

"ESTUDIO DE TENSIONES DE OPERACION Y ESTABILIDAD DEL SEIN 2010"

Parte 3:

"Análisis de Estabilidad del SEIN - Límites de Transporte"

EMPRESA: E.S.C. SRL (Electrical System Consultants srl – Italy)

EXPOSITORES: ROBERTO GOMEZ MARTINELLI

JOSE LUIS PEREZ



LIMA, 15 de Julio 2010



El Estudio de las Tensiones de Operación y Estabilidad “ETOE” se ha dividido en 3 partes:

- Parte 1: “Base de Datos-Modelamiento del SEIN”;
- Parte 2: “Tensiones de Operación de las principales barras del SEIN”;
- Parte 3 denominada: “Análisis de Estabilidad del SEIN – Límites de Transporte” ;

La Parte 1 :

Se enfoca en la actualización y mejora de la Base de Datos que modela el SEIN, la cual se encuentra implementada en el simulador Power Factory de DIgSILENT.

Dicha base de datos es la referencia para todos los estudios de operación y planificación que se desarrollan para el SEIN ;

ESTA PARTE YA FUE CONCLUIDA

La Parte 2:

Ha abordado básicamente los siguientes temas:

- i. Diagnostico de la problemática del control de tensiones del SEIN en condiciones normales y en contingencias;
- ii. Elaboración de una metodología para definir las tensiones de operación;
- iii. Establecer las tensiones de operación del SEIN para el año 2010 en condiciones normales y en contingencias, así como las acciones a implementar para conseguirlas;

ESTA PARTE YA FUE CONCLUIDA

La Parte 3

Plantea como objetivos los siguientes:

- i. Elaborar una metodología y determinar los Límites de Operación por Estabilidad de los principales enlaces del SEIN considerando los criterios de estabilidad angular (transitoria y permanente) y de tensión, para dar cumplimiento al literal a) del numeral 7.4.2 de la NTCOTRSI.;
- ii. Desarrollar el Estudio de Estabilidad para obtener resultados conducentes al cumplimiento de los literales b) y c) del numeral 7.4.2 de la NTCOTRSI, referidos a los controladores;

**ESTA PARTE SE DESARROLLA EN LA PRESENTE
EXPOSICION**

Determinación de los Límites de Transporte de los Enlaces siguientes;

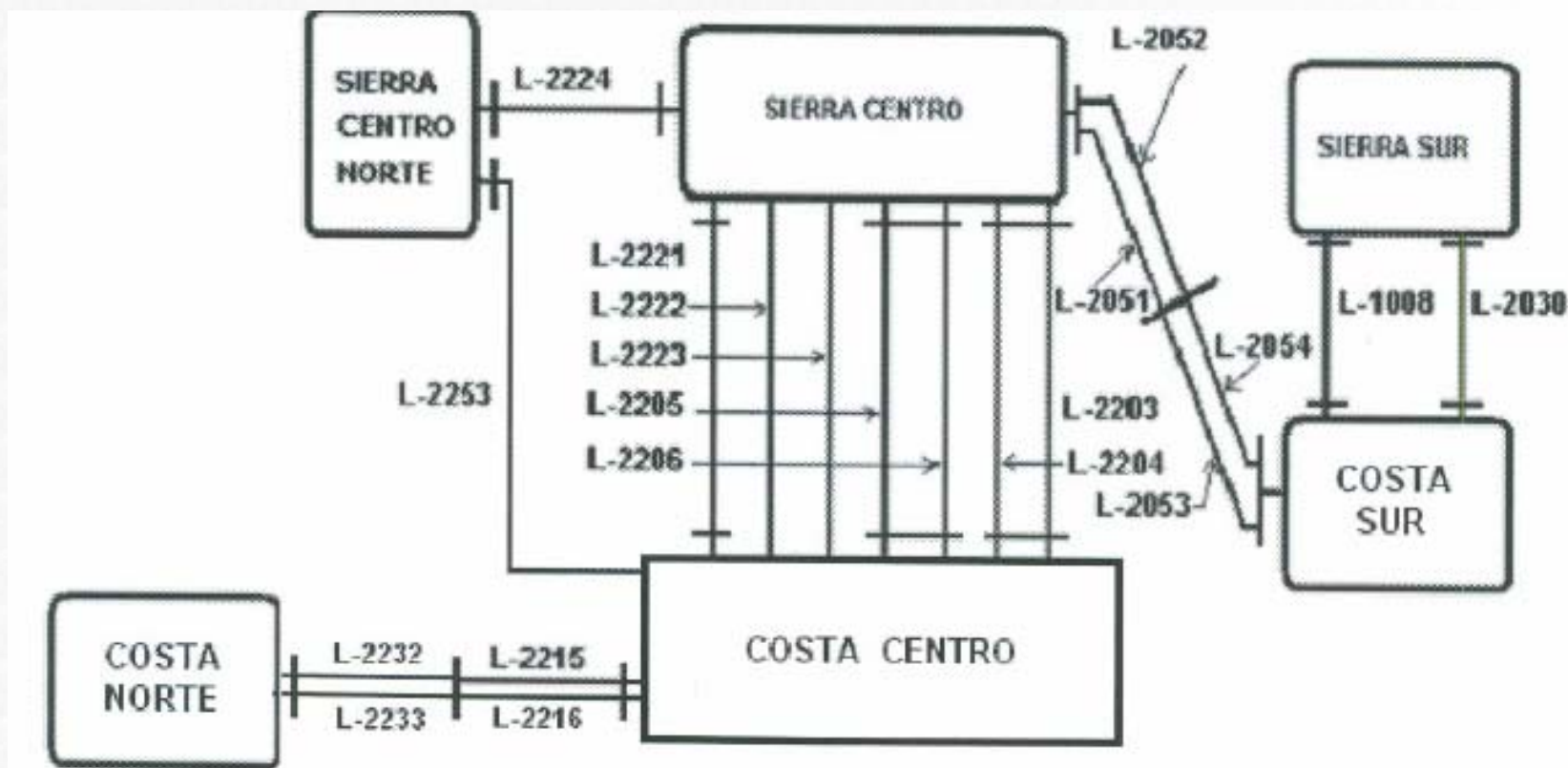


Figura 1. Líneas de interconexión entre zonas del SEIN.

“Análisis de Estabilidad del SEIN – Determinación de Límites de Transporte”;

Se orienta a establecer los límites de transporte de los principales corredores de transmisión entre las áreas del SEIN; particularmente estos límites se refieren a límites por estabilidad transitoria, a los límites por estabilidad de la tensión y a límites de estabilidad permanente (pequeñas oscilaciones o estabilidad dinámica).

“Análisis de Estabilidad del SEIN – Determinación de Límites de Transporte”;

Las principales actividades desarrolladas han sido:

- ✓ Criterios y Metodología;
- ✓ Validación del modelo para los estudios de dinámica;
- ✓ Reconstrucción de eventos;
- ✓ Determinación de los límites de transporte;
- ✓ Necesidades de modificaciones en los Controladores de las unidades de generación;
- ✓ Conclusiones y Recomendaciones

Entre los aspectos de base, se señala:

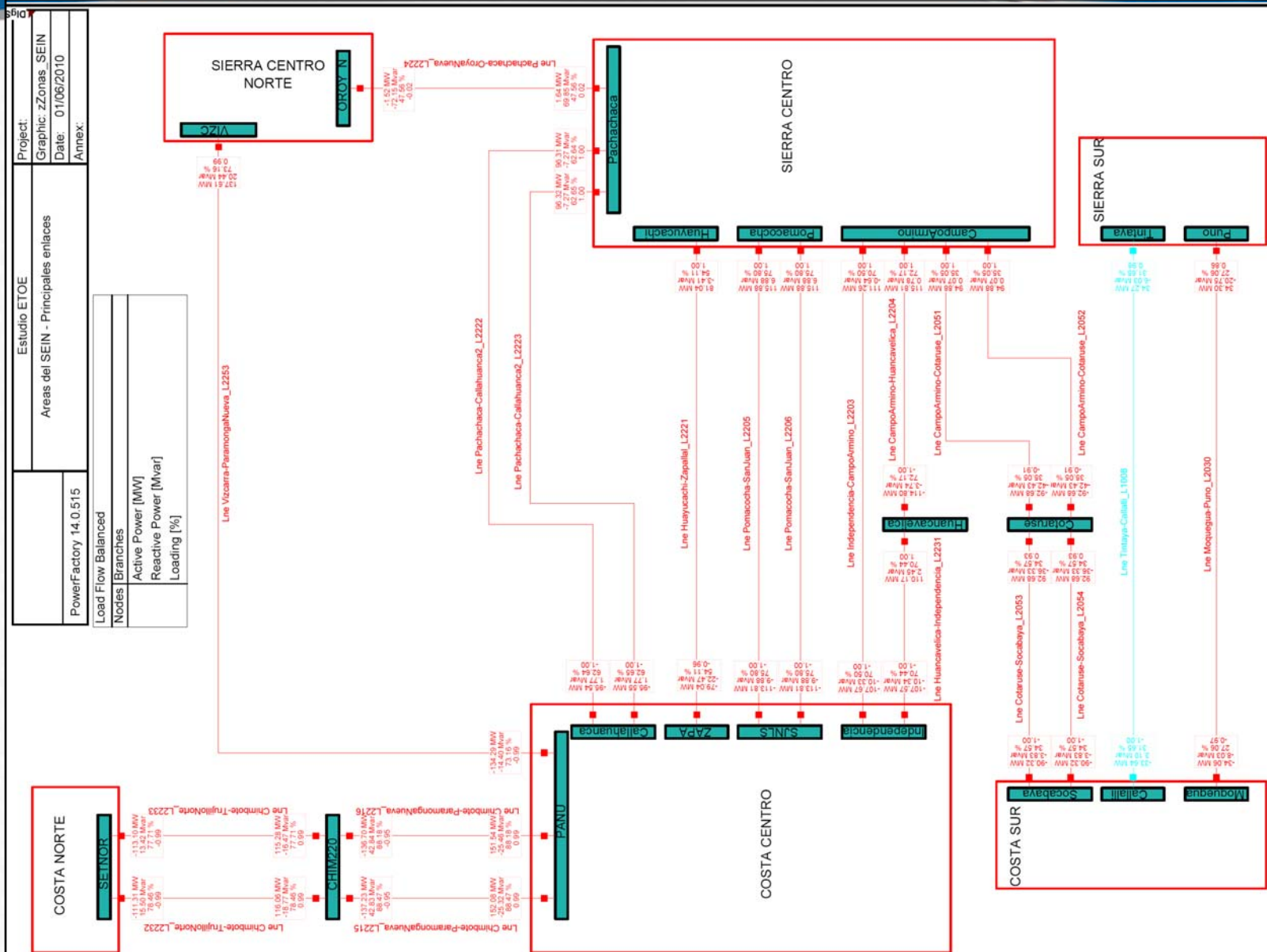
- I. se utilizará el modelo dinámico del SEIN implementado en el simulador DlgSILENT Power Factory cuya Base de Datos se ha ajustado y mejorado en las fases precedentes del presente estudio;
- II. Los escenarios utilizados con las mejoras y resultados de las fases precedentes toman como base las condiciones operativas del SEIN en las diversas demandas: Máxima, Media y Mínima, para períodos hidrológicos de Avenida y Estiaje del 2010;
- III. En la presente fase se consideran y donde resulta necesarios se modelan adecuadamente los equipos cuya incorporación al SEIN está prevista en el periodo de análisis;

Entre los aspectos de base, se señala (cont.):

- IV. Se determinan los límites por estabilidad transitoria para los enlaces representados en la Figura 1, en condiciones normales y N-1 en el SEIN las cuales son una consecuencia de una contingencia imprevista (evento) o bien fuera de servicio por mantenimiento programado. Entre los eventos a considerar se tienen: fallas monofásicas con y sin reconexión exitosa, bifásicas y trifásicas, al 50 % de la línea y con resistencias de falla de 10Ω y 30Ω .

“Análisis de Estabilidad del SEIN”

PARTE 3: CRITERIOS y METODOLOGIA



Se determinan entonces los límites por estabilidad de tensión para los enlaces siguientes:

- Los circuitos L2215/L2216 (Chimbote 1 - Paramonga Nueva) y L2232/L2233 (Chimbote - Trujillo), para los que se determinan los límites en operación normal y en el escenario N-1;
- Los circuitos L2051/L2052 (Mantaro - Cotaruse) y L2053/L2054 (Cotaruse - Socabaya), para los que se determinan los límites en operación normal y en el escenario N-1 cuando uno de los siguientes circuitos: L2051, L2052, L2053, L2054 se encuentra fuera de servicio. Se considera también, la condición en que los bancos serie estén fuera de servicio;
- Líneas de transmisión de Mantaro-Lima, para las que se determinan los límites en operación normal y cuando se encuentre fuera de servicio una o dos de ellas. Para los casos de contingencia se consideran las Líneas L2203 (Mantaro - Independencia), L2716 (Callahuanca - Purunhuasi) o uno de los circuitos Pomacocha - SanJuan;

Se determinan entonces los límites por estabilidad de tensión para los enlaces adoptando (cont.):

- La línea L2209/L2211 (Independencia-Ica-Marcona), para la que se determina los límites en operación normal y cuando este fuera de servicio un enlace Mantaro-Independencia.
- La línea L2258 (Carhuamayo - Paragsha 2) para la que se determinan los límites en operación normal y en un escenario N-1 considerando la salida de la línea L2259 (Carhuamayo-Oroya Nueva).
- Para las líneas L1006 (Tintaya-Azangaro) y L1011 (Azangaro-Juliaca) se determinan sus límites considerando el escenario N-1. Para la línea L1006 se considera la línea L1011 fuera de servicio mientras que para la línea L1011 se considera la línea L1008 (Tintaya-Callalli) fuera de servicio. Para definir el intercambio límite entre el área Sur Este y Sur Oeste mediante la L-1008, se considera la línea de 220 kV Moquegua - Puno (L-2030) fuera de servicio

Márgenes de seguridad y Modelos de Falla empleado en los cálculos

- Ajustar escenarios con el menor número de máquinas en servicio con una mayor producción individual de potencia activa, para imponer una condición más severa respecto del ángulo de carga inicial para enfrentar los requerimientos de estabilidad a los que estará sometido;
- Para los límites por estabilidad permanente o de pequeña señal en condiciones N de la red, se pretende un 5 % de relación de amortiguamiento, en N-1 entre 2 y 3%;
- el tiempo de aplicación de fallas para líneas de 220 kV es de 100 ms, y 150 ms para líneas de 138 kV;
- En las evaluaciones con recierre monofásico, se suponen 25 ms adicionales al tiempo de espera, en concepto de asimetría de apertura de los interruptores en ambos extremos.

Cálculo de los Límites por estabilidad angular transitoria y permanente

- Para los enlaces con dos circuitos en condición N si los límites por estabilidad angular y de tensión en el momento que se produce el N-1 resultan muy superiores al limite térmico de la línea bajo estudio se adopta como limite el 120 % del asignado como limite térmico;
- La aplicación de la falla monofásica con recierre exitoso se reserva especialmente para los enlaces que constituyen el único vínculo entre 2 subsistemas;
- Para las líneas con redundancia de vínculo, se emplea la falla trifásica, y en algunos casos la falla monofásica con recierre fallido a fin de considerar dos hipótesis de falla extremas;
- Las fallas de menor severidad se han reservado para los casos en que el límite para las fallas más severas resulte muy restrictivo. Se adopta para estos los casos los diversos tipos de falla con resistencias de 10 y 30 Ω);

Cálculo de los Límites por estabilidad angular transitoria y permanente (cont.)

- La falla es lado línea, después del interruptor de línea, provocando así una mayor caída de tensión sobre el subsistema exportador ocasionando con ello una mayor potencia acelerante durante la aplicación de la falla. Se realizan también evaluaciones según fallas al 50 % de la línea
- Para las evaluaciones de estabilidad transitoria, el criterio de aceptación que se adopta es que ningún generador del sistema pierda el sincronismo, y evitar que la tensión del transitorio en post-falla sea menor a 0.70 pu (mínimo 0.60 pu) en cualquier punto del sistema de transmisión de alta tensión ;

Cálculo de los Límites por estabilidad angular transitoria y permanente (cont.)

- El criterio de aceptación para la estabilidad de pequeña señal varia según que la red en post-falla se mantenga en condiciones “N” o “N-1”, como se mencionó:
 - la razón de amortiguamiento ζ debe ser mayor al 5 %, como un rango típico. Para redes cuyo sistema de estabilización no han sido optimizados, se podría aceptar un 3 %;
 - Para la red en post-falla en condiciones N-1, la relación de amortiguamiento debería ser $\zeta > 2 \%$

Evaluación de la estabilidad de la frecuencia y tensión en redes aisladas

- Se efectúa la desconexión de los subsistemas, para el estado de operación del enlace en su límite obtenido por estabilidad, tensión o diseño físico del sistema de transmisión.
- Se evalúa la excursión de la frecuencia considerando la intervención de los mecanismos de control de emergencia por sub/sobretensión y sub/sobrefrecuencia, si se alcanza un nuevo estado de equilibrio, se juzgará si los valores extremos de la frecuencia son aceptables
- Si el sistema presenta un colapso de la frecuencia, se investiga la causa del mismo, y se dan las recomendaciones para diseñar un esquema de subfrecuencia para el subsistema que colapsa, para el déficit (o superávit) de generación impuesto por las condiciones establecidas en el límite de operación del enlace;

Validación del modelo digital para los estudios de dinámica

Para la realización de los estudios de determinación de los límites de transporte resulta indispensable disponer de una Base de Datos y de un modelo apto para reproducir el comportamiento del sistema ante perturbaciones más o menos severas. Es decir: la evolución en el tiempo de las principales magnitudes de la red: Frecuencia, Tensión, Corriente y sus derivadas, se deben poder reproducir también en el modelo matemático implementado en el simulador DlgSILENT Power Factory, al menos en el rango de validez del modelo que se utiliza con referencia al intervalo de tiempo analizado y a la magnitud de las perturbaciones estudiadas;

Validación del modelo digital para los estudios de dinámica

Para la realización de los estudios de determinación de los límites de transporte resulta indispensable disponer de una Base de Datos y de un modelo apto para reproducir el comportamiento del sistema ante perturbaciones más o menos severas. Es decir: la evolución en el tiempo de las principales magnitudes de la red: Frecuencia, Tensión, Corriente y sus derivadas, se deben poder reproducir también en el modelo matemático implementado en el simulador DlgSILENT Power Factory, al menos en el rango de validez del modelo que se utiliza con referencia al intervalo de tiempo analizado y a la magnitud de las perturbaciones estudiadas;

Validación del modelo digital para los estudios de dinámica (cont.)

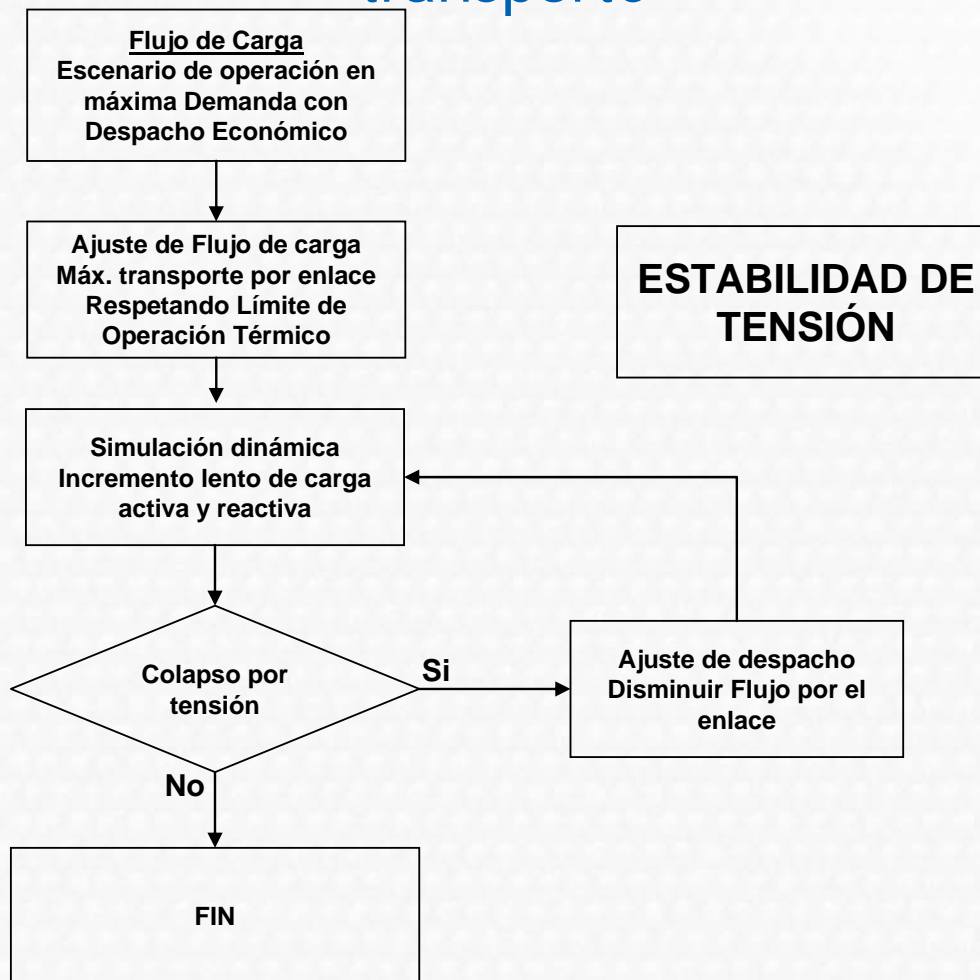
En breve se han realizado:

- Análisis del modelo digital para las simulaciones dinámicas (**ver Anexos**)
 - Reguladores de tensión AVR
 - Estabilizadores de las Oscilaciones de Potencia “PSS”
 - Reguladores de Velocidad
 - Unidades de Generación sin Sistemas de Control
 - Dispositivos Static VAR tipo SVC
 - Modelo de la Carga
 - Las cargas en general
 - Relés de Mínima Frecuencia

Validación del modelo digital para los estudios de dinámica (cont.)

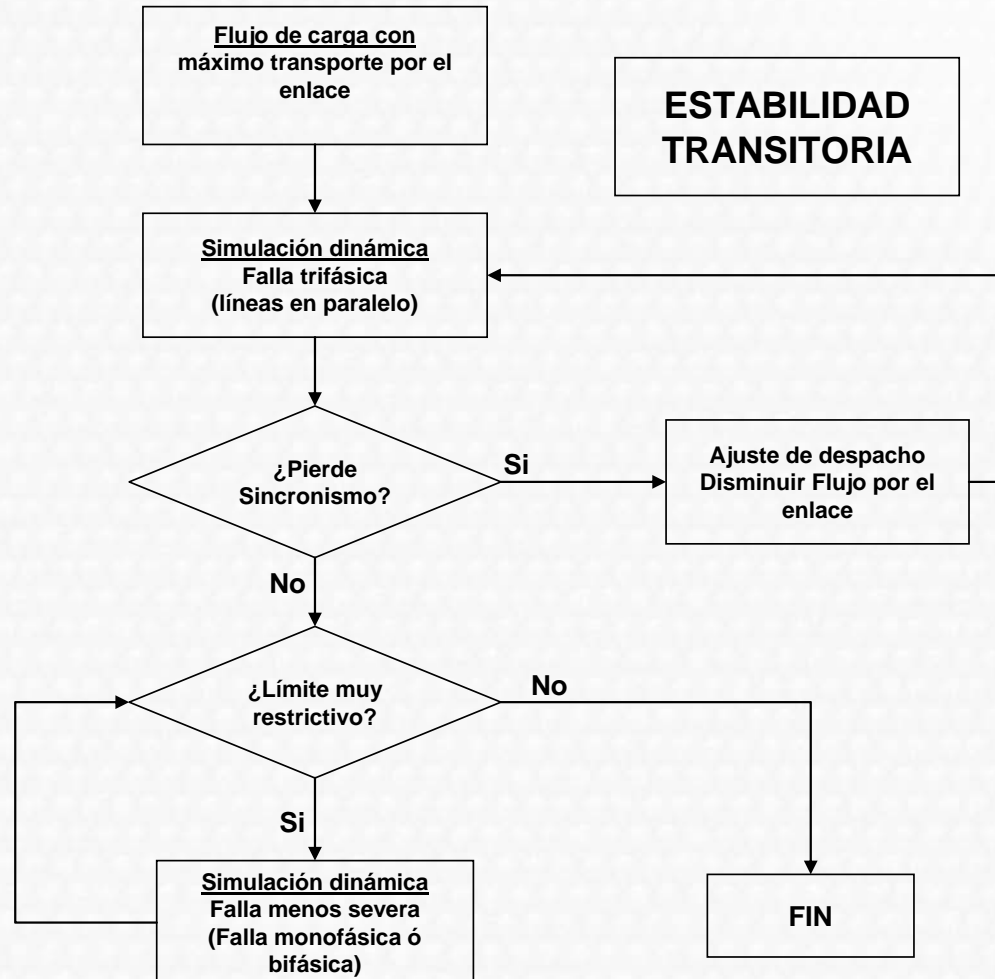
- Reproducción de Eventos entre ellos:
 - ✓ **Evento 1: Salida intempestiva de las Unidades de la Central de Mantaro;**
 - ✓ **Evento 2: Desconexión de la LT Mantaro – Socabaya;**
 - ✓ **Evento 3: Desconexión del Acoplador en 220 kV de la S.E. Guadalupe;**
 - ✓ **Evento 4: Salida intempestiva de las Unidades TG y TV de Ventanilla (ver pdf)**

La lógica aplicada en la determinación de los límites de transporte



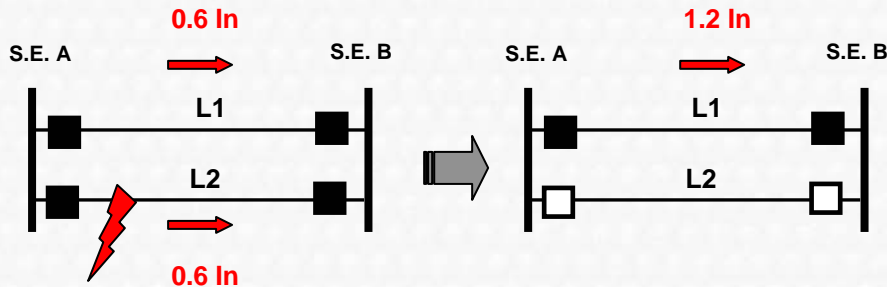
**ESTABILIDAD DE
TENSIÓN**

La lógica aplicada en la determinación de los límites de transporte



Los criterios considerados en la determinación de los límites de transporte

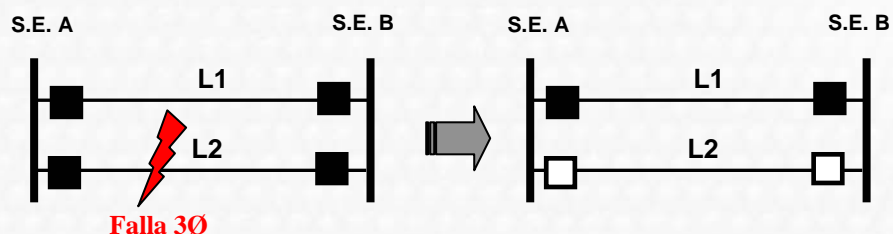
CRITERIO TERMICO EN LINEAS PARALELAS



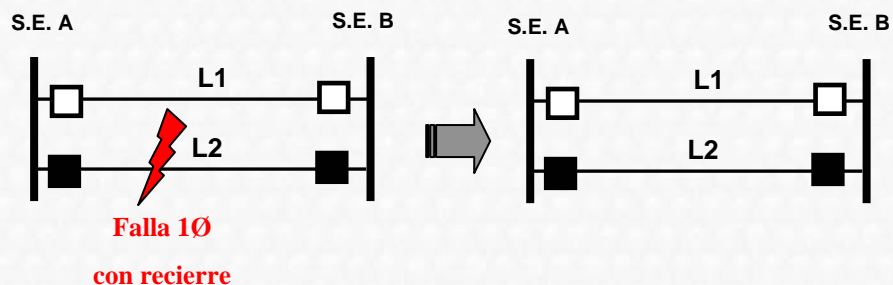
Los criterios considerados en la determinación de los límites de transporte

CRITERIO DE ESTABILIDAD ANGULAR TRANSITORIA (*)

2 TERNAS EN SERVICIO



1 TERNA EN SERVICIO

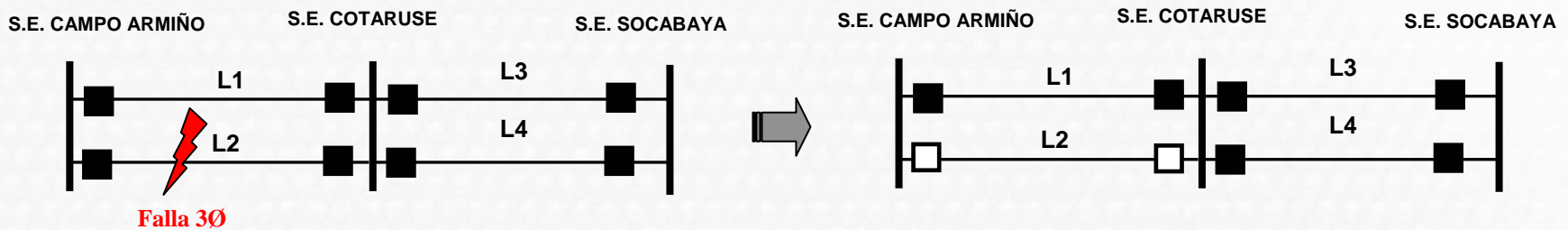


(*) Aplicable a las líneas L-2232/L-2233 o L-2215/L-2216

Los criterios considerados en la determinación de los límites de transporte

CRITERIO DE ESTABILIDAD ANGULAR TRANSITORIA EN L-2051/L-2052/L-2053/L-2054

4 TERNAS EN SERVICIO



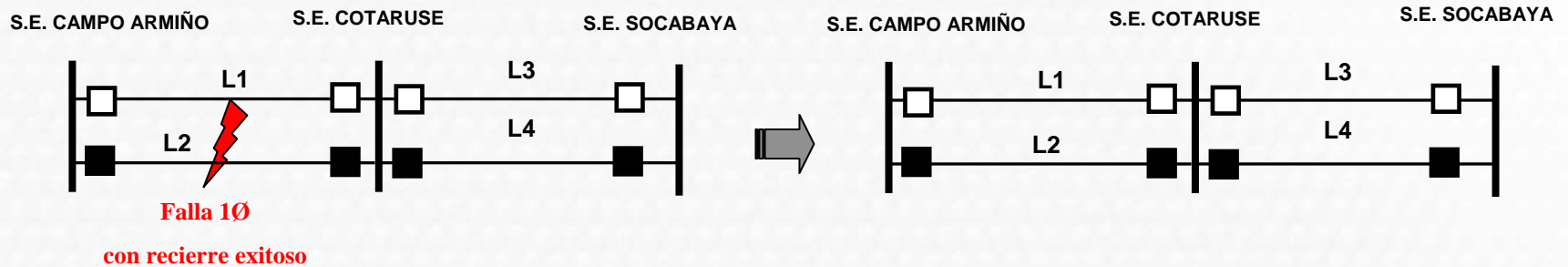
Los criterios considerados en la determinación de los límites de transporte

3 TERNAS EN SERVICIO

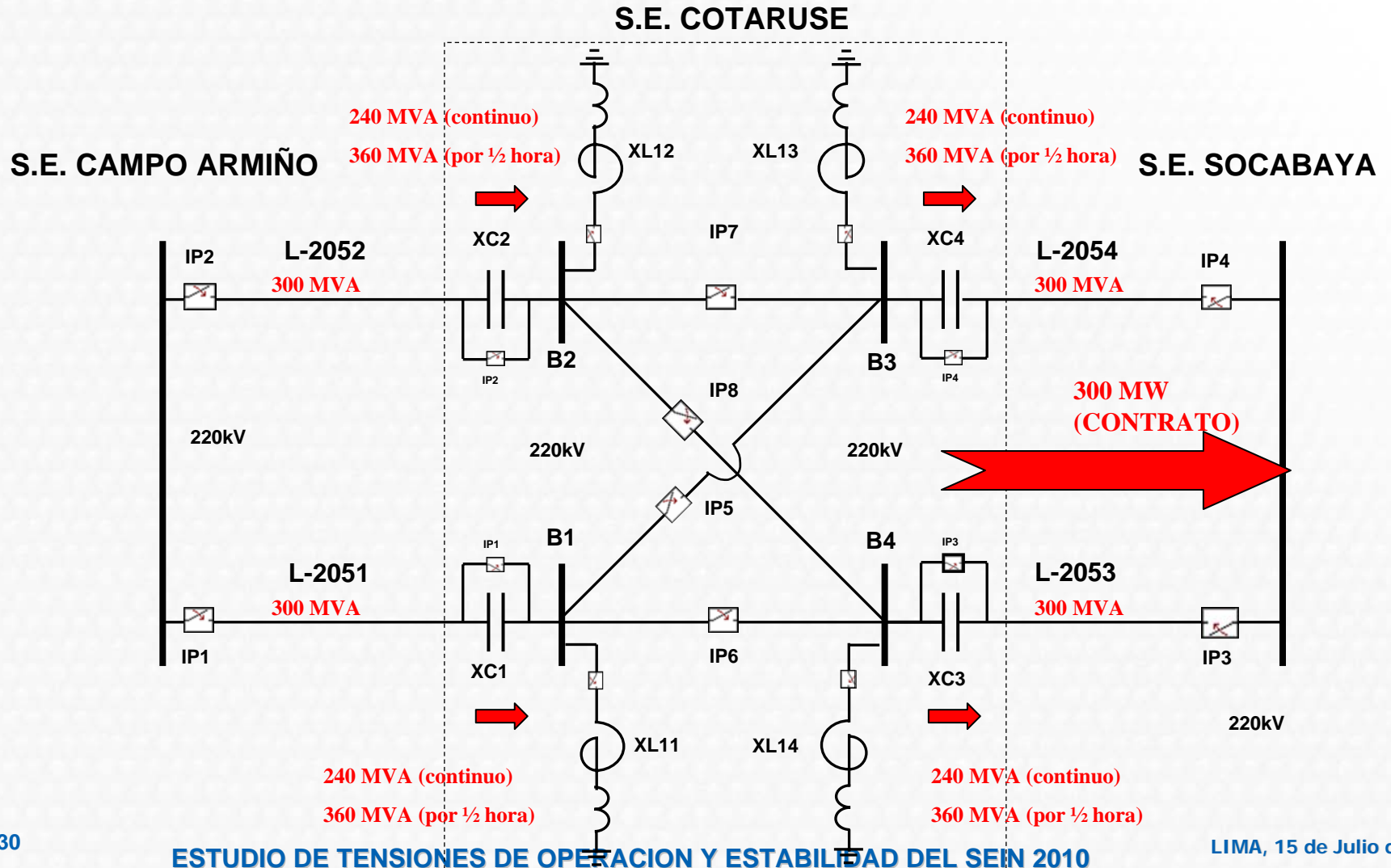


Los criterios considerados en la determinación de los límites de transporte

2 TERNAS EN SERVICIO (solamente para la estabilidad por Tensión)



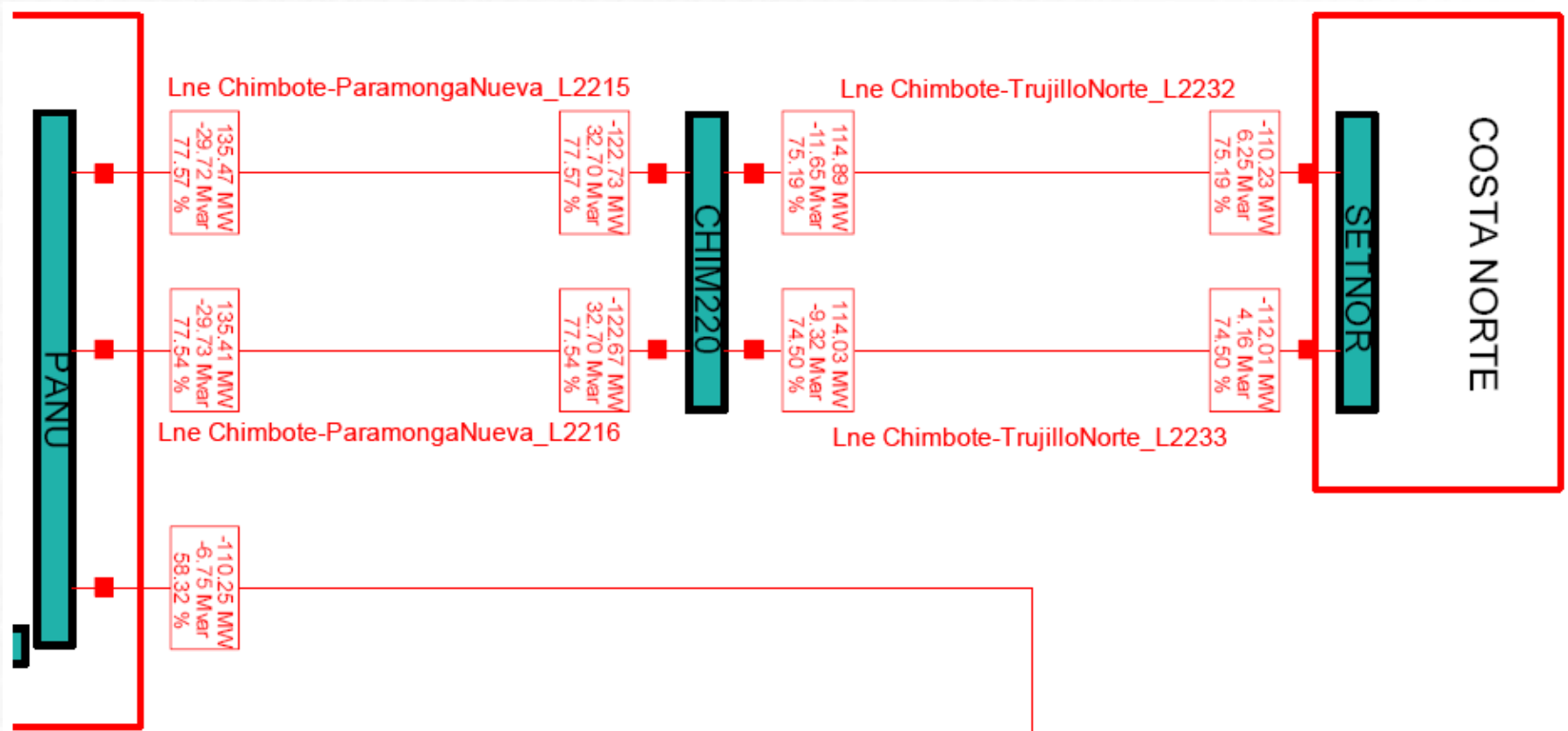
Consideraciones particulares para la Mantaro-Socabaya



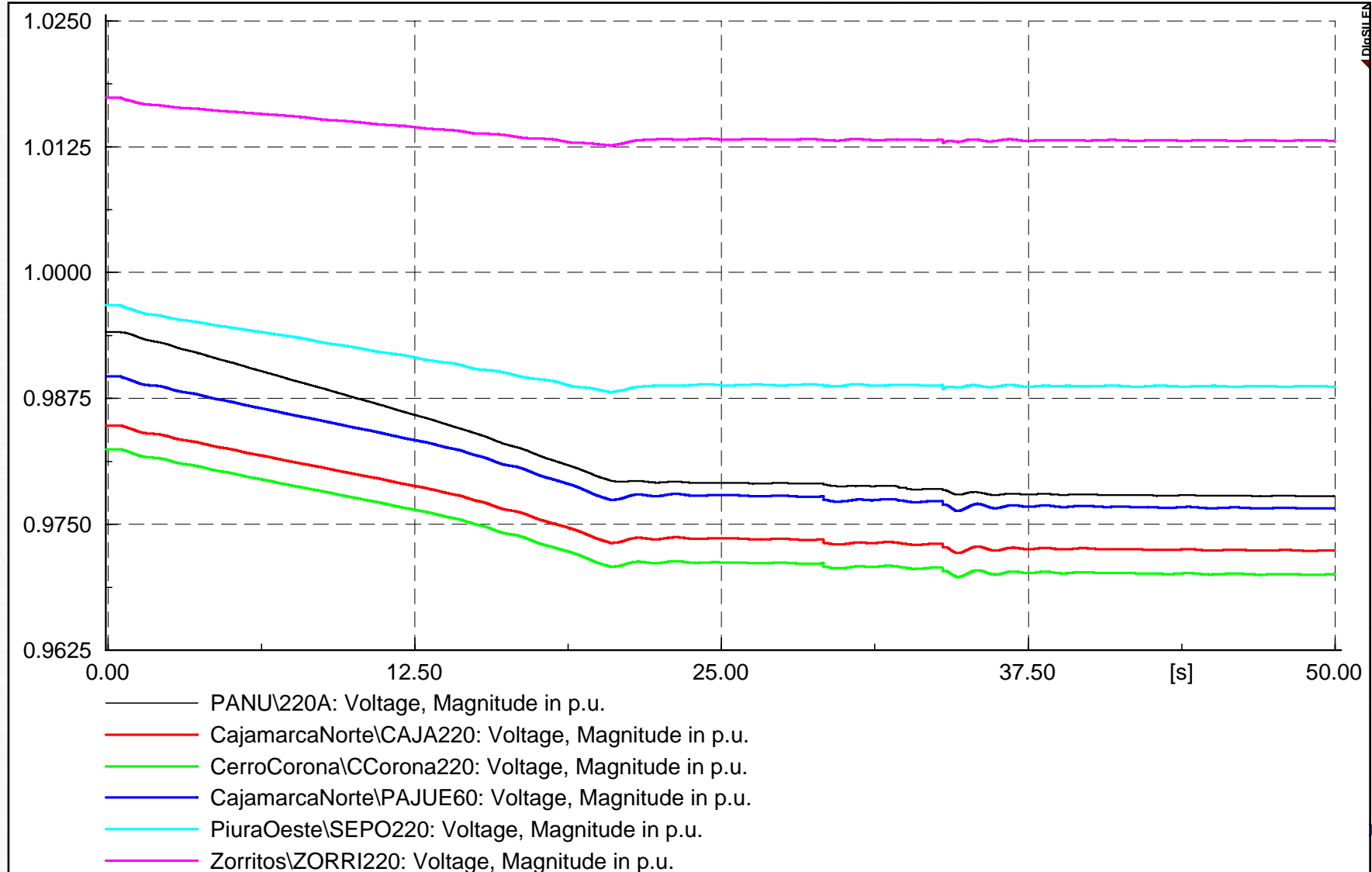
Verificación Limite Costa Centro → Costa Norte

2 Ternas en servicio con 270MW desde Paramonga

TG4 Malacas fuera de servicio; 2 unidades en C. Pato + TG1 y TG2 Trujillo

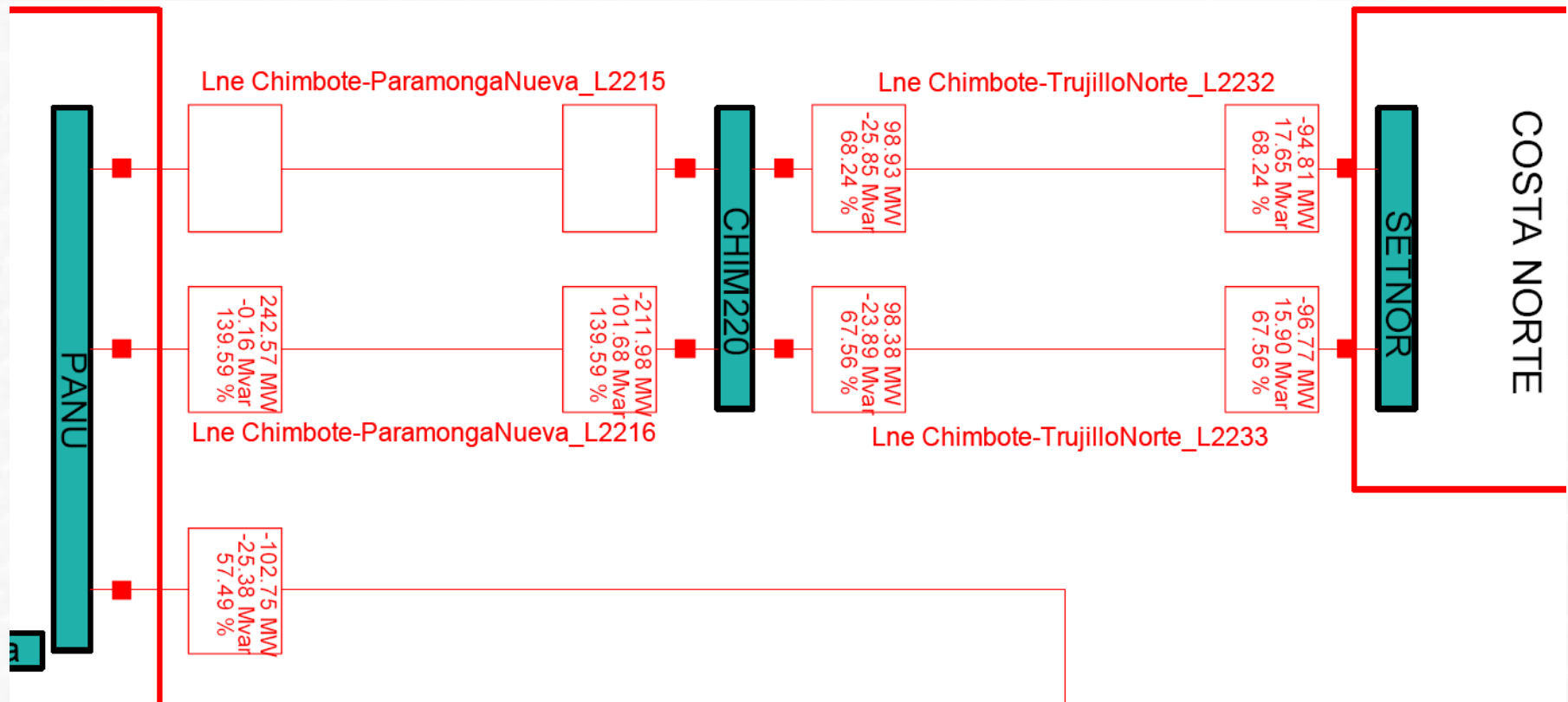


Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión

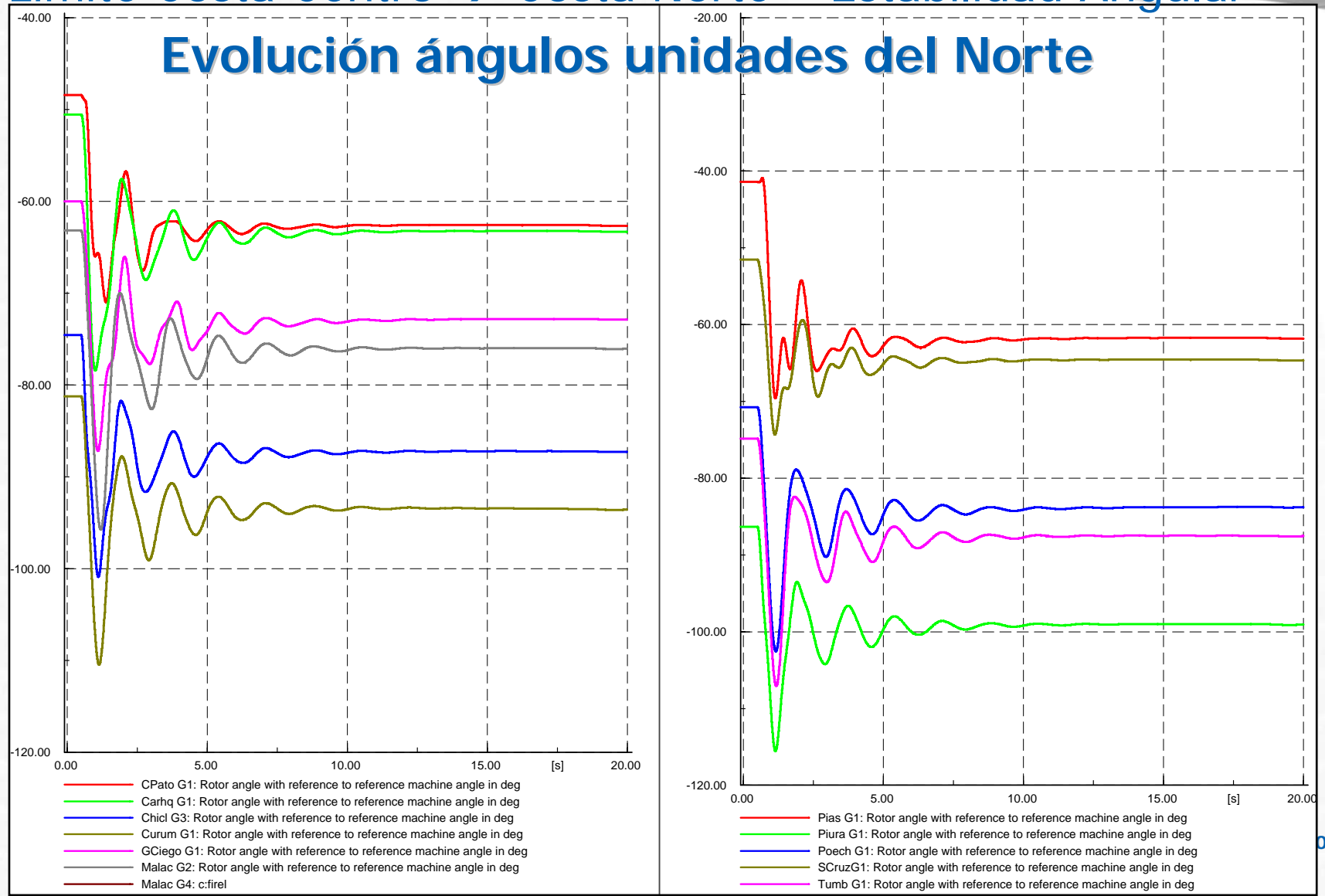


Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad Angular

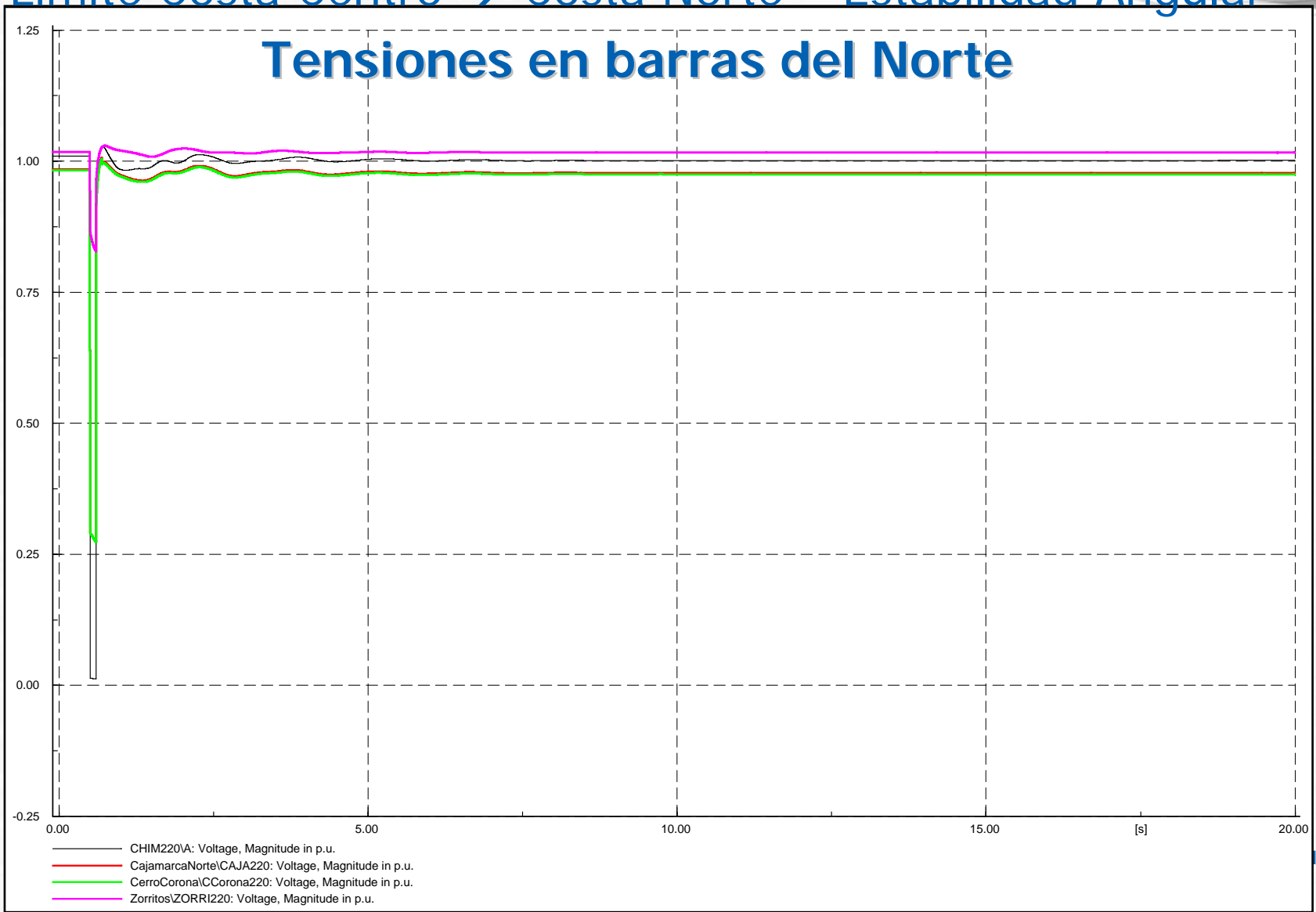
Condición Post-Falla 3ph en L2015



Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad Angular

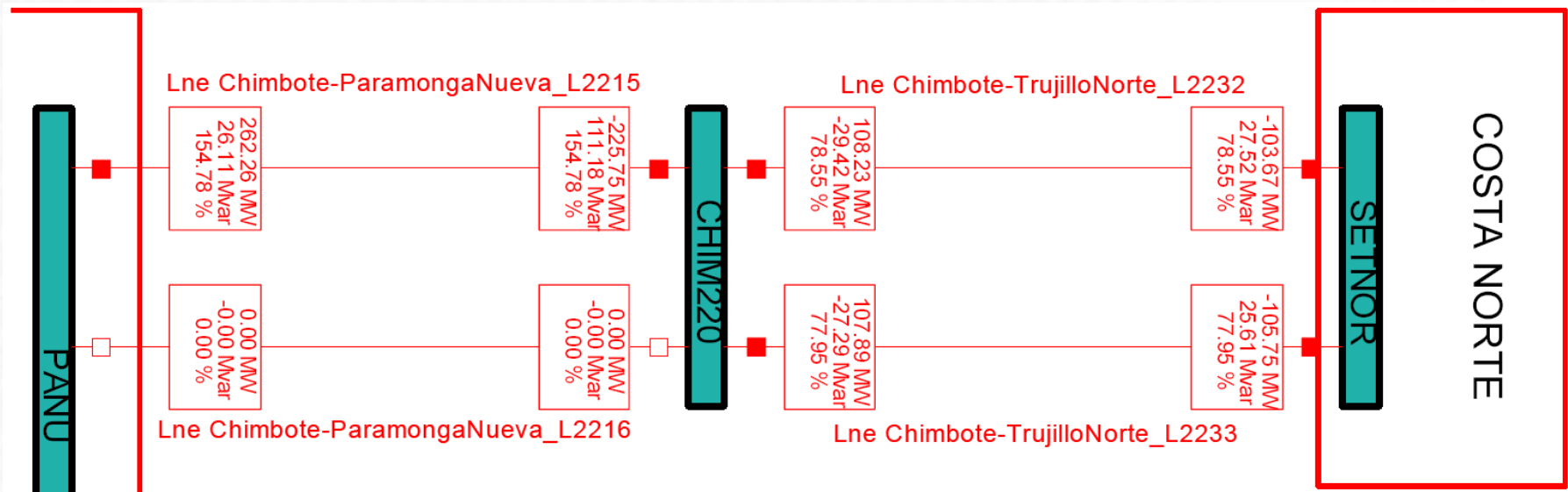


Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad Angular

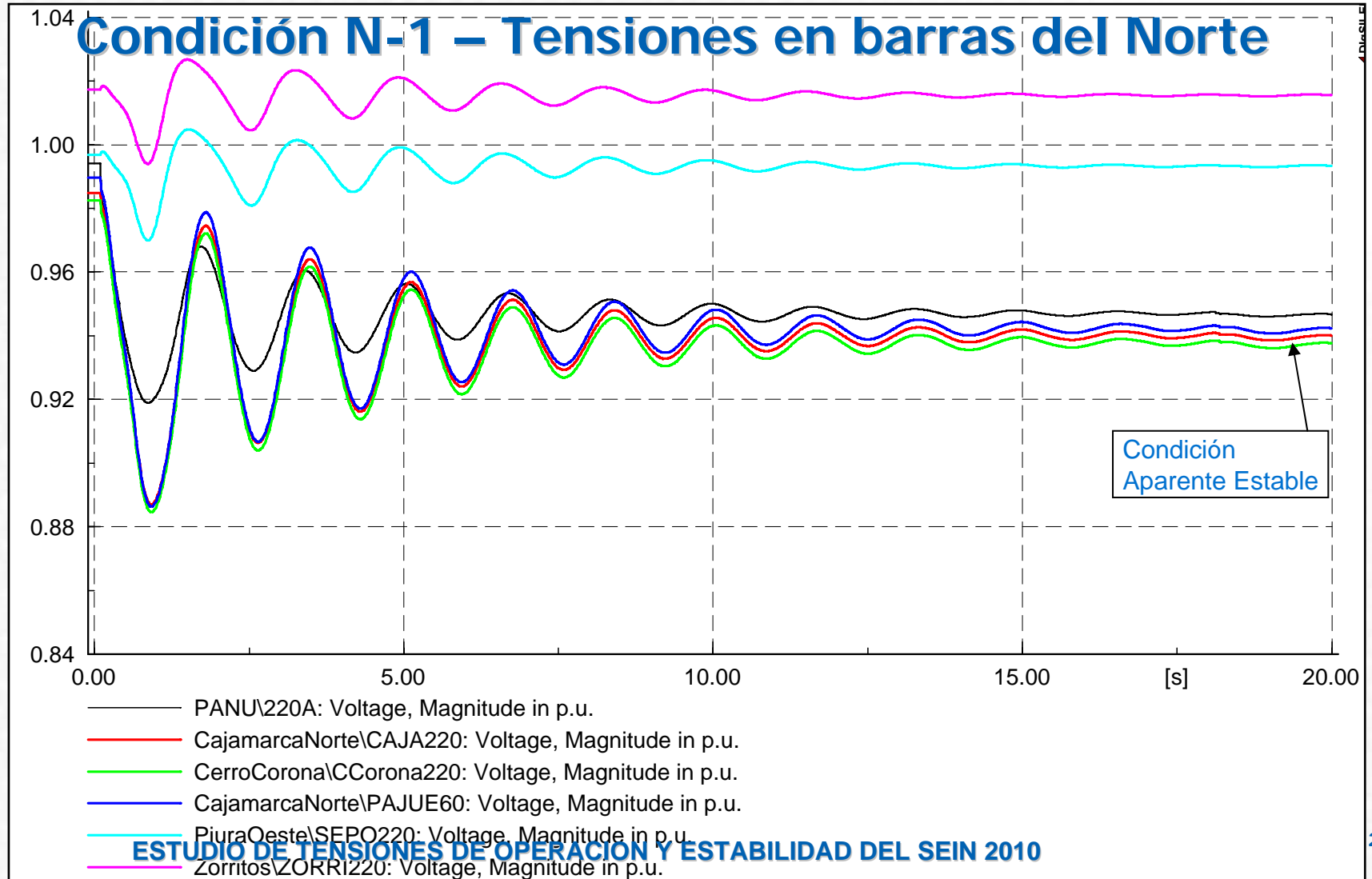


Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión

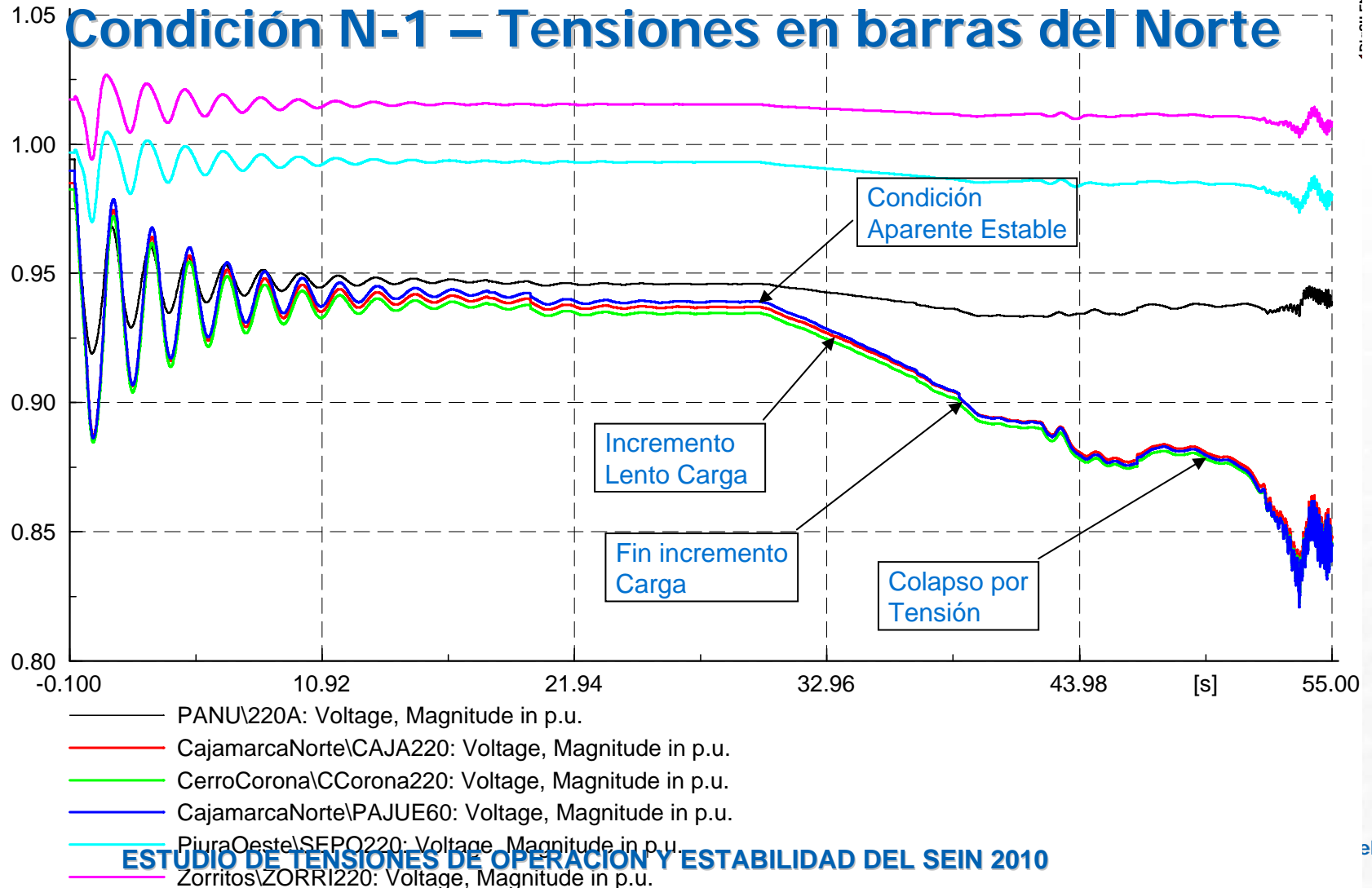
Condición N-1



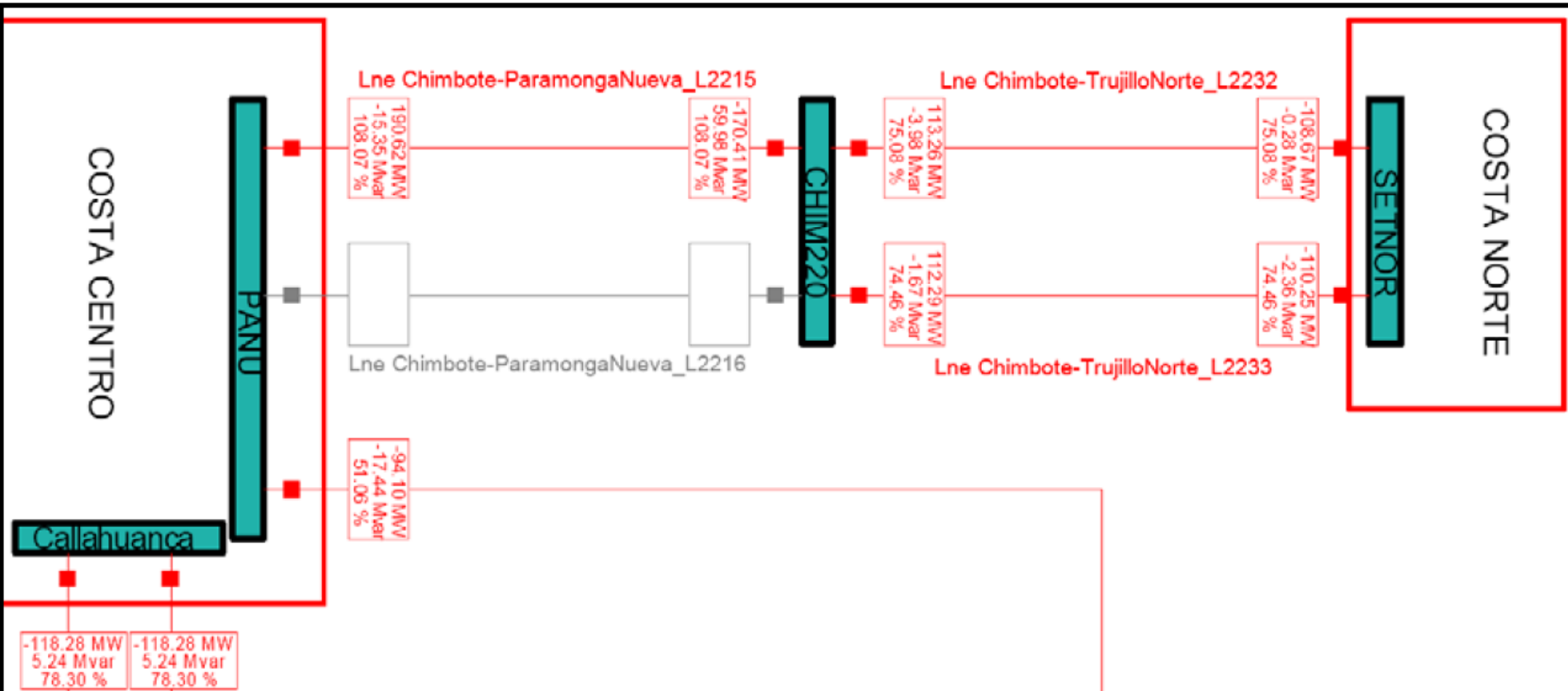
Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión



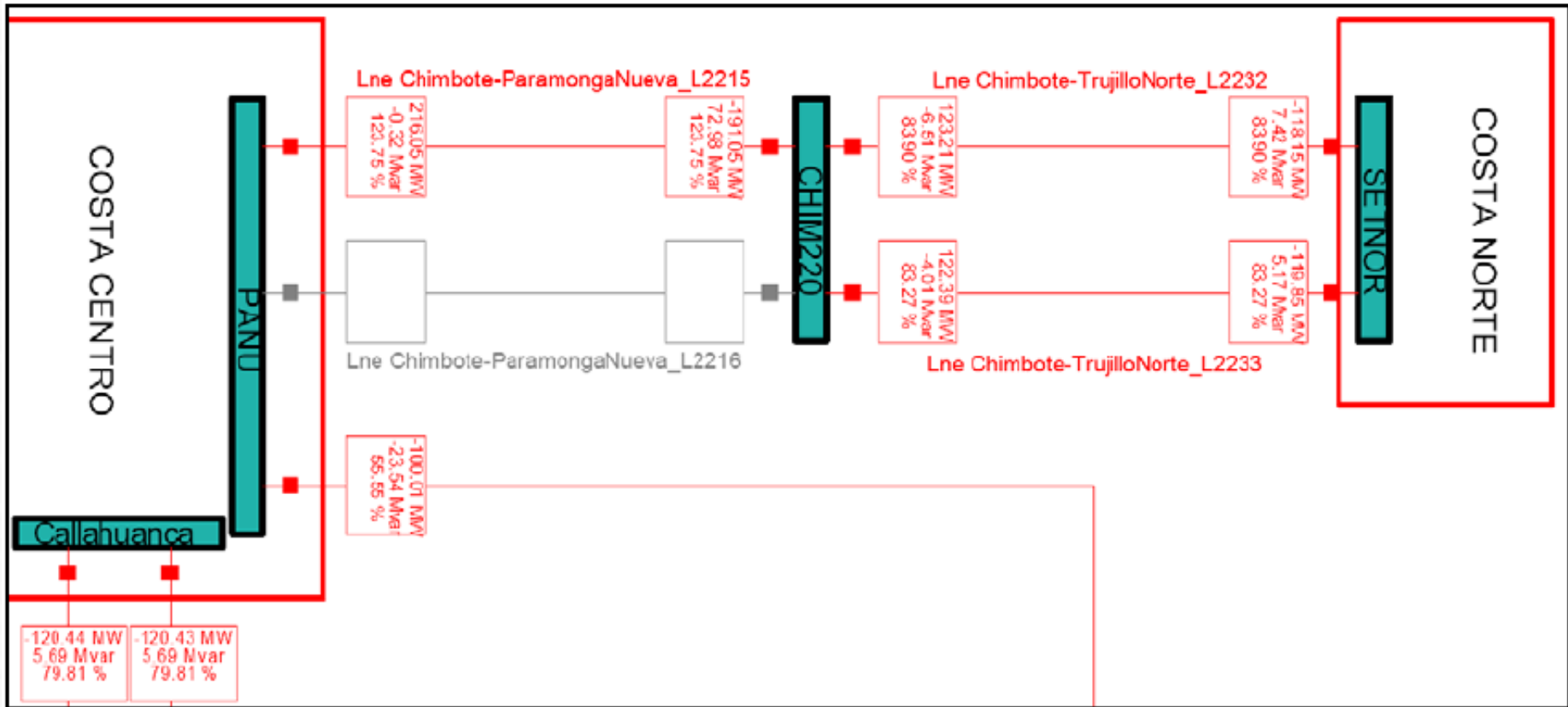
Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión



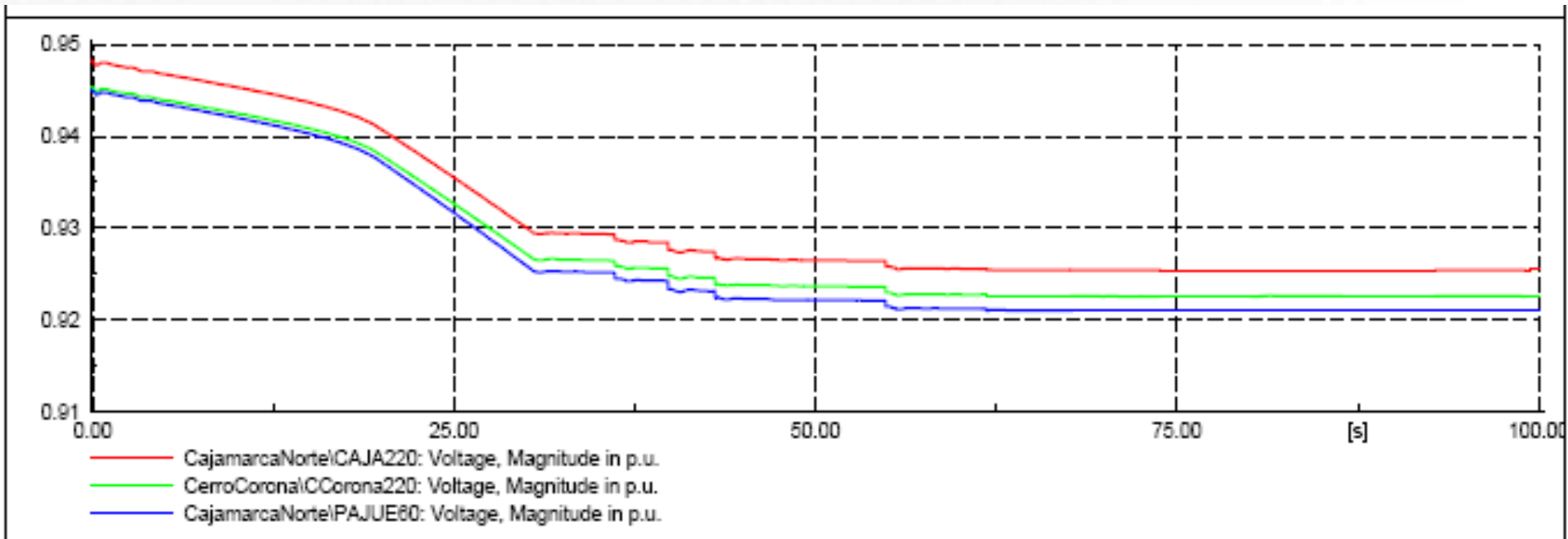
Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión Condición N-1 – Disminución Tránsito (estado Inicial)



Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión Condición N-1 – Disminución Tránsito (estado Final)



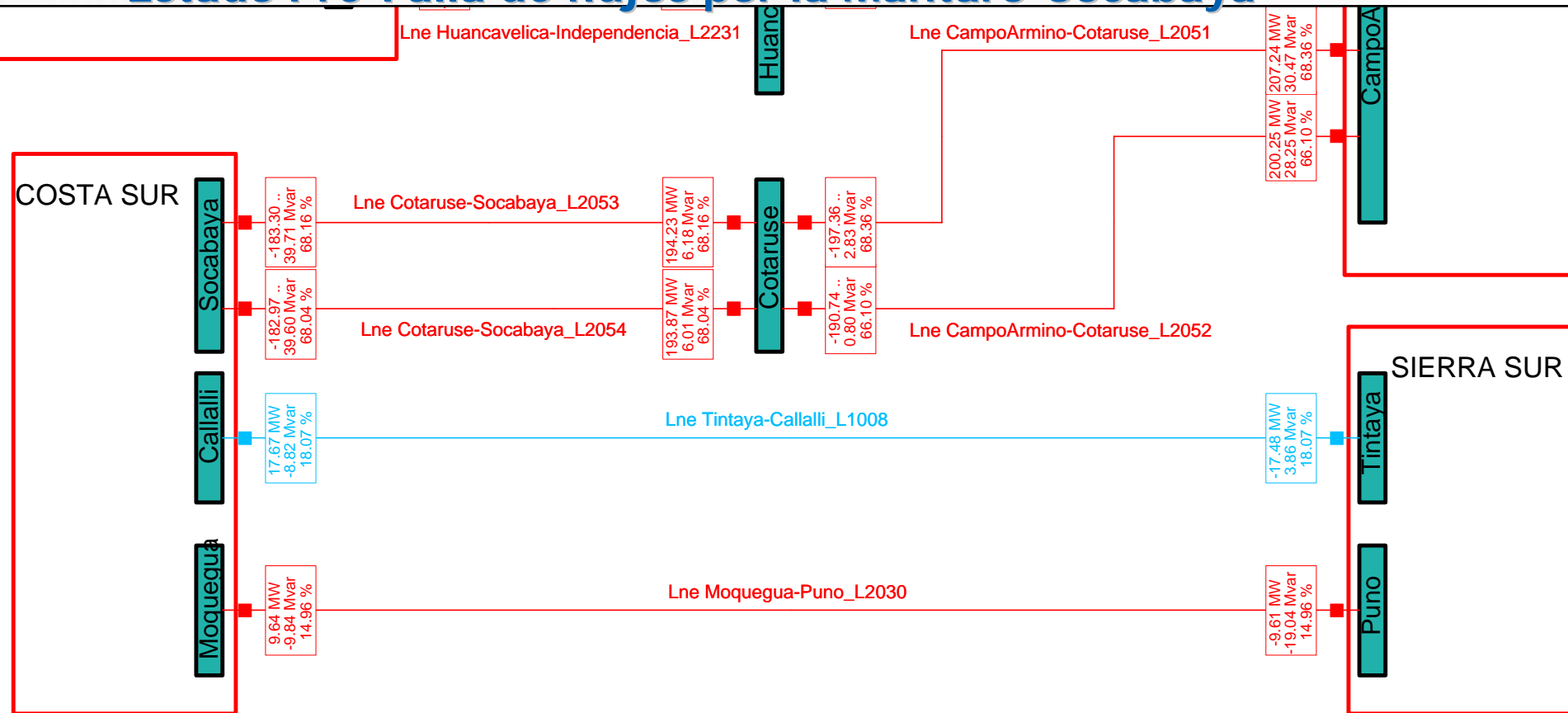
Limite Costa Centro → Costa Norte – Estabilidad de Tensión Condición N-1 – Disminución Tránsito (Tensiones)



Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular 400MW desde Sierra Centro → Costa Sur

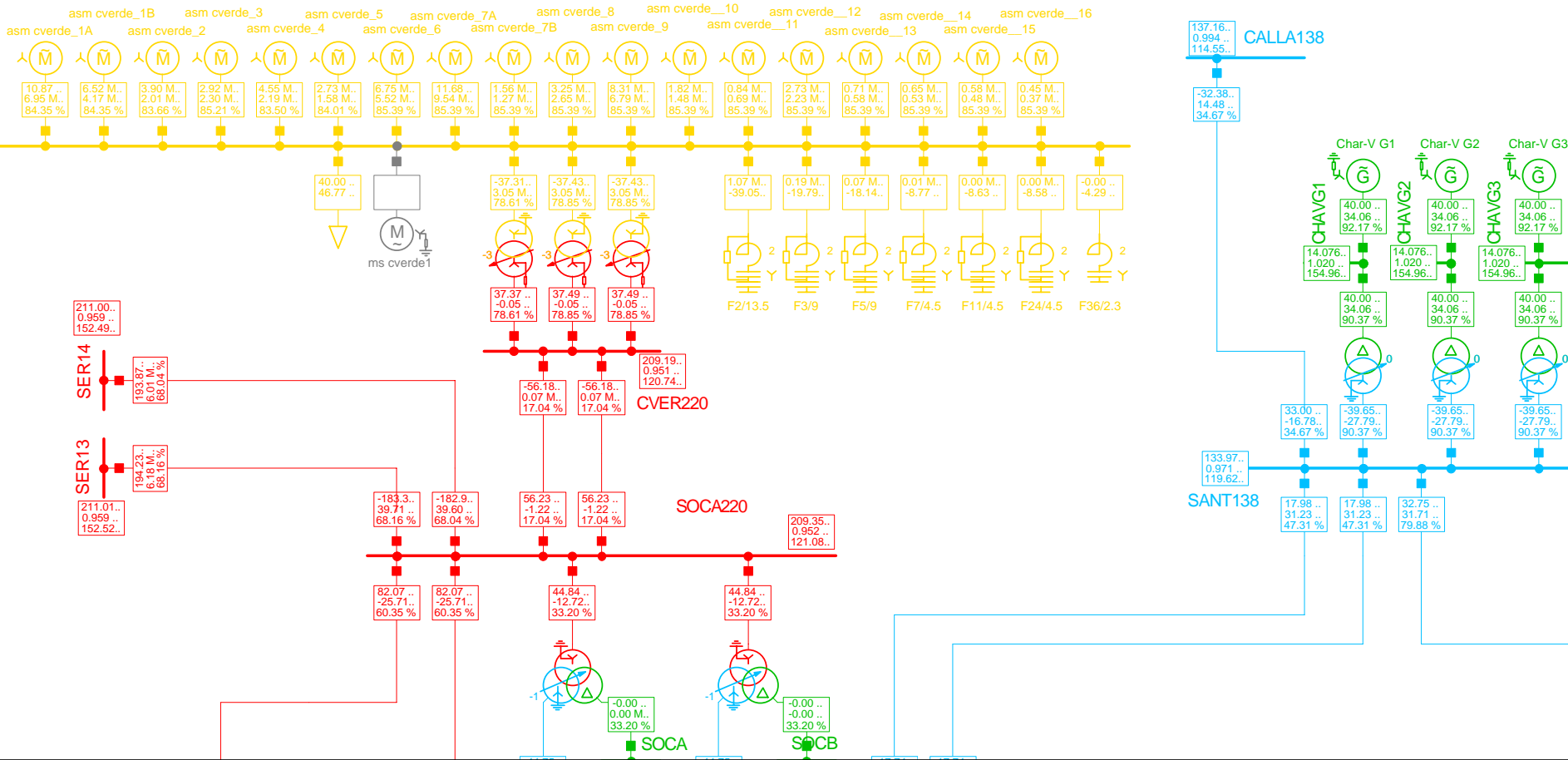
ILO2 fuera de servicio; 1 unidad en S. Gaban

Estado Pre-Falla de flujos por la Mantaro-Socabaya



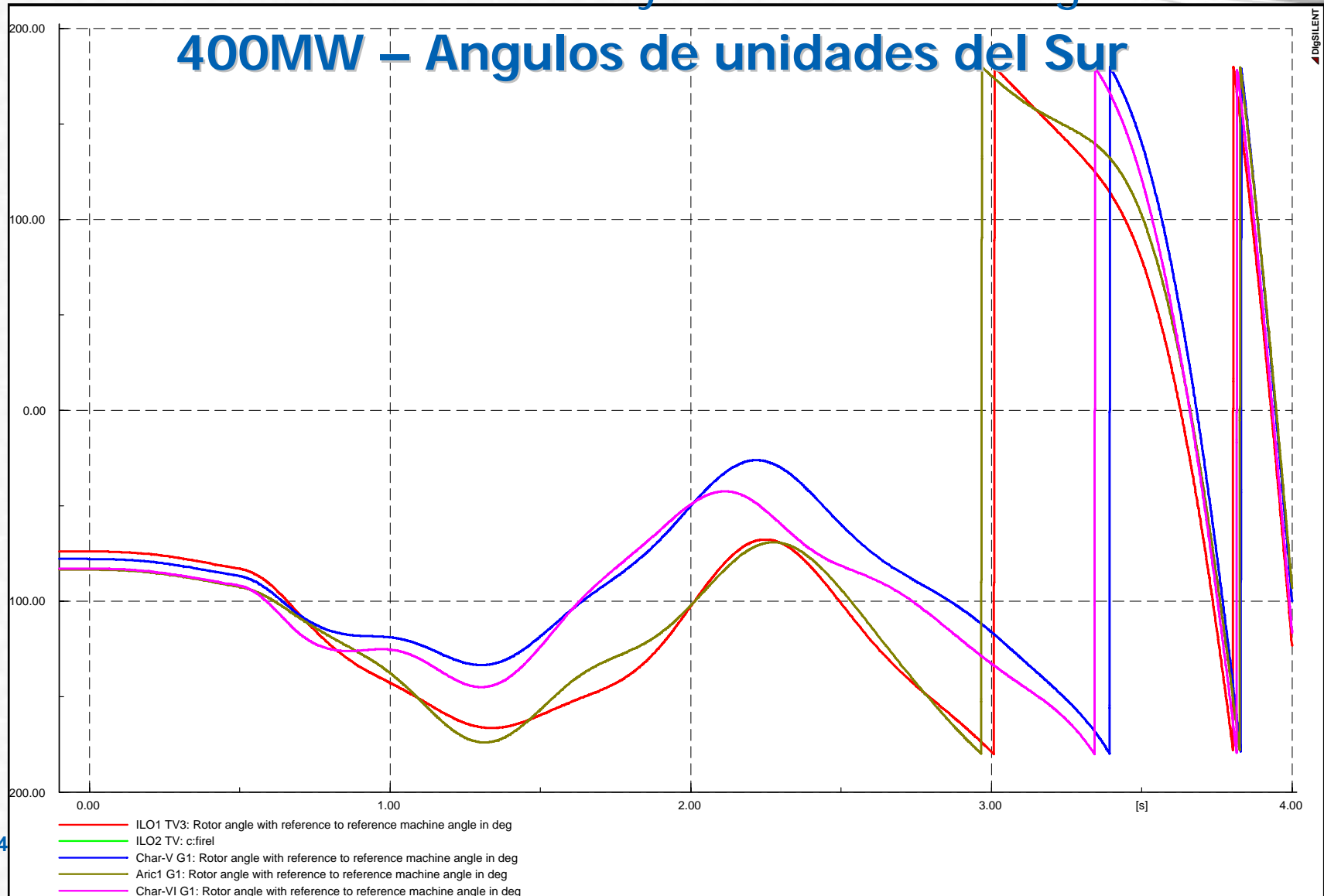
Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

Estado Pre-Falla en la zona Socabaya



Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

400MW – Angulos de unidades del Sur



Limite Mantaro Socabaya

400MW desde Sierra Centro → Costa Sur

1. Se aplica falla 3ph en linea L2051 con apertura permanente del circuito;
2. No es estable, la zona Sur pierde el paso

Si se asume que la falla es de tipo 1ph con reconexión exitosa el transito desde Mantaro → Socabaya puede aumentar hasta 450MW

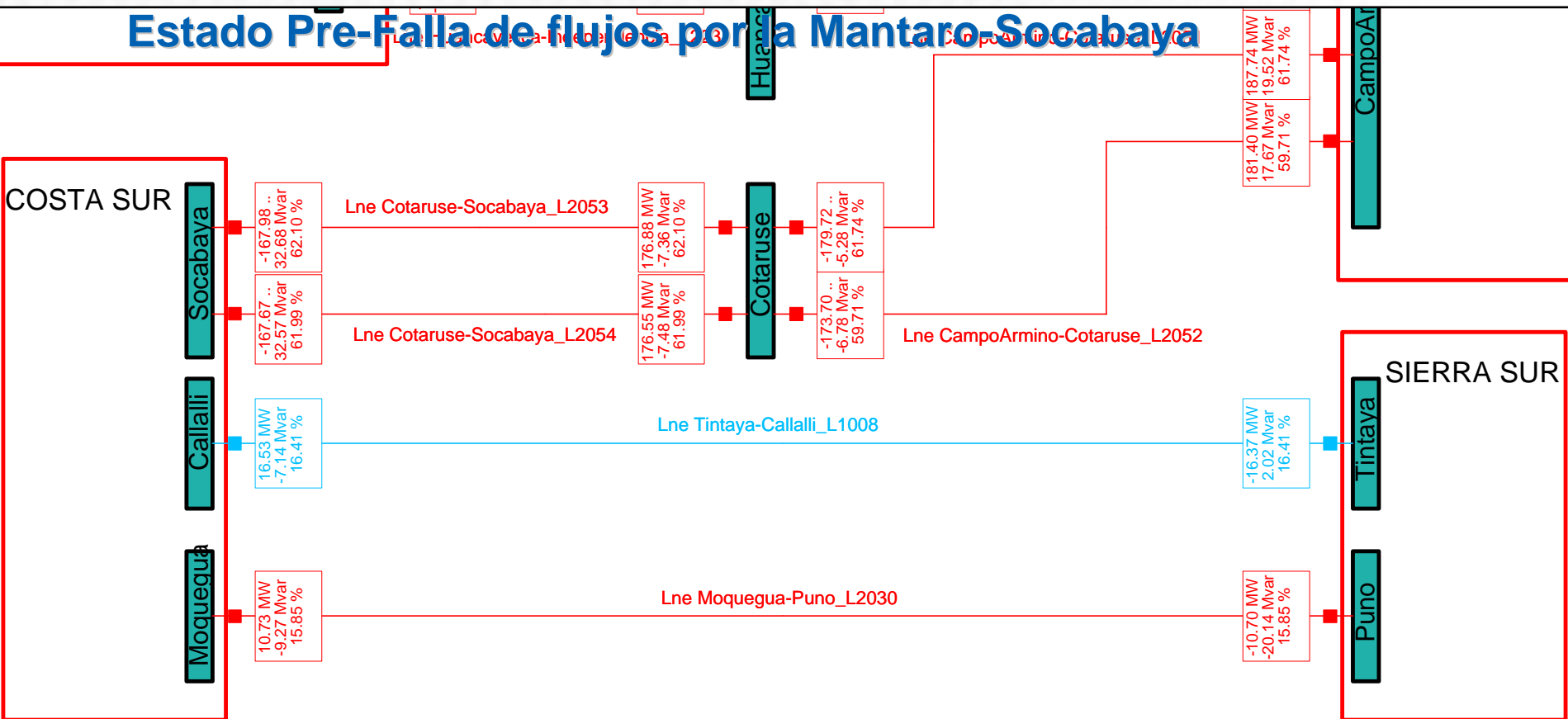
El problema en este caso es de tensión en la barra de Socabaya 220kV.

Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

370MW desde Sierra Centro → Costa Sur

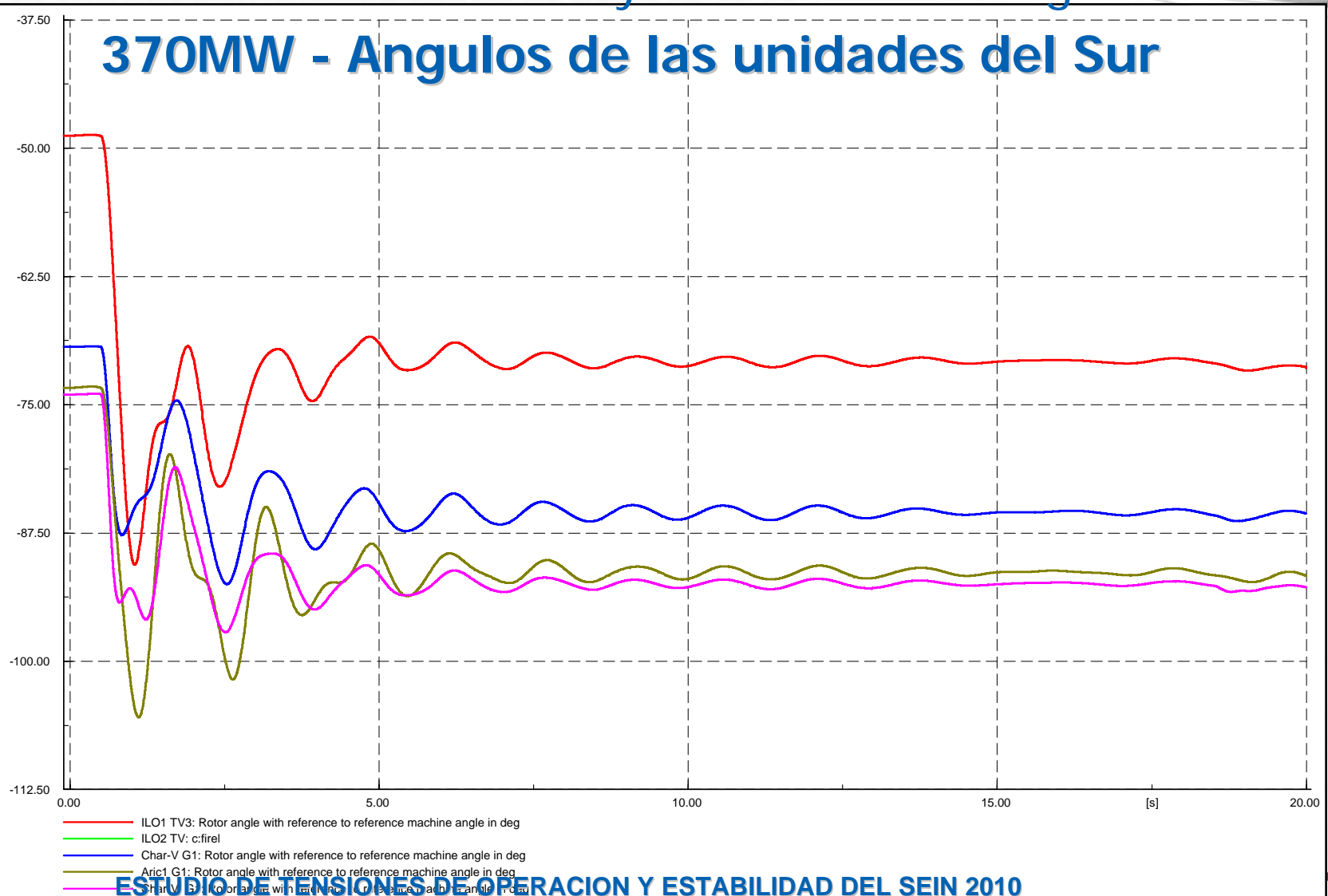
ILO2 fuera de servicio; 1 unidad en S. Gaban

Estado Pre-Falla de flujos por la Mantaro-Socabaya



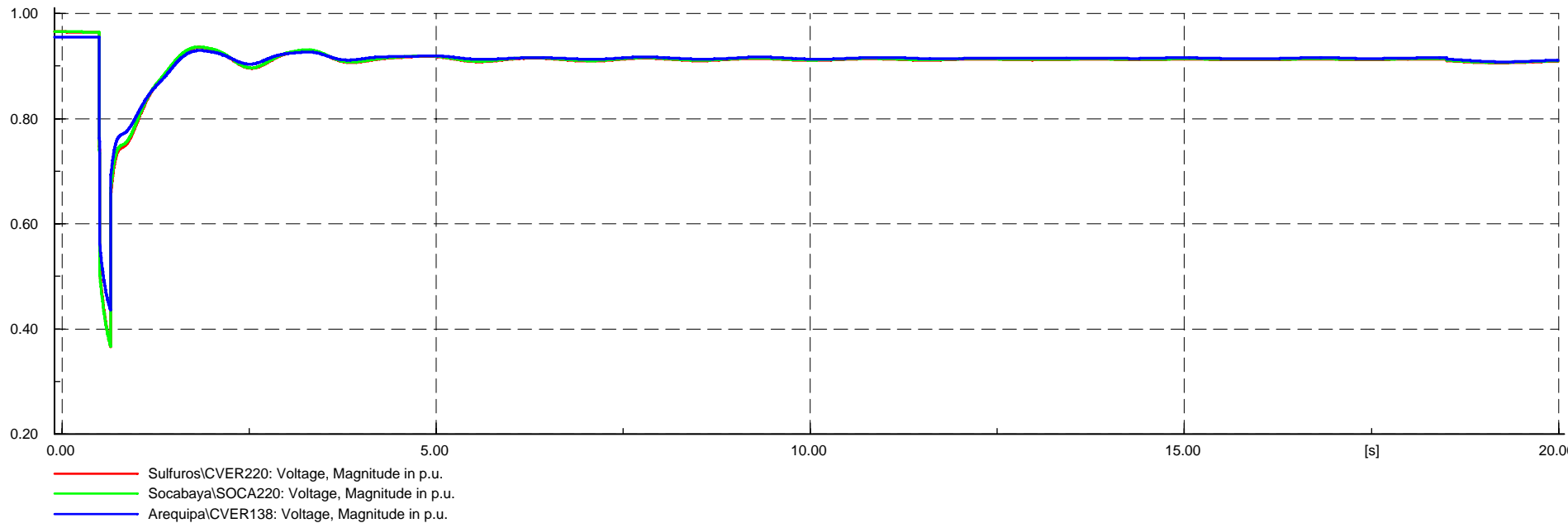
Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

370MW - Angulos de las unidades del Sur



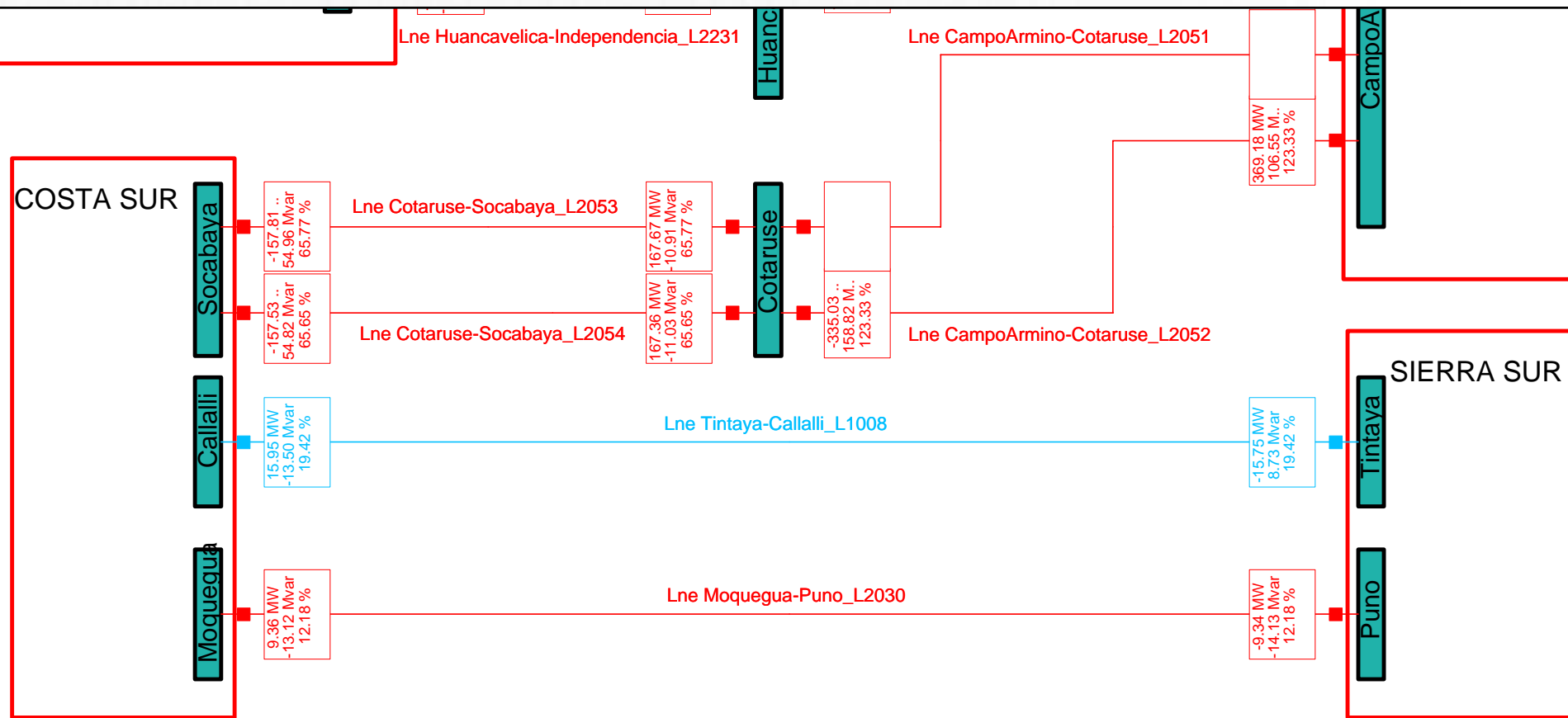
Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

370MW - Tensiones en las barras del Sur



Limite Mantaro Socabaya – Estabilidad Angular

370MW - Estado Post-falla 3ph



ZONAS INVOLUCRADAS			CAPACIDAD DE DISEÑO		LIMITE				
Desde la zona	Hacia la zona	Enlaces	En operación continua	Por 4 horas (120%)	Térmico	Por Estabilidad De Tension	Por Estabilidad Angular Transitoria	Por Estabilidad Angular Permanente	Operativo
			MVA	MVA	MVA	MW	MW	MW	
Costa Centro	Costa Norte	Chimbote-ParamongaNueva_L2215	180	216					
Costa Centro	Costa Norte	Chimbote-ParamongaNueva_L2216	180	216					
		2 TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en el lado Paramonga		216 (*)	>270	270	>270	216
		1 TERNA EN SERVICIO			180	>216	170	>180	170
Costa Centro	Costa Norte	Chimbote-TrujilloNorte_L2232	152	182					
Costa Centro	Costa Norte	Chimbote-TrujilloNorte_L2233	152	182					
Para tránsitos desde Costa Centro --> Costa Norte		2 TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en el lado Chimbote		182 (*)	>230	>230	>230	182
		1 TERNA EN SERVICIO			152	>187	170	>152	152
Sierra Centro	Costa Sur	CampoArmino-Cotaruse_L2051	300	-					
Sierra Centro	Costa Sur	CampoArmino-Cotaruse_L2052	300	-					
Sierra Centro	Costa Sur	Lne Cotaruse-Socabaya_L2053	300	-					
Sierra Centro	Costa Sur	Lne Cotaruse-Socabaya_L2054	300	-					
Para tránsitos desde Sierra Centro --> Costa Sur		4 TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en el lado Mantaro		300 (**)	>360	370	>370	325
		3 TERNA EN SERVICIO			240 (***)	330	264	>330	255
		2 TERNAS EN SERVICIO			240 (***)	250	n.v.	>250	250
Sierra Centro	Costa Centro	Pachachaca-Callahuanca2_L2222	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	Pachachaca-Callahuanca2_L2223	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	Huayucachi-Zapallal_L2221	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	Pomacocha-SanJuan_L2205	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	Pomacocha-SanJuan_L2206	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	Independencia-CampoArmino_L2203	152	182					
Sierra Centro	Costa Centro	CampoArmino-Huancavelica_L2204	152	182					
Para tránsitos desde Mantaro --> Lima		TODAS LAS TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en el lado de la Sierra		>1000 (*)	>1000	>1000	>1000	1000
		1 TERNA OFF (L2203)			860	860	860	>860	860
		1 TERNA OFF (L2206)			720	720	720	>720	720
		1 TERNA OFF (L2716)			550	550	550	>550	550
		2 TERNA OFF (L2206 y L2716)			400	400	400	>400	400
Costa Centro	Sierra Centro Norte	Vizcarra-ParamongaNueva_L2253	191	229					
Sierra Centro	Sierra Centro Norte	Pachachaca-OroyaNueva_L2224	152	183					
Para tránsitos desde Sierra Centro Norte --> Costa Centro		2 TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en el lado de la Sierra		230 (*)	>230	>230	>230	230
		1 TERNA OFF (L2259)			152	>152	>152	>152	152
		1 TERNA OFF (L2253)			152	>152	>152	>152	152
Independencia	Ica	Independencia-Ica	140	168					
		TODAS LAS TERNAS EN SERVICIO	Los tránsitos de potencia son medidos en Independencia		140 (*)	>140	n.v.	n.v.	140
		1 TERNA OFF (L2203)			140	115	n.v.	n.v.	115
Costa Sur	Sierra Sur	Tintaya-Callalli_L1008	110	132					
		1 TERNA OFF (L2030)	Tránsito Costa sur --> Sierra Sur		132	56	44	>44	44

Notas

(*) Tienen en cuenta contingencia N-1

(**) Medido en Socabaya

(***) Medido en Cotaruse

Verificaciones solo por Estabilidad de Tensión

ZONAS INVOLUCRADAS			CAPACIDAD DE DISEÑO		LIMITE				
Desde la zona	Hacia la zona	Enlaces	En operación continua	Por 4 horas (120%)	Térmico	Por Estabilidad De Tension	Por Estabilidad Angular Transitoria	Por Estabilidad Angular Permanente	Operativo
			MVA	MVA	MVA	MW	MW	MW	
Costa Sur	Sierra Sur	Tintaya-Azángaro_L1006	90	108					
		1 TERNA OFF (L1011)	Tránsito Sierra sur --> Costa Sur		90	>98	n.v.	>98	98
Costa Sur	Sierra Sur	Tintaya-Azángaro_L1006	90	108					
		1 TERNA OFF (L1011)	Tránsito Costa sur --> Sierra Sur		90	48	n.v.	>48	48
Costa Sur	Sierra Sur	Azángaro-Juliaca_L1011	90	108					
		1 TERNA OFF (L1008)	Azángaro --> Juliaca		90	>90	n.v.	>90	90
Costa Sur	Sierra Sur	Azángaro-Juliaca_L1011	90	108					
		1 TERNA OFF (L1008)	Juliaca --> Azángaro		90	56	n.v.	>90	56
Costa Sur	Sierra Sur	Tintaya-Callalli_L1008	110	132					
		1 TERNA OFF (L2030)	Tránsito Sierra sur --> Costa Sur		132	45	n.v.	>44	45

GRACIAS

