

A photograph of an industrial facility, likely a refinery or chemical plant, during sunset. The sky is filled with orange and pink clouds. Several tall, cylindrical distillation columns are visible, along with various pipes, ladders, and structural steel. The lighting is warm, highlighting the metallic surfaces of the equipment.

inodú

Análisis de casos basados en consideraciones de la minuta DAOP 02/2024 con el objetivo de cumplir con $ESCR \geq 1,5$ en el SEN

26.11.2024

Objetivo

Cuantificar los recursos sistémicos necesarios para cumplir con un criterio de seguridad en el SEN basado en ESCR de 1,5 ante distintos escenarios.

Metodología

A partir de la Base de Datos DigSilent utilizada para la minuta DAOP 02/2024 por el Coordinador, se evaluaron escenarios de despacho de centrales térmicas para cumplir con el objetivo de $ESCR \geq 1,5$ en las barras del SEN Norte.

Se tomó como base el escenario "C11_SE_2UG" disponible en la Base de Datos, ajustando el despacho de centrales térmicas y centrales ERV de la zona Norte Grande y Norte Chico para cumplir con el ESCR objetivo.

Todas las maniobras de re-despacho mantienen las condiciones de flujo por las líneas Changos – Cumbres (1100 MVA) y Nueva Pan de Azúcar – Polpaico (2030 MVA) establecidas por el Coordinador.

Contenido

- 1 Descripción de escenarios
- 2 Requerimientos mínimos para mantener $ESCR \geq 1,5$ en las barras del SEN
- 3 Desafíos identificados



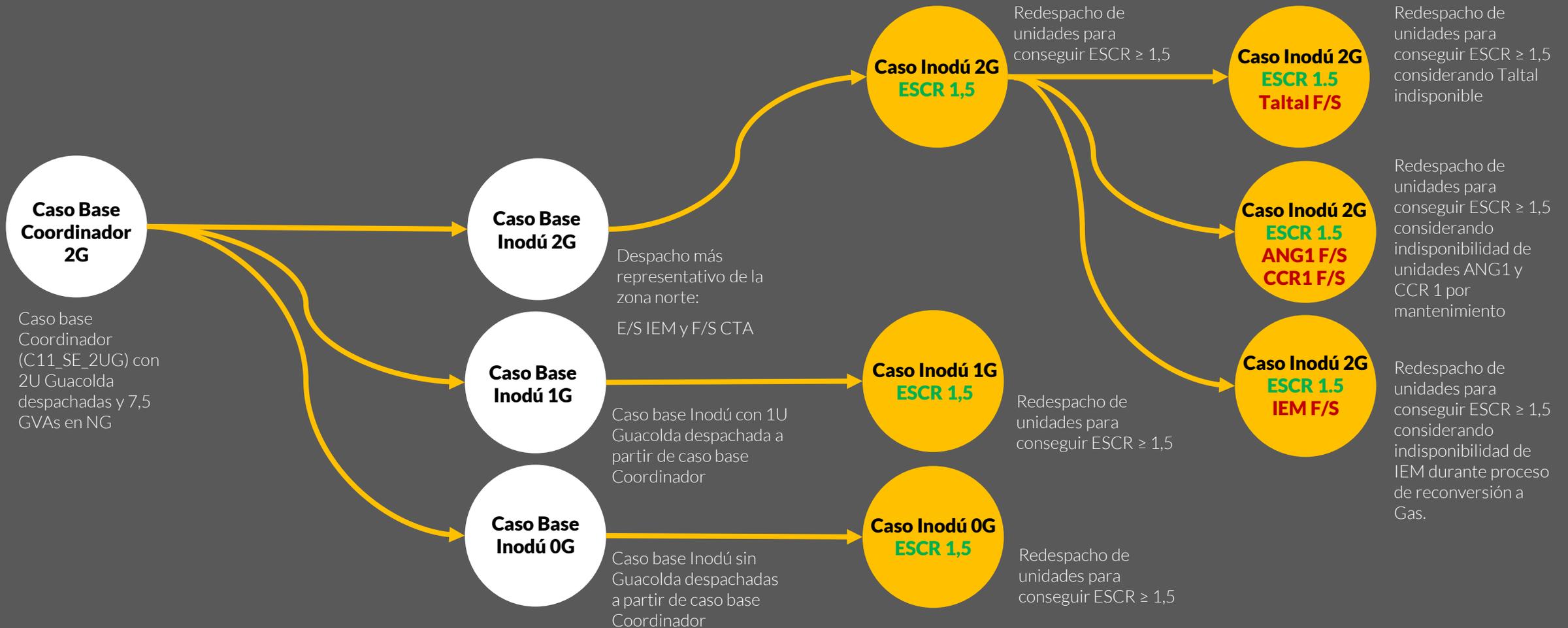


1

Descripción de Escenarios

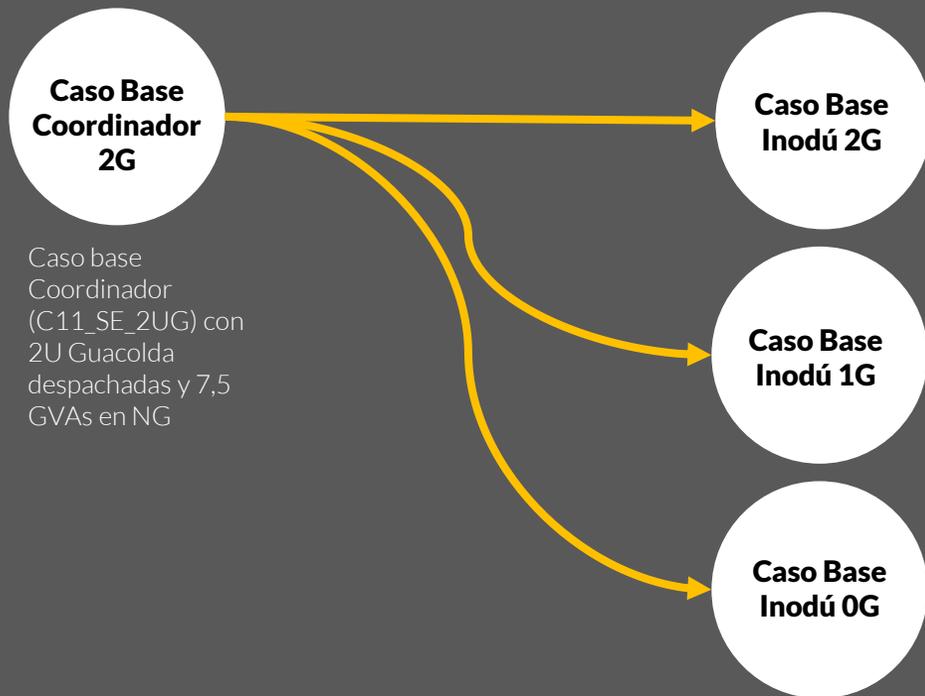
Escenarios elaborados a partir de la minuta DAOP 02/2024

Caso base y sensibilidades



Escenarios elaborados a partir de la minuta DAOP 02/2024

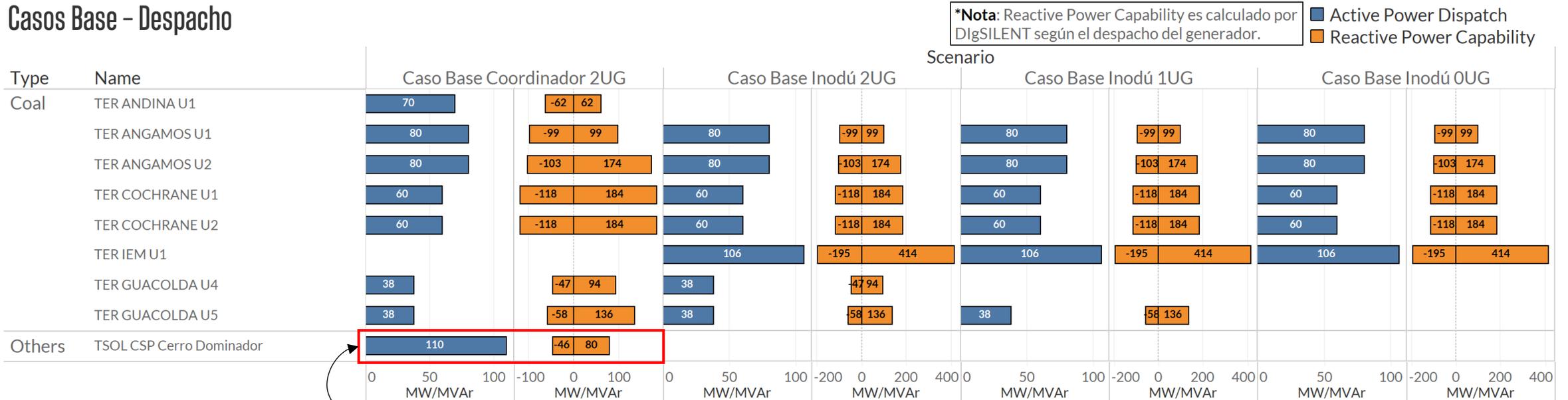
Caso base y sensibilidades



Casos Base Inodú consideran despacho de IEM en lugar de Central Andina

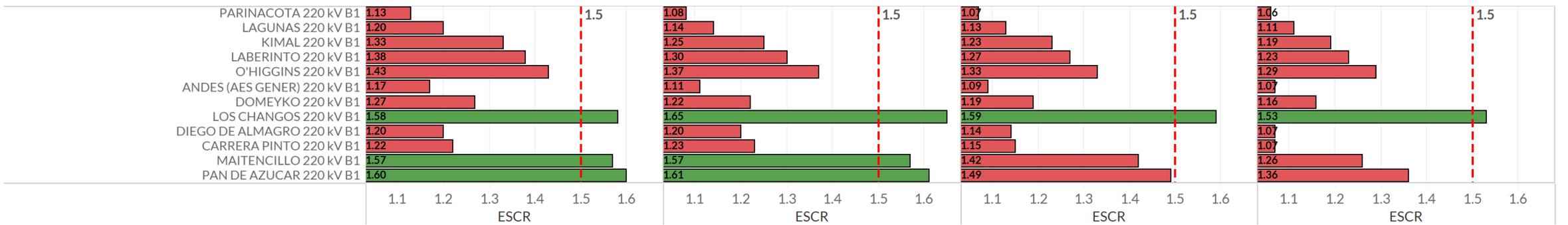
En las condiciones evaluadas, no se cumple criterio de ESCR en el SING. Además, se observa que, por cada unidad de Guacolda que sale del despacho, el ESCR disminuye hasta en 0,15 en barras de SIC Norte

Casos Base - Despacho



Casos Base - ESCR

En escenario Inodú no se considera el despacho de Cerro Dominador por estar fuera de servicio de manera prolongada.



Inercia despachada en el Norte Grande (GVAs)

7.3

8.1

8.1

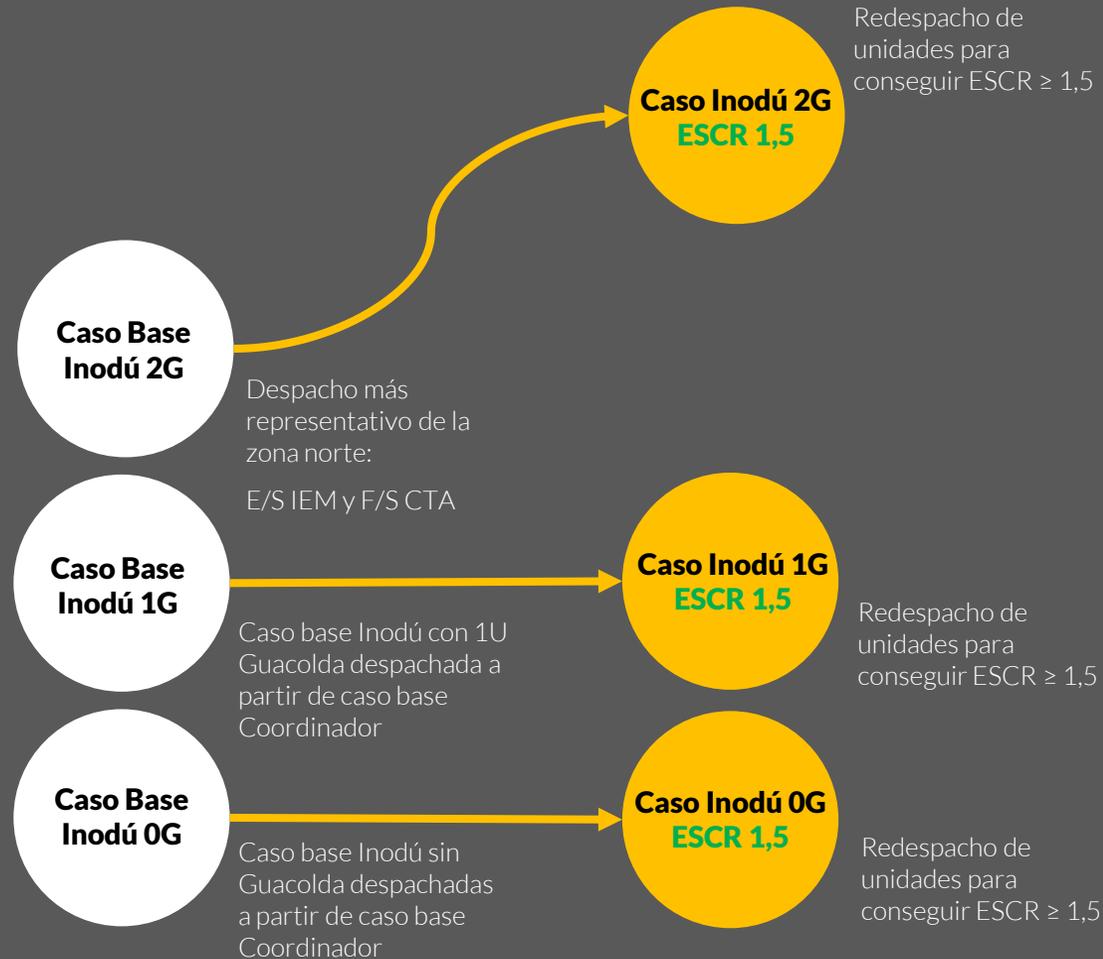
8.1



**Requerimientos mínimos para mantener $ESCR \geq 1,5$
en las barras del SEN**

Escenarios elaborados a partir de la minuta DAOP 02/2024

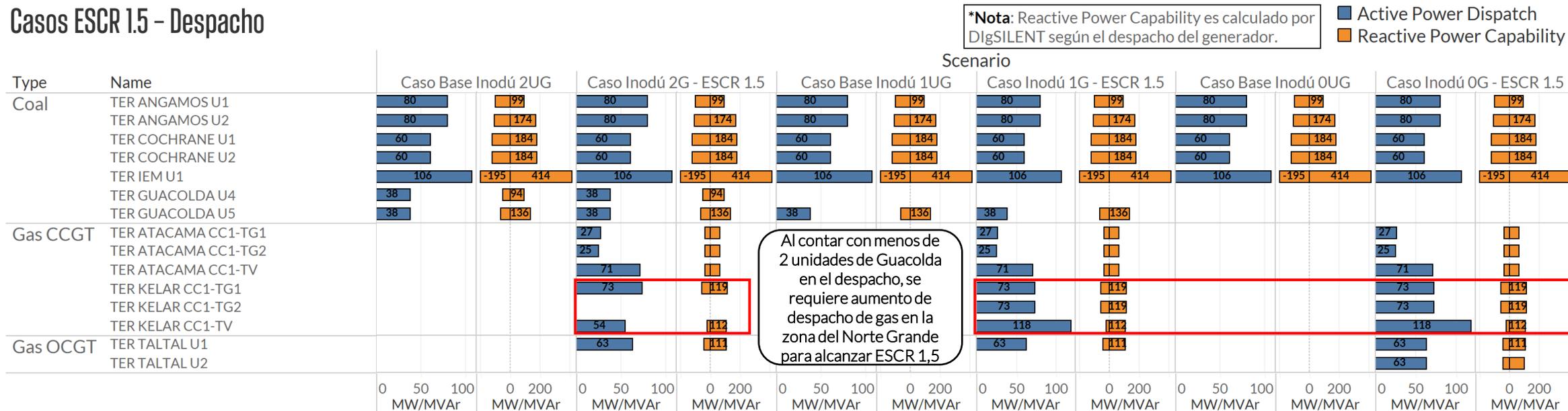
Caso base y sensibilidades



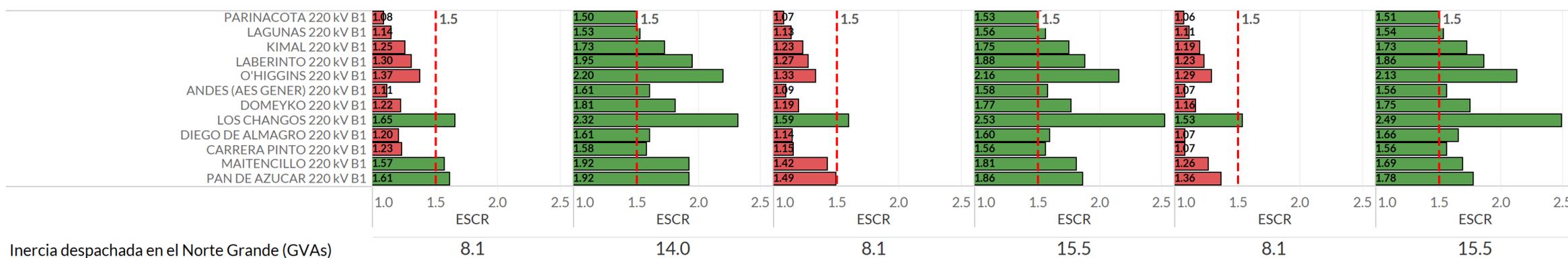
Para cumplir criterio definido por el CEN de ESCR 1,5 en Parinacota se requiere de despacho forzado de Centrales de Ciclo Combinado en el Norte Grande (CC1 y Kelar)

Para alcanzar ESCR 1,5 en SIC Norte (Diego de Almagro y Carrera Pinto), se requiere despacho forzado de central Taltal. Reducir despacho de Guacolda implica aumentar despacho de Kelar para mantener objetivo de ESCR.

Casos ESCR 1.5 - Despacho



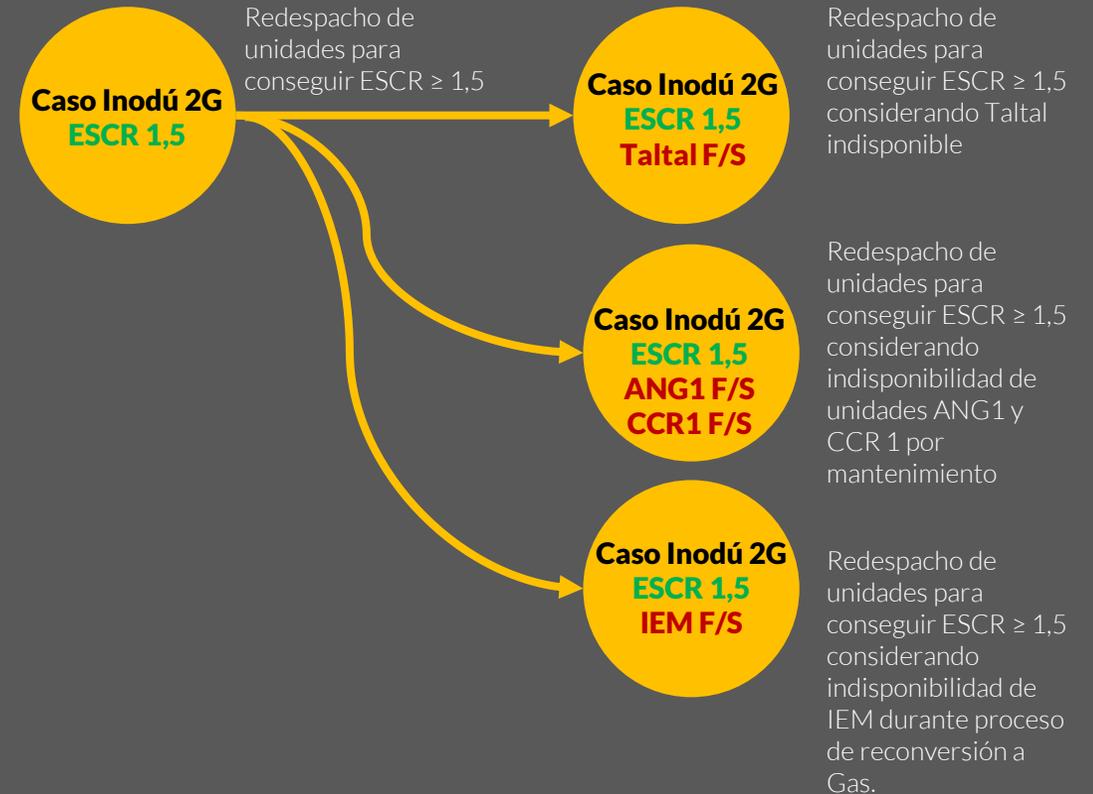
Casos ESCR 1.5 - ESCR



Escenarios elaborados a partir de la minuta DAOP 02/2024

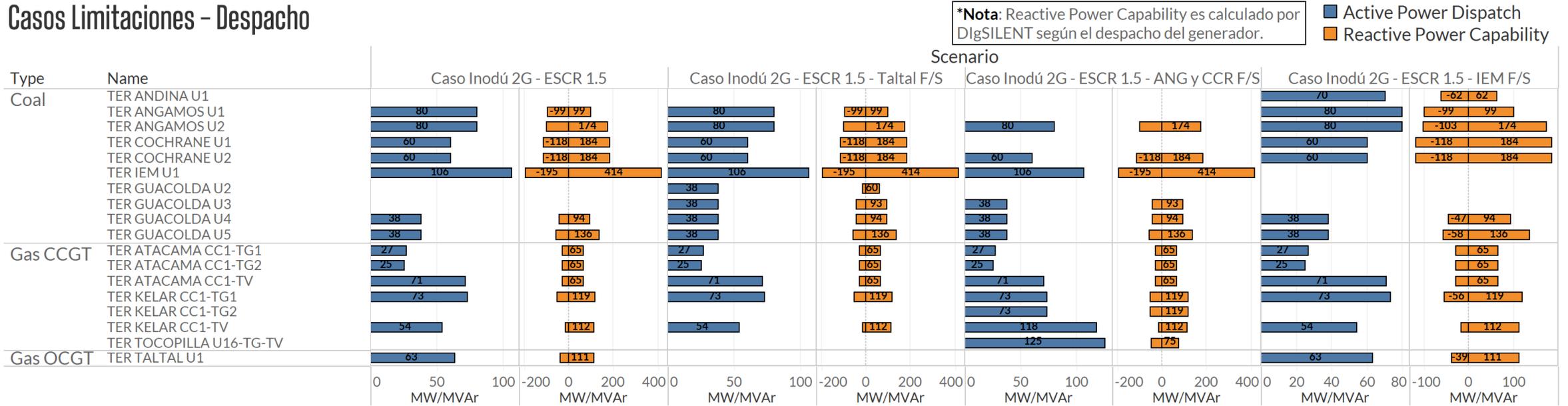
Caso base y sensibilidades

inodú

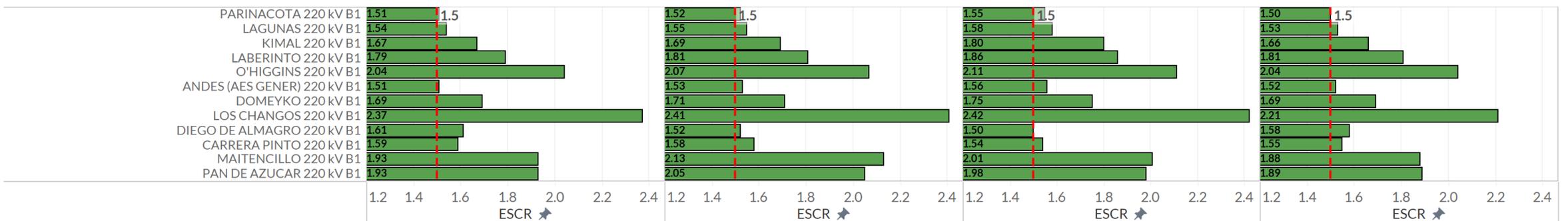


En el escenario evaluado, sin despacho de Taltal, se requieren dos unidades adicionales de Guacolda. IEM fuera de servicio, requiere CTA y unidades de CCGT. Si una unidad de CCR y ANG están fuera de servicio, se requieren hasta 3 unidades de CCGT para mantener objetivo de ESCR. Tanto generación local (CTA/CTH) como unidades de Guacolda son alternativas para alcanzar ESCR 1,5 en el SEN.

Casos Limitaciones - Despacho



Casos Limitaciones - ESCR



Inercia despachada en el Norte Grande (GVAs)

14.0

14.0

15.7

12.7



3

Desafíos

Desafíos identificados

1. Necesidad de verificar aportes de corto circuito de unidades eólicas.
2. Si se desea definir y mantener objetivo de ESCR 1,5, es crítico el rol de unidades térmicas en el SING y SIC Norte. Ante falla o mantenimientos de unidades a carbón se pueden requerir de hasta 3 unidades de ciclo combinado. El aporte de CTA / CTH puede ser importante, particularmente en un escenario donde central IEM está fuera de servicio. Lo anterior se refuerza en caso de indisponibilidades coincidentes con unidades de ciclo combinado.
3. En las condiciones evaluadas, para mantener el objetivo de ESCR en Maitencillo se requeriría del despacho de 2 unidades de Guacolda.
4. El despacho de Kelar en conjunto con Taltal es importante para mantener objetivo de ESCR en el SIC Norte, particularmente en las barras de Diego de Almagro y Carrera Pinto. El despacho de una unidad en Taltal (mínimo técnico 63 MW) puede ser reemplazado por el despacho de dos unidades de Guacolda.
5. Es necesario revisar la regla de despacho para mantener objetivo de ESCR en el SING y SIC Norte. Antes que ello es necesario definir cuáles serán las zonas objetivo donde se deberá cumplir el criterio de ESCR mínimo ¿cómo definir el criterio?
6. Se debe evaluar si la restricción de seguridad en el Norte debe estar definida en función de inercia, MVAR o potencia de corto circuito.
7. Como medida de gestión de ESCR también se recomienda explorar la opción de limitar generación basada en inversores en nodos específicos de baja fortaleza de red.

Necesidad de verificar aportes de corto circuito de unidades eólicas inodú

Name	In Folder	Grid	Terminal StaCubic	Terminal Busbar	Ik" kA	Ik", Angle deg	Sk" MVA	ip kA
PE CANELA (U1-U11)	02-Coquimbo	02-Coquimbo	S/E SECCIONADO...	Z				
PE LEBU (U1-U2)	09-Concepción	09-Concepción		G1-G2 (Lebu)				
PE LEBU (U3-U5)	09-Concepción	09-Concepción		G3-G4-G5 (L...				
PE SAN PEDRO (U1-U18)	10-Araucanía	10-Araucanía		San Pedro_0...				
PE SIERRA GORDA ESTE (U1-U56)	S/E EL ARRIERO 2...	00-Norte Grande	S/E EL ARRIERO 2...	PE SG_0.69	154.078	49.8	184.1	0.000

Valores obtenidos al simular un cortocircuito en la barra Crucero 220 para el escenario "C11_SE_2UG" disponible en la base de datos DigSilent utilizada por el Coordinador para la minuta DAOP 02/2024.

Name	In Folder	Grid	$\Delta u1''$ p.u.	$\Delta u1'$ p.u.	u, Magnitude p.u.	Sk" MVA
PE Ampliación Tchamma_GEN	PE Ampliación Tc...	00-Norte Grande	0.788	0.807	0.185	0.0
PE CALAMA	S/E OASIS	00-Norte Grande	0.839	0.849	0.129	0.0
PE CERRO TIGRE	S/E PE CERRO TIG...	00-Norte Grande	0.563	0.585	0.398	0.0
PE Ckhúri_GEN	PE Ckhúri	00-Norte Grande	0.787	0.824	0.209	0.0
PE LLANOS DEL VIENTO (U1-U...	00-Norte Grande	00-Norte Grande	0.569	0.592	0.417	0.0
PE TCHAMMA	00-Norte Grande	00-Norte Grande	0.733	0.751	0.173	0.0
PE VALLE DE LOS VIENTOS (U1-...	S/E VALLE DE LOS...	00-Norte Grande	0.823	0.833	0.127	0.0
PE VALLE DE LOS VIENTOS (U1-...	S/E VALLE DE LOS...	00-Norte Grande	0.823	0.833	0.127	0.0
PFV SAN PEDRO_A	S/E LASANA - PF...	00-Norte Grande	0.796	0.806	0.123	0.0
PFV SAN PEDRO_B	S/E LASANA - PF...	00-Norte Grande	0.796	0.806	0.123	0.0

En la base de datos DigSilent utilizada por el Coordinador para elaborar la minuta DAOP 02/2024, solo 5 parques eólicos están modelados como máquinas asíncronas (ElmAsm). De esta manera, el aporte a la corriente de cortocircuito no se está contabilizando apropiadamente.

Necesidad de verificar aportes de corto circuito de unidades eólicas inodú

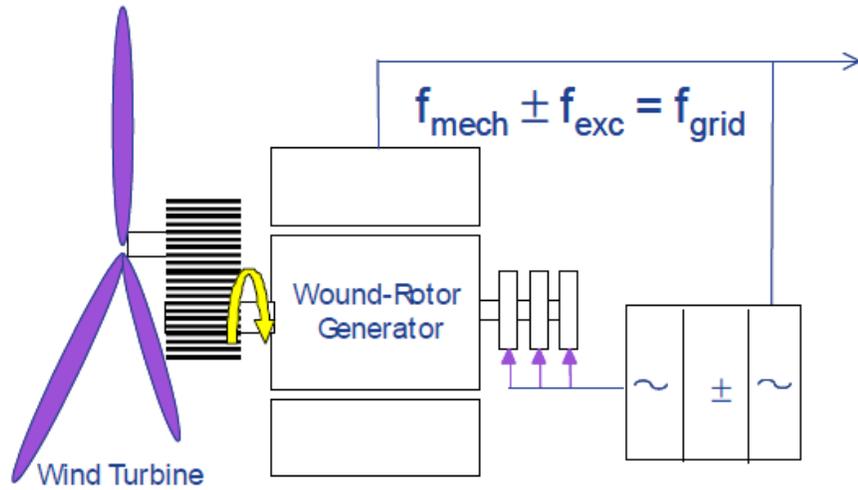


Figure 1 – Topology of a doubly-fed asynchronous generator (Type 3)

Fuente: “Current contributions from Type 3 and Type 4 wind turbine generators during faults (2012)”. DOI: 10.1109/TDC.2012.6281623

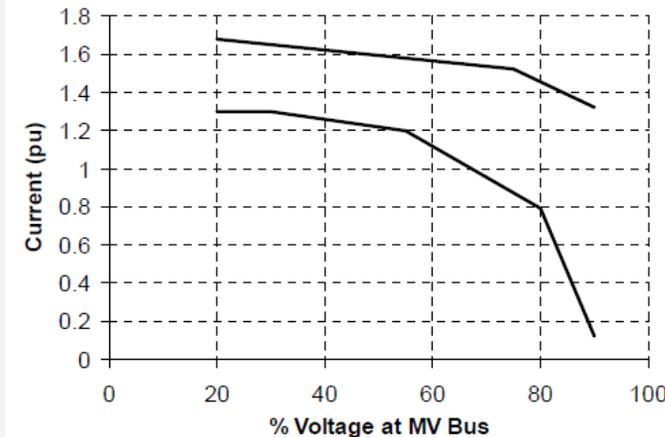
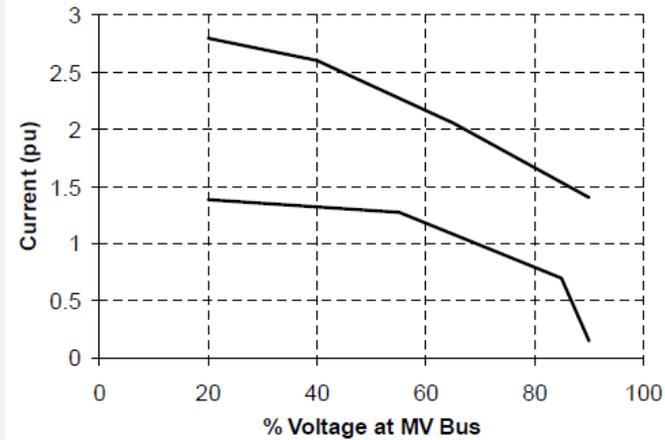


Figure 5 – Maximum and minimum symmetrical short-circuit current magnitudes immediately after fault application (top) and following three cycles (bottom), as a function of residual MV bus voltage, for a typical Type 3 wind turbine generator.

Los generadores eólicos tipo 4 se conectan a la red a través de inversores (IBR). En cambio, los generadores eólicos tipo 3 son generadores asíncronos conectados directamente a la red y el sincronismo eléctrico ocurre a través del control de la corriente del rotor. Si bien el aporte a la corriente de cortocircuito es más limitada que el caso de un generador síncrono convencional, aún así la corriente de cortocircuito inicial puede alcanzar hasta 2,7 veces su diseño nominal para una turbina eólica tipo 3.

En la base de datos DigSilent utilizada por el Coordinador para elaborar la minuta DAOP 02/2024, solo 5 parques eólicos están modelados como máquinas asíncronas (ElmAsm). De esta manera, el aporte a la corriente de cortocircuito no se está contabilizando apropiadamente.

Necesidad de verificar aportes de corto circuito de unidades eólicas inodú

Table 1 - Capabilities of power electronics interfaced devices

PE Capabilities	Power Electronics Interfaced Devices											
	HVDC		PE based FACTS						PE based generation			
	VSC HVDC	LCC HVDC	STATCOM	SVC	TCSC	SSSC	UPFC	IPFC	PV	WTG Type III	WTG Type IV	BESS
Fault current contribution (p.u.)	1	n/a	1	n/a	n/a	1	1	1	1	2-4	1	1
Harmonic emissions	low	high	low	high	low	low	low	low	low	low	low	low
Overload capability	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

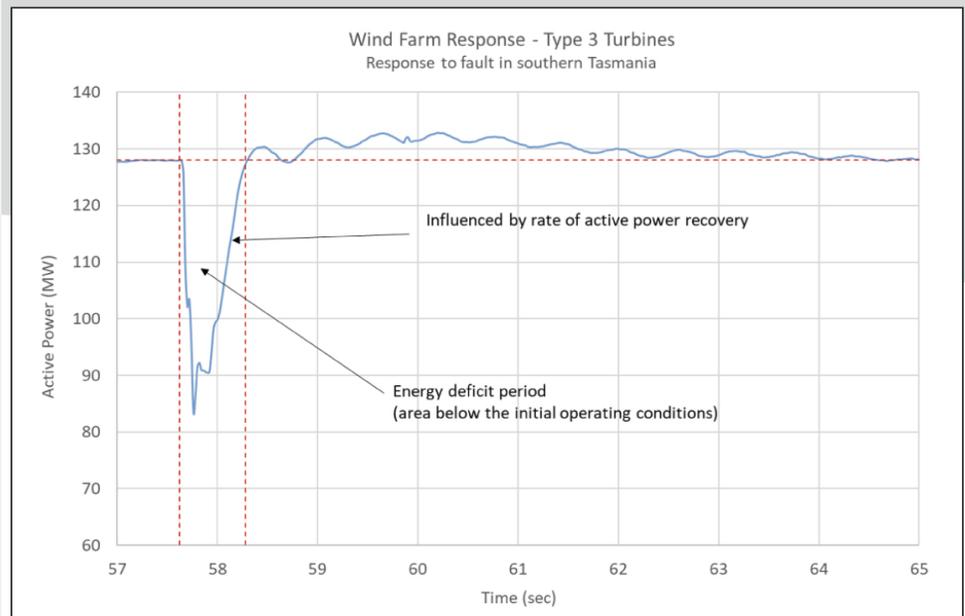
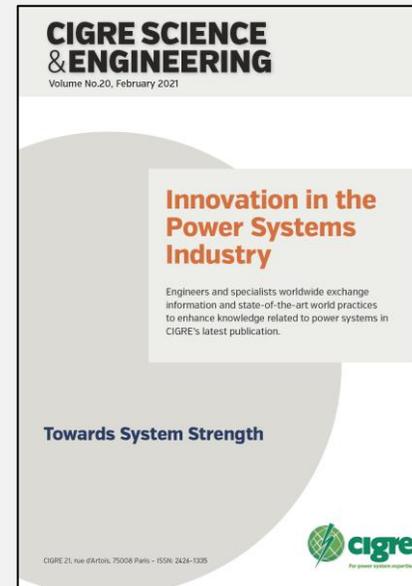


Figure 12 - FRT response of a type three wind farm



Los generadores eólicos tipo 4 se conectan a la red a través de inversores (IBR). En cambio, los generadores eólicos tipo 3 son generadores asíncronos conectados directamente a la red y el sincronismo eléctrico ocurre a través del control de la corriente del rotor. Si bien el aporte a la corriente de cortocircuito es más limitada que el caso de un generador síncrono convencional, aún así la corriente de cortocircuito inicial puede alcanzar hasta 2,7 veces su diseño nominal para una turbina eólica tipo 3.

En la base de datos DigSilent utilizada por el Coordinador para elaborar la minuta DAOP 02/2024, solo 5 parques eólicos están modelados como máquinas asíncronas (ElmAsm). De esta manera, el aporte a la corriente de cortocircuito no se está contabilizando apropiadamente.

inodú

inodú