



Implementación PDCE Zona Norte del SEN

Departamento Modelación y Aplicaciones EMS
Subgerencia Estudios y Soporte Operacional
Gerencia Operación

Agenda

Implementación del Plan de Defensa contra Contingencias Extremas

1

Antecedentes

2

Recursos Estabilizantes

3

**Implementación del Recurso – Transmisores
(TEN – Interchile – Transelec)**



Antecedentes Normativos

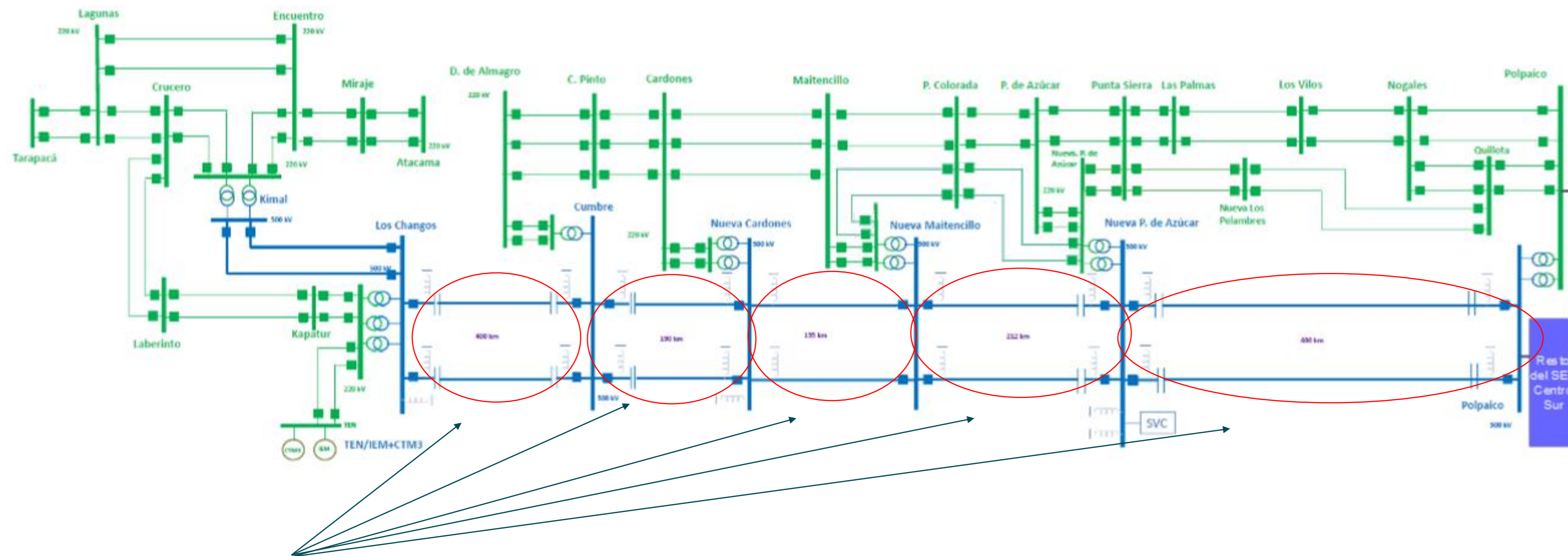
- En el Artículo 3-4 de la NTSyCS se establece que las instalaciones involucradas en Planes de Defensa ante Contingencias deberán implementar, operar y mantener el equipamiento que se requiera, según el diseño y los objetivos de los planes de defensa y los requisitos técnicos que establezca el Coordinador, en conformidad a la NT SSCC.
- Contingencia Extrema: Fallas de baja probabilidad, de severidad 6, 7, 8 y 9, en las cuales deben aplicarse Recursos Adicionales de Control de Contingencias para evitar un Apagón Total.

Estudio de Plan de Defensa

- El año 2019 la Gerencia de Operación del Coordinador emitió el informe «Estudio para el Diseño de Detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN»
- Se evaluaron contingencias de **Severidad 6** en el sistema de 500kV entre S/E Los Changos y S/E Polpaico, llegándose a la conclusión que, en determinados escenarios de operación, este tipo de contingencia podría derivar en un **apagón total en 4 de los 5 tramos** y, en el tramo restante, un apagón parcial.
- Para la mitigación de los efectos de las contingencias se proponen 2 recursos de control de contingencias, que se dividen en 5 automatismos diferentes.

Estudio de Plan de Defensa

- Escenarios y topologías



3 Topologías:

2020
2021
2023

5 Contingencias dobles analizadas



Servicio
Complementario PDCE

PDCE como Servicio Complementario

SSCC	Categoría de SSCC	Subcategoría de SSCC
Control de Tensión	Control de Tensión (CT)	Control de Tensión (CT)
Control de Contingencias	Desconexión de Carga	EDAC (EDAC por Subfrecuencia; EDAC por Subtensión, EDAC por Contingencia Específica)
		Desconexión Manual de Carga (DMC)
	Desconexión de Generación	EDAG (EDAG por Sobrefrecuencia y EDAG por Contingencia Específica)
		Plan de Defensa contra Contingencias (PDC)
Plan de Recuperación de Servicio	Partida Autónoma (PA)	Plan de Defensa Contra Contingencias Extremas (PDCE)
		Plan de Defensa Contra Contingencias Críticas (PDCC)
	Aislamiento Rápido (AR)	Aislamiento Rápido (AR)
	Elementos de Vinculación (EV)	Elementos de Vinculación (EV)



PDCE como Servicio Complementario

Norma Técnica de Servicios Complementarios (NT SSCC)

Título 3-8: Requerimientos para el Plan contra Contingencias

Art. 3-45: El PDC comprenderá un esquema automático de utilización de Recursos Generales y Adicionales de Control de Contingencias, el cual, ante la detección de Contingencias Críticas y Contingencias Extremas, produzca el desmembramiento o desconexión controlada de algunos elementos del SEN, tal que, permita mantener la estabilidad de este o de las islas eléctricas originadas por la propia contingencia o de islas eléctricas inducidas, con el objetivo de evitar un apagón parcial o total.

Estudio de Costos

Se recomienda que la implementación provenga de una licitación competitiva a los efectos que se remuneren estos SSCC a partir de los valores resultantes de dichas licitaciones.

Costos de Inversión

Por tratarse de un SC, instruido directamente, los costos de inversión incurridos en el PDCE serán agregados al Cargo Único, que luego debe ser remunerado a cada empresa coordinada que participó de la implementación del esquema.

PDCE como Servicio Complementario

Hito	Responsable	Fecha (referencial)
Estudio de PDCE	Coordinador	2019
Ingeniería de Detalles	Coordinado Rev. Coordinador	15 Abril 2020
Bases de Licitación	Coordinado Rev. Coordinador	Junio 2020
Proceso de Licitación	Coordinado	Agosto 2020
Implementación del PDCE	Coordinado	10 meses a partir de la adjudicación

Agenda

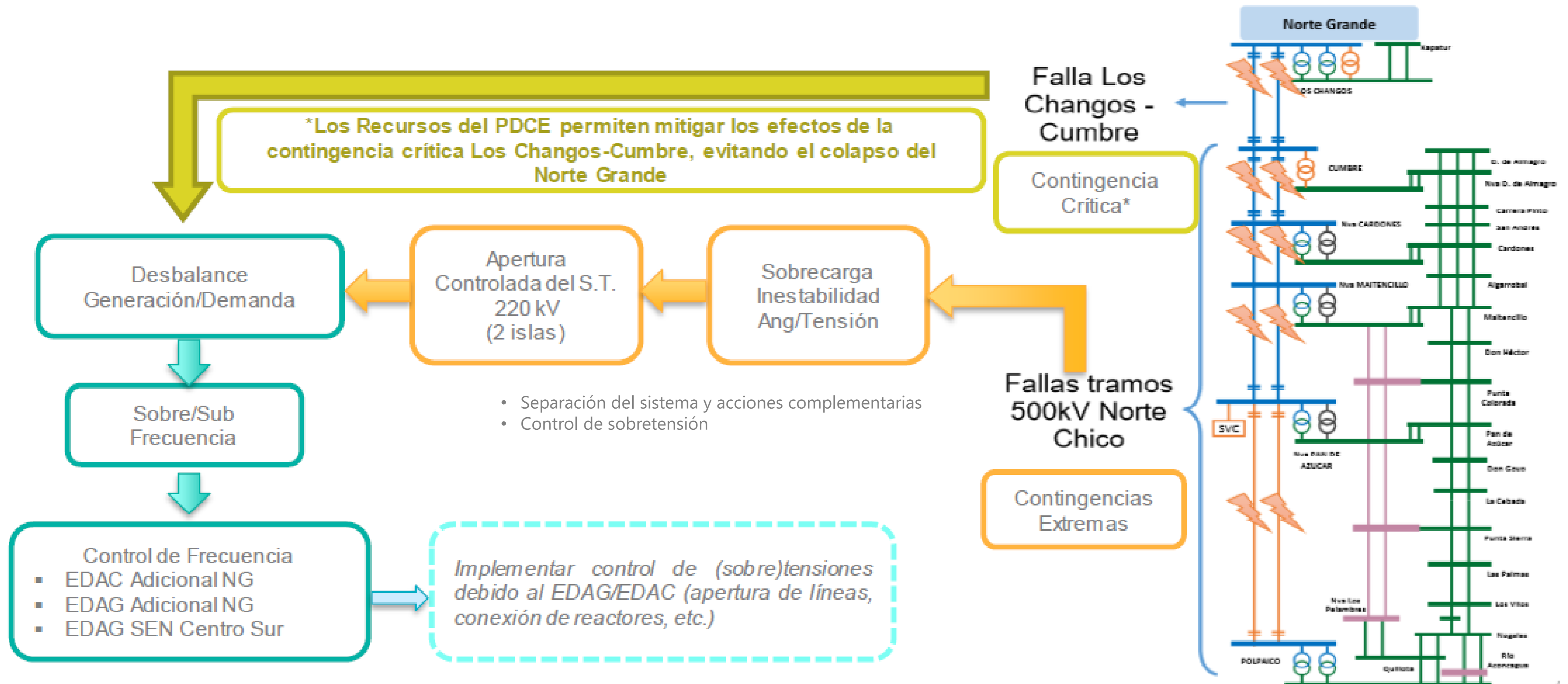
Implementación del Plan de Defensa contra Contingencias Extremas

1 Antecedentes

2 Recursos Estabilizantes

3 Implementación del Recurso – Transmisores
(TEN – Interchile – Transelec)

Descripción General del Automatismo



Recurso Tx

Control de Estabilidad y Sobrecargas

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Control de sobrecargas

Tramo en falla	Punto de apertura	TOP	NORTE → SUR		SUR → NORTE	
CUMB-CARD	2x500kV Los Changos - Cumbre	T1	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR
		T2	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR
		T3	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR
CARD-MAIT	2x500kV Los Changos - Cumbre	T1	500MW	SOBREC.	400MW	SOBREC.
		T2	600MW	ANGULAR	400MW	SOBREC.
		T3	600MW	ANGULAR	400MW	SOBREC.
MAIT-PAZU	Líneas al sur de SE Maitencillo 220kV y 110kV	T1	200MW	SOBREC.	300MW	SOBREC.
		T2	200MW	SOBREC.	300MW	SOBREC.
		T3	500MW	SOBREC.	700WM	SOBREC.
PAZU-POLP	líneas al sur de SE Pan de Azúcar 220kV	T1	250MW	SOBREC.	250MW	SOBREC.
		T2	250MW	SOBREC.	250MW	SOBREC.
		T3	500MW	ANGULAR	500MW	SOBREC.

Tiempos máximos de operación: 200 - 300 ms

¹ - AMORT.
- ANGULAR
- SOBREC.

= Amortiguamiento inferior al 5%
= Inestabilidad angular (tensión <0.7pu y ángulos >120º eje inercial dinámico)
= Sobrecargas del sistema de transmisión (líneas de 220kV o 110kV, o transformadores 500/220kV)

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Control de tensión

Para controlar sobretensiones por rechazos de carga intempestivos o por actuación de los esquemas de desprendimiento automáticos de carga por baja frecuencia

Reactor	Parámetro	Umbral [pu]	Umbral [kV]	Tiempo [seg]	
Reactor Los Changos #1	U>	1.07	535	1.4	Permanente
	U>>	1,05	525	9.0	Permanente
	U>>>	1,10	550	0.8	Habilit. PDCE
Nva. Cardones #1	U>	1,10	550	1.4	Permanente
	U>>	1,075	538	8.0	Permanente
	U>>>	1,10	550	0.2	Habilit. PDCE
Nva. Pan de Azúcar #1	U>	1,10	550	1.8	Permanente
	U>>	1,075	538	8.5	Permanente
	U>>>	1,10	550	0.4	Habilit. PDCE
Nva. Pan de Azúcar #2	U>	1,10	550	2.0	Permanente
	U>>	1,075	538	9.5	Permanente
	U>>>	1,10	550	0.6	Habilit. PDCE

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Control de tensión

Para condiciones críticas del sistema se requiere un automatismo para la apertura de la línea 500kV Los Changos – Kimal.

Elemento	Parámetro	Umbral [pu]	Umbral [kV]	Tiempo [seg]	
Circuito LCHAN-KIML C1	U>	1,10	550	1,0	Habilit. PDCE
Circuito LCHAN-KIML C2	U>	1,10	550	1,2	Habilit. PDCE

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

El recurso para el **control de tensión** requiere:

- Ajustes para condiciones de sobretensión habilitados permanentemente:
 - ✓ Conexión de reactores, cuya temporización de la conexión varía entre los 1,4 y los 9 segundos, dependiendo de la ubicación y de la sobretensión postcontingencia.
- Recursos de escalón rápido por sobretensión, que se habilitan según las condiciones sistémicas:
 - ✓ Conexión de reactores, cuya temporización varía entre los 0,2 y los 0,8 segundos dependiendo de la ubicación donde se detecte la sobretensión.
 - ✓ Desconexión temporizada de líneas Los Changos – Kimal 500 kV (entre 1 y 1,2 segundos)
 - ✓ Desconexión de banco de condensadores en S/E Pan de Azúcar 220kV

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

El recurso para el **control de estabilidad** requiere tres lógicas:

- Condición de armado: identifica la necesidad o no de tomar acciones automáticas de acuerdo a la magnitud de la transferencia y su sentido.
- Detección de la contingencia: detección de la desconexión del doble circuito (severidad 6)
- Acción estabilizante:
 - separación controlada del sistema
 - Cortocircuito de las compensaciones serie
 - Conexión (aceleración de conexión de reactores shunt) del sistema de 500kV
 - Desconexión de condensador de S/E Pan de Azúcar

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Armado

- Medición de transferencias de potencia por cada tramo: módulo y sentido

El automatismo estará en 2 condiciones posibles:

- ✓ Armado: Si se superan los umbrales **Norte → Sur** o **Sur → Norte**
- ✓ En espera: en caso contrario

Tramos supervisados:

Cumbre – Nva. Cardones: medido en S/E Cumbre

Nva. Cardones – Nva. Maitencillo: medido en S/E Nva. Cardones

Nva. Maitencillo – Nva. Pan de Azúcar: medido en S/E Nva. Maitencillo

Nva. Pan de Azúcar – Polpaico: medido en S/E Nva. Pan de Azúcar

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Detección de la Falla

Con el monitoreo de los flujos de potencia por líneas y estado de interruptores **en condición de armado del automatismo**, la detección de la condición de la contingencia extrema se dará cuando:

- Posición de interruptores en «abierto» (*)
- Detección de flujo/corriente 0 por ambos circuitos(**)

El algoritmo de detección debe permitir la correcta identificación de distintas condiciones operacionales:

- Doble circuito en servicio
- Un circuito fuera de servicio con ambos extremos abiertos
- Un circuito fuera de servicio con un extremo abierto

(*) debe considerar lógica de interruptor y medio

(**) mediciones deben ser locales, redundantes y considerar corrientes inyectadas por la línea o inducidas, entre otras.

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Apertura de los sistemas

Luego de detectada la condición de falla (apertura de ambos circuitos con transferencia precontingencia superior a la umbral), deberán enviarse las señales pertinentes:

- Señal de apertura del sistema de transmisión para separación de islas
- Señal de bypass de compensaciones serie
- Señal de bloqueo de otros automatismos que incidan en la transferencia del sistema de 500kV y 220kV, en caso que existan.

Tiempo máximos de actuación son del orden de los 250ms.

Agenda

Implementación del Plan de Defensa contra Contingencias Extremas

1 **Antecedentes**

2 **Recursos Estabilizantes**

3 **Implementación del Recurso – Transmisores
(TEN – Interchile – Transelec)**

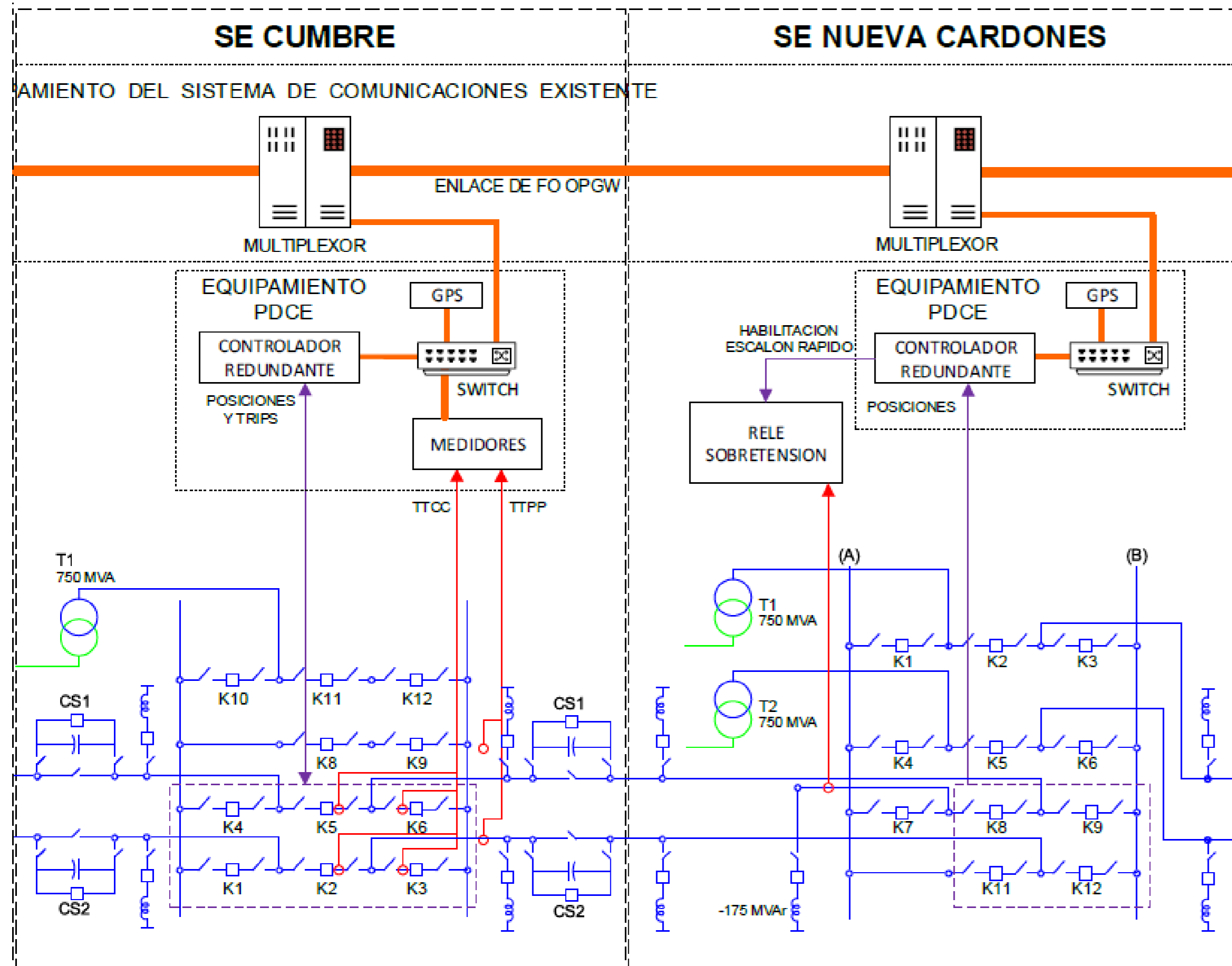
Contingencia

Cumbre – Nueva Cardones 2 x 500kV

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

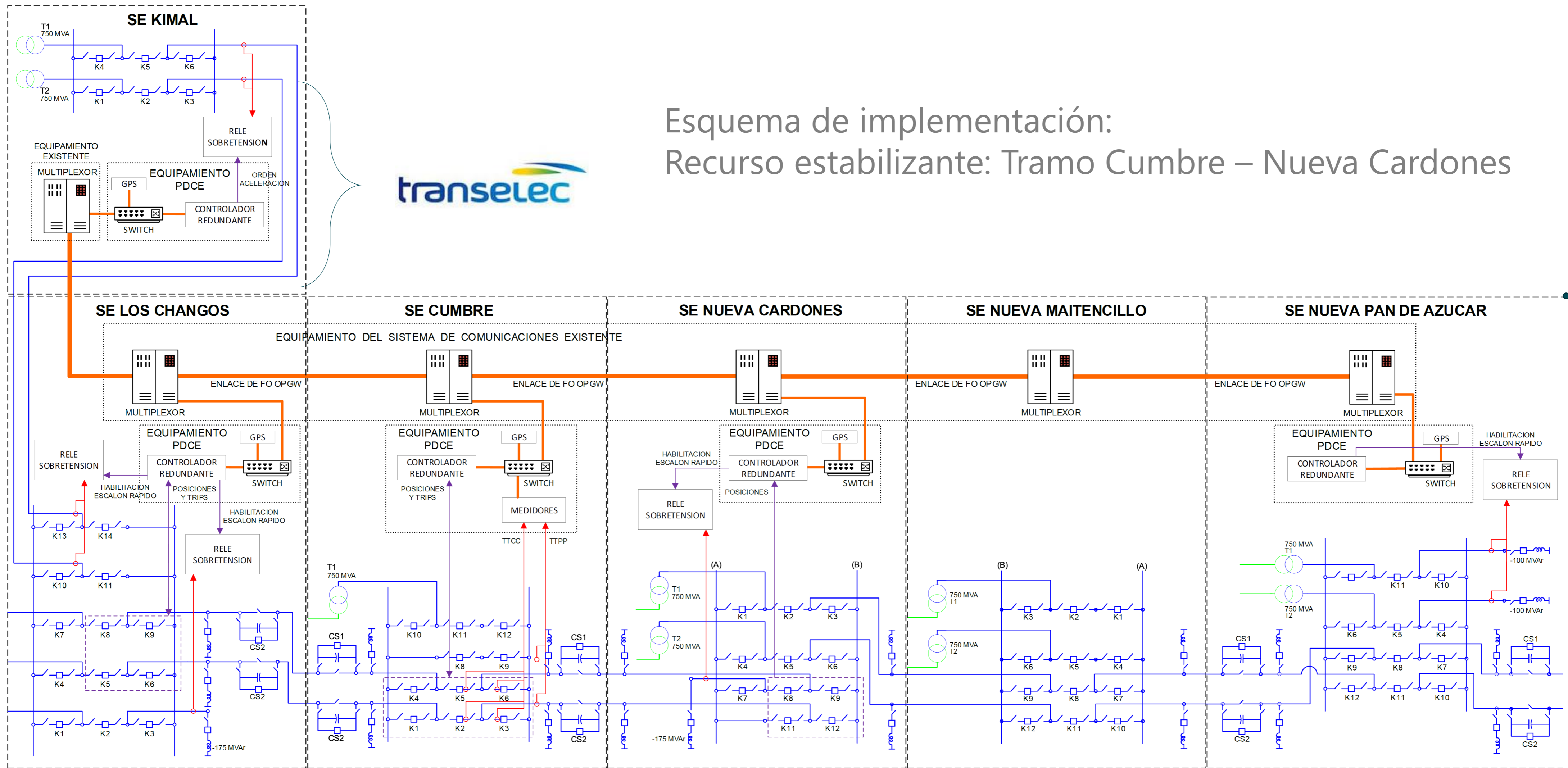
Cumbre – Nva. Cardones 500 kV



CUMB-CARD	NORTE → SUR		SUR → NORTE	
Topología 1 «año 2020»	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR
Topología 2 «año 2021»	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR
Topología 3 «año 2022»	400MW	AMORT.	500MW	ANGULAR

- Apertura de línea Los Changos – Cumbre 2x500kV
- Reactor 175MVar S/E Nueva Cardones
- Reactores 2x100MVar S/E Nueva Pan de Azúcar
- Reactor 175MVar Los Changos
- Línea los Changos – Kimal 2x500kV

Esquema de implementación: Recurso estabilizante: Tramo Cumbre – Nueva Cardones



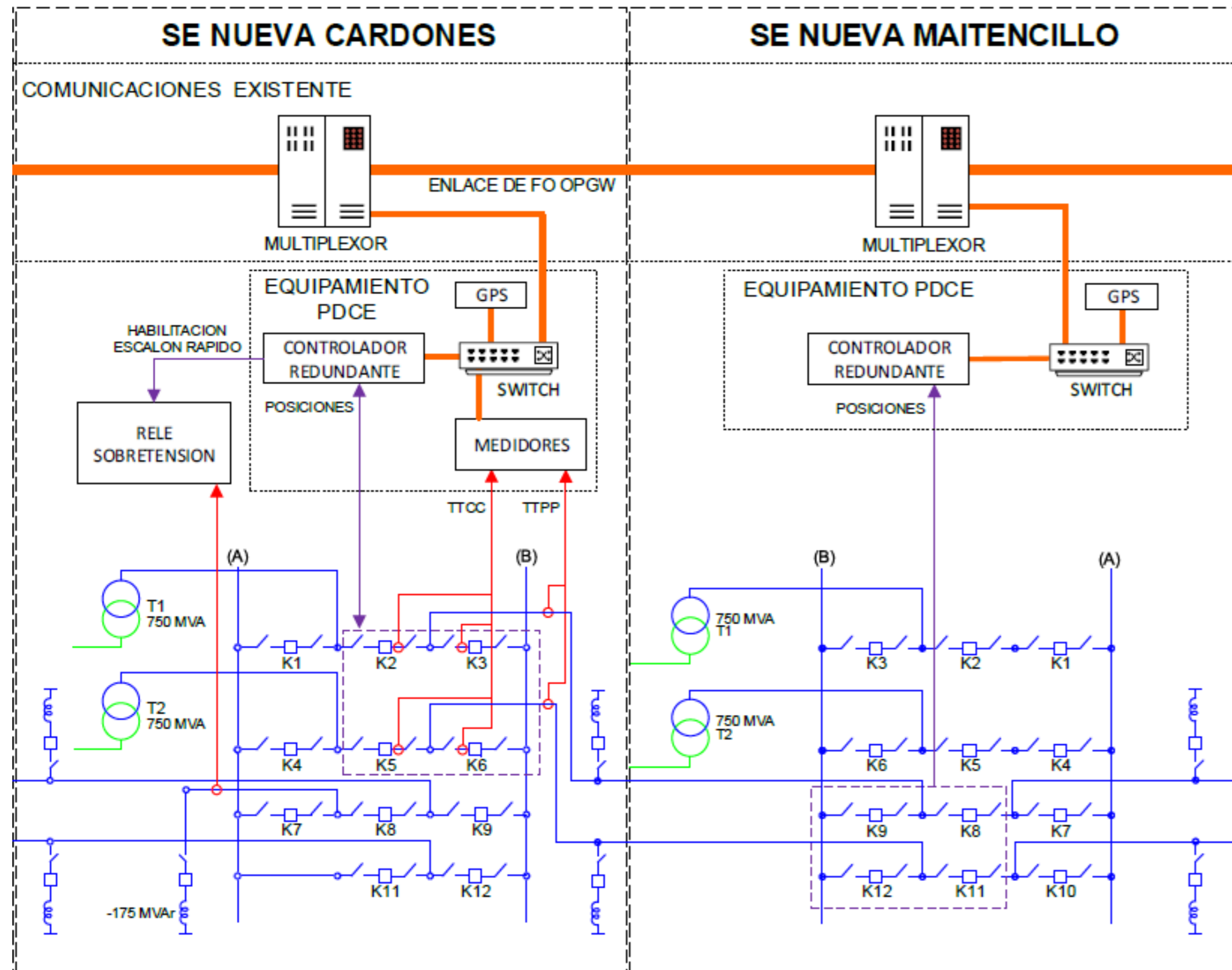
Contingencia

Nueva Cardones – Nueva Maitencillo 2 x 500kV

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

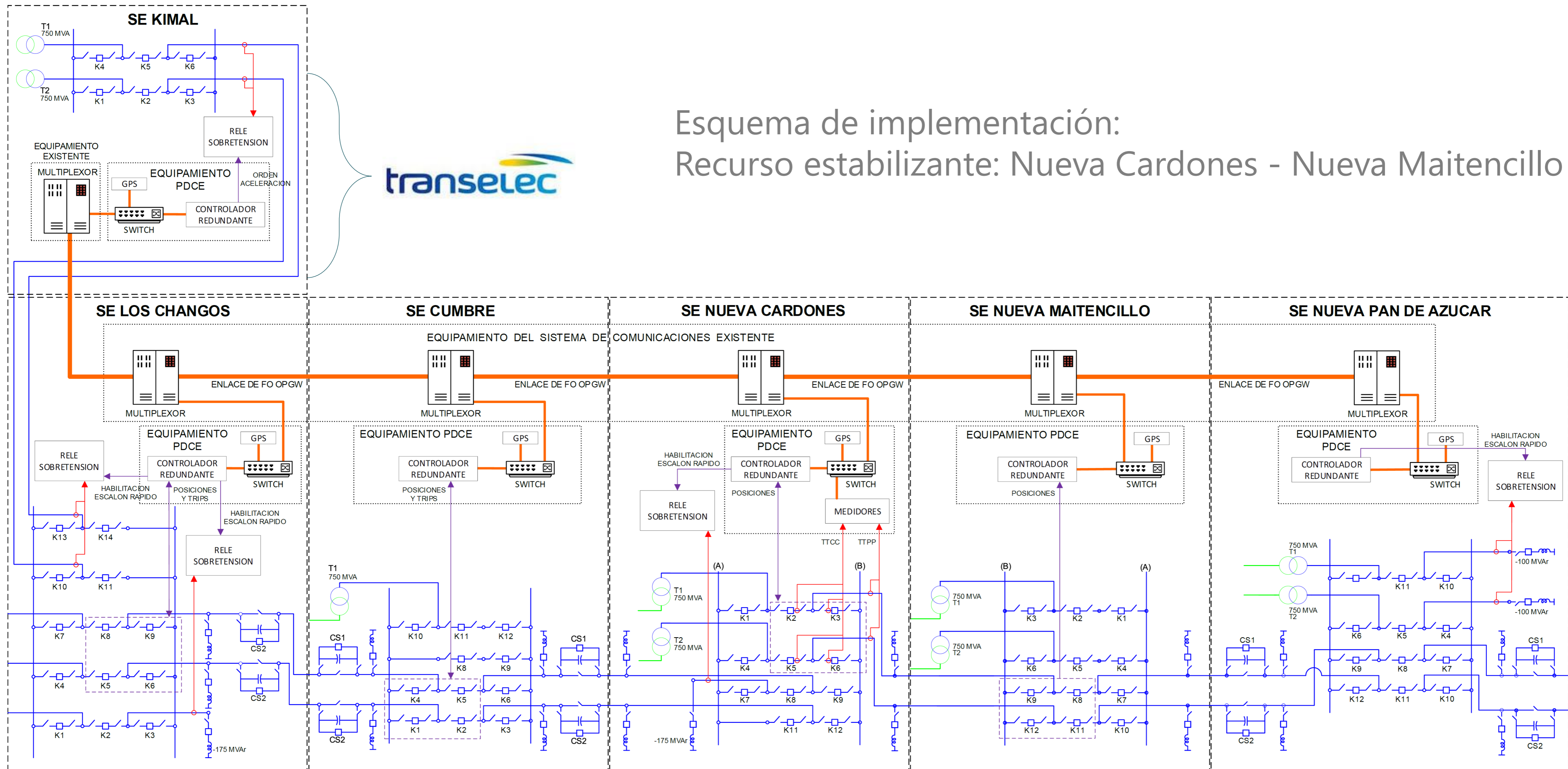
Nva. Cardones 500 kV – Nva. Maitencillo



CARD-MAIT	NORTE → SUR		SUR → NORTE	
Topología 1 «año 2020»	500MW	SOBREC.	400MW	SOBREC.
Topología 2 «año 2021»	600MW	ANGULAR	400MW	SOBREC.
Topología 3 «año 2022»	600MW	ANGULAR	400MW	SOBREC.

- Apertura de línea Los Changos – Cumbre 2x500kV
- Reactor 175MVAR S/E Nueva Cardones
- Reactores 2x100MVAR S/E Nueva Pan de Azúcar
- Reactor 175MVAR Los Changos
- Línea los Changos – Kimal 2x500kV

Esquema de implementación: Recurso estabilizante: Nueva Cardones - Nueva Maitencillo



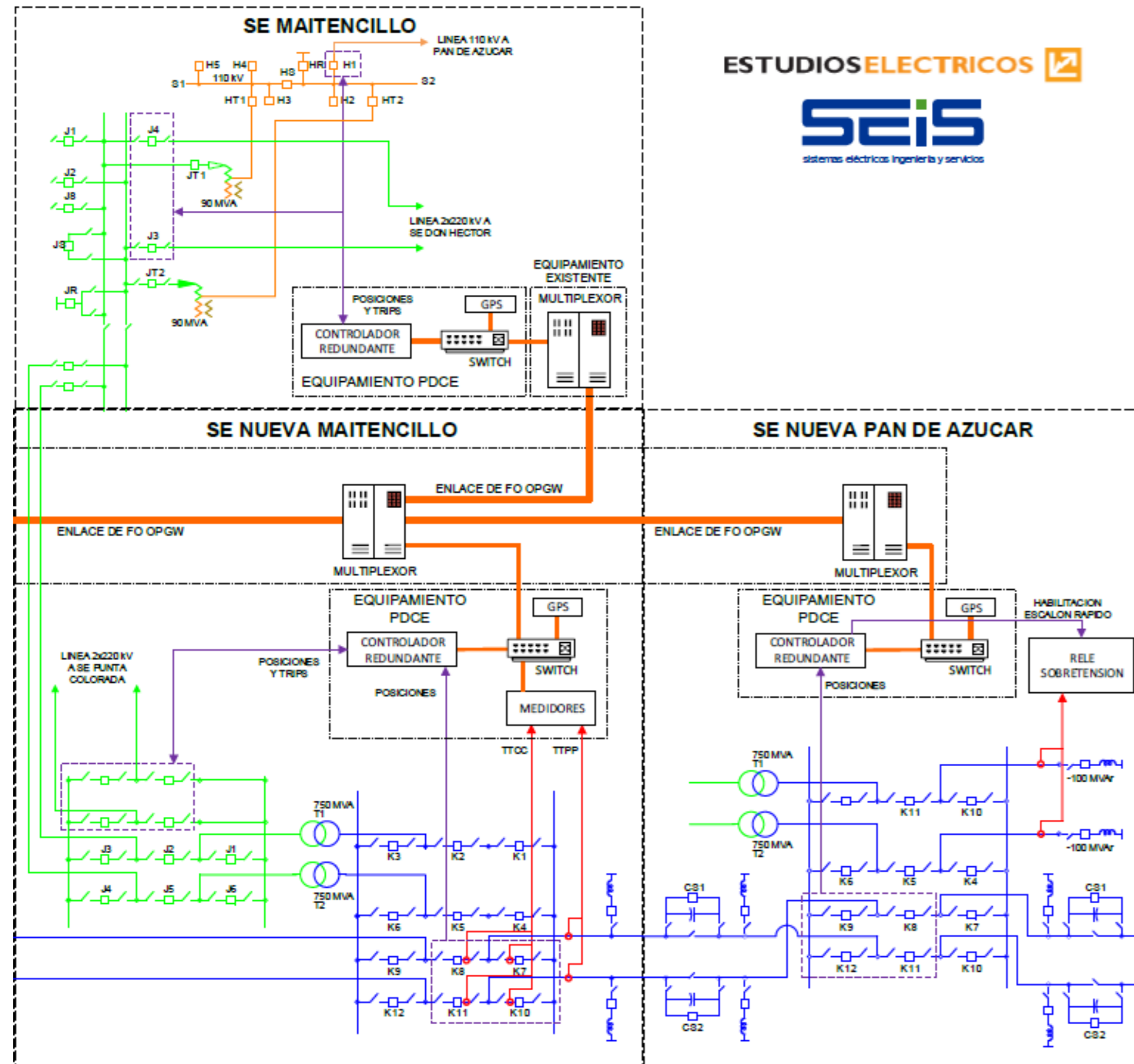
Contingencia

Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar 2 x 500kV

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

Nva. Maitencillo – Nva. Pan de Azúcar

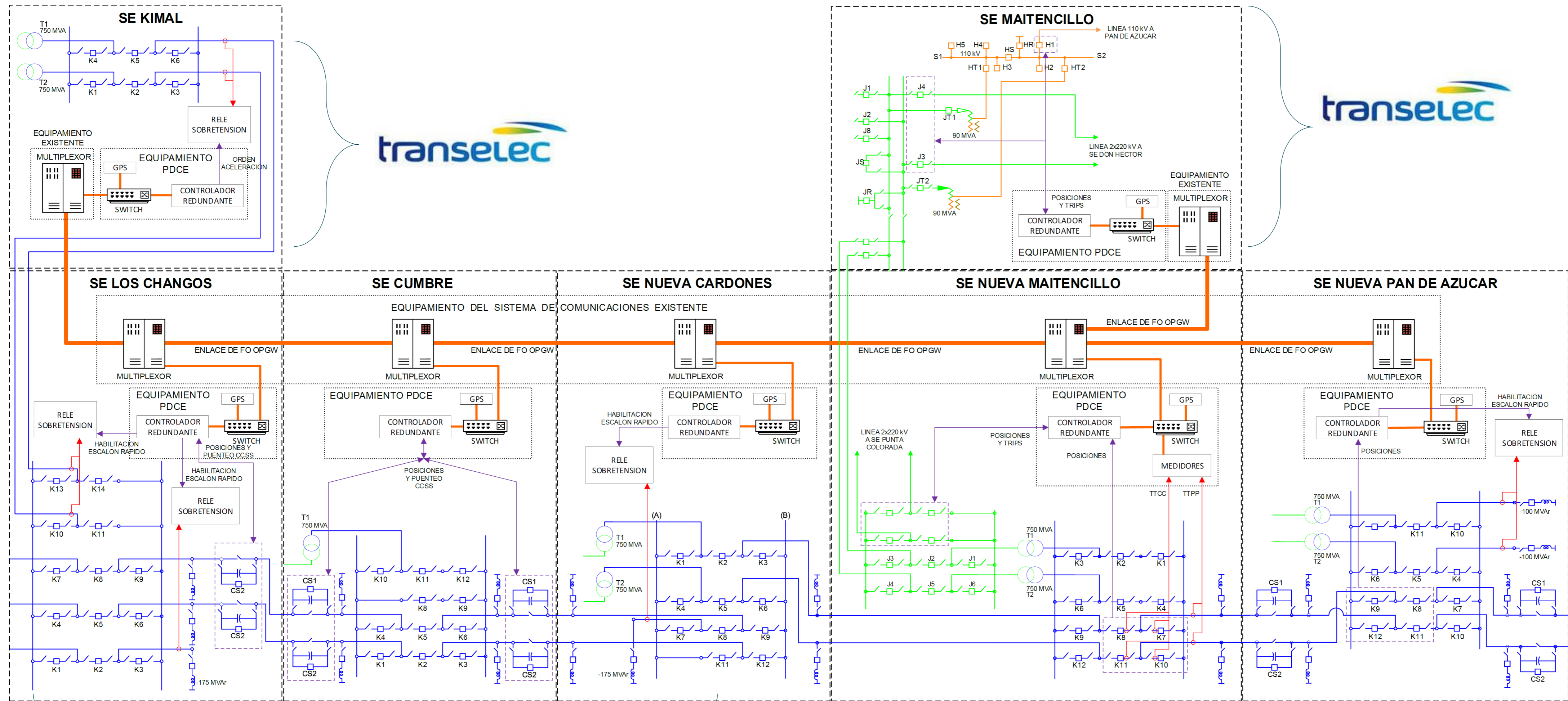


ESTUDIOS ELECTRICOS
SEIS
sistemas eléctricos Ingeniería y servicios

MAIT-PAZU	NORTE → SUR		SUR → NORTE	
Topología 1 «año 2020»	200MW	SOBREC.	300MW	SOBREC.
Topología 2 «año 2021»	200MW	SOBREC.	300MW	SOBREC.
Topología 3 «año 2022»	500MW	SOBREC.	700MW	SOBREC.

- Apertura de líneas al sur de S/E Maitencillo 220kV y 110kV
- Bypass de CCSS Cumbre – Nva. Cardones, en Cumbre
- Bypass de CCSS Los Changos – Cumbre, en ambos extremos
- Reactor 175MVA S/E Nueva Cardones
- Reactores 2x100MVA S/E Nueva Pan de Azúcar
- Reactor 175MVA Los Changos
- Línea los Changos – Kimal 2x500kV

Esquema de implementación: Recurso estabilizante: Nueva Maitencillo – Nueva Pan de Azúcar



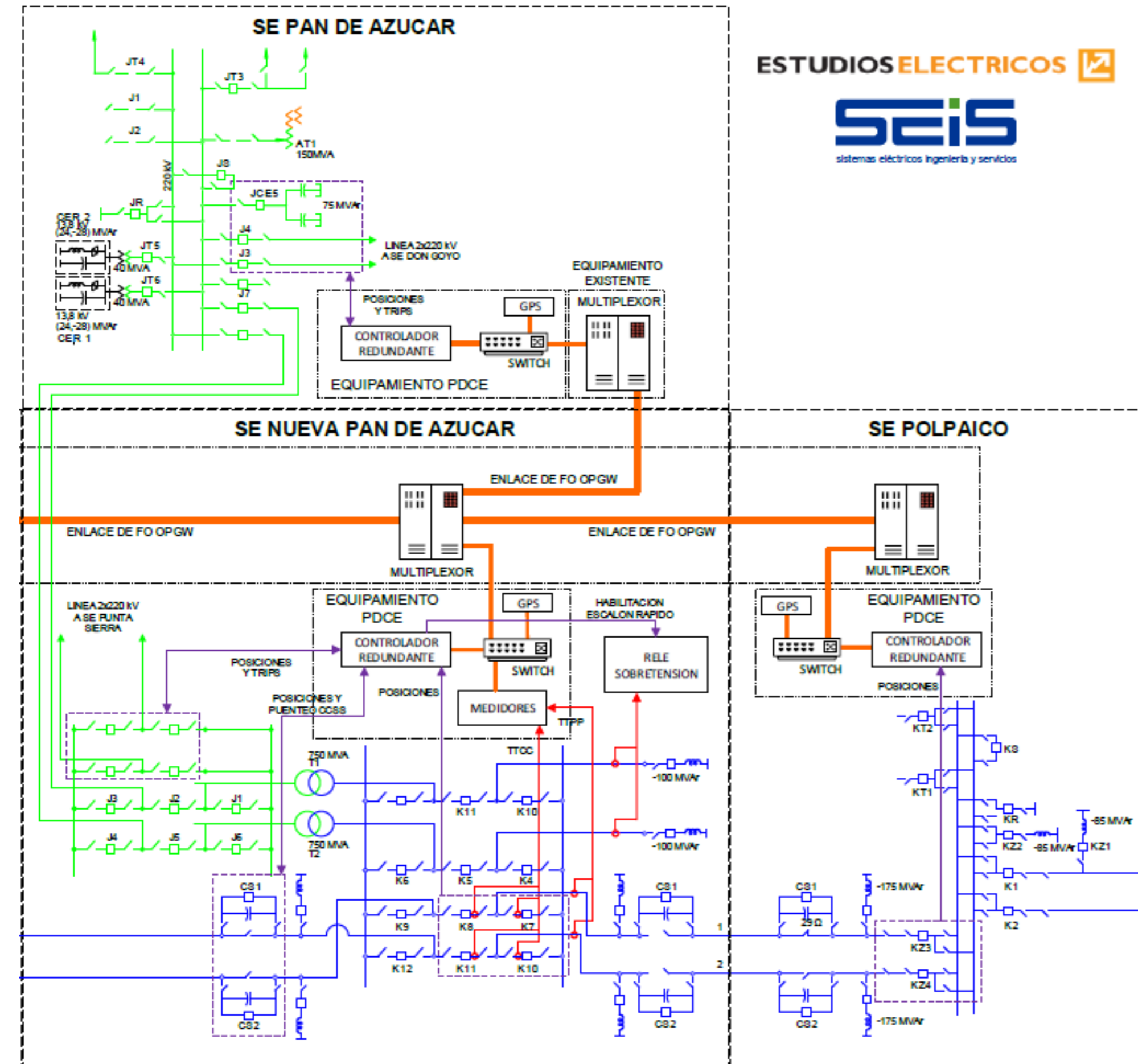
Contingencia

Nueva Pan de Azúcar – Polpaico 2 x 500kV

Automatismo control de sobrecarga y estabilidad

Estudio para el diseño de detalle del PDCE de la Zona Norte del SEN

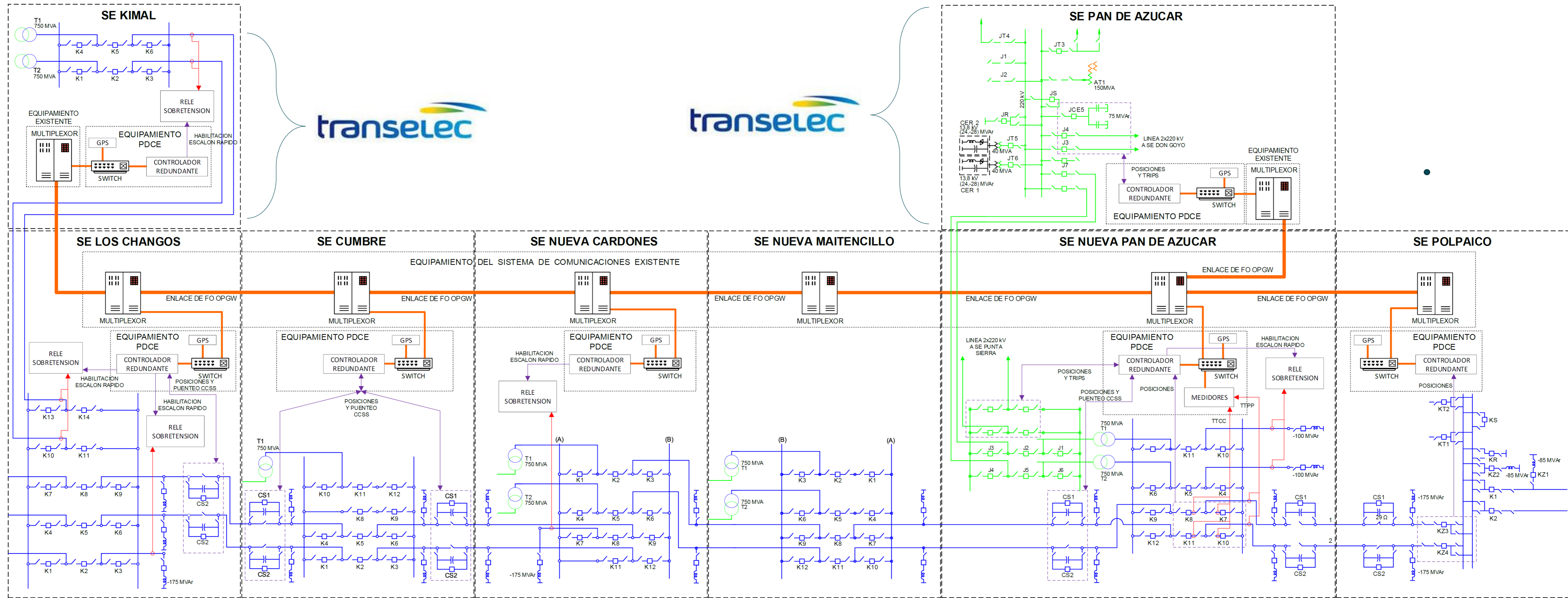
Nva. Pan de Azúcar - Polpaico



PAZU-POLP	NORTE → SUR		SUR → NORTE	
Topología 1 «año 2020»	250MW	SOBREC.	250MW	SOBREC.
Topología 2 «año 2021»	250MW	SOBREC.	250MW	SOBREC.
Topología 3 «año 2022»	500MW	ANGULAR	500MW	SOBREC.

- Apertura de líneas al sur de S/E Pan de Azúcar 220kV y 110kV
- Bypass de CCSS Cumbre - Nva. Cardones, en Cumbre
- Bypass de CCSS Los Changos - Cumbre, en ambos extremos
- Bypass de CCSS Nva. Maitencillo - Nva. Pan de Azúcar, en Nva. Pan de Azúcar
- Reactor 175MVA S/E Nueva Cardones
- Reactores 2x100MVA S/E Nueva Pan de Azúcar
- Reactor 175MVA Los Changos
- Línea los Changos - Kimal 2x500kV
- Desconexión de condensador 75MVA en S/E Pan de Azúcar

Esquema de implementación: Recurso estabilizante: Nueva Pan de Azúcar - Polpaico



Requerimientos generales para la Implementación del PDCE

Requerimientos mínimos, entre otros:

- Redundancia:
 - Controladores
 - Canales de comunicación
- Sincronismo de tiempo por GPS
- Sistemas con capacidad de autodiagnóstico
- Disponibilidad de hardware y enlaces: 99,95%
- Estudio de confiabilidad de la solución



Instrucción de implementación

Instrucción de Implementación del PDCE

En carta DE00170-20 del 15 de enero de 2020, se instruyó a los Coordinados propietarios de las instalaciones de Transmisión la implementación de los recursos estabilizantes asociados al control de sobrecargas y estabilidad.

Plazos:

- Plan de trabajo y cronograma de actividades: 11 de febrero de 2020
- Ingeniería de detalle: 15 de abril de 2020
- Bases de Licitación: Junio de 2020
- Implementación del PDCE: 10 meses a partir de la adjudicación