

Minuta DAOP N° 03/2023

Evaluación de la capacidad operacional de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la entrada en servicio de la S/E Los Notros



Índice

1	Introducción	3
2	Antecedentes	3
3	Análisis y Resultados	4
4	Conclusiones	12
5	Anexos	15

Minuta DAOP N° 03/2023

Evaluación de la capacidad operacional de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la entrada en servicio de la S/E Los Notros

1 Introducción

El presente documento entrega los resultados de un análisis orientado a determinar las máximas capacidades operacionales de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con el objetivo de mantener condiciones de seguridad de servicio en la zona sur del SEN frente a la ocurrencia de contingencias simples, con ocasión de la reciente puesta en servicio de la S/E Los Notros, proyecto que abarcó 3 etapas:

- Etapa 1: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Angostura - Mulchén en S/E Los Notros.
- Etapa 2: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Ralco - Charrúa en S/E Los Notros.
- Etapa 3: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Pangué - Charrúa en S/E Los Notros.

Las Etapas 1 y 2 se encuentran finalizadas recientemente. La Etapa 3 se encuentra pendiente de ejecutar, sin fecha concreta de puesta en servicio debido, entre otros aspectos, a la condición hidrológica de las centrales que inyectan su potencia en S/E Charrúa.

2 Antecedentes

Las capacidades de diseño de las instalaciones de transmisión para la zona de influencia son las siguientes:

Tabla 1. Capacidades de diseño de las instalaciones de transmisión en 220 kV entre las SS/EE Charrúa, Los Notros y Mulchén, según información del proyecto S/E Seccionadora Los Notros (NUP 1191).

Línea 220 [kV]	Límite	Capacidad térmica sin efecto sol [MVA]				Capacidad térmica con efecto sol [MVA]				Capacidad TT/CC [MVA] (*)		Capacidad TT/OO [MVA]	
		10°C	15°C	20°C	25°C	15°C	20°C	25°C	30°C	Valor	Extremo	Valor	Extremo
Mulchén - Santa Clara C1/C2	Permanente	729	701	678	655	645	614	581	546	915	Ambos	762	Ambos
	15 minutos	809	772	744	719	787	754	721	686				
Santa Clara - Charrúa C1/C2	Permanente	729	701	678	655	645	614	581	546	549	Charrúa	610	Ambos
	15 minutos	809	772	744	719	787	754	721	686				
Los Notros - Mulchén C1/C2	Permanente	738	710	681	651	658	627	594	558	915	Mulchén	-	-
	15 minutos	840	806	771	735	744	707	668	626				
Los Notros - Charrúa C1/C2	Permanente	975	932	886	837	844	793	738	678	1097	Ambos	-	-
	15 minutos	1158	1102	1044	982	988	924	856	782				
Los Notros - Trupán - Charrúa	Permanente	638	616	593	569	569	544	517	489	549	Ambos	-	-
	15 minutos	853	819	785	750	750	715	677	637				
Los Notros - Cholguán - Charrúa	Permanente	631	609	586	562	562	538	511	484	549	Ambos	-	-
	15 minutos	805	773	742	708	708	674	639	602				

(*) Incluye el 20% de sobrecarga permanente.

3 Análisis y Resultados

Se evaluaron las limitaciones de transmisión operacionales de las instalaciones de 220 kV entre las SS/EE Charrúa, Los Notros y Mulchén, considerando escenarios de hidrología seca y húmeda para la generación de las centrales que inyectan su energía en S/E Los Notros (hidrología seca: central Palmucho en servicio, centrales Ralco y Angostura fuera de servicio, central Pangué con 1 unidad a mínimo técnico; hidrología húmeda: central Palmucho en servicio, centrales Ralco, Angostura y Pangué a plena carga). Respecto del parque eólico considerado, se incluyeron tanto a las centrales que inyectan su potencia en el entorno a S/E Mulchén (centrales Campo Lindo, Renaico I, Renaico II, San Gabriel, Tolpán, Los Olmos y Malleco), así como aquellas conectadas más al sur (centrales San Pedro I, San Pedro II, Aurora y Puelche Sur), cuyo despacho se ajustó a la capacidad operacional del sistema de transmisión en análisis.

A partir de las capacidades de diseño indicadas en la Tabla 1, se identificó que las máximas transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén lo impone el tramo 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, al aplicar el criterio de seguridad N-1 frente a la contingencia simple más severa, que en esta ocasión viene dada por la desconexión intempestiva de una sección de barra 220 kV de S/E Charrúa (particularmente la sección N°3, donde están conectados un circuito de las líneas 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, Ralco - Charrúa y Pangué - Charrúa).

A continuación, se resumen los resultados obtenidos para cada etapa del proyecto Los Notros:

- Etapa 1: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Angostura - Mulchén en S/E Los Notros.

Seccionamiento de Ambos Circuitos Angostura - Mulchén 2x220 kV			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA]
Santa Clara → Charrúa	542	520	542
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA]
Santa Clara → Charrúa	541	520	541

Con la ejecución de la Etapa 1 (similar al caso sin proyecto), la limitación de las transferencias de potencia desde S/E Mulchén hacia S/E Charrúa viene dada por la capacidad de diseño de los elementos serie de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa (TT/CC del extremo Charrúa).

Frente a la contingencia simple más severa (en esta Etapa, la sección de barra N°3 de S/E Charrúa o un circuito de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa), que provoca la interrupción del flujo a través de uno de los circuitos de esta línea, el 92% del flujo del circuito desconectado (en el extremo Charrúa o en ambos extremos, según contingencia) se redistribuye por el circuito de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa que queda en servicio, en ambos escenarios hidrológicos.

- Etapa 2: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Ralco - Charrúa en S/E Los Notros.

Seccionamiento de Sólo 1 Circuito Ralco - Charrúa 2x220 kV			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	545	520	746 (138% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	508		
Mulchén → Los Notros	201		
Los Notros → Charrúa	221	224	
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	419	520	273 (50% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	380		
Mulchén → Los Notros	-446		
Los Notros → Charrúa	554	408	
Seccionamiento de Ambos Circuitos Ralco - Charrúa 2x220 kV			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	515	520	751 (139% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	477		
Mulchén → Los Notros	236		
Los Notros → Charrúa	256	224	
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	436	520	263 (49% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	399		
Mulchén → Los Notros	-473		
Los Notros → Charrúa	527	409	

(*) Calculado como: (Santa Clara → Charrúa) + (Mulchén → Los Notros) + (Generación de Angostura), esta última con 300 MW en H.H.

La secuencia de puesta en servicio de esta Etapa contempló seccionar, en primera instancia, uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Ralco - Charrúa (en este caso el circuito N°1), situación que se mantuvo con esa condición topológica por cerca de un mes y medio, debido a la alta disponibilidad del recurso hídrico en la central Ralco que impidió la desconexión del circuito N°2.

Lo relevante de estos resultados es que las máximas transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén, que lo impone el tramo 2x220 kV Santa Clara - Charrúa al aplicar el criterio de seguridad N-1, mejora respecto de la situación sin proyecto (o Etapa 1) para escenarios hidrológicos secos con baja generación de las centrales Ralco y Angostura, al contrario de los escenarios hidrológicos húmedos con alta generación de estas centrales. Lo anterior, debido a que la contingencia simple más severa (sección de barra N°3 de S/E Charrúa) provoca que parte del flujo a través de uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa se redistribuya por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa.

Frente a la contingencia simple más severa (sección de barra N°3 de S/E Charrúa), que provoca la interrupción del flujo a través de uno de los circuitos de las líneas 2x220 kV Santa Clara - Charrúa y Los Notros - Charrúa, el 68% y 63% del flujo conjunto de los circuitos desconectados (en el extremo Charrúa) se redistribuye por el circuito de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa que queda en servicio en los escenarios hidrológicos seco y húmedo, respectivamente. Estando en su etapa intermedia (seccionamiento de sólo 1 circuito), la redistribución cambia a 71% y 61%, en los escenarios hidrológicos seco y húmedo, respectivamente.

- Etapa 3: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Pangue - Charrúa en S/E Los Notros.

Seccionamiento de Sólo 1 Circuito Pangue - Charrúa 2x220 kV (circuito Trupán)			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	546	520	886 (163% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	508		
Mulchén → Los Notros	340		
Los Notros → Charrúa	231	191	
Los Notros → Cholguán	53	85	
Los Notros → Trupán	83	94	
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	442	520	230 (43% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	403		
Mulchén → Los Notros	-512		
Los Notros → Charrúa	550	417	
Los Notros → Cholguán	196	254	
Los Notros → Trupán	141	102	
Seccionamiento de Sólo 1 Circuito Pangue - Charrúa 2x220 kV (circuito Cholguán)			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	555	520	899 (166% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	517		
Mulchén → Los Notros	344		
Los Notros → Charrúa	235	188	
Los Notros → Cholguán	85	133	
Los Notros → Trupán	51	62	
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	461	520	277 (51% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	423		
Mulchén → Los Notros	-484		
Los Notros → Charrúa	551	406	
Los Notros → Cholguán	196	284	
Los Notros → Trupán	166	133	
Seccionamiento de Ambos Circuitos Pangue - Charrúa 2x220 kV			
Hidrología Seca	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	555	520	919 (170% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	517		
Mulchén → Los Notros	364		
Los Notros → Charrúa	226	184	
Los Notros → Cholguán	82	130	
Los Notros → Trupán	82	90	
Hidrología Húmeda	Operación Normal [MVA]	Post Contingencia [MVA]	Inyección Mulchén → Charrúa [MVA] *
Santa Clara → Charrúa	455	520	252 (47% respeto de Etapa 1)
Mulchén → Santa Clara	417		
Mulchén → Los Notros	-503		
Los Notros → Charrúa	555	411	
Los Notros → Cholguán	197	287	
Los Notros → Trupán	143	100	

(*) Calculado como: (Santa Clara → Charrúa) + (Mulchén → Los Notros) + (Generación de Angostura), esta última con 300 MW en H.H.

Al igual que en la Etapa 2, la secuencia de puesta en servicio de esta Etapa 3 contemplará seccionar los circuitos de la línea 2x220 kV Pangué - Charrúa de manera alternada (ya sea primero el que incorpora al Tap Trupán o bien al Tap Cholguán), en función de la disponibilidad del recurso hídrico en la central Pangué.

Nuevamente, los resultados muestran que las máximas transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén, que lo impone el tramo 2x220 kV Santa Clara - Charrúa al aplicar el criterio de seguridad N-1, mejora respecto de la situación sin proyecto (o Etapa 1, incluso sobre la Etapa 2) para escenarios hidrológicos secos con baja generación de las centrales Ralco, Pangué y Angostura, al contrario de los escenarios hidrológicos húmedos con alta generación de estas centrales. Lo anterior, debido a que la contingencia simple más severa (sección de barra N°3 de S/E Charrúa) provoca que parte del flujo a través de uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa y de la línea 1x220 kV Los Notros - Tap Trupán - Charrúa se redistribuyan por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa.

Frente a la contingencia simple más severa (sección de barra N°3 de S/E Charrúa), que provoca la interrupción del flujo a través de uno de los circuitos de las líneas 2x220 kV Santa Clara - Charrúa y Los Notros - Charrúa y de la línea 1x220 kV Los Notros - Tap Trupán - Charrúa, el 51% y 45% del flujo conjunto de los circuitos desconectados (en el extremo Charrúa) se redistribuye por el circuito de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa que queda en servicio en los escenarios hidrológicos seco y húmedo, respectivamente. Estando en su etapa intermedia (seccionamiento de sólo 1 circuito, en este caso Tap Trupán), la redistribución cambia a 52% y 47%, en los escenarios hidrológicos seco y húmedo, respectivamente. Por su parte, estando en su etapa intermedia alternativa (seccionamiento de sólo 1 circuito, en este caso Tap Cholguán), la redistribución cambia a 54% y 43%, en los escenarios hidrológicos seco y húmedo, respectivamente.

En resumen, si bien las Etapas 2 y 3 del proyecto de S/E Los Notros incorporan flexibilidad operacional a las líneas 2x220 kV Angostura - Mulchén, Ralco - Charrúa y Pangué - Charrúa, las transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén aumentan en la medida que se dispone de un escenario hidrológico seco, con baja generación de las centrales Angostura, Ralco y Pangué.

En un escenario de hidrología húmeda, mientras el flujo de carga por la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén, en dirección hacia S/E Mulchén, sea inferior a la generación de la central Angostura, de manera de que parte de la generación de la central Angostura se inyecte hacia S/E Charrúa sin hacer uso de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, podría convenir mantener enmallado el sistema Ralco - Pangué - Charrúa con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa a través de S/E Los Notros, para maximizar las transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén. En caso contrario, podría convenir desenmallar ambos sistemas, ya sea operando abierta la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén en el extremo de S/E Mulchén, inyectando la totalidad de la generación de la central Angostura hacia S/E Charrúa sin hacer uso de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, o bien dejando la inyección de generación de la central Angostura radial hacia S/E Mulchén. A continuación, se describen ambas condiciones topológicas:

- **Topología normal:** Sistema Ralco - Pangue - Charrúa enmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, de acuerdo con las relaciones siguientes¹. En Anexo se detalla la obtención de cada una de ellas:

- Etapa 1:

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} < 543 \text{ [MVA]} \approx 540 \text{ [MVA]}$$

- Etapa 2:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,80 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 620 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,77 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 635 \text{ [MVA]}$$

Cabe destacar que no se aprecian diferencias significativas entre ambas expresiones, pudiendo con ello optar por la expresión más conservadora para simplificar su monitoreo en tiempo real.

- Etapa 3:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangue):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 690 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangue):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,62 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 715 \text{ [MVA]}$$

Para las etapas intermedias de seccionamiento, se obtuvo lo siguiente:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangue), Seccionamiento [hacia Tap Trupán:](#)

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 685 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangue), Seccionamiento [hacia Tap Trupán:](#)

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,64 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 705 \text{ [MVA]}$$

¹ Considera 549 [MVA] que equivale a la potencia aparente a tensión nominal de la capacidad de sobrecarga de los TT/CC del extremo Charrúa, adicionando a un Factor de Seguridad de 5%.

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Cholguán](#):

$$Tx (\text{Santa Clara-Charrúa } C1+C2) + 0,70 * Tx (\text{Los Notros-Charrúa } C2 + \text{Trupán-Charrúa}) < 675 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Cholguán](#):

$$Tx (\text{Santa Clara-Charrúa } C1+C2) + 0,60 * Tx (\text{Los Notros-Charrúa } C2 + \text{Trupán-Charrúa}) < 725 \text{ [MVA]}$$

Al igual que en la Etapa 2, no se aprecian diferencias significativas entre las respectivas expresiones de ambas hidrologías, pudiendo con ello optar por la expresión más conservadora para simplificar su monitoreo en tiempo real.

- o **Topología alternativa:** Sistema Ralco - Pangué - Charrúa desenmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, de acuerdo con las relaciones siguientes². En Anexo se detalla la obtención de cada una de ellas:

- Etapas 1, 2 y 3:

$$Tx (\text{Santa Clara-Charrúa } C1+C2) < 540 \text{ [MVA]}$$

Los resultados obtenidos también muestran la necesidad de efectuar un control de generación entre las centrales Ralco y Angostura de acuerdo con la relación siguiente³:

- Etapa 2:

$$Gx (\text{Centrales Ralco} + \text{Angostura}) < 760 \text{ [MW]}$$

A) Análisis de sensibilidad 1: Cambio de razón de transformación de TT/CC de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa en S/E Charrúa

Se encuentra finalizando la evaluación del cambio de razón de transformación de los TT/CC de los paños J3 y J23 de S/E Charrúa, para modificar la razón 1200/5 [A] a 2400/5 [A]. Con este cambio, la limitación de las transferencias de potencia a través de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa quedará sujeta a la capacidad de diseño de sus trampas de onda (1600 [A] en ambos extremos, equivalente a 610 [MVA] a tensión nominal). Con este cambio de razón de transformación, los resultados se deberán ajustar a lo siguiente:

- o **Topología normal:** Sistema Ralco - Pangué - Charrúa enmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros.

² Considera 549 [MVA] que equivale a la potencia aparente a tensión nominal de la capacidad de sobrecarga de los TT/CC del extremo Charrúa, adicionando a un Factor de Seguridad de 5%.

³ Considera Limitación impuesta por estándares de estabilidad oscilatoria, con factor de amortiguamiento de 5% frente a cortocircuito bifásico a tierra al 1% de S/E Charrúa en uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, de acuerdo con las relaciones siguientes⁴. En Anexo se detalla la obtención de cada una de ellas:

- Etapa 1:

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} < 600 \text{ [MVA]}$$

- Etapa 2:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,80 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 690 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,77 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 710 \text{ [MVA]}$$

Cabe destacar que no se aprecian diferencias significativas entre ambas expresiones, pudiendo con ello optar por la expresión más conservadora para simplificar su monitoreo en tiempo real.

- Etapa 3:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangué):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 765 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangué):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,62 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 800 \text{ [MVA]}$$

Para las etapas intermedias de seccionamiento, se tiene lo siguiente:

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Trupán](#):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 760 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Trupán](#):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,64 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 785 \text{ [MVA]}$$

- Hidrología Seca (baja generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Cholguán](#):

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,70 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 750 \text{ [MVA]}$$

⁴ Considera 610 [MVA] que equivale a la potencia aparente a tensión nominal de la capacidad nominal de las TT/OO de ambos extremos de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, adicionando a un Factor de Seguridad de 5%.

- Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura, Ralco y Pangué), Seccionamiento [hacia Tap Cholguán](#):

$$Tx (\text{Santa Clara-Charrúa } C1+C2) + 0,60 * Tx (\text{Los Notros-Charrúa } C2 + \text{Trupán-Charrúa}) < 810 \text{ [MVA]}$$

Al igual que en la Etapa 2, no se aprecian diferencias significativas entre las respectivas expresiones de ambas hidrologías, pudiendo con ello optar por la expresión más conservadora para simplificar su monitoreo en tiempo real.

- o **Topología alternativa:** Sistema Ralco - Pangué - Charrúa desenmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, de acuerdo con las relaciones siguientes⁵. En Anexo se detalla la obtención de cada una de ellas:

- Etapas 1, 2 y 3:

$$Tx (\text{Santa Clara-Charrúa } C1+C2) < 600 \text{ [MVA]}$$

Los resultados obtenidos también muestran la necesidad de efectuar un control de generación entre las centrales Ralco y Angostura de acuerdo con lo siguiente⁶:

- Etapa 2:

$$Gx (\text{Centrales Ralco} + \text{Angostura}) < 760 \text{ [MW]}$$

B) Análisis de sensibilidad 2: Implementación de un automatismo de control de transferencias para las líneas 2x220 kV Mulchén - Santa Clara y Santa Clara - Charrúa, de cargo de Coordinados

Se encuentra en proceso de revisión una propuesta de la empresa Acciona Energía Chile Holdings S.A., para implementar un automatismo de control de transferencias para las líneas 2x220 kV Mulchén - Santa Clara y Santa Clara - Charrúa. De acuerdo con los antecedentes presentados a la fecha, la propuesta consiste en maximizar la generación de las centrales ERNC conectadas al sur de S/E Charrúa para mayor aprovechamiento de dichas líneas, siendo capaz de calcular la máxima transferencia por dicho enlace 2x220 kV, considerando condiciones de operación del sistema, temperatura ambiente y un máximo monto de desconexión de generación de 380 [MW].

En tal sentido, dentro de la filosofía de operación de este automatismo debiese de estar considerada la relación de los flujos de potencia a través de las líneas que se desean maximizar sus transferencias de carga, con respecto a la redistribución de los flujos provenientes de las líneas desconectadas frente a la contingencia simple más crítica analizada en el presente documento.

⁵ Considera 549 [MVA] que equivale a la potencia aparente a tensión nominal de la capacidad de sobrecarga de los TT/CC del extremo Charrúa, adicionando a un Factor de Seguridad de 5%.

⁶ Considera Limitación impuesta por estándares de estabilidad oscilatoria, con factor de amortiguamiento de 5% frente a cortocircuito bifásico a tierra al 1% de S/E Charrúa en uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa.

C) Eficiencia de las centrales que inyectan su potencia entre las SS/EE Los Notros y Mulchén, en el control de transferencia por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa

Respecto del control de transferencia por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, los resultados muestran que, en función de la Etapa del proyecto Los Notros que se encuentre en operación, la reducción de las inyecciones de las centrales conectadas desde S/E Santa Clara al sur tienen mayor incidencia en la reducción del flujo de carga por dicha línea de transmisión. A modo referencial, se muestra el siguiente cuadro resumen:

	Central Ralco	Central Angostura	Central Renaico II	Central Campo Lindo
Etapa 2	41%	41%	61%	83%
Etapa 3	29%	29%	54%	80%

4 Conclusiones

Esta minuta ha presentado los resultados de un análisis enfocado a verificar las máximas capacidades operacionales de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con el objetivo de mantener condiciones de seguridad de servicio en la zona sur del SEN frente a la ocurrencia de contingencias simples, con ocasión de la reciente puesta en servicio de la S/E Los Notros, proyecto que abarca 3 etapas:

- Etapa 1: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Angostura - Mulchén en S/E Los Notros (finalizada).
- Etapa 2: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Ralco - Charrúa en S/E Los Notros (finalizada).
- Etapa 3: Seccionamiento de la línea 2x220 kV Pangué - Charrúa en S/E Los Notros (no iniciada).

En función de escenarios que representan hidrologías seca y húmeda en la zona sur del SEN, en particular para la generación de las centrales que inyectan su energía en S/E Los Notros (hidrología seca: central Palmucho en servicio, centrales Ralco y Angostura fuera de servicio, central Pangué con 1 unidad a mínimo técnico; hidrología húmeda: central Palmucho en servicio, centrales Ralco, Angostura y Pangué a plena carga), junto el despacho de los parques eólicos conectados tanto en el entorno a S/E Mulchén (centrales Campo Lindo, Renaico I, Renaico II, San Gabriel, Tolpán, Los Olmos y Malleco), así como aquellos conectados más al sur (centrales San Pedro I, San Pedro II, Aurora y Puelche Sur), los resultados fueron los siguientes:

- Las máximas transferencias de potencia del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén las imponen las capacidades de diseño de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, al aplicar el criterio de seguridad N-1 frente a la peor contingencia simple que viene dada por la desconexión intempestiva de una sección de barra 220 kV de S/E Charrúa (sección N°3, donde están conectados un circuito de las líneas 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, Los Notros - Charrúa y el tramo 1x220 kV Tap Trupán - Charrúa).

- La incorporación del proyecto de S/E Los Notros, puntualmente sus Etapas 2 y 3, otorgan mayor flexibilidad operacional a las actuales líneas 2x220 kV Angostura - Mulchén, Ralco - Charrúa y Pangué - Charrúa. No obstante, las transferencias del sistema de transmisión para flujos sur → norte desde S/E Mulchén tienden a aumentar en la medida que se dispone de un escenario hidrológico seco, con baja generación de las centrales Angostura, Ralco y Pangué, debido a que la contingencia simple más severa provoca que parte del flujo a través de los circuitos desconectados se redistribuya por el circuito de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa que queda en servicio, aumentando su carga post contingencia.
- Se recomienda mantener el sistema de transmisión Ralco - Pangué - Charrúa enmallado con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros, en la medida que el flujo de carga por la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén, en dirección hacia S/E Mulchén, sea inferior a la generación de la central Angostura, de manera de que parte de la generación de la central Angostura se inyecte hacia S/E Charrúa sin hacer uso de los tramos de línea 2x220 kV Mulchén - Santa Clara - Charrúa. En caso contrario, convendría desenmallar ambos sistemas, operando abierta la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén en el extremo de S/E Mulchén, inyectando la totalidad de la generación de la central Angostura en S/E Los Notros, o bien dejando la inyección de generación de esta central radial hacia S/E Mulchén.
- No obstante, la decisión de operar enmallado o no dependerá de la activación de las relaciones de los flujos de carga al efectuar un control de transferencia por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, según se muestra en los siguientes cuadros resumen, elaborados para las Etapas 2 y 3.

Etapa 2	Alternativa 1: Operación Normal	Alternativa 2: Operación Desenmallada	Alternativa 3: Operación Desenmallada
Topología	Sistema de transmisión Ralco - Pangué - Charrúa <u>enmallado</u> con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros	Sistema de transmisión Ralco - Pangué - Charrúa <u>desenmallado</u> con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, esto es, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén	Sistema de transmisión Ralco - Pangué - Charrúa <u>desenmallado</u> con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, esto es, con la central Angostura conectada radial hacia S/E Mulchén
Estado de interruptores	Cerrados los interruptores 52J5 y 52J6 de S/E Mulchén; cerrados los interruptores de S/E Los Notros	Abiertos los interruptores 52J5 y 52J6 de S/E Mulchén; cerrados los interruptores de S/E Los Notros	Cerrados los interruptores 52J5 y 52J6 de S/E Mulchén; abiertos los interruptores 52J7, 52J9, 52J10 y 52J12 de S/E Los Notros
Limitación Tx por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa por capacidad de diseño de transformadores de corriente extremo Charrúa, 1200/5 [A]			
Control de Transferencias	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + $0,80 * T_x$ (Los Notros-Charrúa C2) < 620 [MVA]	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 540 [MVA]	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 540 [MVA]
Control de Generación	---	G_x (Ralco + Angostura) < 760 [MW]	---
Limitación Tx por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa por capacidad de diseño de sus trampas de onda, 1600 [A]			
Control de Transferencias	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + $0,80 * T_x$ (Los Notros-Charrúa C2) < 690 [MVA]	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 600 [MVA]	T_x (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 600 [MVA]
Control de Generación	---	G_x (Ralco + Angostura) < 760 [MW]	---

Mientras se cumpla que la suma de los flujos entre la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa y el circuito 2 de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa no supere los 620/690 [MVA] (según limitación de diseño de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa), el sistema se podrá operar enmallado. De lo contrario, el sistema se debe desenmallar, ya sea abriendo la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén en S/E Mulchén (mientras la suma de la generación de las centrales Ralco y Angostura no supere los 760 [MW]), o en su defecto, dejando la inyección de generación de la central Angostura radial hacia S/E Mulchén. En ambos casos de desenmalle, los flujos por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa no deben superar los 540/600 [MVA] (según su limitación de diseño).

Etapa 3		Alternativa 1: Operación Normal	Alternativa 2: Operación Desenmallada
Topología		Sistema de transmisión Ralco - Pangue - Charrúa <u>enmallado</u> con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros	Sistema de transmisión Ralco - Pangue - Charrúa <u>desenmallado</u> con el sistema de transmisión Mulchén - Santa Clara - Charrúa, esto es, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén
Estado de interruptores		Cerrados los interruptores 52J5 y 52J6 de S/E Mulchén; cerrados los interruptores de S/E Los Notros	Abiertos los interruptores 52J5 y 52J6 de S/E Mulchén; cerrados los interruptores de S/E Los Notros
Limitación Tx por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa por capacidad de diseño de transformadores de corriente extremo Charrúa, 1200/5 [A]			
Control de Transferencias	Etapa Finalizada	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 690 [MVA]	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 540 [MVA]
	Seccionamiento Tap Trupán	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 685 [MVA]	
	Seccionamiento Tap Cholguán	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 675 [MVA]	
Limitación Tx por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa por capacidad de diseño de sus trampas de onda, 1600 [A]			
Control de Transferencias	Etapa Finalizada	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 765 [MVA]	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 600 [MVA]
	Seccionamiento Tap Trupán	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 760 [MVA]	
	Seccionamiento Tap Cholguán	Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,68*T _x (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 750 [MVA]	

Similar a la Etapa 2, mientras se cumpla que la suma de los flujos entre la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, el circuito 2 de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa y el tramo 1x220 kV Trupán - Charrúa no supere los 690/765 [MVA] (según limitación de diseño de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa), el sistema se podrá operar enmallado. De lo contrario, el sistema se debe desenmallar, de preferencia abriendo la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén en S/E Mulchén, o en su defecto, dejando la inyección de generación de la central Angostura radial hacia S/E Mulchén. En ambos casos de desenmalle, los flujos por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa no deben superar los 540/600 [MVA] (según su limitación de diseño).

Por su parte, durante las etapas intermedias de seccionamientos parciales, ya sea hacia el Tap Trupán o hacia el Tap Cholguán, la diferencia del control de transferencia por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa respecto de la situación final es marginal.

Finalmente, mencionar que al ejecutar un control de transferencia por la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa, que requiera de la reducción de su flujo de carga, resulta tener mayor incidencia la reducción de las inyecciones de las centrales conectadas desde S/E Santa Clara al sur respecto de aquellas conectadas en S/E Los Notros (escenario enmallado), siendo su diferencia del orden de 1,5 y 2 veces mayor durante la operación de la Etapa 2, y del orden de 1,9 y 2,8 veces mayor durante la operación de la Etapa 3 (inyecciones en Mulchén y Santa Clara, respectivamente).

5 Anexos

Obtención de relaciones para el control de transferencias:

- Etapa 1:

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,92 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,92 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2)} < 521 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} < 543 \text{ [MVA]} \approx 540 \text{ [MVA]}$$

- Etapa 2:

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):**

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,68 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,68 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} < 521 \text{ [MVA]} \approx 520 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,80 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 619 \text{ [MVA]} \approx 620 \text{ [MVA]}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):**

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,63 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,63 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} < 521 \text{ [MVA]} \approx 520 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,77 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} < 638 \text{ [MVA]} \approx 635 \text{ [MVA]}$$

- Etapa 3:

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):**

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,51 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,51 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 521 \text{ [MVA]} \approx 520 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 689 \text{ [MVA]} \approx 690 \text{ [MVA]}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):**

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,45 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,45 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 521 \text{ [MVA]} \approx 520 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,62 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 717 \text{ [MVA]} \approx 715 \text{ [MVA]}$$

Para las etapas intermedias de seccionamiento, se tiene lo siguiente:

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento [hacia Tap Trupán:](#)**

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,52 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 549 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,52 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 521 \text{ [MVA]} \approx 520 \text{ [MVA]}$$

$$\text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} < 684 \text{ [MVA]} \approx 685 \text{ [MVA]}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Trupán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,47*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 549 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,47*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 521 [MVA] ≈ 520 [MVA]
Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,64*Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 707 [MVA] ≈ 705 [MVA]

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Cholguán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,54*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 549 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,54*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 521 [MVA] ≈ 520 [MVA]
Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,70*Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 675 [MVA]

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Cholguán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,43*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 549 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,43*Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 521 [MVA] ≈ 520 [MVA]
Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,60*Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 727 [MVA] ≈ 725 [MVA]

- **Topología alternativa:** Sistema Ralco - Pangué - Charrúa desenmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén.

Se deberá efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa de acuerdo con lo siguiente:

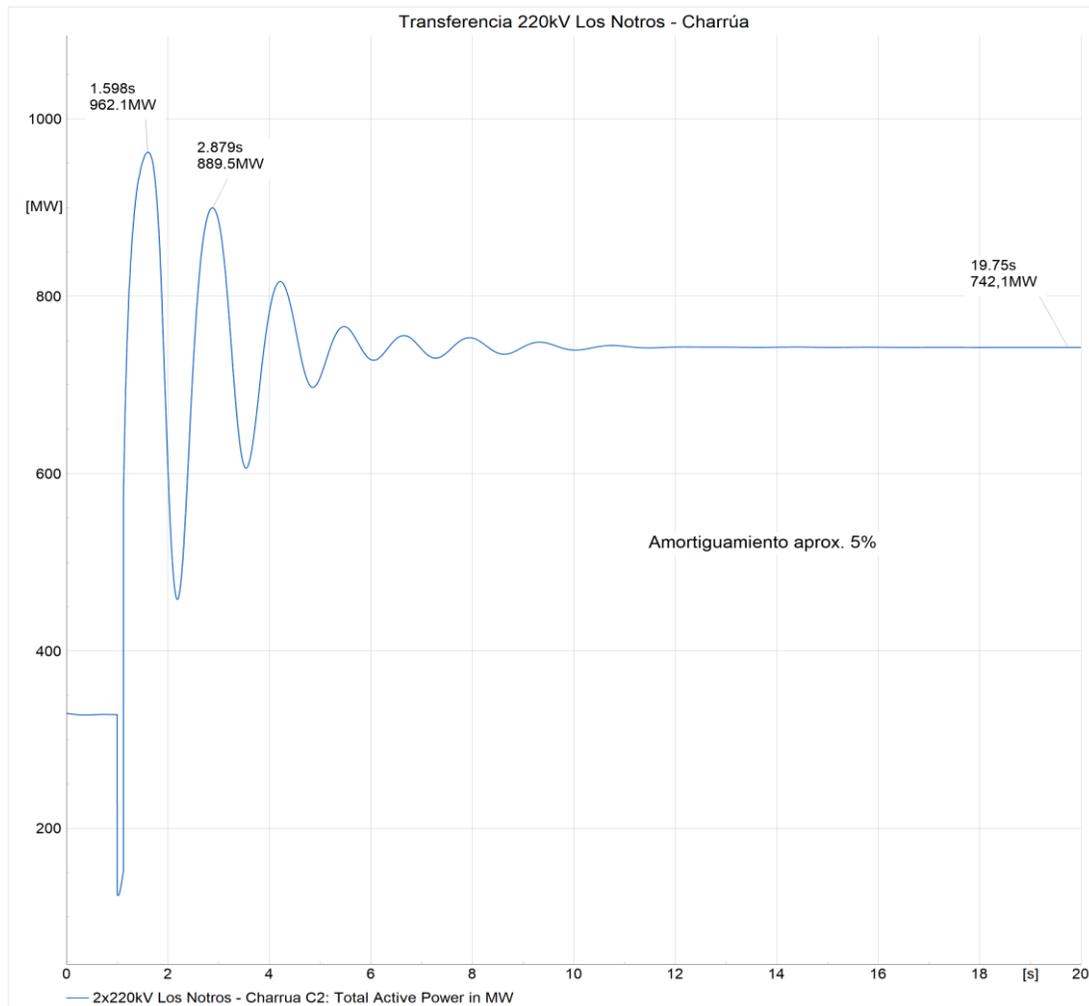
- Etapas 1, 2 y 3:

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,92*Tx (Santa Clara-Charrúa C2) < 549 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,92*Tx (Santa Clara-Charrúa C2) < 521 [MVA]
Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 543 [MVA] ≈ 540 [MVA]

Se deberá efectuar un control de generación entre las centrales Ralco y Angostura de acuerdo con lo siguiente:

- Etapas 2:

Gx (Centrales Ralco + Angostura) < 760 [MW]



Factor de amortiguamiento de 5% frente a cortocircuito bifásico a tierra al 1% de S/E Charrúa en uno de los circuitos de la línea 2x220 kV Los Notros - Charrúa.

D) Análisis de sensibilidad 1: Cambio de razón de transformación de TT/CC de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa en S/E Charrúa

Se encuentra finalizando la evaluación del cambio de razón de transformación de los TT/CC de los paños J3 y J23 de S/E Charrúa, para modificar la razón 1200/5 [A] a 2400/5 [A]. Con este cambio, la limitación de las transferencias de potencia a través de la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa quedará sujeta a la capacidad de diseño de sus trampas de onda (1600 [A] en ambos extremos, equivalente a 610 [MVA] a tensión nominal). Con este cambio de razón de transformación, los resultados se deberán ajustar a lo siguiente:

- **Topología normal:** Sistema Ralco - Pangue - Charrúa enmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, a través de S/E Los Notros.

Se deberá efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa de acuerdo con lo siguiente:

- **Etapa 1:**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,92 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,92 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} &< 603 \text{ [MVA]} \approx 600 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

- **Etapa 2:**

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,68 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,68 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,80 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} &< 689 \text{ [MVA]} \approx 690 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,63 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,63 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,77 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2)} &< 710 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

- **Etapa 3:**

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco):**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,51 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,51 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 767 \text{ [MVA]} \approx 765 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco):**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,45 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,45 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,62 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 799 \text{ [MVA]} \approx 800 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

Para las etapas intermedias de seccionamiento, se tiene lo siguiente:

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Trupán:**

$$\begin{aligned} \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,52 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 610 \text{ [MVA]} * \text{Factor Seguridad} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1)} + 0,52 * \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 579 \text{ [MVA]} \\ \text{Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2)} + 0,68 * \text{Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa)} &< 762 \text{ [MVA]} \approx 760 \text{ [MVA]} \end{aligned}$$

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Trupán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,47* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 610 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,47* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 579 [MVA]
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,64* Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 788 [MVA] ≈ 785 [MVA]

- **Hidrología Seca (baja generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Cholguán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,54* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 610 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,54* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 579 [MVA]
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,70* Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 752 [MVA] ≈ 750 [MVA]

- **Hidrología Húmeda (alta generación de Angostura y Ralco) y Seccionamiento hacia Tap Cholguán:**

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,43* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 610 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,43* Tx (Santa Clara-Charrúa C2 + Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 579 [MVA]
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) + 0,60* Tx (Los Notros-Charrúa C2 + Trupán-Charrúa) < 810 [MVA]

- **Topología alternativa:** Sistema Ralco - Pangué - Charrúa desenmallado con el sistema Mulchén - Santa Clara - Charrúa, con la línea 2x220 kV Los Notros - Mulchén abierta en S/E Mulchén.

Se deberá efectuar un control de transferencia para la línea 2x220 kV Santa Clara - Charrúa de acuerdo con lo siguiente:

- Etapas 1, 2 y 3:

Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,92* Tx (Santa Clara-Charrúa C2) < 610 [MVA]*Factor Seguridad
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1) + 0,92* Tx (Santa Clara-Charrúa C2) < 579 [MVA]
 Tx (Santa Clara-Charrúa C1+C2) < 603 [MVA] ≈ 600 [MVA]

Se deberá efectuar un control de generación entre las centrales Ralco y Angostura de acuerdo con lo siguiente:

- Etapas 2:

Gx (Centrales Ralco + Angostura) < 760 [MW]