerando las condiciones actuales del SING, y las exigencias de la NT vigente.

En dicho Informe se establece una Política de Operación basada en el control de las transferencias de potencia desde la Zona Centro a la Zona Norte, con el objeto de evitar sobrecargas en las instalaciones del Sistema de Transmisión ante la ocurrencia de contingencias simples, a través del despacho de generación local fuera del orden económico y la aplicación de Desconexión Manual de Carga (DMC). Lo anterior, considerando las capacidades de sobrecarga transitoria vigentes para las Líneas 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2 y 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1 y N°2.

Tal como lo menciona el Estudio EDAC por subtensión del año 2011, durante el primer semestre del año 2013, se analizó la implementación de un EDACxCE en la Zona Norte<sup>2</sup>. Del análisis, se obtuvo que debido a la pronta implementación de proyectos de generación ERNC en la Zona Norte y a los cambios topológicos en lo que respecta al aumento de capacidad de transmisión de las líneas 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2, los costos del proyecto superan los sobrecostos esperados por energía no suministrada y el despacho fuera de orden económico de generación local.

Dado lo anterior, el proyecto EDACxCE no será llevado a cabo en el corto plazo. Sin embargo, se identifica que debido a esto, la máxima transferencia de potencia estimada hacia la Zona Norte limitaría la demanda que podrá ser abastecida con el fin de cumplir con el criterio N-1 en las líneas que abastecen la zona en cuestión.

---

<sup>1</sup> La Política de Operación de la Zona Norte fue actualizada en Diciembre de 2012 y comunicada a los Coordinados mediante carta CDEC-SING 1366/2012

<sup>2</sup> Estudio Análisis técnico-económico de implementar un EDAC por contingencia específica en la Zona Norte del SING, comunicado mediante carta CDEC-SING 0416/2013 del 14 de Abril de 2013.

### 3.1.2 ANÁLISIS

Los análisis realizados, muestran la excursión de la tensión en distintos puntos de la zona, ante la ocurrencia de una falla en alguna de las líneas de principal abastecimiento a la zona, es decir, las Líneas 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2 y 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1 y N°2.

Para los casos analizados, se ha considerado lo siguiente, teniendo en cuenta que estos recursos de reactivos es posible utilizarlos post-contingencia para mejorar la tensión del sistema después de una falla:

- Banco de condensadores y reactor de S/E Cóndores desconectados, en los casos analizados considerando demanda del año 2013 y 2014.
- Banco de condensadores de S/E Parinacota conectado, en los casos analizados considerando demanda del año 2013 y 2014.
- Condensador de S/E Arica desconectado, en los casos analizados considerando demanda del año 2013 y 2014.
- Reactor de S/E Arica conectado, en los casos analizados considerando demanda del año 2013 y desconectado para año 2014.
- Reactor de S/E Pozo Almonte desconectado, en los casos analizados considerando demanda del año 2013 y 2014.
- Condensador de S/E Lagunas conectado

#### **Caso 1: Unidad CTTAR fuera de servicio**

Barra	2013				2014			
	Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi		Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Arica 110 kV	50.175	0.990	50.16	0.992	50.182	1.024	50.182	1.027
Parinacota 220 kV		0.943		0.946		0.906		0.910
Cóndores 220 kV		0.957		0.96		0.923		0.926
Lagunas 220 kV		0.972		0.975		0.942		0.945
Pozo Almonte 220 kV		0.949		0.952		0.928		0.931
Collahuasi 220 kV		0.968		0.962		0.934		0.925
Crucero 220 kV		0.999		0.999		0.987		0.987
Observaciones		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2 y en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2 y 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1.

#### **Caso 2: Línea 220kV Crucero-Lagunas N°1 fuera de servicio**

Barra	2013				2014			
	Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi		Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Arica 110 kV	50.155	1.007	50.148	1.003	50.155	1.040	50.158	1.034
Parinacota 220 kV		0.996		0.991		0.993		0.986
Cóndores 220 kV		1.006		1.002		1.004		0.997
Lagunas 220 kV		1.019		1.014		1.015		1.006
Pozo Almonte 220 kV		0.996		0.990		1.001		0.993
Collahuasi 220 kV		1.001		0.995		0.983		0.976
Crucero 220 kV		1.004		1.005		0.996		0.997
Observaciones						Sobrecarga en Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°1.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2 y 20 kV Encuentro-Collahuasi N°1.

### Caso 3: Línea 220kV Encuentro-Collahuasi, circuito N°1 fuera de servicio

Barra	2013				2014			
	Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi		Falla Crucero-Lagunas		Falla Encuentro-Collahuasi	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Arica 110 kV	50.161	0.998	50.142	0.992	50.161	1.043	50.153	1.032
Parinacota 220 kV		0.994		0.986		0.992		0.977
Cóndores 220 kV		1.005		0.997		1.002		0.989
Lagunas 220 kV		1.011		1.001		1.005		0.988
Pozo Almonte 220 kV		0.987		0.977		0.992		0.975
Collahuasi 220 kV		0.992		0.976		0.974		0.951
Crucero 220 kV		1.005		1.004		0.997		0.997
Observaciones		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1.		Sobrecarga en Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°1 y N°2.

De los análisis realizados, se puede verificar que la zona presenta problemas de suficiencia, para lo cual existe la Política de Operación mencionada anteriormente. Se puede observar que son estos problemas de suficiencia los que para ciertas contingencias, generan en la zona una baja tensión en régimen permanente. No obstante, no se observa en ninguno de los casos analizados, tensiones en régimen transitorio fuera de los rangos establecidos en la NT, que pudieran ocasionar algún colapso de tensión en la zona.

En este caso, los efectos más críticos en términos de subtensiones se observan cuando no se encuentra disponible la unidad CTTAR, y se produce una falla en alguna de las líneas que alimentan la zona norte. Ejemplo de esto es lo que ocurre en el escenario correspondiente al año 2014, en el cual la tensión en la Barra Collahuasi 220 kV, ante la desconexión intempestiva de alguno de los circuitos de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi o Crucero-Lagunas, alcanza un valor en torno a 0.93 pu, esto es, en el límite de los rangos establecidos en la NT. En estos casos, es posible realizar acciones manuales para restablecer las tensiones en las barras a valores dentro de los rangos establecidos en la NT, específicamente, conectar bancos de condensadores disponibles en S/E Parinacota y S/E Cóndores, o desconectar el reactor en S/E Cóndores; y en caso que ello no sea suficiente, aplicar DMC en la zona.

Es importante destacar, que la reciente puesta en servicio del condensador de S/E Lagunas, mejora sustancialmente las tensiones de la zona, y permite además mantener a la unidad CTTAR con una reserva de reactivos permanente, los que pueden ser utilizados de forma dinámica en caso de fallas.

Por último, mencionar que si bien no se observa en el análisis problemas de tensión en la Zona Norte, en la práctica, y dada la experiencia adquirida en la operación del sistema, se observa que ante la ocurrencia de fallas en dicha zona, Minera Collahuasi desprende carga ya que sus consumos cuentan con protecciones por baja tensión, sin embargo, no se tiene información técnica detallada que permita su incorporación en el modelo. Esta problemática está siendo abordada con motivo del Estudio DO "Control de Tensión y Requerimientos de Potencia Reactiva".

#### **3.1.3 RECOMENDACIONES**

De los análisis realizados, es claro que los problemas de suficiencia de la zona generan para ciertos escenarios, problemas de tensión en régimen permanente.

Debido a esto, en primer lugar es necesario mantener la Política de Operación vigente, la cual controla las transferencias de potencia entre la Zona Centro y la Zona Norte. La aplicación de dicha Política evita la presencia de sobrecargas en las instalaciones del Sistema de Transmisión, y en forma indirecta, disminuye las subtensiones detectadas en ausencia de la misma, quedando estas acotadas y no resultando críticas para la SyCS del SING.

Por otro lado, es necesario realizar gestiones para reactivar el proyecto de ampliación de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi circuito N°1, que actualmente se encuentra postergado.

Además de lo anterior, se debe tener presente que en función de los cambios relevantes de topología, generación y/o demanda que se susciten en la Zona Norte del SING, los análisis realizados respecto del proyecto EDACxCE, deberán ser actualizados.

Finalmente, es necesario recopilar información específica de las protecciones por baja tensión que tienen los consumos de Minera Collahuasi, para su correcta modelación, y de esta forma poder determinar de manera más precisa el comportamiento de la tensión en la zona, y si sería necesario en un futuro, la implementación de un EDAC por Subtensión.

## 3.2 ZONA CHUQUICAMATA-CALAMA

### 3.2.1 ANTECEDENTES

En la actualidad se encuentra completamente operativo el EDAG por Sobrefrecuencia en el SING, el que ha permitido un control satisfactorio de aquellas contingencias que derivan en una desconexión masiva de carga, evitando así la condición de apagón total que fuera detectada en ausencia de dicho control.

Desde esta perspectiva, considerando que la problemática de subtensión detectada en la Zona Chuquicamata-Calama podría derivar en una problemática de sobrefrecuencia, en caso que se desconecte una parte o la totalidad de los consumos de dicha zona producto de subtensiones, dicha sobrefrecuencia sería controlada mediante la operación del EDAG, preservando la seguridad del sistema.

### 3.2.2 ANÁLISIS

Los análisis realizados, muestran la excursión de la tensión en distintos puntos de la zona de Chuquicamata y Calama, ante una falla en la Línea 220 kV Crucero-Salar, mientras se encuentra en mantenimiento la Línea 220kV Crucero-Chuquicamata.

#### **Caso 1: Generación Central Tocopilla de 690 y 700 MW, para los años 2013 y 2014 respectivamente.**

Barra	2013		2014	
	Falla Crucero-Chuquicamata		Falla Crucero-Chuquicamata	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Crucero 220 kV	50.225	1.019	50.258	1.018
Chuquicamata 220 kV		0.882		0.827
Salar 220 kV		0.878		0.824
AA 100 kV		0.92		0.898
Km 6 100 kV		0.924		0.904
Calama 100 kV		0.912		0.888
Observaciones	Sobrecarga en Líneas 110kV que van desde la Central Tocopilla hasta la zona de Chuquicamate y en los ATR y Booster de S/E Tocopilla.		Sobrecarga en Líneas 110kV que van desde la Central Tocopilla hasta la zona de Chuquicamate y en los ATR y Booster de S/E Tocopilla.	

**Caso 2: Generación Central Tocopilla de 580 y 620 MW, para los años 2013 y 2014 respectivamente.**

Barra	2013		2013	
	Falla Crucero-Chuquicamata		Falla Crucero-Chuquicamata	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Crucero 220 kV	50.284	1.019	50.254	1.017
Chuquicamata 220 kV		0.885		0.831
Salar 220 kV		0.882		0.828
AA 100 kV		0.95		0.894
Km 6 100 kV		0.925		0.901
Calama 100 kV		0.911		0.886
Observaciones	- Sobrecarga en Líneas 110kV que van desde la Central Tocopilla hasta la zona de Chuquicamate y en los ATR y Booster de S/E Tocopilla.		- Sobrecarga en Líneas 110kV que van desde la Central Tocopilla hasta la zona de Chuquicamate y en los ATR y Booster de S/E Tocopilla.	

Del análisis realizado, se observa que la falla analizada es crítica para el sistema, debido a que la zona queda con tensiones del orden de 0.8 a 0.9 pu, y se sobrecargan las líneas de 110 kV que van desde Central Tocopilla hasta la zona de Chuquicamata.

Respecto del comportamiento dinámico de la tensión en la zona, a partir de los resultados mostrados en el Anexo 5.1, se observa que la tensión desciende transitoriamente por debajo de los 0.7 pu luego de 10 ms despejada la contingencia para todos los casos analizados. Además de lo anterior, permanece por debajo de los 0.8 pu, por un tiempo superior a 1 segundo, para los casos que consideran la demanda del año 2014. Lo anterior, contraviniendo lo indicado en el artículo 5-43 de la NT.

No obstante lo anterior, es importante destacar que en la práctica, la zona de Chuquicamata mantiene protecciones de baja tensión en sus consumos, por lo que el resultado final de una falla similar a la analizada, ha evidenciado ser menos crítica. Debido a esto, es necesario contar con la información técnica suficiente para realizar una adecuada modelación, esto es: consumos sujetos a este tipo de protecciones, ajustes y tiempos de desconexión.

### 3.2.3 RECOMENDACIONES

Debido a la relevancia que tiene la correcta modelación de los consumos de la Zona de Chuquicamata, es necesario recopilar los antecedentes relacionados con: montos de desconexión por baja tensión, sensibilidad de la carga en función de la tensión, ajustes de protecciones, etc. Esta información debe ser solicitada a los respectivos Coordinados, y será esencial para poder determinar de manera más precisa el comportamiento de la tensión en la zona, y si sería necesario en un futuro, la implementación de un EDAC por Subtensión.

## 3.3 ZONA ESCONDIDA-ZALDÍVAR

### 3.3.1 ANÁLISIS

Los análisis realizados, muestran la excursión de la tensión en distintos puntos de la Zona, ante una falla en uno de los circuitos de la Línea 220 kV Atacama-Domeyko y Laberinto-Nueva Zaldívar, mientras se encuentra en mantenimiento la Línea 220 kV Mejillones-O'Higgins o el otro circuito de la Línea 220 kV Atacama-Domeyko.

Al encontrarse en mantenimiento cualquiera de las líneas mencionadas, se observa en las simulaciones que en estado estacionario, la Zona Escondida presenta tensiones en las barras de 220 kV bajo los 0.95 pu, sin embargo, los ajustes de los tap de los transformadores, permiten obtener una tensión cercana a 1.0 pu en las barras de consumo. En la práctica, al considerar un mantenimiento de alguna de las líneas que abastecen la

Zona de Escondida, la demanda debe restringirse para cumplir con los estándares de tensión especificados en la NT.

Cabe destacar que para los análisis correspondientes al año 2013, se considera el despacho de 155 MW de la central Gas Atacama, correspondiente a una configuración 1TG+0.5TV, mientras que para los análisis del año 2014 se considera un despacho de 330 MW, correspondiente a una configuración 2TG+1TV.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas.

**Caso 1: Línea 220 kV Mejillones-O'Higgins fuera de servicio.**

Barra	2013				2014			
	Falla Laberinto-N.Zaldívar N°1		Falla Atacama-Domeyko N°1		Falla Laberinto-N.Zaldívar N°1		Falla Atacama-Domeyko N°1	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Atacama 220 kV	50.193	1.010	50.141	1.021	50.18	1.018	50.163	1.033
Laberinto 220 kV		0.988		0.980		0.976		0.964
Nueva Zaldívar 220 kV		0.910		0.916		0.869		0.874
Escondida 220 kV		0.906		0.910		0.863		0.866
Domeyko 220 kV		0.905		0.907		0.861		0.862
Laguna Seca 220 kV		0.897		0.900		0.853		0.853
O'Higgins 220 kV		0.891		0.894		0.851		0.852
Mejillones 220 kV		1.018		1.016		1.018		1.014
Observaciones						Sobrecarga Línea 220 kV Laberinto-Nueva Zaldívar N°2		

**Caso 2: Línea 220 kV Atacama-Domeyko N°1 fuera de servicio.**

Barra	2013				2014			
	Falla Laberinto-N.Zaldívar N°1		Falla Atacama-Domeyko N°1		Falla Laberinto-N.Zaldívar N°1		Falla Atacama-Domeyko N°1	
	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]	Frec máx/min [Hz]	Tensión final [pu]
Atacama 220 kV	50.185	1.016	50.133	1.025	50.169	1.025	50.151	1.039
Laberinto 220 kV		0.996		0.986		0.987		0.971
Nueva Zaldívar 220 kV		0.929		0.928		0.892		0.888
Escondida 220 kV		0.924		0.923		0.885		0.879
Domeyko 220 kV		0.923		0.919		0.884		0.875
Laguna Seca 220 kV		0.916		0.912		0.876		0.867
O'Higgins 220 kV		0.972		0.97		0.955		0.949
Mejillones 220 kV		1.016		1.013		1.015		1.01
Observaciones								

Del análisis realizado, se observa que con la demanda proyectada para los años 2013 y 2014, al considerar escenarios de operación críticos, caracterizados por generación reducida en Central Gas Atacama y el mantenimiento de las líneas que más inciden en el nivel de subtensión de la zona, como lo es la Línea 220 kV Atacama-Domeyko o la Línea 220 kV Mejillones-O'Higgins, en régimen permanente y post-contingencia, las tensiones en la Zona queden fuera del rango establecido en la NT para el estado de emergencia. Esto se vuelve aún más crítico si se consideran futuros aumentos de demanda en la Zona Escondida y Zaldívar. Debido a esta condición estacionaria de la tensión, para casos críticos de mantenimiento en la zona es necesario analizar la eventual aplicación de DMC, para evitar que las tensiones queden fuera del rango establecido en la NT.

No obstante lo anterior, si bien la tensión en estado estacionario se encuentra por debajo de lo que establece la NT, en estado transitorio no se observan valores fuera de rango de NT, que pudieran indicar que el sistema se acerca a un colapso de tensión, para lo cual pudiera ser necesaria la aplicación de un EDAC por subtensión, posterior a la ocurrencia de la contingencia.



Por otro lado, al igual que para las demás zonas analizadas, en la práctica la zona de Escondida y Zaldívar presentan constantemente desconexiones de consumo por variaciones de tensión en el sistema. Es por ello que es relevante contar con dicha información para su correcta modelación, y determinar de esta forma si sería necesario implementar un EDAC por Subtensión en la zona.

### **3.3.2 RECOMENDACIONES**

Se sugiere evaluar las alternativas topológicas necesarias para evitar las posibles sobrecargas de las líneas de transmisión y/o problemas de subtensión que se pudieran presentar, con motivo de las expansiones futuras planificadas por Minera Escondida y Zaldívar.

Además de lo anterior, es necesario recopilar los antecedentes relacionados con las actuales desconexiones de consumos de la zona de Escondida y Zaldívar que se presentan en la actualidad cuando ocurren variaciones de tensión en el SING. Dicha información será solicitada a los respectivos Coordinados, debido a lo esencial que resulta, para poder determinar de manera más precisa el comportamiento de la tensión en la zona.



## 4. CONCLUSIONES

---

El presente Estudio se concentró en revisar la presencia de eventuales problemas de subtensión en la zona Norte, Chuquicamata-Calama y Escondida, analizando la necesidad y conveniencia de implementar medidas de mitigación, en particular la implementación de un EDAC por Subtensión. Los análisis realizados permiten concluir, para cada zona, lo siguiente:

- **Zona Norte**

La aplicación de la Política de Operación de la Zona Norte actualmente vigente, evita sobrecargas en las instalaciones de transmisión ante la ocurrencia de contingencias simples, y en forma indirecta, la presencia de subtensiones; de este modo se concluye que, mientras se encuentre en aplicación dicha Política de Operación, no resulta relevante implementar un EDAC por subtensión.

Es importante, debido a los aumentos de demanda que presentará la zona, impulsar la ampliación de la Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi circuito N°1, que actualmente se encuentra postergada.

- **Zona Chuquicamata-Calama**

El EDAG por sobrefrecuencia actualmente disponible en el SING permite un control satisfactorio de aquellas contingencias que deriven en una desconexión masiva de carga, si así resultara, producto de la condición inicial de subtensión que pueda ser experimentada.

En este sentido, si bien un EDAC por subtensión podría evitar la desconexión de un bloque de los consumos de la zona, la información que caracteriza el monto de desconexión y la sensibilidad de las cargas en función de la tensión resulta de difícil determinación, por lo que dichos antecedentes deben ser informados por los respectivos Coordinados. Por lo tanto, se recomienda realizar un trabajo conjunto con Codelco Chuquicamata y Elecda, de manera de precisar la información de las características de operación de los consumos, ajustes de protecciones y su sensibilidad a las variaciones de tensión.

- **Zona Escondida**

No se detectaron problemas de Subtensión en esta Zona del Sistema que implicaran un riesgo de colapso de tensión global del SING. Sin embargo, para ciertas contingencias, se presentan tensiones que quedan fuera del rango establecido en la NT, en cuyo caso se deberá proceder a controlar la tensión mediante las Centrales Atacama, Mejillones, Hornito, Andina y Angamos, y en caso de que esto no sea suficiente, la aplicación de DMC en los consumos de la zona. Se observa además que en la mayoría de los casos analizados, el despacho de la Central GasAtacama resulta crítico para elevar las tensiones de la Zona Escondida. En este sentido, resulta relevante conocer el detalle de las medidas asociadas al control de tensión que serán implementadas con motivo de la conexión al sistema del proyecto OGP1 (170 MW).

Para todas las zonas analizadas, resulta esencial contar con la información relativa a la desconexión de consumos por variaciones de tensión. Para ello, la DO dará a conocer a los Coordinados involucrados, un plan de trabajo para la entrega de la información necesaria, que permita realizar una correcta modelación de los consumos respectivos. Esta problemática está siendo abordada con motivo del Estudio DO "Control de Tensión y Requerimientos de Potencia Reactiva".

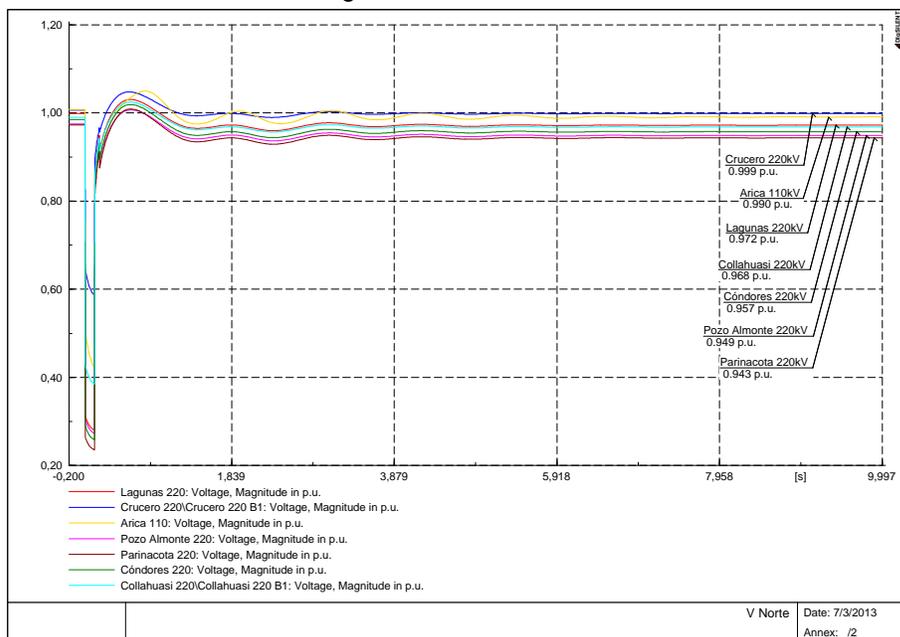
## 5. ANEXOS

### 5.1 GRÁFICOS

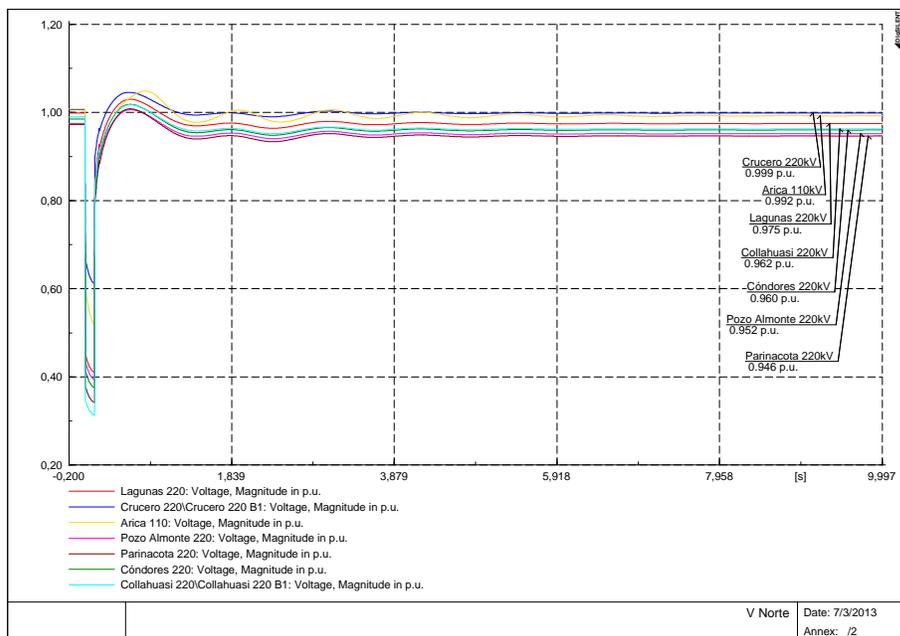
#### 5.1.1 ZONA NORTE

##### Caso 1: Fuera de servicio CTTAR

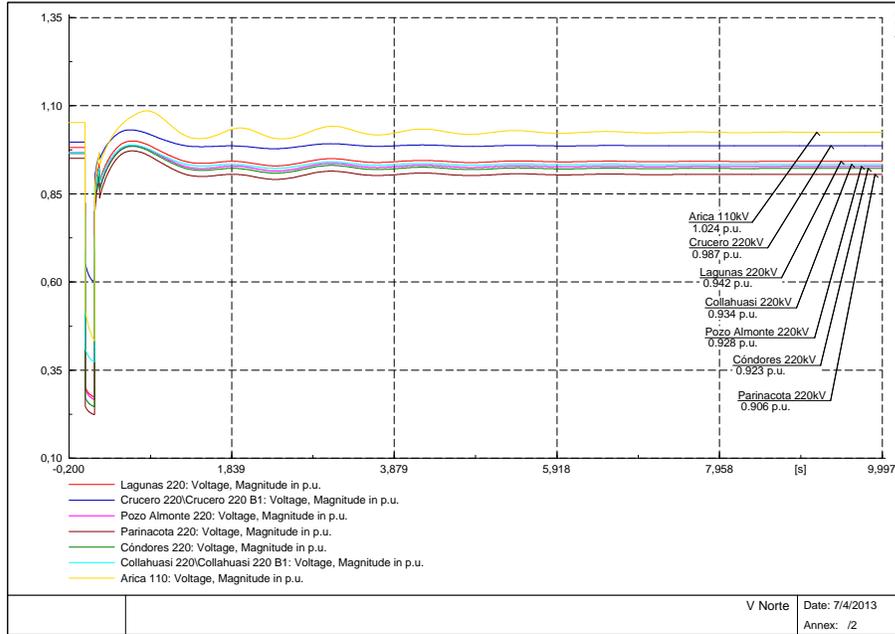
- 2013: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2



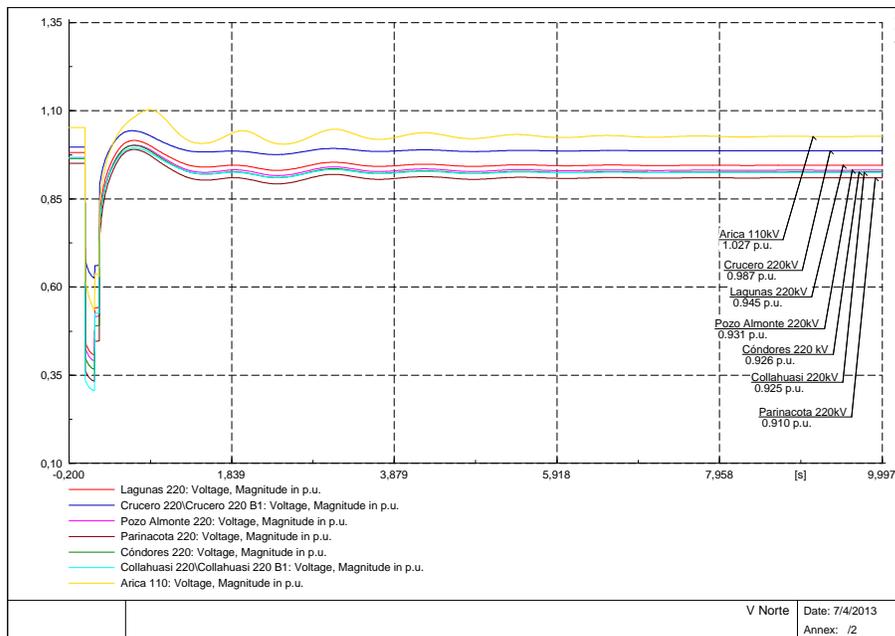
- 2013: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2



- 2014: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2

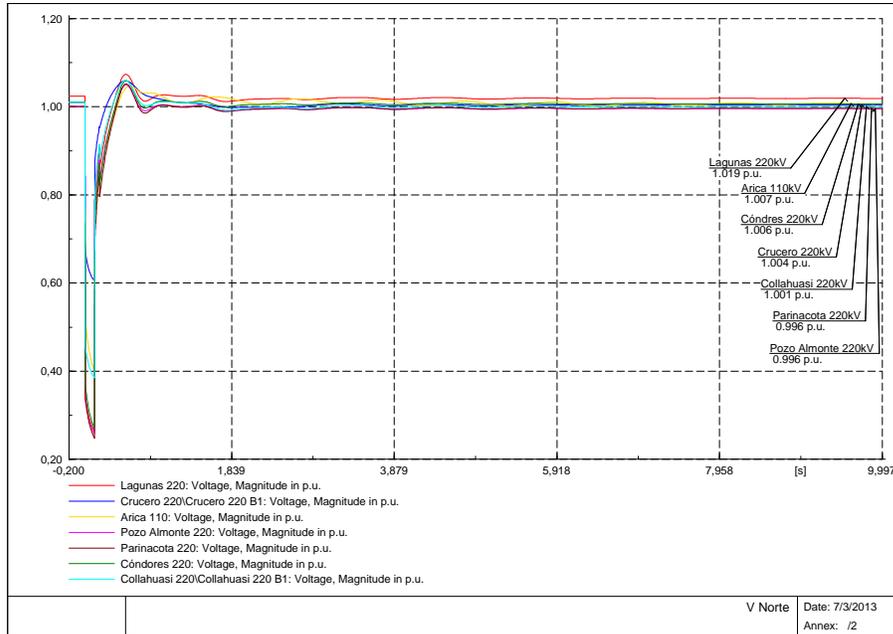


- 2014: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2

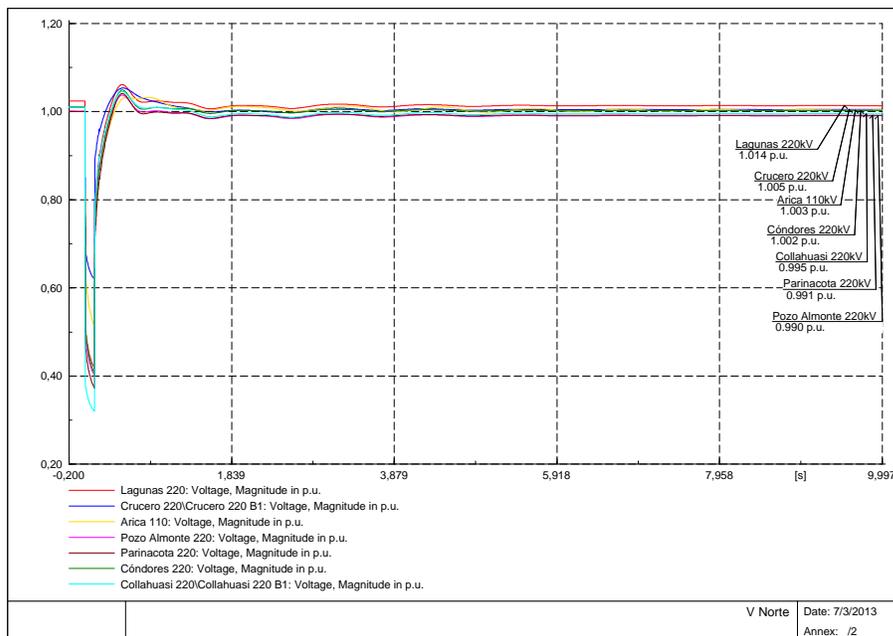


Caso 2: Fuera de servicio Línea 220 kV Crucero-Lagunas N° 1

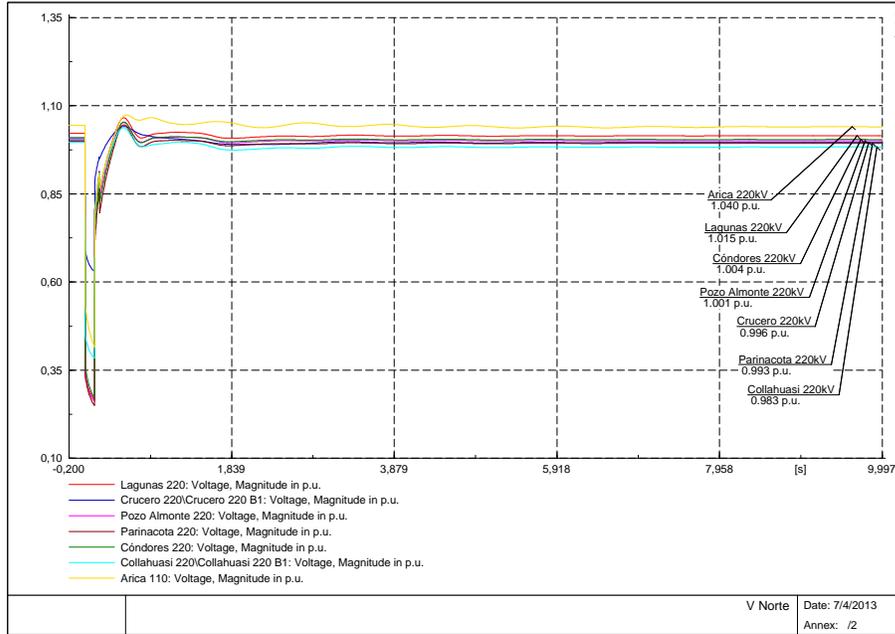
- 2013: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2



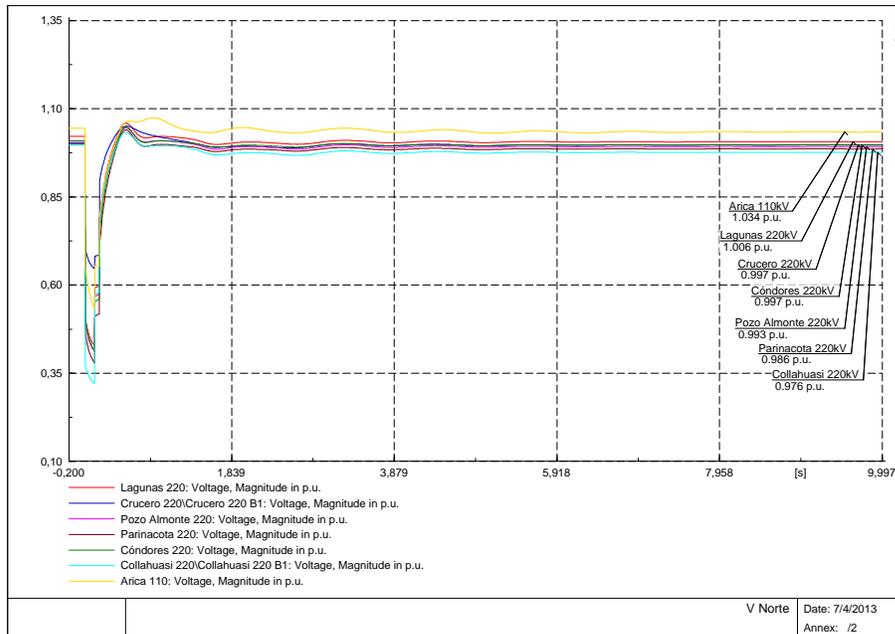
- 2013: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2



- 2014: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2

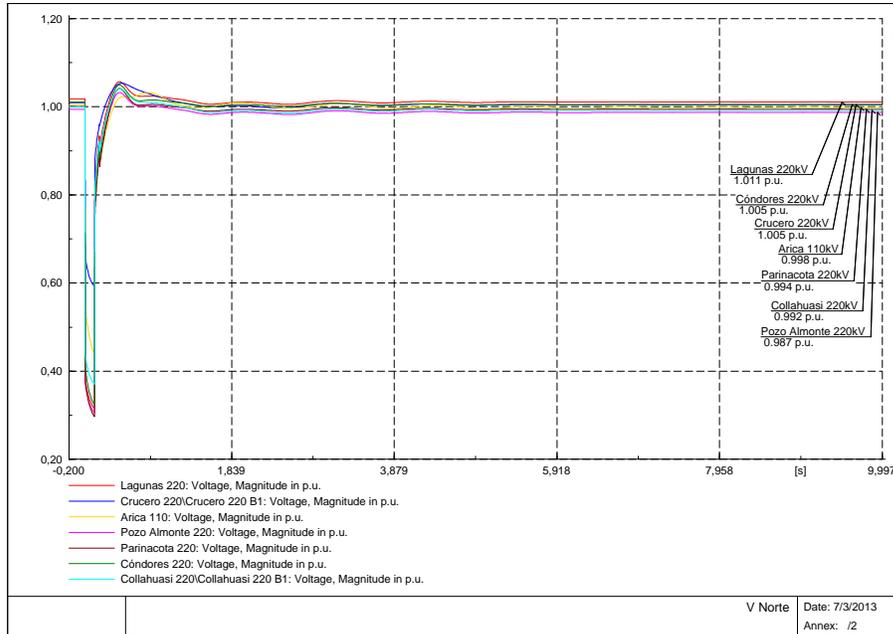


- 2014: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2

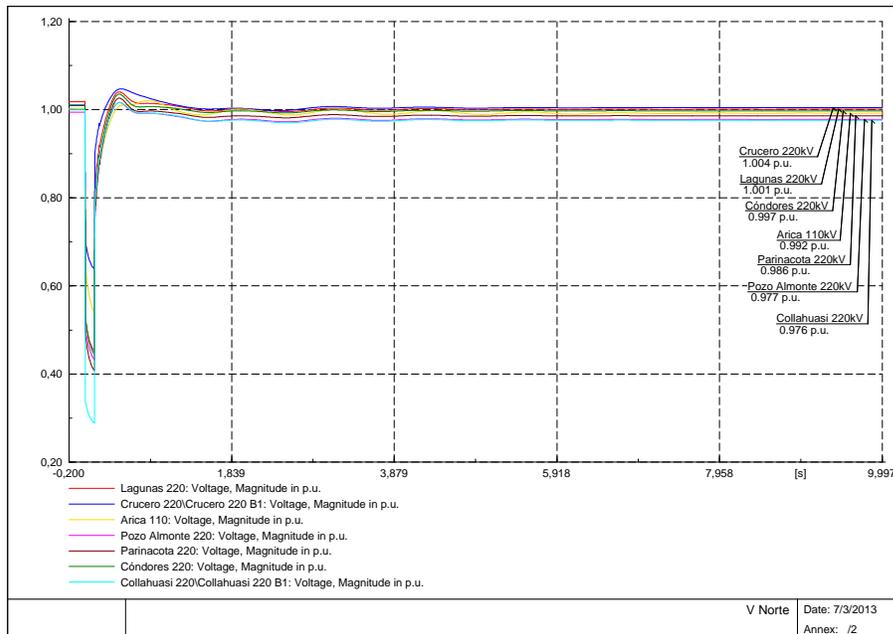


Caso 3: Fuera de servicio Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N° 1

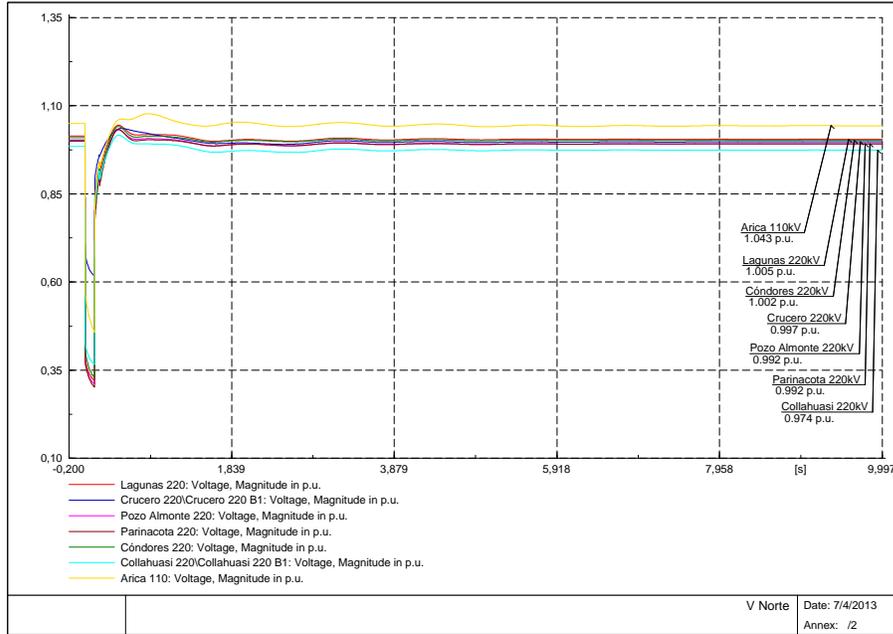
- 2013: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2



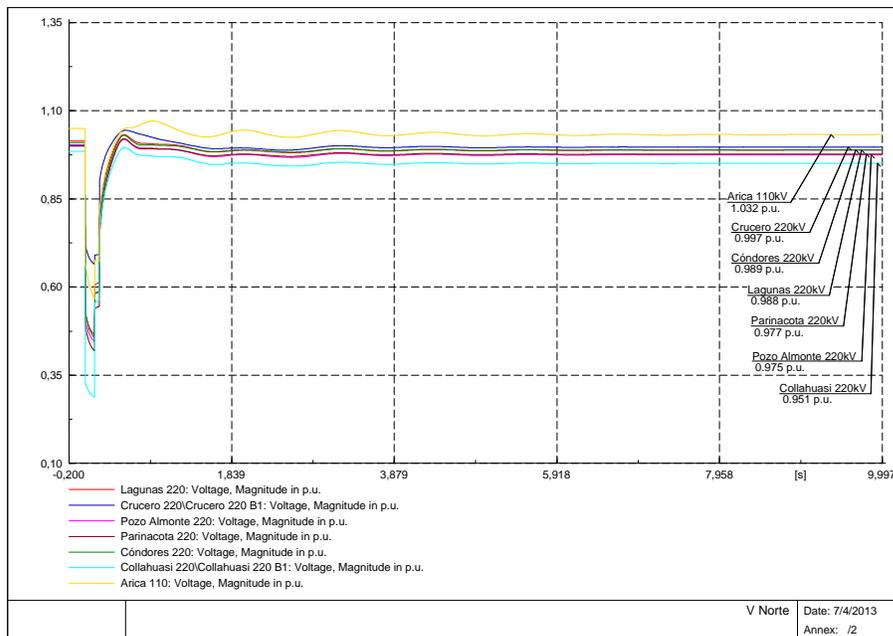
- 2013: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2



- 2014: Falla Línea 220 kV Crucero-Lagunas N°2



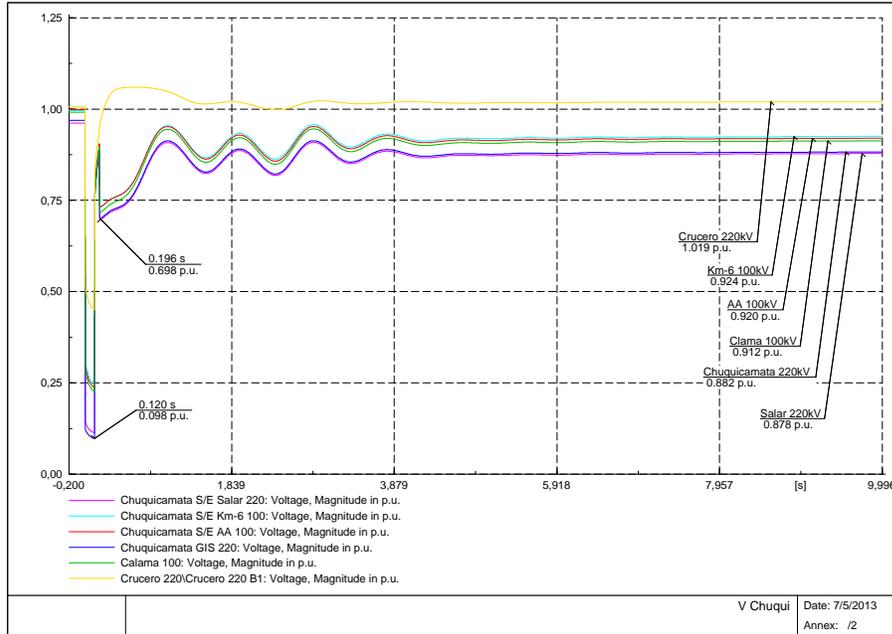
- 2014: Falla Línea 220 kV Encuentro-Collahuasi N°2



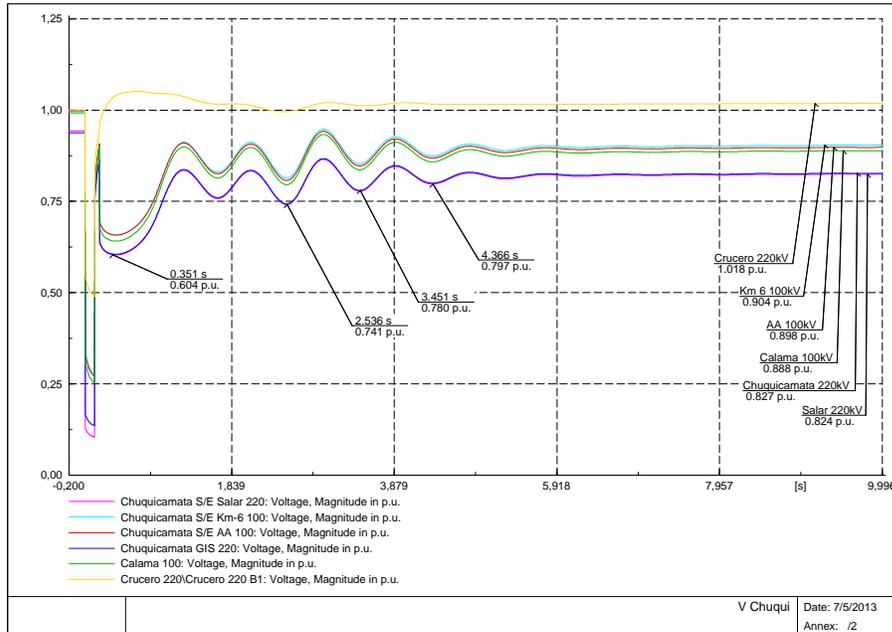
### 5.1.2 ZONA CHUQUICAMATA

*Caso 1: Generación Central Tocopilla de 690 y 700MW, para los años 2013 y 2014 respectivamente.*

- 2013: Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata

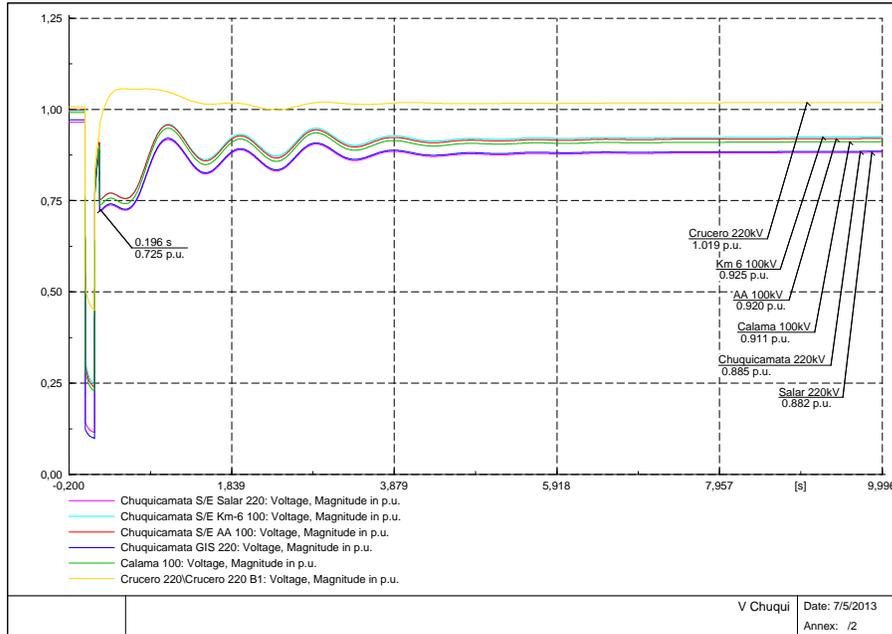


- 2014: Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata

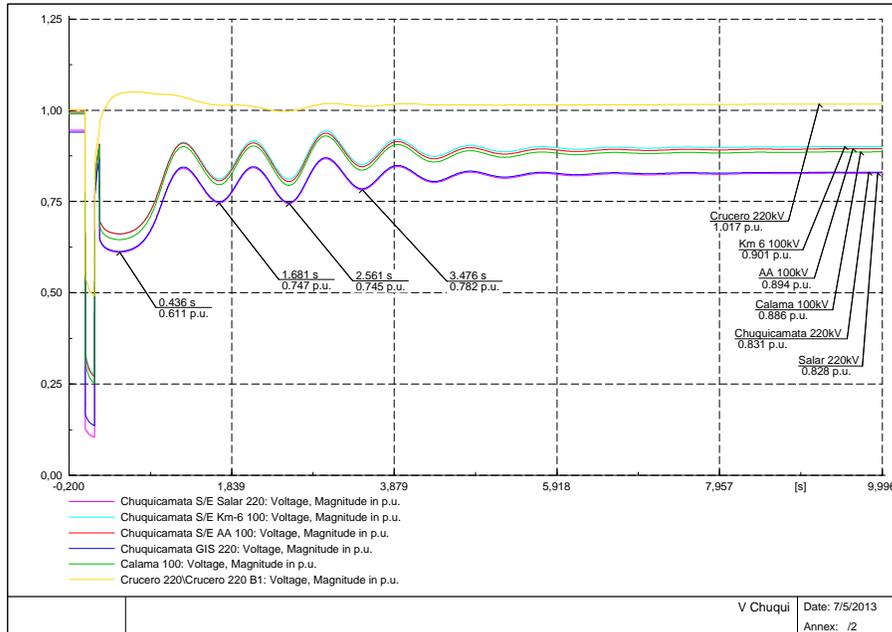


Caso 2: Generación Central Tocopilla de 580 y 620MW, para los años 2013 y 2014 respectivamente.

- 2013: Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata



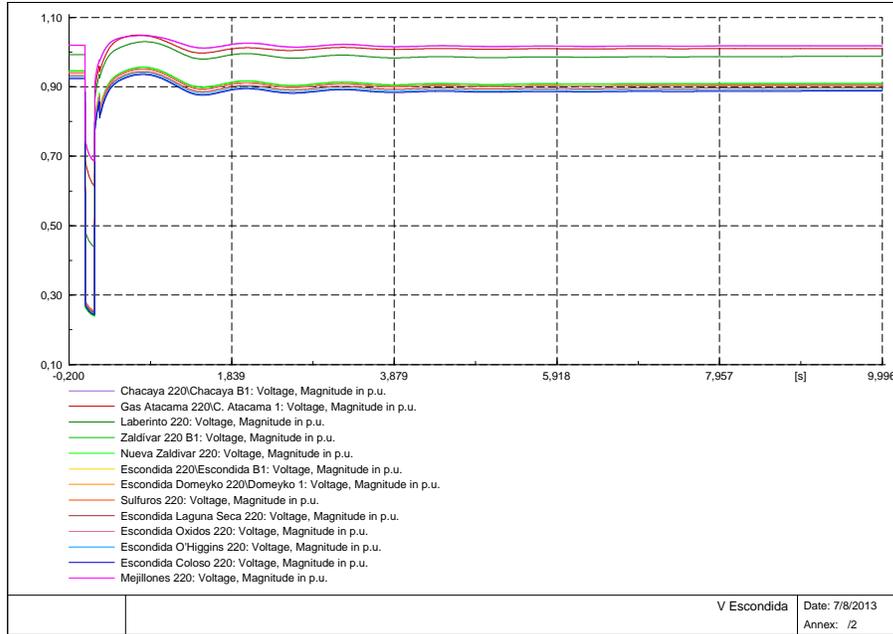
- 2014: Falla Línea 220 kV Crucero-Chuquicamata



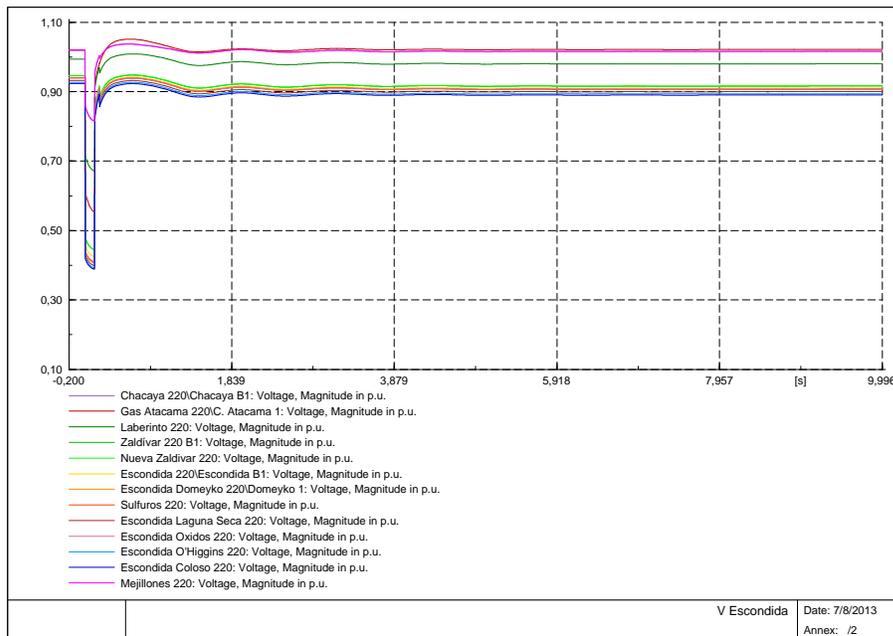
### 5.1.3 ZONA ESCONDIDA

#### Caso 1: Fuera de Servicio Línea 220 kV Mejillones-O'Higgins.

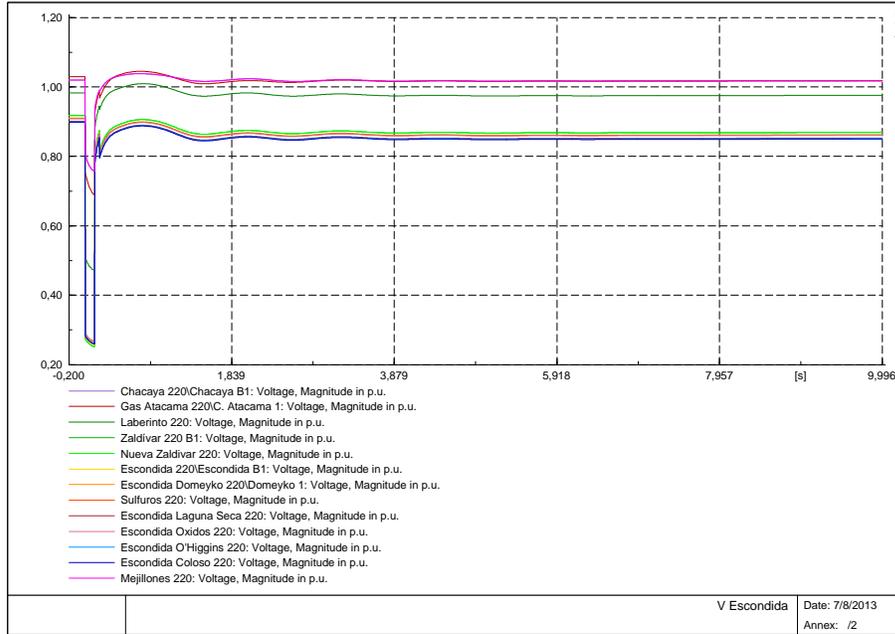
- 2013: Falla Línea 220 kV Laberinto-Nueva Zaldívar N°1



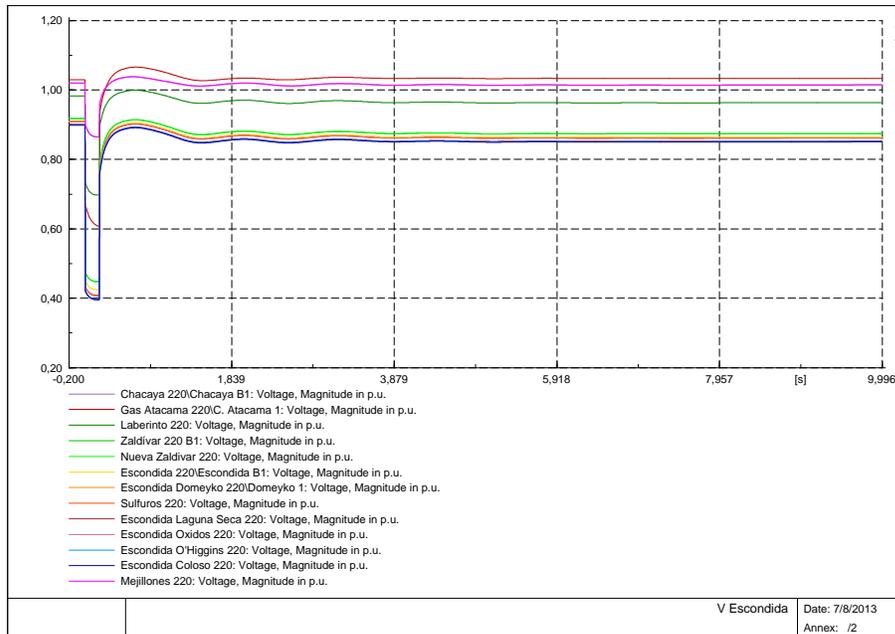
- 2013: Falla Línea 220 kV Atacama-Domeyko N°1



- 2014: Falla Línea 220 kV Laberinto-Nueva Zaldívar N°1

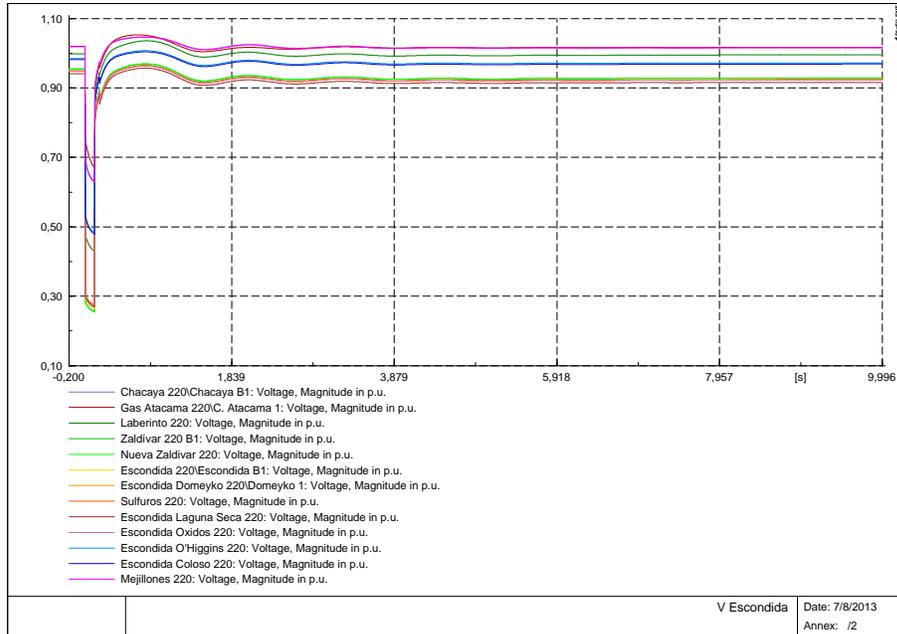


- 2014: Falla Línea 220 kV Atacama-Domeyko N°1

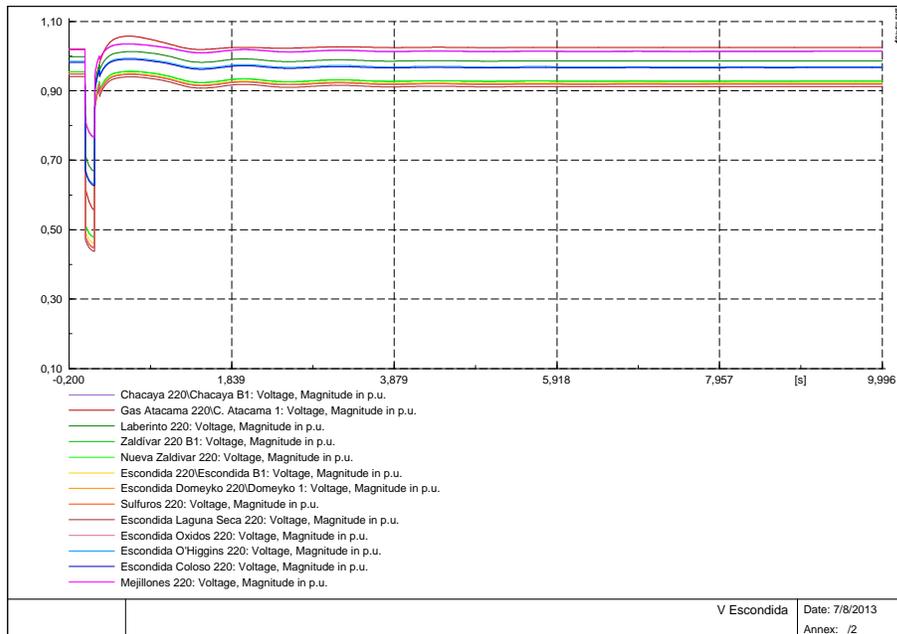


Caso 2: Fuera de Servicio Línea 220 kV Atacama-Domeyko.

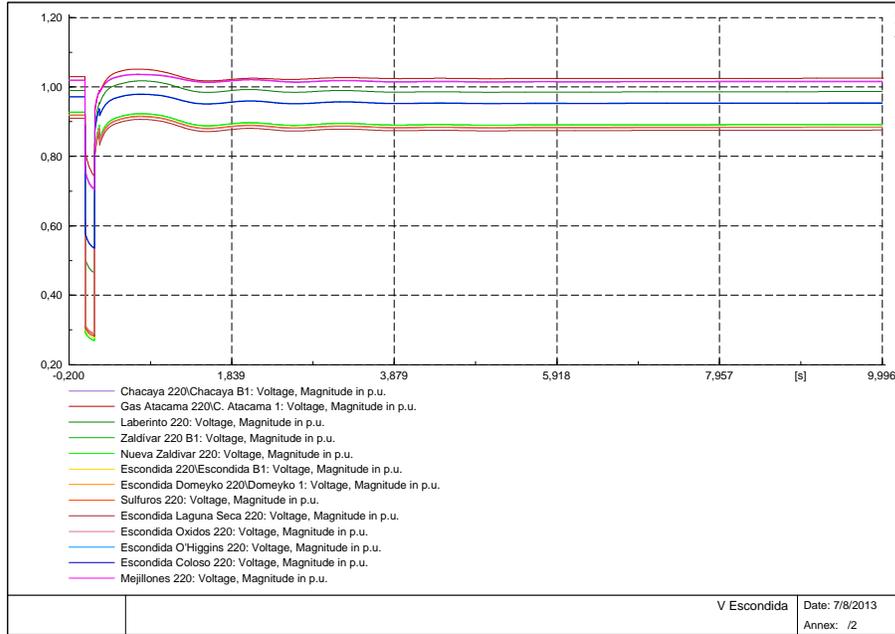
- 2013: Falla Línea 220 kV Laberinto-Nueva Zaldívar N°1



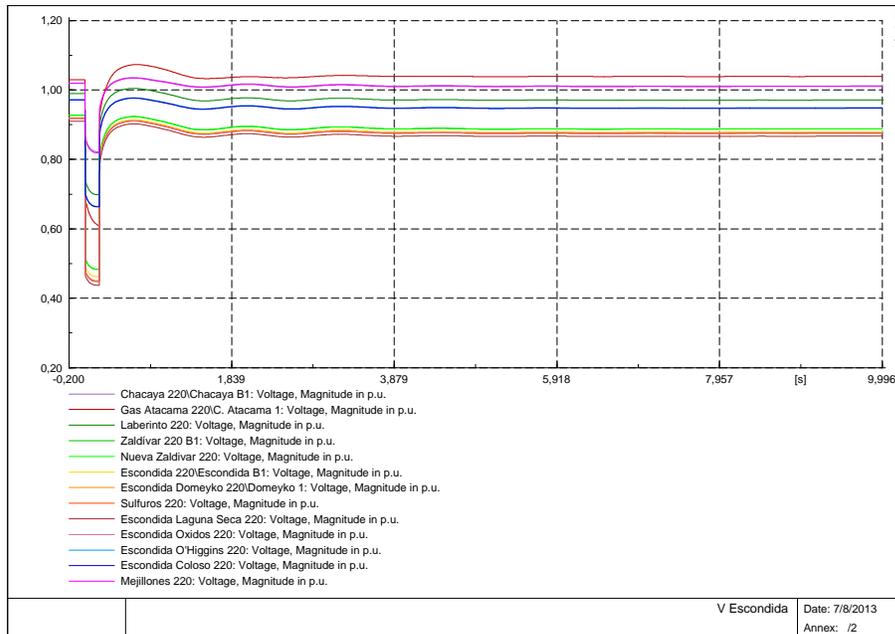
- 2013: Falla Línea 220 kV Atacama-Domeyko N°1



- 2014: Falla Línea 220 kV Laberinto-Nueva Zaldívar N°1



- 2014: Falla Línea 220 kV Atacama-Domeyko N°1





## 5.2 DESPACHO DE GENERACIÓN

### Año 2013

Unidad	Generación [MW]
ANG 1	230
ANG 2	230
CAV	2,7
CHAP	1,5
CTA	150
CTH	150
Chuquicamata UGs 1-3	2,4
PAM Turbogenerador	25
Quebrada Blanca UGs	3,3
CTTAR	140
U16	220
TG1A	95
TV1C	60
NTO1	134,5
NTO2	120
U12	60
U13	60
U14	122
U15	116
CTM1	149
CTM2	154
<b>TOTAL</b>	<b>2225,4</b>

### Año 2014

Unidad	Generación [MW]
ANG 1	230
ANG 2	240
CAVA	2,7
CHAP	1,5
CTA	150
CTH	150
Chuquicamata UGs 1-3	2,4
PAM Turbogenerador	25
Quebrada Blanca UGs	3,3
Tamaya 1-10	10,3
CTTAR	140
U16	280
CTM3-TG	100
CTM3-TV	60
TG1A	95
TG1B	95
TV1C	120
NTO1	120
NTO2	120
U11	37,5
U12	80
U13	80
U14	122
U15	116
CTM1	150
CTM2	154
<b>TOTAL</b>	<b>2684,7</b>