



ESTUDIO DE COORDINACIÓN Y AJUSTES DE PROTECCIONES

ECAP N°100/2023

PROYECTO:

MNR PROTECCIONES PAÑOS BT1 Y CT1 S/E CHUMAQUITO

NUP 4230

REVISIÓN A

NOVIEMBRE 2023

Este documento fue preparado para CGE Transmisión por Harris & Fuentes Ltda.

Rev.	Fecha	Comentario	Realizó	Revisó	Aprobó
A	16-11-2023	Documento emitido para revisión	AHB	PFC	

Contenido

1. INTRODUCCION	4
2. OBJETIVO.....	7
3. MODELACIÓN DIGSILENT ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	8
4. PARAMETROS DEL SISTEMA.....	9
4.1 Líneas 66 kV del área de influencia	9
4.2 Datos de Transformadores.....	10
4.3 Transformadores de corriente para nuevas protecciones.....	12
4.4 Transformador de potencial lado 66 kV para relé SEL 311L	12
4.5 Ajustes actuales de protecciones analizadas en este estudio	12
5. TOPOLOGÍAS - RUTAS DE ANÁLISIS - INSTALACIONES A VERIFICAR	13
5.1 Definición de Topologías de Operación	13
5.2 Tipos de fallas para verificar coordinación	14
5.3 Instalaciones analizadas	15
5.4 Rutas de verificación para los escenarios propuestos.....	16
6. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES.....	20
6.1 S/E Chumaquito - Paño BT1- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT.....	21
6.2 S/E Chumaquito - Paño BT1 Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N	
Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G	25
6.3 S/E Chumaquito Transformador T1 Relé SEL 387 Función 87T.....	30
6.4 S/E Chumaquito - Paño CT1 Relés SEL 387 (W2) y SEL 751A Funciones	
51/50TD/51N.....	37
6.5 S/E Chumaquito - Paño CT1 - Relés 751A y SEL 387(W2) Función 50BF.....	40
7. AJUSTES PROPUESTOS PARA PROTECCIONES EXISTENTES	43
7.1 S/E Rancagua Relé SEL 311C Paño B4 LT 66 kV Rancagua - Rosario.....	43
7.2 S/E Chumaquito Unidades de Control SEL 351R y C. Power Form 5 Cabeceras	
alimentadores C1, C2, C3 y C4	46
7.2.1 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C1 Cabecera Alimentador Los	
Lirios 46	
7.2.2 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C2 Cabecera Alimentador Las	
Mercedes	48
7.2.3 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C3 Cabecera Alimentador San	
Isidro 49	
7.2.4 S/E Chumaquito Unidad de Control Cooper Power Form 5 Paño C4 Cabecera	
Alimentador Rosario	50
8. CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE COORDINACIÓN PROPUESTAS.....	51
9. CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO	56
10. VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	58
11. COMENTARIOS.....	59
12. CONCLUSIONES.....	61
ANEXO A	62
ANEXO B	63
ANEXO C	64
ANEXO D	65
ANEXO E	69
ANEXO F.....	70

1. INTRODUCCION

El proyecto NUP 4230 “MNR Protecciones Paños BT1 y CT1 S/E Chumaquito” consiste en el reemplazo de las protecciones asociadas al transformador N°1 por protecciones digitales de tipo numérica.

Los esquemas de protecciones que se retiran en S/E Chumaquito, son los siguientes:

- Paño BT1 – Relés G.E. IAC51/53
- Paño T1 – Relés G.E. BDD
- Paño CT1 -Relés G.E. IAC 51/53
- Paño BT – Relé SEL 387

Los esquemas de protecciones que se instalan en reemplazo de las anteriores en S/E Chumaquito y que requieren de especificación de ajustes sistémicos, son los siguientes:

Paño BT1 - Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT1 - T1 - CT1 Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66 kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15 kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15kV: 51/50TD/51N/50BF(52CT1→52BT1)

Paño CT1 Relé SEL 751A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF(52CT1→52BT1)

En el estudio se verifica la adecuada coordinación de los ajustes que se proponen para las nuevas protecciones con los relés de los paños que se indican a continuación, para los escenarios e instalaciones que se detallarán en el capítulo 5 del presente documento:

- S/E Rancagua Paños AT1, AT4, BT1, BT4 y B4
- S/E Rosario Paños B1 y B2
- S/E Pelequén Paño B4 (con funciones que disparan sobre paño B1, sólo para alimentación desde S/E Malloa, ver anexo ajustes actuales)
- S/E San Fernando Paño B2 (sólo para alimentación desde S/E San Fernando)
- S/E Chumaquito Paños BT1, CT1, C1, C2, C3 y C4

Por otra parte, en la verificación de coordinación de las nuevas protecciones que se instalan se observó la necesidad de modificar los ajustes de las protecciones que se indican:

Relé SEL 311C del paño B4 de S/E Rancagua

Corresponde a la primera adyacencia de las protecciones del paño BT1 de S/E Chumaquito para la topología de alimentación desde la S/E Rancagua a través de la LT 66 kV Rancagua – Rosario. Se requiere modificar el ajuste resistivo de la primera zona de la característica cuadrilátera residual de la función de distancia con el propósito de que su alcance no llegue a la barra 66 kV de S/E Chumaquito en tiempo de operación instantáneo.

Unidades de Control cabeceras alimentadores S/E Chumaquito

Las actuales protecciones de los paños BT1 y CT1 de S/E Chumaquito presentan muy bajos tiempos de operación los que obligan a que las protecciones de las cabeceras de los alimentadores tengan programadas características de sobrecorriente instantáneas lo que provoca falta de coordinación con fusibles y/o reconectores instalados en las redes de MT que se encuentran ubicados en la cercanía de la subestación.

Con ocasión del reemplazo de los relés en S/E Chumaquito, se propone aumentar los actuales tiempos de operación en las nuevas protecciones que se instalan en los paños BT1 y CT1 con el propósito de generar espacios de coordinación que permitan eliminar las características de sobrecorriente instantáneas programadas en las protecciones de las cabeceras de los alimentadores de la subestación.

Además, en las protecciones de las cabeceras C1, C2 y C3, que cuentan con unidades de control SEL 351R, se modifica a “No” el parámetro de ajuste de

emulación de reset de las curvas tiempo corriente, actualmente programado en “Si”, el que tenía el propósito de asegurar coordinación con los relés de tipo electromecánico que se retiran en los paños BT1 y CT1.

La siguiente tabla muestra los esquemas de protecciones que participan en la verificación de coordinación del presente estudio.

Se resaltan los relés que presentan modificación de sus ajustes, los equipos que se retiran y los nuevos esquemas de protecciones que se habilitan con ocasión del proyecto:

Quien Desarrolla	SE	Paño	Sistema (S1-S2-S3- etc)	Relé (Marca)	Relé (Modelo)	ID INFOTÉCNICA	Nombre ID (INFOTÉCNICA)	Función	Ajustes Modificados (si/no)
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	AT1	S1	SEL	387	2570	SP S/E RANCAGUA AT1-S1	87/51/50/51N/50N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	AT1	S2	SEL	311C	7367	SP S/E RANCAGUA AT1-S2	21T/21NT/51/50/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	AT4	S1	SEL	387	2571	SP S/E RANCAGUA AT4-S1	87/51/50/51N/50N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	AT4	S2	SEL	311C	7368	SP S/E RANCAGUA AT4-S2	21T/21NT/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	BT1	Principal	SEL	311C	2328	SP S/E RANCAGUA BT1	21/21N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	BT4	Principal	SEL	311C	2329	SP S/E RANCAGUA BT4	21/21N/51/51N	No
Harris Fuentes Ltda	Rancagua	B4	Principal	SEL	311C	721	SP S/E RANCAGUA B4	21/21N/51/51N	Si
Harris Fuentes Ltda	Rosario	B1	S1	SEL	311C	540	SP S/E ROSARIO BT1-S2	21/21N/67/67N	No
Harris Fuentes Ltda	Rosario	B2	S1	SEL	311C	541	SP S/E ROSARIO BT1-S1	21/21N/67/67N	No
Harris Fuentes Ltda	Pelequén	B4	Principal	SEL	311C	484	SP S/E PELEQUEN B4	21/21N/67/67N	No
Harris Fuentes Ltda	San Fernando	B2	S1	SEL	311C	548	SP S/E SAN FERNANDO B2	21/21N/67/50/67N	No
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	BT	Principal	SEL	387	2416	SP S/E CHUMAQUITO BT-C3	87/51/51N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	BT1	S1	G.E.	BDD	2417	SP S/E CHUMAQUITO BT-CT1	87	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	BT1	S1	SEL	387	26162	SP S/E CHUMAQUITO BT1-S1	87/51/50/51N/50N/51G/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	BT1	S1	G.E.	IAC 51/53	271	SP S/E CHUMAQUITO BT1-2	51/50/51N/50N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	BT1	S2	SEL	311L	26163	SP S/E CHUMAQUITO BT1-S2	21/21T/51/50/51N/50N	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	CT1	S1	G.E.	IAC 51/53	270	SP S/E CHUMAQUITO CT1	51/51N	Se retira
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	CT1	S1	SEL	751A	26161	SP S/E CHUMAQUITO CT1-S1	51/50TD/51N/50BF	Nuevo
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	C1	S1	SEL	351R	No tiene	SP S/E CHUMAQUITO C1	51/51N/SEF	Si
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	C2	S1	SEL	351R	No tiene	SP S/E CHUMAQUITO C2	51/51N/SEF	Si
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	C3	S1	SEL	351R	269	SP S/E CHUMAQUITO C3	51/51N/SEF	Si
Harris Fuentes Ltda	Chumauquito	C4	S1	C. Power	Form 5	No tiene	SP S/E CHUMAQUITO C4	51/51N/SEF	Si

2. OBJETIVO

El objetivo de este informe es mostrar el Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones que considera el proyecto NUP 4230 “MNR Protecciones Paños BT1 y CT1 S/E Chumaquito” consiste en el reemplazo de las protecciones asociadas al transformador N°1 por protecciones digitales de tipo numérica.

El alcance del estudio es determinar los ajustes a implementar para las nuevas protecciones que se instalan en S/E Chumaquito y verificar que exista adecuada coordinación de las protecciones principales de la instalación en falla con los relés distantes localizados hasta dos niveles de adyacencia.

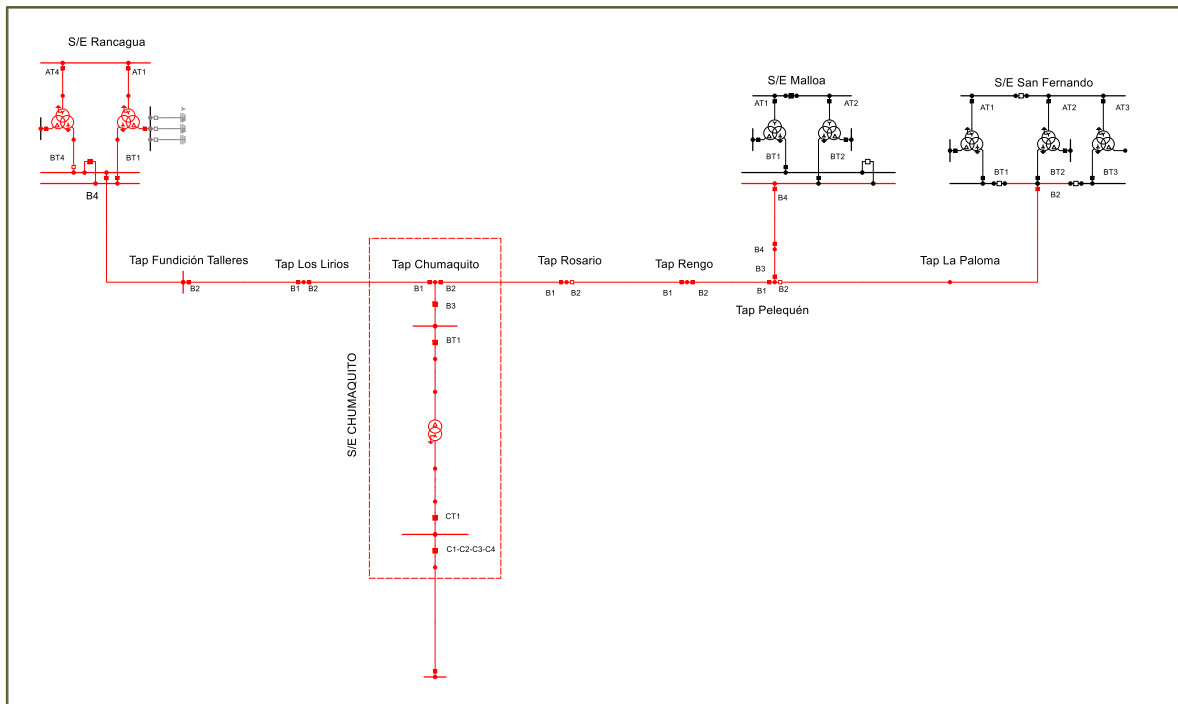
El estudio se desarrolla realizando simulaciones con el software DIgSILENT 2021 sp4, a partir de la base de datos proporcionada por el CEN en su página web. La base de datos utilizadas es (2308-BD-OP-COORD-DMAP), correspondiente a Agosto de 2023.

3. MODELACIÓN DIGSILENT ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Se presentan las instalaciones modeladas en detalla en la base de datos DIgSILENT para el desarrollo del estudio.

En el anexo E, documento emitido por separado, se presenta el diagrama unilineal funcional del proyecto.

Modelación DIgSILENT de la zona de influencia del proyecto



4. PARAMETROS DEL SISTEMA

Las instalaciones existentes del área de influencia del proyecto fueron modeladas en detalle en la base de datos DIgSILENT, obteniéndose sus parámetros desde la plataforma Infotécnica del CEN, **excepto donde se indica**.

4.1 Líneas 66 kV del área de influencia

Líneas de Transmisión Zonal																	
Línea	Tramo	Id Infotécnica	Nivel Tensión [kV]	Conductor	Longitud Conductor [Km]	R1 [Ohms]	X1 [Ohms]	B1 [us]	R0 [Ohms]	X0 [Ohms]	B0 [us]	R1 [Ohms/km]	X1 [Ohms/km]	B1 [us/km]	R0 [Ohms/km]	X0 [Ohms/km]	B0 [us/km]
RANCAGUA - ROSARIO 66KV	RANCAGUA - TAP MAESTRANZA 66KV C1	367	66	AAAC Butte	2.210	0,468520	0,795600	7,155980	0,784550	3,332680	3,012230	0,21200	0,36000	3,23800	0,35500	1,50800	1,36300
	TAP MAESTRANZA - TAP LOS LIRIOS 66KV C1	371	66	AAAC Butte	7.230	1,532760	2,602800	23,432430	2,581110	10,888380	11,032980	0,21200	0,36000	3,24100	0,35700	1,50600	1,52600
	TAP LOS LIRIOS - CHUMAQUITO 66KV C1	370	66	AAAC Butte	6.410	1,358920	2,307600	20,768400	2,288370	9,653460	9,550900	0,21200	0,36000	3,24000	0,35700	1,50600	1,49000
	CHUMAQUITO - ROSARIO 66KV C1	365	66	Cu 2/0 AWG	7.690	2,083990	2,968340	23,093070	3,206730	11,788770	11,596520	0,27100	0,38600	3,00300	0,41700	1,53300	1,50800
ROSARIO - SAN FERNANDO 66KV	ROSARIO - TAP RENGÓ 66KV C1	368	66	Cu 2/0 AWG	8.354	2,263934	3,224644	25,070354	3,483618	12,973762	12,013052	0,27100	0,38600	3,00100	0,41700	1,55300	1,43800
	TAP RENGÓ - PELEQUEN 66KV C1	372	66	Cu 2/0 AWG	7.670	2,078570	2,960620	23,025340	3,198390	11,903840	11,282570	0,27100	0,38600	3,00200	0,41700	1,55200	1,47100
	PELEQUEN - TAP LA PALOMA 66KV C1	366	66	Cu 2/0 AWG	11.546	3,128966	4,456756	34,649546	4,814682	17,930938	16,603148	0,27100	0,38600	3,00100	0,41700	1,55300	1,43800
	TAP LA PALOMA - SAN FERNANDO 66KV C1	369	66	Cu 2/0 AWG	5.620	1,523020	2,309820	15,825920	2,337920	8,463720	7,817420	0,27100	0,41100	2,81600	0,41600	1,50600	1,39100
PELEQUEN - MALLOA NUEVA 66KV	PELEQUEN - NUEVA MALLOA 66KV C1	393	66	AAAC 3/0 AWG	6.750	2,659500	2,578500	20,648250	3,624750	10,138500	8,835750	0,39400	0,38200	3,05900	0,53700	1,50200	1,30900

4.2 Datos de Transformadores

Los parámetros de impedancia de los transformadores T1 y T2 de las SS/EE Malloa Nueva y San Fernando y del transformador T1 de S/E Chumaquito se encuentran objetados.

Sobre lo anterior, para efectos de la modelación en detalle, se han considerado los siguientes valores:

- Impedancia de secuencia positiva obtenidas de fotos de placa de los equipos.
- Impedancias de secuencia cero calculadas como el 85% de la impedancia de secuencia positiva, de acuerdo a lo indicado en la guía técnica “Información Técnica del Sistema Eléctrico Nacional, Descripción y Respaldo de Parámetros” del CEN.

En el Anexo D se presentan extractos de las placas de los transformadores de las SS/EE Malloa Nueva, San Fernando y Chumaquito.

S/E RANCAGUA – TRANSFORMADOR T1

S/E Rancagua Transformador 1 Efaced 154/69/14,8 kV 60/75 MVA YN0yn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica		Modelacion DigSilent		Infotécnica		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	9,740	60	12,175	75	9,390	60,00	11,738	75
MV-LV	Zst	4,900	60	2,042	25	4,810	60,00	2,004	25
HV-LV	Zpt	16,500	60	6,875	25	14,900	60,00	6,208	25

S/E RANCAGUA – TRANSFORMADOR T4

S/E Rancagua Transformador 4 Crompton Greaves 154/69/14,8 kV 45/60/75 MVA YN0yn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica		Modelacion DigSilent		Infotécnica		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	15,070	75	15,070	75	7,864	75	7,864	75
MV-LV	Zst	3,050	25	3,050	25	4,667	75	1,556	25
HV-LV	Zpt	8,690	25	8,690	25	13,294	75	4,431	25

S/E MALLOA NUEVA – TRANSFORMADOR T1

S/E Malloa Nueva Transformador N°1 Efaced 154/69/14,8 kV 60/75 MVA YN0yn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
Efaced	Zps	9,570	60	11,963	75	8,135	60	10,168	75
MV-LV	Zst	5,070	60	2,113	25	4,310	60	1,796	25
HV-LV	Zpt	15,800	60	6,583	25	13,430	60	5,596	25

S/E MALLOA NUEVA – TRANSFORMADOR T2

S/E Malloa Nueva Transformador N°2 Efacec 154/69/14,8 kV 60/75 MVA Y0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
Efacec	Zps	9,760	60	12,200	75	8,296	60	10,370	75
MV-LV	Zst	4,870	60	2,029	25	4,140	60	1,725	25
HV-LV	Zpt	16,000	60	6,667	25	13,600	60	5,667	25

S/E SAN FERNANDO – TRANSFORMADOR T1

S/E San Fernando Transformador 1 Efacec 154/69/14,8 kV 60/75 MVA YN0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	9,650	60	12,063	75	8,203	60,00	10,253	75
MV-LV	Zst	5,270	60	2,196	25	4,480	60,00	1,866	25
HV-LV	Zpt	16,300	60	6,792	25	13,855	60,00	5,773	25

S/E SAN FERNANDO – TRANSFORMADOR T2

S/E San Fernando Transformador 2 Tusan 154/69/14,8 kV 30/40/56 MVA YN0vn0d1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-MV	Zps	7,080	30	13,216	56	6,018	30	11,234	56
MV-LV	Zst	5,010	30	3,741	22,4	4,259	30	3,180	22,4
HV-LV	Zpt	13,250	30	9,893	22,4	11,263	30	8,409	22,4

S/E CHUMAQUITO – TRANSFORMADOR T1

S/E Chumaquito Transformador T1 Rhona 66/14,8 kV 10/18,67 MVA Dyn1		Impedancia Sec + [%]				Impedancia Sec 0 [%]			
		Infotécnica Datos de Placa		Modelacion DigSilent		85% Z1		Modelacion DigSilent	
		Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec + [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]	Impedancia Sec 0 [%]	S base [MVA]
HV-LV	Zps	6,40	10	6,400	10	5,44	10	5,440	10

4.3 Transformadores de corriente para nuevas protecciones

Se presentan las características de los transformadores de corriente que serán utilizados por los esquemas de protecciones proyectados y su relación de transformación operativa considerada:

Paño sobre el que opera la función del relé	Relé	Función Protección	Relación operativa	Ubicación TT/CC	Denominación TT/CC	Núcleo	Precisión	Burden
BT1	SEL 311L	21T/21NT 51/50/51N/50N	200 /5 A	Paño BT1	TCBT1-1	N3	C400	100 VA
BT1	SEL 387	87 51/50/51N/50N	200 /5 A	Paño BT1	TCBT1-1	N2	C400	100 VA
BT1		51G	1200 /5 A	Bushing neutro X0 Lado 15 kV T1	TC t.b.	T7	C200	50 VA
CT1		87 51/50TD/51N 50BF (a 52BT1)	1200 /5 A	Paño CT1	TCCT1-2	N2	C400	50 VA
CT1	SEL 751A	51/50TD/51N 50BF (a 52BT1)	1200 /5 A	Bushings X1-X2-X3 Lado 15 kV T1	TCCT1-1 t.b.	T8-T9-T10	C200	50 VA

4.4 Transformador de potencial lado 66 kV para relé SEL 311L

Para el transformador de potencial lado 66 kV, actualmente instalado, se considera la siguiente relación de transformación operativa para ser utilizada por el relé SEL 311L:

$$\text{Relación de transformación } 69/\sqrt{3}:0.115/\sqrt{3} \text{ kV} = \mathbf{600}$$

4.5 Ajustes actuales de protecciones analizadas en este estudio

En el Anexo A, documento que se emite por separado, se presenta en detalle la información con los ajustes actuales de las protecciones analizadas en este estudio.

5. TOPOLOGÍAS - RUTAS DE ANÁLISIS - INSTALACIONES A VERIFICAR

Se realizan verificaciones de coordinación de protecciones para el siguiente escenario base y topologías de operación.

5.1 Definición de Topologías de Operación

Se considera el escenario de demanda alta para día laboral en la base de datos del coordinador y se crean las topologías de acuerdo a las condiciones que se desea analizar.

a) Topologías 1 (TOP1_RAT1 y TOP1_RAT4)

S/E Chumaquito se alimenta desde el paño B4 de S/E Rancagua, de forma radial a través de la línea 1x66 kV Rancagua - Rosario, estando cerrado el paño B1 y abierto el paño B2 en S/E Rosario.

- Topología **TOP1_RAT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E Rancagua
- Topología **TOP1_RAT4**: Alimentación desde el transformador N°4 de S/E Rancagua

b) Topologías 2 (TOP2_MNT1 y TOP2_MNT2)

S/E Chumaquito se alimenta desde el paño B4 de S/E Malloa Nueva, de forma radial a través de las líneas 1x66 kV Malloa Nueva – Pelequén, San Fernando – Rosario y Rosario - Rancagua, estando cerrados los paños B1 y B2 de S/E Rosario. La línea 1x66 kV San Fernando – Rosario se encuentra abierta en el paño B2 de S/E Pelequén. La línea 1x66 kV Rosario – Rancagua se encuentra abierta en el paño B1 de S/E Chumaquito.

- Topología **TOP2_MNT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E Malloa Nueva
- Topología **TOP2_MNT2**: Alimentación desde el transformador N°2 de S/E Malloa Nueva

c) Topologías 3 (TOP3_SFT1 y TOP3_SFT2)

S/E Chumaquito se alimenta desde el paño B2 de S/E San Fernando, de forma radial a través de las líneas 1x66 kV San Fernando – Rosario y Rosario – Rancagua, estando cerrados los paños B1 y B2 de S/E Rosario. La línea 1x66 kV Malloa Nueva– Pelequén se encuentra abierta en el extremo Pelequén. La línea 1x66 kV Rosario – Rancagua se encuentra abierta en el paño B1 de S/E Chumaquito.

- Topología **TOP3_SFT1**: Alimentación desde el transformador N°1 de S/E San Fernando
- Topología **TOP3_SFT2**: Alimentación desde el transformador N°2 de S/E San Fernando

5.2 Tipos de fallas para verificar coordinación

Los siguientes tipos de fallas serán analizados, realizando los cálculos de cortocircuito según el método IEC 60909 (2001), para verificar la coordinación de protecciones:

- Trifásica (3F)
- Bifásica (2F)
- Bifásica a tierra (2FT)
- Bifásica a tierra con resistencia de falla de 25 Ohms (1FTR25)
- Bifásica a tierra con resistencia de falla de 50 Ohms (1FTR50)
- Monofásica (1FT)
- Monofásica con resistencia de falla de 25 Ohms (1FTR25)
- Monofásica con resistencia de falla de 50 Ohms (1FTR50)

5.3 Instalaciones analizadas

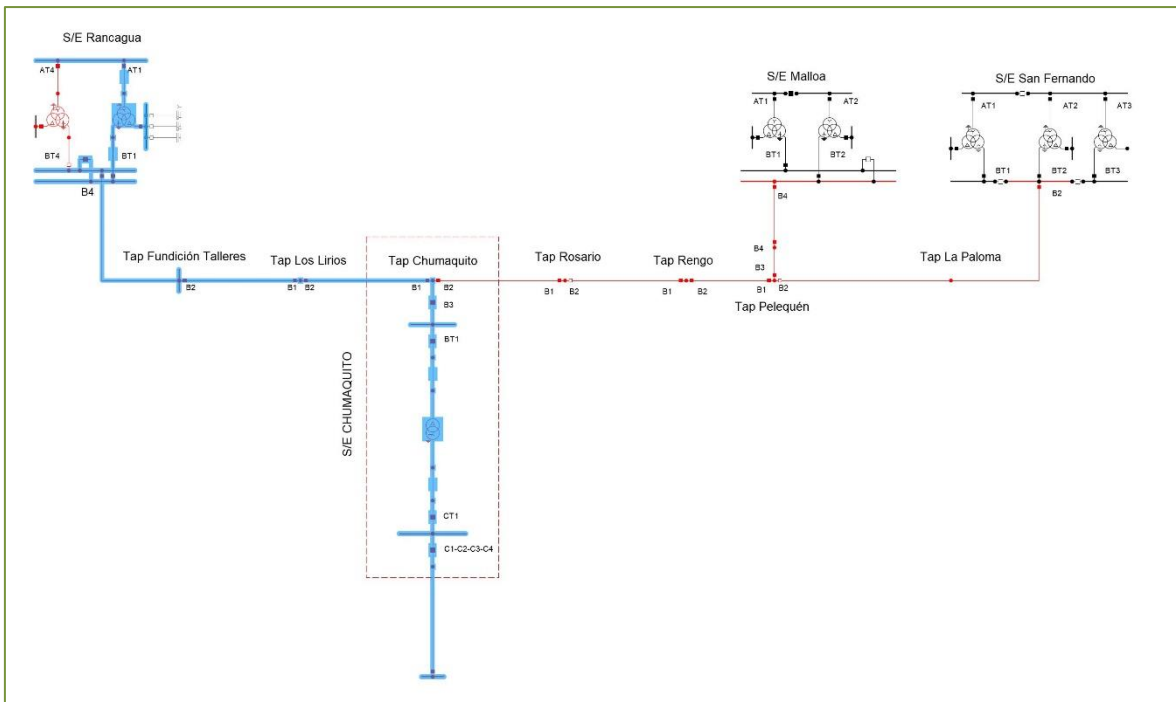
Se realizan verificaciones de coordinación de protecciones en las siguientes instalaciones, según topología a analizar:

- Línea 1x66 kV Rancagua – Rosario (tramo Rancagua – Chumaquito), al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Línea 1x66 kV San Fernando – Rosario, al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Línea 1x66 kV Rosario - Rancagua (tramo Rosario – Chumaquito), al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%.
- Barra 66 kV de S/E Chumaquito
- Devanados de alta y media tensión disponibles del transformador T1 de S/E Chumaquito
- Barra 15 kV de S/E Chumaquito
- Alimentador 15 kV genérico de S/E Chumaquito, 20 km de extensión, cable de cobre 2/0 AWG, al 1%, 25%, 50%, 75% y 99%, sobre el cual se modelaron las protecciones de todas las cabeceras con el propósito de realizar análisis simultáneo.

5.4 Rutas de verificación para los escenarios propuestos

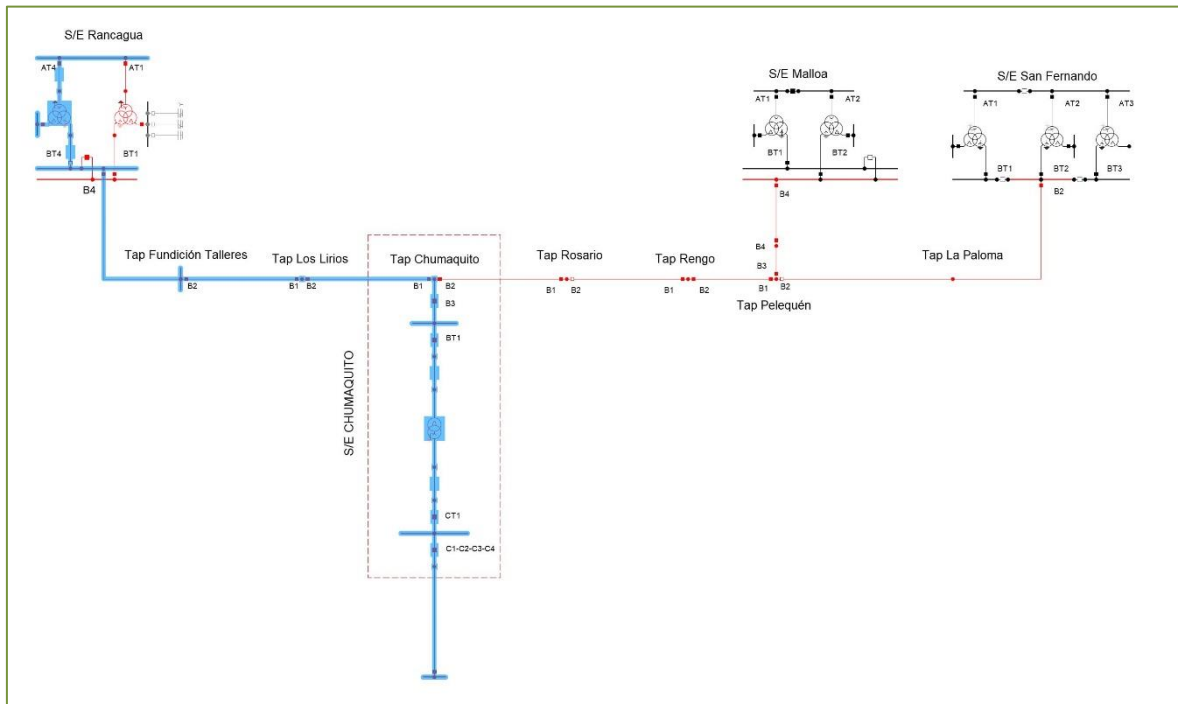
Ruta 1

- S/E Rancagua: AT1-T1-BT1-B4
- LT 66 kV Rancagua – Rosario (tramo Rancagua – Chumaquito)
- S/E Chumaquito: B1-B3-BT1-T1-CT1-C1/C2/C3/C4- 20 km red MT cable Cu 2/0 AWG



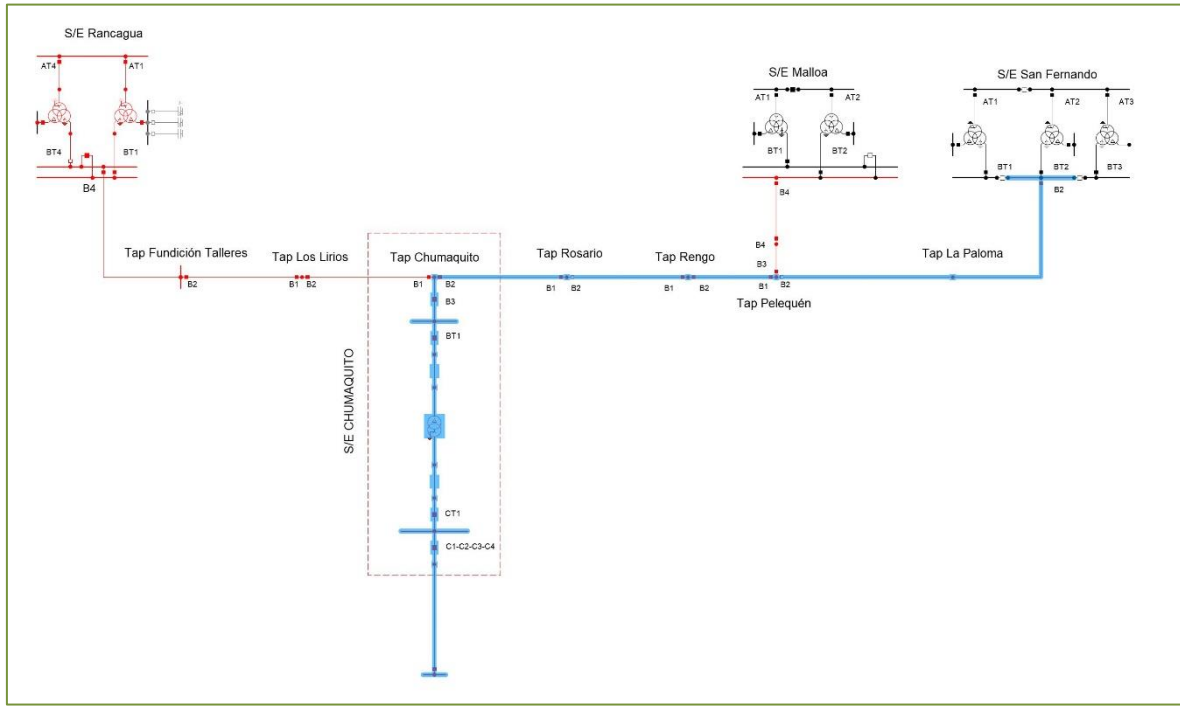
Ruta 2

- S/E Rancagua: AT4-T4-BT4-B4
- LT 66 kV Rancagua – Rosario (tramo Rancagua – Chumaquito)
- S/E Chumaquito: B1-B3-BT1-T1-CT1-C1/C2/C3/C4- 20 km red MT cable Cu 2/0 AWG



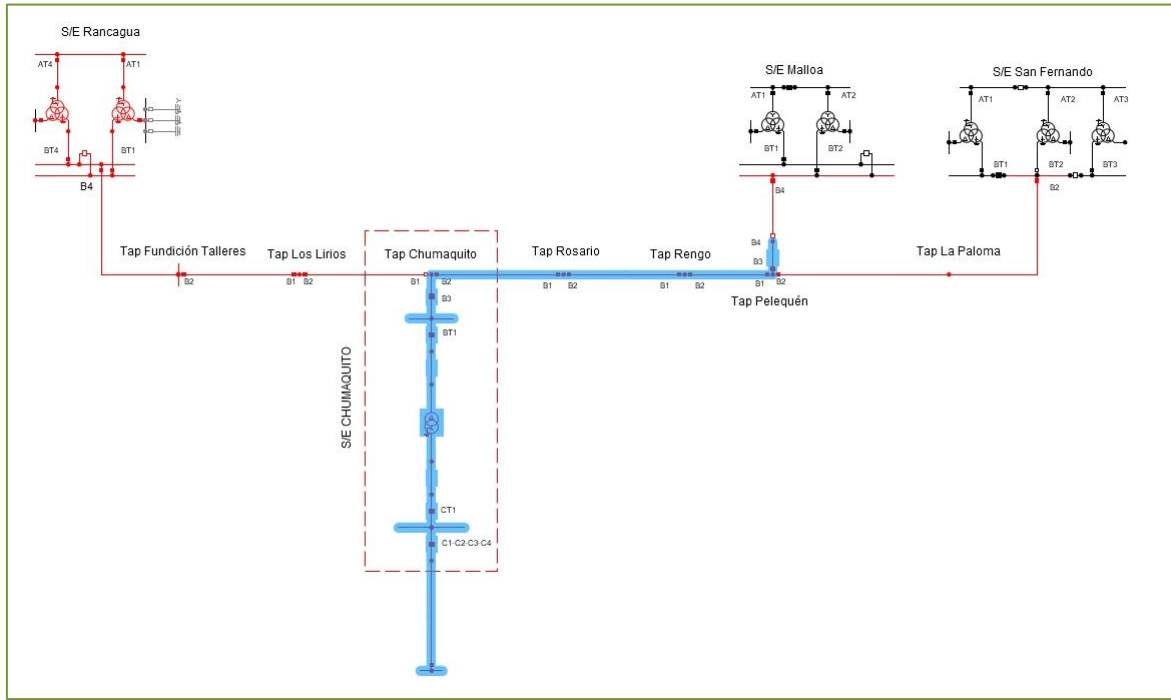
Ruta 3

- S/E San Fernando: B2
- LT 66 kV San Fernando - Rosario
- S/E Rosario: B2 – B1
- LT 66 kV Rosario – Rancagua (tramo Rosario - Chumaquito))
- S/E Chumaquito: B2-B3-BT1-T1-CT1-C1/C2/C3/C4- 20 km red MT cable Cu 2/0 AWG



Ruta 4

- S/E Pelequén: B4 – B1
- LT 66 kV San Fernando – Rosario (tramo Pelequén – Rosario)
- S/E Rosario: B2 – B1
- LT 66 kV Rosario – Rancagua (tramo Rosario - Chumaquito))
- S/E Chumaquito: B2-B3-BT1-T1-CT1-C1/C2/C3/C4- 20 km red MT cable Cu 2/0 AWG



6. AJUSTES PROPUESTOS PARA NUEVAS PROTECCIONES

Para los nuevos relés de protección se habilitarán las funciones que se indican:

Paño BT1

Relé SEL 311L

Funciones: 21T/21NT/51/50/51N/50N

Paños BT1 -T1 – CT1

Relé SEL 387

Funciones:

- Lado 66 kV: 51/50/51N/50N/51G (TC neutro lado 15 kV transformador)
- Transformador: 87T
- Lado 15 kV :51/50TD/51N/51G/50BF(52CT1→52BT1)

Paño CT1

Relé SEL 751A

Funciones: 51/50TD/51N/50BF(52CT1→52BT1)

6.1 S/E Chumaquito - Paño BT1- Relé SEL 311L Funciones 21T/21NT

Se proponen 2 zonas de operación, en dirección forward, con características tipo mho para la función de fases y mho/cuadrilátera para la función residual.

Funciones de distancia de fases y residual

Se ajustan los parámetros de impedancia de secuencia positiva y cero al valor de impedancia del transformador T1 y se modifican sus ángulos a 75° con objeto de variar ángulo de torque máximo del relé para asegurar la detección de fallas residuales con resistencia de falla en bushings de 66 kV del transformador.

Se propone un alcance en primera zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 70% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (6.4%) con tiempo de operación instantáneo.

S/E Chumaquito – Paño BT1 – Relé SEL 311L Alcance Zona 1 - Fase y Residual

Subestación Chumaquito Paño BT1 Protección de distancia transformador T1 Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	40
Zona	1
Alcance programado	70% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap central}}$	6,40 %
	V base: 66 kV
	P base: 10 MVA
	0,000 +j 27,878
Alcance primario calculado	19,51 Ω pri
Alcance secundario a programar	1,30 Ω sec

Se propone un alcance en segunda zona para las funciones de fases y residual ajustándolo al 110% de la impedancia de secuencia positiva del tap central del CDBC (6.4%) con tiempo de operación de 1.5 segundos.

S/E Chumaquito – Paño BT1 – Relé SEL 311L
Alcance Zona 2 - Fase y Residual

Subestación Chumaquito	
Paño BT1	
Protección de distancia transformador T1	
Relé SEL 311L	
Razón TT/PP	600
Razón TT/CC	40
Zona	2
Alcance programado	110% $Z1_{imp \text{ transformador tap central CDBC}}$
$Z1_{primaria \text{ transformador tap Central}}$	6,40 %
	V base: 66 kV
	P base: 10 MVA
	0,000 +j 27,878
Alcance primario calculado	30,67 Ω pri
Alcance secundario a programar	2,04 Ω sec

Alcance resistivo característica cuadrilátera residual y ángulo no homogéneo

Con el propósito de detectar fallas monofásicas con resistencia de al menos 50 ohms en bushings 66 kV del T1 se propone ajustar el alcance resistivo de la característica cuadrilátera residual en 60 ohms primarios (4 ohms secundarios) para ambas zonas.

Se considera un ángulo no homogéneo de la característica cuadrilátera residual ajustado en 0°.

Factor de compensación residual (k_0) y parámetros de secuencia positiva y cero.

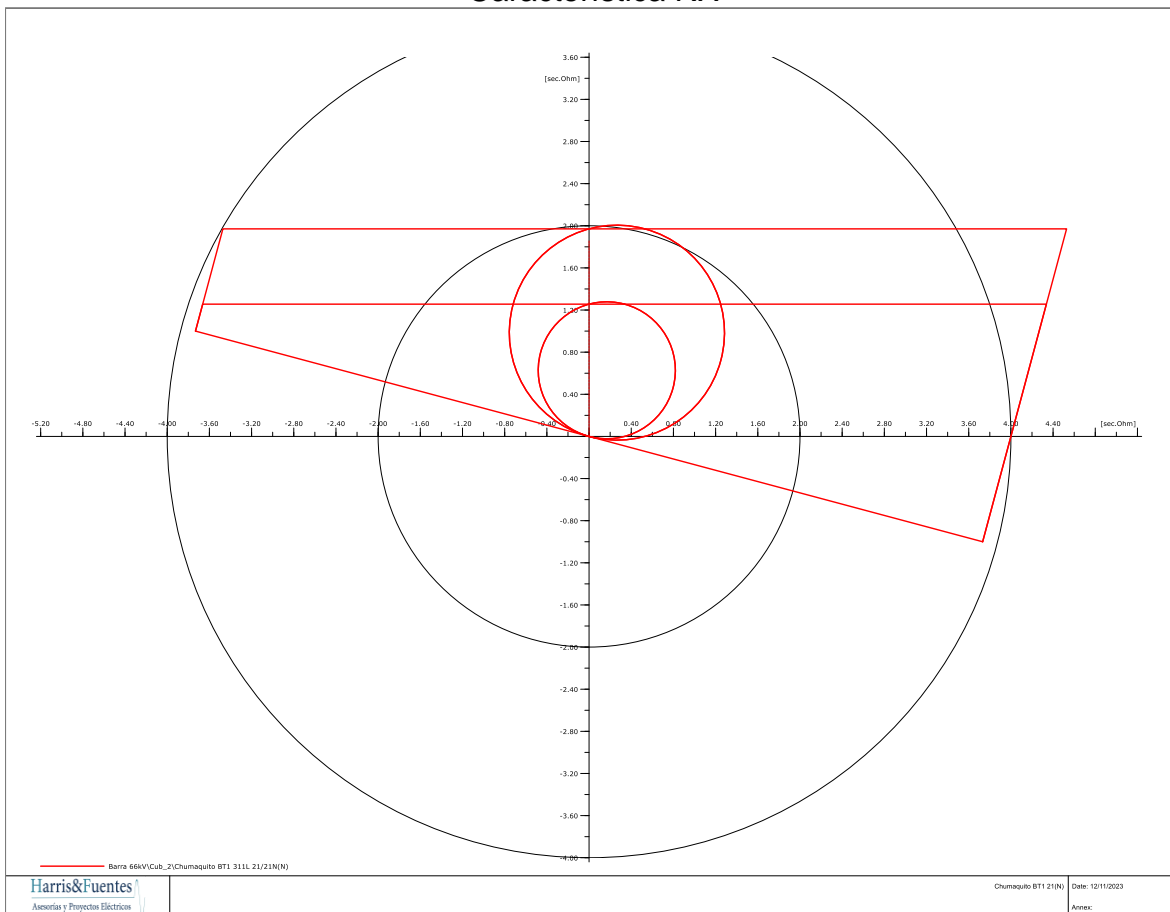
Se propone ajustar el factor de compensación residual (k_0) al valor 0.0L0° (se considera sólo la reactancia del transformador).

Detectores de corriente de falla de funciones de distancia

Se propone ajustar el detector de corriente de falla de distancia de fases de la Zona 1 (50PP1) al valor de pickup de la función de sobrecorriente de fases de tiempo inverso, (5.5 amperes secundarios), valor que se indica más adelante.

Se propone ajustar el detector de falla de distancia de fases de la zona 2 (50PP2) y los detectores de falla de distancia residual de las Zonas 1 y 2 (50L1, 50L2, 50GZ1 y 50GZ2), al mínimo valor ajustable en el relé (0.5 amperes secundarios).

S/E Chumaquito– Paño BT1 – Relé SEL 311L
Característica RX



S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL311L– Paño BT1
Funciones 21T/21NT

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes	Ajustes Propuestos Chumaquito BT1 General 66 kV T1 SEL 311L 1			
Ajustes Generales				
Relación TT/CC	200 / 5 A 40			
Relación TT/PP Barra	69000 v	:	115 v	
Rotación de fases (PHROT)	600 ABC			
Función de Distancia				
Generales				
Impedancia sec. positiva secundario	1,86	L	75,00 °	
Impedancia sec. cero secundario	1,58	L	75,00 °	
Longitud línea	1,00 km			
Angulo torque máximo	línea			
TANG	0,0 °			
K0	0,000	L	0,00 °	
Detectores de corriente de falla				
Característica de fases Zona 1 (50PP1)	5,50 A sec			
Característica residual Z1(50L1 y 50GZ1)	0,50 A sec			
Característica de fases Zona 2 (50PP2)	0,50 A sec			
Característica residual Z2(50L2 y 50GZ2)	0,50 A sec			
Elemento de Fase Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	1,30 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	2,04 Ω sec		75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		NO
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Mho				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	Alcance		Tiempo op.
Primera Zona	Forward	1,30 Ω sec		0 ciclos
Segunda Zona	Forward	2,04 Ω sec		75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO		NO
Cuarta Zona	NO	NO		NO
Elemento Residual Característica Cuadrilateral				
Zonas habilitadas	2			
	Dirección	X	R	Tiempo op.
Primera Zona	Forward	1,30 Ω sec	4,00 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	2,04 Ω sec	4,00 Ω sec	75 ciclos
Tercera Zona	NO	NO	NO	NO
Cuarta Zona	NO	NO	NO	NO

6.2 S/E Chumaquito - Paño BT1

Relé SEL 311L Funciones 51/50/51N/50N
Relé SEL 387 (W1 y W3) Funciones 51/50/51N/50N/51G

Estas funciones se implementan en el relé SEL 311L y también en el relé diferencial SEL 387 (W1).

Sobrecorriente de fase (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 135% de la capacidad de paso OFAF del transformador T1 (220 amperes, 25.15 MVA en 66 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta debe ubicarse por sobre la característica de sobrecorriente de fases del paño CT1 correspondiente al lado 15 kV, con un tiempo que asegure coordinación. Esta curva debe ser lo suficientemente elevada para permitir la energización del transformador de poder, de modo que se pueda conectar sin la operación indeseada de esta protección y se debe situar por debajo de su curva de daño, para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

Sobrecorriente instantánea de fase (50)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas de fases que ocurran en el transformador. El valor se ajusta considerando que no debe detectar fallas en la barra 15 kV, como tampoco debe tener una falsa operación por corriente de inrush.

La máxima falla en barra 15 kV, reflejada en el lado de 66 kV, simulada en DIgSILENT es de 975 amperes y corresponde a una falla trifásica para la topología TOP1_RAT1. Por otro lado, la corriente inrush se estima en 874 amperes considerando que puede llegar a ser 10 veces la corriente del transformador en su potencia ONAN.

Entonces, el ajuste dado al pickup de la función 50 es de 1.300 amperes primarios (32.5 A sec), lo que asegura que responderá correctamente ante fallas en el transformador y no detectará fallas en el lado 15 kV con un margen de seguridad de un 33.3% respecto a la topología de mayor aporte en niveles de cortocircuito (TOP1_RAT1).

Sobrecorriente residual (51N)

Se ajusta el pickup de la protección de sobrecorriente residual en 20 amperes primarios (mínimo valor posible de programar en el relé SEL 387), valor equivalente a un 9% de la corriente nominal del transformador de poder en régimen OFAF.

La curva se debe ubicar por debajo de la curva de daño de los transformadores de poder.

Sobrecorriente instantánea residual (50N)

Se habilita una función de sobrecorriente instantánea ante fallas residuales que ocurran en el transformador. Se ajusta su valor de pickup a 400 amperes primarios (10 A sec).

Debido al tipo de conexionado Dyn1 del transformador de poder, las funciones de sobrecorriente residuales no requieren coordinar con las protecciones del lado 15 kV.

Sobrecorriente residual de neutro (51G)

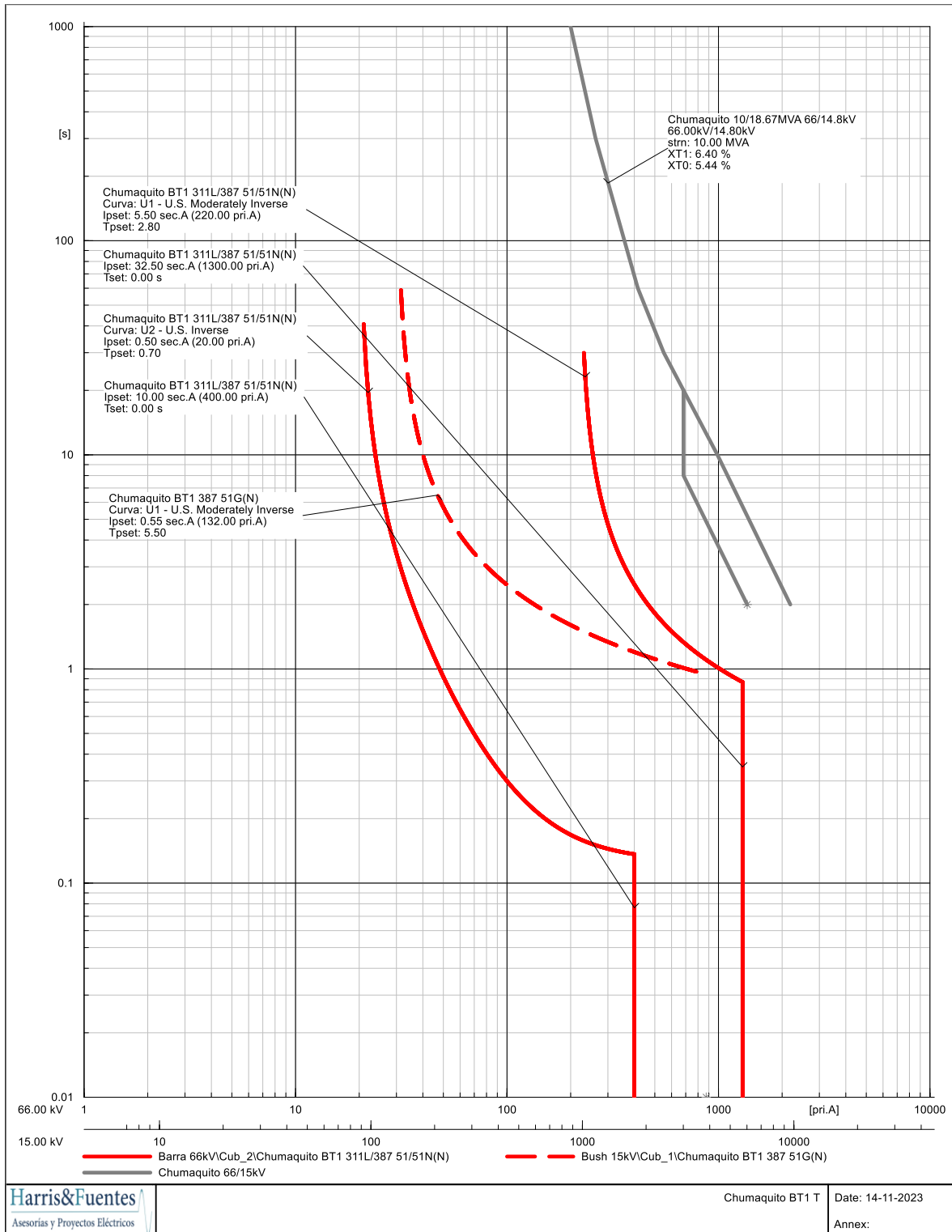
Se propone habilitar en el relé SEL 387 una característica de tiempo inverso residual tomando una señal de corriente desde el T/C ubicado en el bushing X0 del transformador T1.

Esta función brindará disparo sobre el interruptor 52BT1 de manera coordinada con las protecciones que dan desenganche sobre el interruptor 52CT1 y tienen como propósito principal detectar fallas residuales con resistencia de al menos 50 ohms ubicadas entre los bushings del lado MT (15kV) del transformador de poder y el interruptor 52CT1.

Los ajustes consideran:

- ✓ Utilización del T/C denominado TC t.b (T7) ubicado en el bushing X0 del transformador en relación 1200/5 A.
- ✓ Utilización del W3 del relé SEL 387 para la input de corriente del neutro del transformador.
- ✓ Disparo sobre interruptor 52BT1 incorporando la función a la lógica de disparo habilitada.
- ✓ Determinación de valores de pickup, time dial para la característica 51G para conseguir adecuada coordinación con las protecciones de adyacencias superiores e inferiores.

S/E Chumaquito – Paño BT1– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3) Característica Tiempo – Corriente



S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL 311L– Paño BT1
Funciones 51/50/51N/50N

Protección de Distancia y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos		
Subestación		Chumaquito		
Paño		BT1		
Marca /Modelo Relé		General 66 kV T1		
Grupo ajustes		SEL 311L		
		1		
Ajustes Generales				
Relación TT/CC		200 / 5 A 40		
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	1		
	Curva	U1		
	Pickup	5,50 A sec		
	Time dial	2,8		
Tiempo definido	Tiempo definido 1	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		1	32,50 A sec	0 ciclos
Elemento Residual				
Tiempo Sobrecorriente	C. Torque	1		
	Curva	U2		
	Pickup	0,50 A sec		
	Time dial	0,7		
Tiempo definido	Tiempo definido 1	C. Torque	Pickup	Tiempo op.
		1	10,00 A sec	0 ciclos

S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL 387(W1+W3) Paño BT1
Funciones 51/50/51N/50N/51G

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos	
Subestación		Chumaquito	
Transformador		T1	
Marca /Modelo Relé		SEL 387	
Grupo ajustes		Grupo 1	
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		200 / 5 A	
Función de sobrecorriente		BT1	
Winding secundario relé		W1	
Elemento de Fase			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	5,50 A sec	
	Time dial	2,8	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	32,50 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Elemento Residual			
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U2	
	Pickup	0,50 A sec	
	Time dial	0,7	
Tiempo definido	C. Torque	1	
	Pickup	10,00 A sec	
	Tiempo op.	0 ciclos	
Función de sobrecorriente		Bushing X0 T1	
Winding secundario relé		Winding 3	
		TRIP sobre BT1	
Elemento Residual de Neutro (51G)			
Relación de TT/CC (TC bushing neutro lado 14,8 kV)		240	
Tiempo Inverso	C. Torque	1	
	Curva	U1	
	Pickup	0,55 A sec	
	Time dial	5,5	

6.3 S/E Chumaquito Transformador T1 Relé SEL 387 Función 87T

Datos considerados para los ajustes:

Transformador de Poder T1 en relación 66/14.8 kV en tap neutral del CDBC
Potencia: 18.67 MVA
Grupo de conexión: Dyn1

Transformadores de Corriente lado 66 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo protección: C400
Razón de transformación (W1): 200/5 = 40

Transformadores de Corriente lado 14.8 kV
Conexión secundaria en Y (estrella)
Precisión núcleo de protección: C400
Razón TC conectado a enrollado 2 (W2): 1200/5 = 240

Cálculo de los taps con que se ajustará en el relé SEL-387:

La potencia máxima del transformador es 18.7 MVA (en régimen OFAF):

Para calcular los Taps, el relé utiliza la siguiente fórmula:

$$TAPn = \frac{MVA * 1000}{\sqrt{3} * VWDG * CTRn} * C$$

Donde:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{si el ajuste } WnCT = Y \text{ (Estrella)} \\ \sqrt{3}, & \text{si el ajuste } WnCT = D \text{ (Delta)} \end{cases}$$

C: Factor según la conexión usada en los TTCC.

MVA: ajuste de máxima capacidad de potencia del transformador.

VWDGn: ajuste de voltaje línea-línea, en kV.

CTRn: ajuste de razón de TC.

Los taps calculados arrojaron los siguientes valores:

TAP1= 4.09

TAP2= 3.04

Se debe cumplir de acuerdo con manual del relé que, $\frac{TAP_{max}}{TAP_{min}} \leq 7.5$

$$\frac{4.09}{3.04} = 1.35 \leq 7.5$$

Compensaciones por los desfases angulares:

El transformador de poder tiene grupo de conexión Dyn1 y sus bushings del lado 66 kV estarán conectados al paño BT1 utilizando la siguiente secuencia:

H1 Fase 1 SEN
H2 Fase 2 SEN
H3 Fase 3 SEN

Los secundarios de los TTCC de protección serán conectados en estrella, por lo que se considera el siguiente ajuste:

PHROT = ABC

W1CTC = 12

W2CTC = 1

Ajuste del porcentaje del slope de retención SLP1, SLP2 y IRS1:

Para la primera parte de la curva (SLP1), se ajusta un slope de 30%. Este valor considera un error de TT/CC clase C400 de un 5%, el margen máximo del CDBC de un 13%, un margen de seguridad de un 10% por error de medida del relé y un error por corriente de excitación de un 2%.

SLP1 = 30

Para la segunda parte de la curva (SLP2), se considera un valor de 50%, debido a la eventualidad que un transformador de corriente se sature en fallas con alta corriente y con ello se genere una orden de trip incorrecta.

SLP2 = 50

Para el límite de operación de la primera zona de la curva (SLP1), punto IRS1, donde se interceptan ambos slope, el fabricante recomienda un valor de 3 veces el tap.

IRS1 = 3.0

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{max} \cdot IRS1 \leq 155.0$$

$$4.09 \cdot 3.0 = 12.27 \leq 155$$

Ajuste de pickup de la corriente diferencial O87P:

Se ajustará un valor de 0.30, verificando que este valor es lo suficientemente sensible para detectar fallas monofásicas con resistencia de hasta 24 ohms dentro de la zona de operación.

$$\mathbf{O87P = 0.30}$$

Se comprueba según lo solicitado por el manual del fabricante que:

$$TAP_{min} \cdot O87P \geq 0.1 \cdot I_n$$

$$3.04 \cdot 0.30 = 0.912 \geq 0.1 \cdot 5 = 0.5$$

Umbral de operación sin retención U87P:

Se debe ajustar a un valor mayor que la corriente de inrush esperada y en lo posible inferior a la corriente de cortocircuito de paso esperada para fallas del transformador a proteger.

La corriente nominal del transformador en régimen ONAN es de 87.5 A en el lado 66 kV. Suponiendo que la corriente de inrush puede llegar a ser 10 veces la corriente nominal, se tendría una corriente de energización de 875 A.

Por lo anterior, se ajusta un valor equivalente a aproximadamente un 10% por sobre la corriente de inrush esperada:

$$U87P > \frac{I}{RTC_n \cdot Tap_n} = \frac{875}{40 \cdot 4.09} = 5.35, \quad \text{se ajusta } \mathbf{U87P = 6}$$

Ajuste de bloqueo por 2^{do} armónico PCT2:

Este ajuste permite evitar una operación indeseada de la protección diferencial durante la energización. Un ajuste conservador recomendado por el fabricante es de un 15%.

$$\mathbf{PCT2 = 15}$$

Ajuste de bloqueo por 5^{to} armónico PCT5:

No se considera la habilitación de bloqueo por 5^{to} armónico.

$$\mathbf{PCT5 = OFF}$$

Ajuste del elemento bloqueo de armónicas IHBL:

Se ajustan los siguientes valores para permitir el bloqueo de operación diferencial en el caso de presentarse corriente inrush.

IHBL = N

S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL 387 – Transformador T1
Función 87T

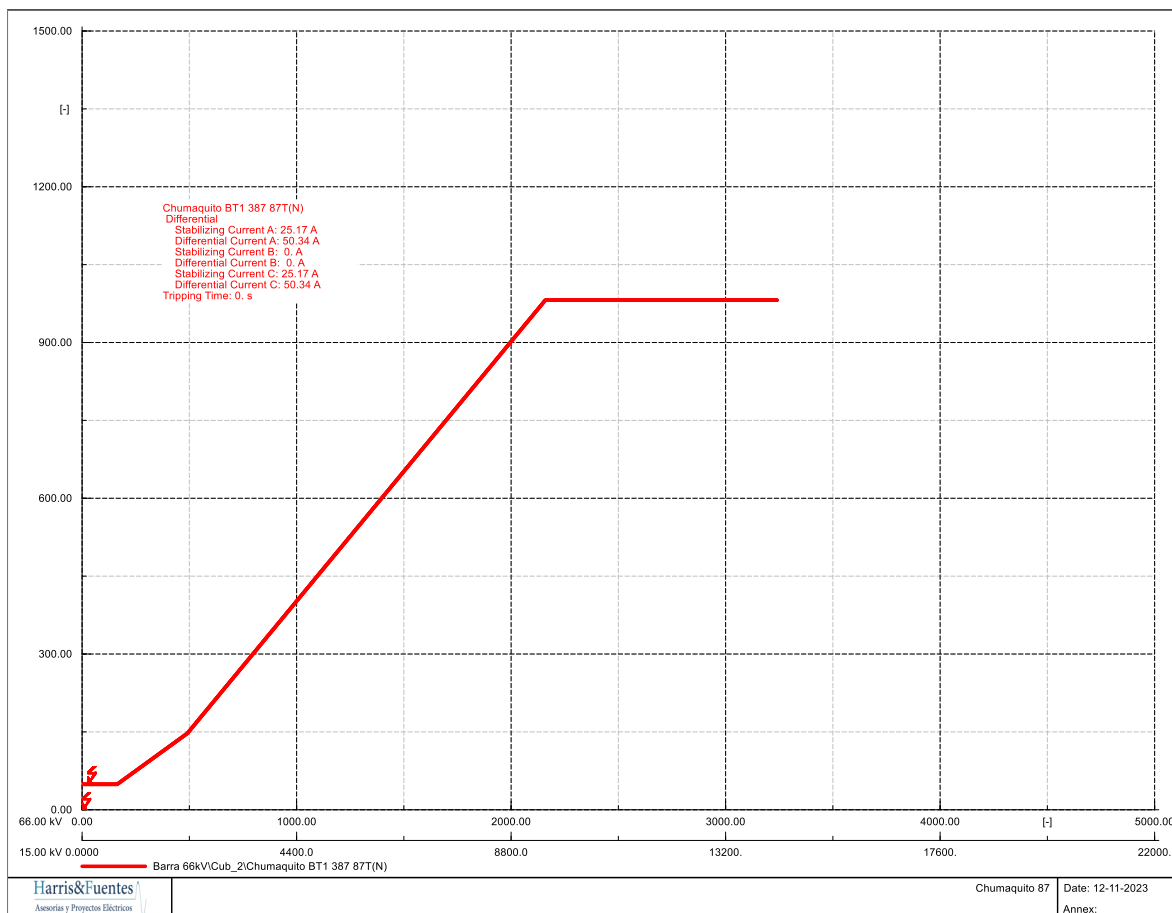
Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Transformador Marca /Modelo Relé Grupo ajustes		Ajustes Propuestos Chumaquito T1 SEL 387 Grupo 1	
Características transformador de poder		10/13,33/16,67/18,67 18,7 MVA Dyn1	
Potencia (MVA)			
Potencia nominal máxima			
Grupo conexión			
Voltaje nominal		66,0 kV	14,8 kV
Corriente nominal máxima		163,6 A	729,5 A
Características transformador de corriente			
Relación TT/CC		200 / 5 A	1200 / 5 A
Función Diferencial			
	Paño	BT1	CT1
	Winding secundario relé	W1	W2
Rotación de fase conexión al sistema	PHROT	ABC	
Define compensación interna conexión	ICOM	Y	
Habilita W1 en elemento diferencial	E87W1	Y	
Habilita W2 en elemento diferencial	E87W2	Y	
Potencia máxima transformador	MVA	18,7	
Voltaje nominal	VWDGn	66	14,8
Conexión T/C winding n	WnCT	Y	Y
Compensación conexión T/C winding n	WnCTC	12	1
Relación T/C para winding n	CTRn	40	240
Tap	TAPn	4,09	3,04
Elemento restringido	O87P	0,30 x Tap	
Porcentaje retención Slope 1	SLP1	30%	
Corriente retención Slope 1	IRS1	3,0 x Tap	
Porcentaje retención Slope 2	SLP2	50%	
Elemento no restringido	U87P	6,00 x Tap	
Bloqueo 2ª armónica	PCT2	15%	
Bloqueo 5ª armónica	PCT5	OFF	
Bloqueo independiente de armónicas	IHBL	N	

Verificación de sensibilidad ante falla con menor valor de aporte de corriente dentro de la zona de operación diferencial

Se verifica que la función diferencial es capaz de detectar fallas monofásicas con resistencia de hasta 24 ohms dentro de su zona de operación (sin corriente por el winding 2 del relé SEL 387).

Para ello, se simula en DigSILENT una falla monofásica con resistencia de 24 ohms inmediatamente antes del TC lado 15 kV utilizado por el relé diferencial, para la topología analizada que presenta los menores niveles de cortocircuito, observándose operación de la función diferencial.

La topología TOP3_SFT2 es la que presenta el menor nivel de cortocircuito de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 9, "Cálculo de Niveles de Cortocircuito".



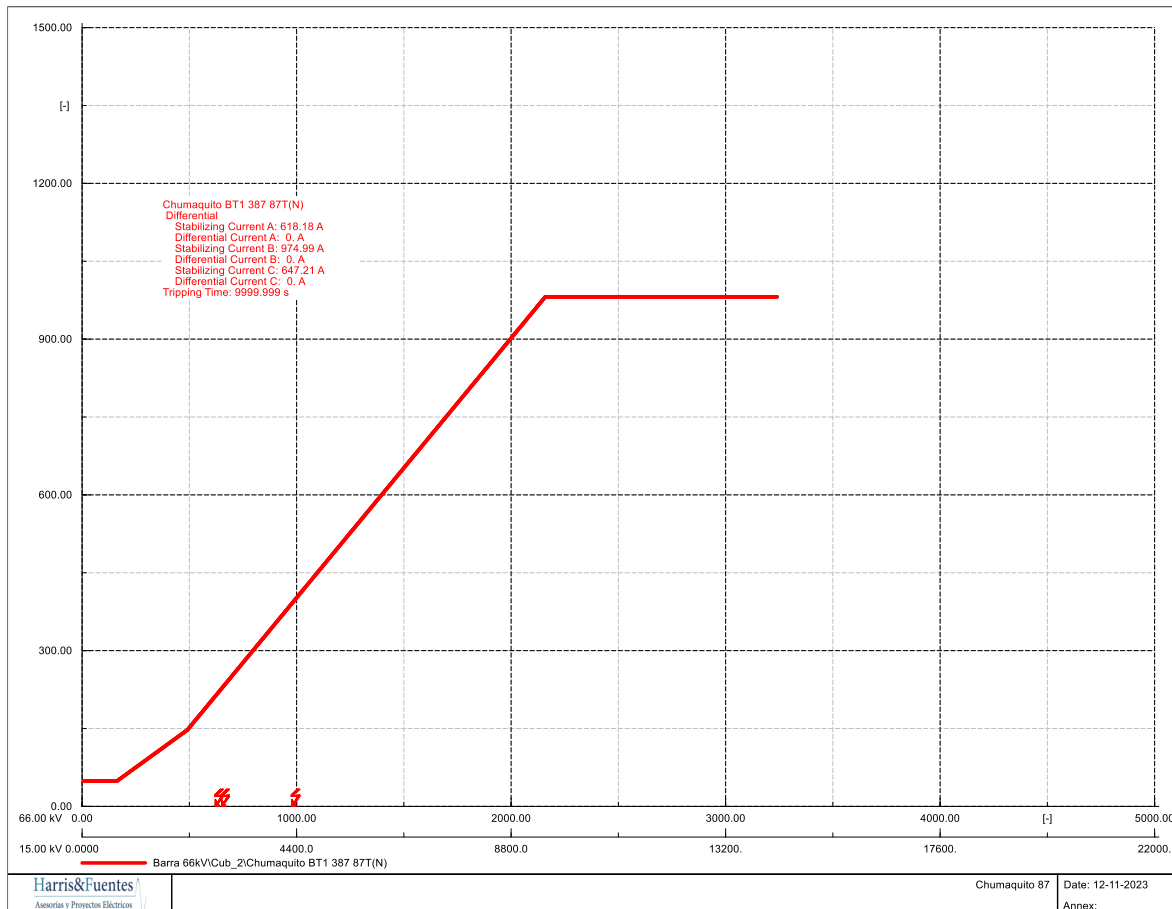
Verificación de no-operación ante falla externa pasante en barra 15 kV (fuera de la zona de operación para escenario de mayor nivel de cortocircuito)

Se verifica que la función diferencial es insensible a la operación ante una falla externa pasante para el escenario y tipo de falla que presente el mayor nivel de cortocircuito.

Al respecto y considerando que la función diferencial tiene operación segregada por fase, se determina la máxima corriente pasante en barra 15kV para el tipo de falla y escenario de acuerdo con los resultados presentados en el capítulo 9, “Cálculo de Niveles de Cortocircuito”.

Se determina que la máxima corriente de cortocircuito pasante por el transformador T1 de S/E Chumaquito será para una falla bifásica a tierra bajo la topología TOP1_RAT1.

La simulación en DIgSILENT demuestra la insensibilidad a la operación de la función diferencial del transformador ante la máxima corriente de falla pasante esperada.



En el Anexo F, documento emitido por separado, se verifica la estabilidad de la protección diferencial del transformador T1, para todos los tipos de fallas analizados en el estudio, bajo el escenario que representa los mayores niveles de cortocircuito.

6.4 S/E Chumaquito - Paño CT1 Relés SEL 387 (W2) y SEL 751A Funciones 51/50TD/51N

Sobrecorriente de fases (51)

Se propone un valor de pickup de fase en el valor equivalente a aproximadamente un 125% de la capacidad de paso del transformador T1 (912 amperes, 23.4 MVA a 14.8 kV).

La curva de sobrecorriente de fases propuesta se debe situar por debajo de la curva de daño del transformador para protegerlo adecuadamente contra fallas pasantes externas que pueden producir daños térmicos y mecánicos.

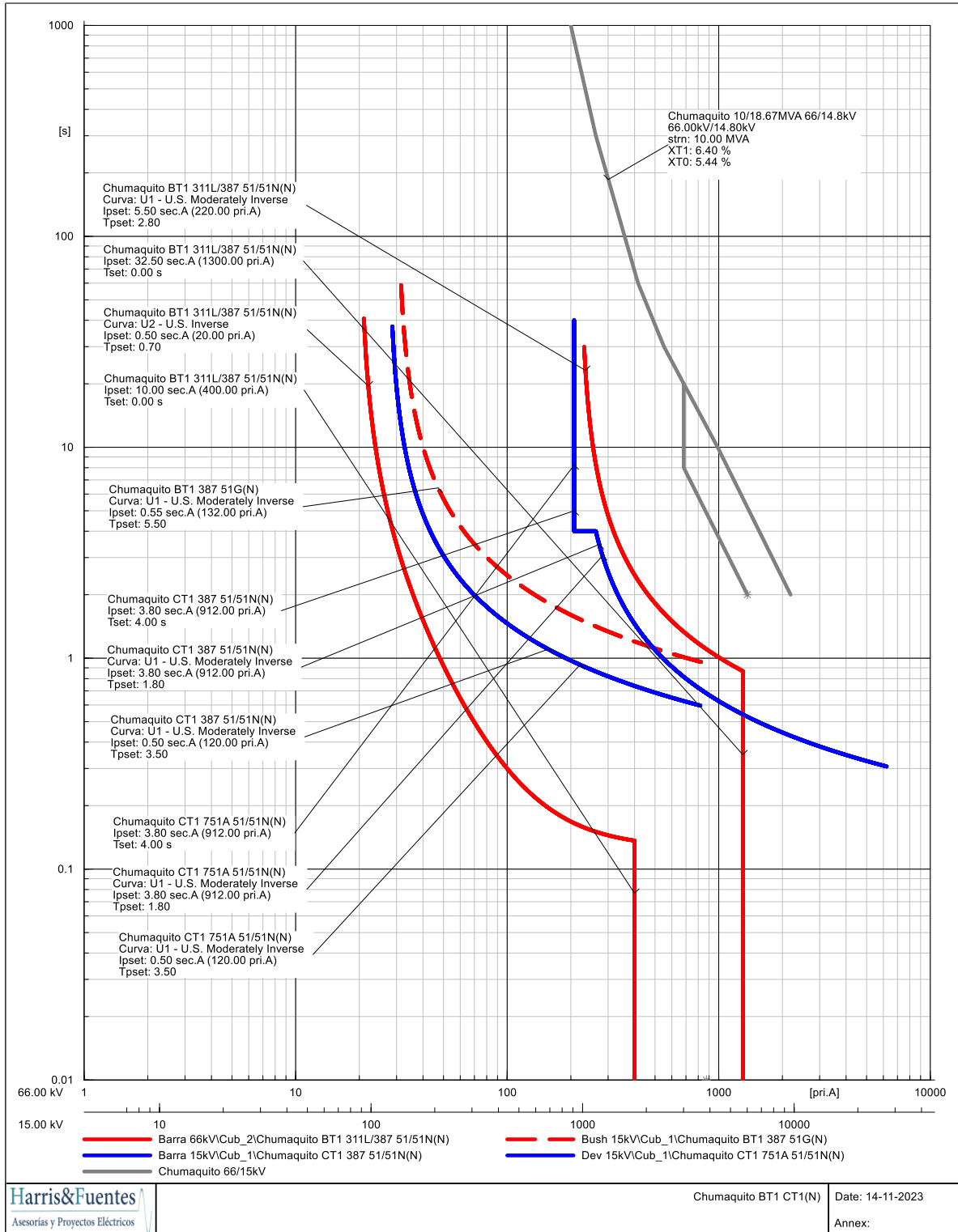
Sobrecorriente de fases de tiempo definido (50TD)

Se propone un valor de pickup con el mismo valor de pickup de la función de sobrecorriente de tiempo inverso y con un tiempo de operación de 4 segundos. El propósito de esta función es asegurar la coordinación con las protecciones de sobrecorriente del paño BT1 ante la ocurrencia de fallas bifásicas en redes MT de los alimentadores 15 kV.

Sobrecorriente residual (51N)

La característica de sobrecorriente residual de tiempo inverso considera el menor valor de pickup permitido por el relé SEL 387 (0.5 amperes secundarios equivalentes a 120 amperes primarios), con un ajuste de time dial que asegure coordinación con sus adyacencias superiores e inferiores.

S/E Chumaquito
Paño BT1– Relés SEL 311L y SEL 387 (W1+W3)
Paño CT1 – Relés SEL 387(W2) y SEL 351A
Característica Tiempo – Corriente



S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL 387 (W2) - Paño CT1
Funciones 51/50TD/51N

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente		Ajustes Propuestos
Subestación		Chumaquito
Transformador		T1
Marca /Modelo Relé		SEL 387
Grupo ajustes		Grupo 1
Características transformador de corriente		
Relación TT/CC		1200 / 5 A
Función de sobrecorriente		CT1
Winding secundario relé		W2
Elemento de Fase		
Tiempo Inverso	C. Torque	1
	Curva	U1
	Pickup	3,80 A sec
	Time dial	1,8
Tiempo definido	C. Torque	1
	Pickup	3,80 A sec
	Tiempo op.	200 ciclos
Elemento Residual		
Tiempo Inverso	C. Torque	1
	Curva	U1
	Pickup	0,50 A sec
	Time dial	3,5
Tiempo definido	C. Torque	--
	Pickup	--
	Tiempo op.	--

S/E Chumaquito
Ajustes relé SEL 751A - Paño CT1
Funciones 51/50TD/51N

Protección de Sobrecorriente		Ajustes Propuestos
Subestación		Chumaquito
Paño		CT1
Marca /Modelo Relé		General 15 kV T1
Grupo ajustes		SEL 751A
		1
Ajustes Generales		
Relación TT/CC		1200 / 5 A
		240
Función de Sobrecorriente		
Elemento de Fase		
Tiempo Inverso	C. Torque	1
	Curva	U1
	Pickup	3,80 A sec
	Time dial	1,8
Elemento Tiempo Definido	Pickup	3,80 A sec
	Tiempo operación	4 seg.
Elemento Residual		
Tiempo Inverso	C. Torque	1
	Curva	U1
	Pickup	0,50 A sec
	Time dial	3,5

6.5 S/E Chumaquito - Paño CT1 - Relés 751A y SEL 387(W2) Función 50BF

Esta función se programa independientemente en los relés SEL 751A y 387(W2) y tiene como propósito dar orden de desenganche sobre el interruptor 52BT1 cuando el 52CT1 falle en realizar la apertura por activación de las protecciones de sobrecorriente del lado 15 kV.

La orden de apertura sobre el interruptor 52BT1, originada por la lógica de falla de interruptor (función 50BF), será implementada utilizando el mismo contacto de salida del relé SEL 387 destinado a apertura por la función de sobrecorriente del winding 1 (lado 66kV).

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL387 para falla en la apertura del interruptor 52CT1 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip en las protecciones de sobrecorriente asociadas al lado 15 kV en el relé SEL 387(W2).
- Que hayan transcurrido 0.2 segundos desde el inicio de la orden de Trip enviada por las protecciones, sin producirse extinción de las corrientes.

El criterio de activación de la función 50BF en el relé SEL751A para falla en la apertura del interruptor 52CT1 es el siguiente:

- Que exista una falla presente que genere señal de Trip y se mantenga una corriente en el relé SEL 751A con un valor correspondiente a la suma de los módulos de sus componentes de secuencia positiva y negativa que sea superior a $0.02 \cdot I_{nom}$, con un retardo programado en 0.2 segundos (BFD).

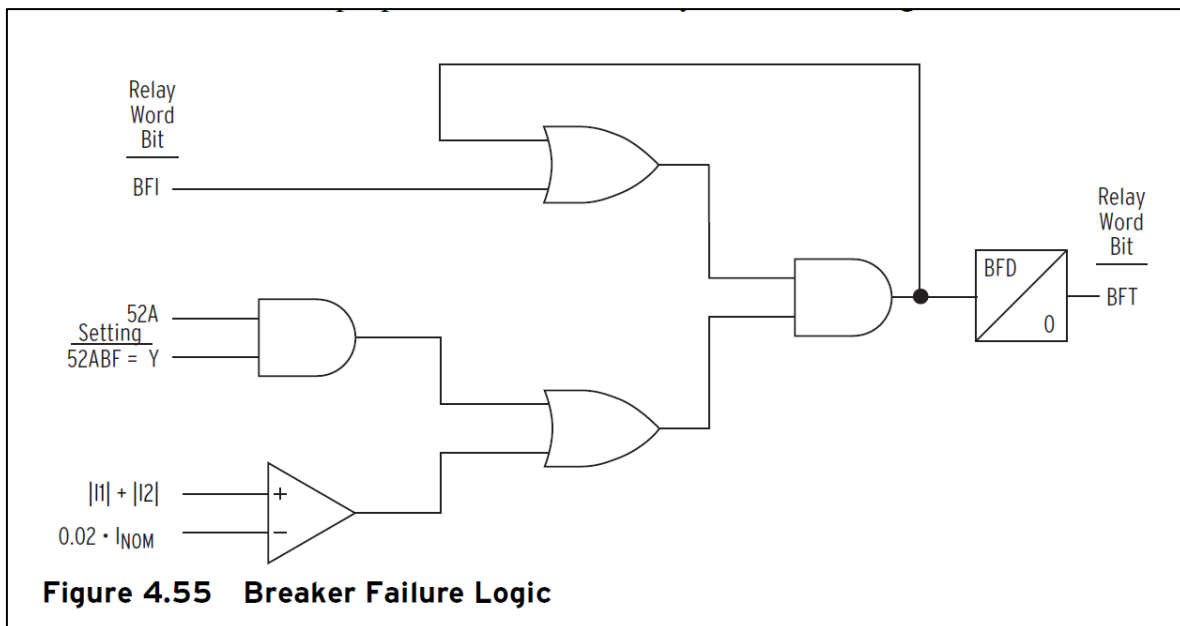
De acuerdo con el proyecto de control, la orden de trip por función 50BF del relé SEL 751A se alambra a una input digital del relé SEL 387, siendo este último relé quien envíe la señal de disparo sobre el interruptor 52BT1.

El relé SEL 751A utiliza una lógica interna de supervisión de la función 50BF por corriente, no programable, la cual está definida en el siguiente extracto del manual:

The SEL-751A provides flexible breaker failure logic (see *Figure 4.55*). In the default breaker failure logic, assertion of Relay Word bit TRIP starts the BFD timer if the sum of positive-sequence and negative-sequence currents exceed $0.02 \cdot I_{NOM}$. If the current remains greater than the threshold for BFD delay setting, Relay Word bit BFT will assert. Use the BFT to operate an output relay to trip appropriate backup breakers.

Para esta aplicación, considerando que la relación de transformación de los TT/CC es 1200/5 A, la corriente de supervisión de la función 50BF en el relé SEL 751A será de 24 amperes primarios.

La siguiente figura muestra la lógica utilizada por el relé SEL 751A para la función 50BF:



Las siguientes tablas muestran los ajustes propuestos a implementar para la función 50BF, en los relés que se indican:

a) Relé SEL 751A – Función 50BF

Protección de Sobrecorriente Subestación Paño Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Función Falla Interruptor 50BF	Ajustes Propuestos Chumaquito CT1 General 15 kV T1 SEL 751A 1 52CT1 → 52BT1	
Descripción	Parámetro	Ajuste
52A Interlock en lógica de falla de interruptor	52ABF	N
Retardo de falla de interruptor	BFD	0,20 segundos
Inicio de falla del interruptor	BFI	R_TRIP TRIP
Contacto salida señal 50BF hacia input SEL 387	OUTXXX	BFT

b) Relé SEL 387 – Función 50BF

Protección Diferencial de Transformador y Sobrecorriente Subestación Marca /Modelo Relé Grupo ajustes Paños	Ajustes Propuestos Chumaquito SEL 387-T1 Grupo 1
Función 50BF	52CT1 → 52BT1
Definiciones S1V1: Variable lógica S1V1PU: Retardo tiempo activación variable lógica S1V1 S1V1DO: Retardo tiempo desactivación variable lógica S1V1 TRx: Ecuación apertura por 51/50TD/51N (W2) sobre 52CT1 TRY: Ecuación función 50BF OUTXXX: Output para apertura por 51/50/51N/50N (W1) sobre 52BT1	Programación S1V1 = TRx S1V3PU = 10 CICLOS S1V3DO = 25 CICLOS TRx = 51P2T + 50P21T + 51N2T TRY = S1V1T * (51P2 + 51N2) OUTXXX =*TRIPy + INXXX

Donde INXXX corresponde a la input que recibe la señal 50BF desde relé SEL 751A

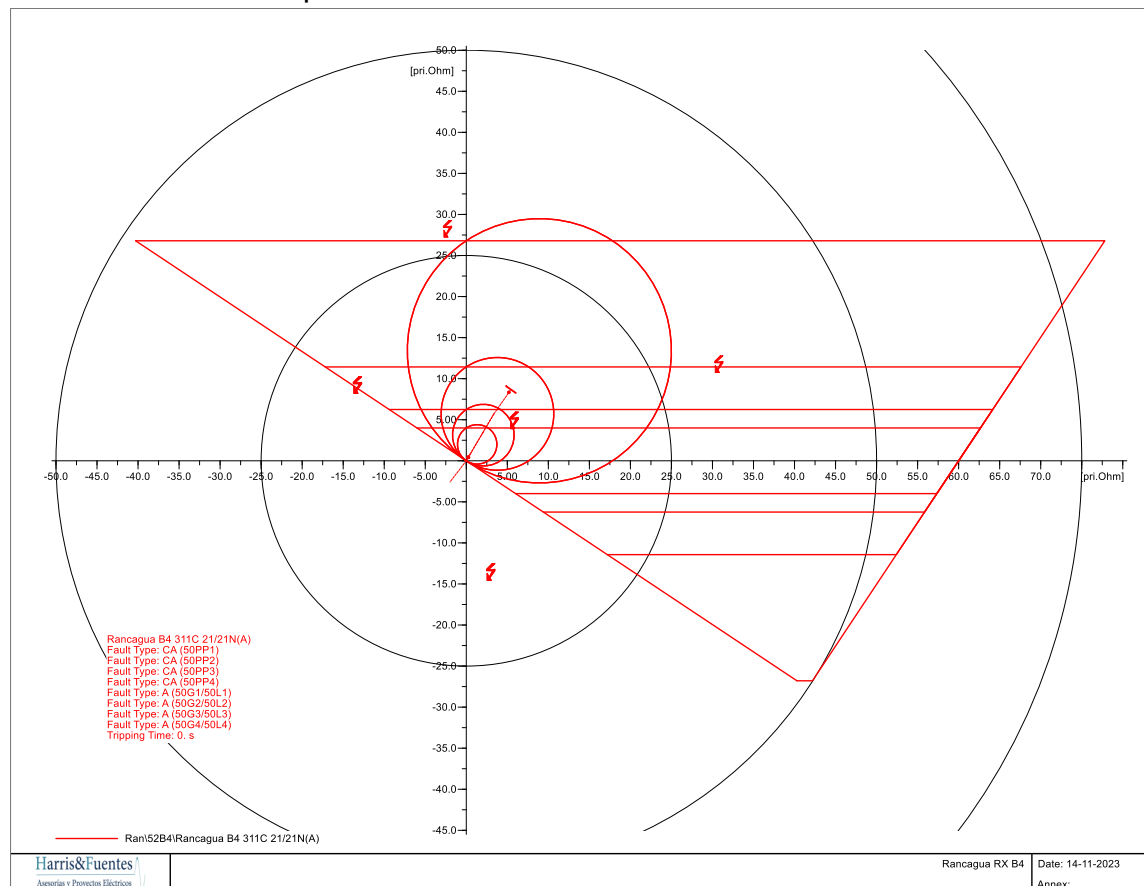
7. AJUSTES PROPUESTOS PARA PROTECCIONES EXISTENTES

7.1 S/E Rancagua Relé SEL 311C Paño B4 LT 66 kV Rancagua - Rosario

Actualmente, para fallas con componente residual y con resistencia de falla, la primera zona de la característica cuadrilateral residual de la función de distancia alcanza la barra 66 kV de S/E Chumaquito con tiempo de operación instantáneo y provocando por tanto falta de coordinación con las protecciones del paño BT1 de la citada subestación.

Lo anterior debido a que el alcance resistivo programado para la primera zona es de un valor elevado (8 ohms secundarios equivalente a 60 ohms primarios).

La siguiente figura muestra que, para la condición actual, se produce operación de la Zona 1 de la protección de distancia del paño B4 de S/E Rancagua, bajo la topología TOP1_RAT1, ante una falla monofásica con resistencia 5 ohms en la barra 66 kV de S/E Chumaquito.



Para corregir lo anterior se propone:

- a) Reducir el alcance resistivo de la característica residual de la primera zona de 8 ohms secundarios a 0.32 ohms secundarios equivalentes al 50% del alcance reactivo de la primera zona.
- b) Modificar el factor de compensación de secuencia cero (K0) de la primera zona adaptándolo al valor calculado para el tramo de línea 66 kV Rancagua Chumaquito.

El valor calculado para el K0 se presenta en la siguiente tabla:

S/E Rancagua – Paño B4 – Relé SEL 311C – Factor de compensación sec 0

Línea	R1 [Ohms]	X1 [Ohms]	Z1 [Ohms]		R0 [Ohms]	X0 [Ohms]	Z0 [Ohms]		Propuesto k0	
			Magnitud	Ángulo			Magnitud	Ángulo	Magnitud	Ángulo
Rancagua - Chumaquito	3,3602	5,7060	6,6219	59,51 °	5,6540	23,8745	24,5349	76,68 °	0,922	23,30 °

S/E Rancagua

Ajustes relé SEL 311C - Paño B4

Funciones 21/21N/51/51N

Protección de Distancia y Sobrecorriente Subestación		Ajustes Actuales			Ajustes Propuestos		
Paño		Rancagua			Rancagua		
Marca /Modelo Relé		B4			B4		
Grupo ajustes		LT 66 kV Rancagua - Rosario			LT 66 kV Rancagua - Rosario		
		SEL 311C			SEL 311C		
		1			1		
Ajustes Generales							
Relación TT/CC	Relación TT/CC	400 / 5 A			400 / 5 A		
	Relación TT/PP Barra	80			80		
Relación TT/PP Barra	66000 v	:	110 v		66000 v	:	110 v
		600				600	
Función de Distancia							
Generales							
Impedancia sec. positiva secundario	Impedancia sec. positivo secundario	0,77	L	56,38 °	0,77	L	56,38 °
	Impedancia sec. cero secundario	3,78	L	78,87 °	3,78	L	78,87 °
Longitud línea	Longitud línea	22,70 km			22,70 km		
	Angulo torque máximo	línea			línea		
TANG	TANG	0,0 °			0,0 °		
	KOM1 (Zona 1)	1,320	L	28,03 °	0,922	L	23,30 °
KOM (Zonas 2,3 y 4)	KOM (Zonas 2,3 y 4)	1,320	L	28,03 °	1,320	L	28,03 °
Elemento de Fase Característica Mho							
Zonas habilitadas	Zonas habilitadas	4			4		
	Corriente supervisión	4,00 A sec			4,00 A sec		
Primera Zona	Dirección	Alcance	Tiempo op.		Dirección	Alcance	Tiempo op.
	Forward	0,64 Ω sec	0 ciclos		Forward	0,64 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	1,00 Ω sec	20 ciclos		Forward	1,00 Ω sec	20 ciclos
	Forward	1,83 Ω sec	40 ciclos		Forward	1,83 Ω sec	40 ciclos
Tercera Zona	Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos		Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos
	Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos		Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos
Elemento Residual Característica Mho							
Zonas habilitadas	Zonas habilitadas	4			4		
	Corriente supervisión	0,5 A sec			0,5 A sec		
Primera Zona	Dirección	Alcance	Tiempo op.		Dirección	Alcance	Tiempo op.
	Forward	0,64 Ω sec	0 ciclos		Forward	0,64 Ω sec	0 ciclos
Segunda Zona	Forward	1,00 Ω sec	20 ciclos		Forward	1,00 Ω sec	20 ciclos
	Forward	1,83 Ω sec	40 ciclos		Forward	1,83 Ω sec	40 ciclos
Tercera Zona	Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos		Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos
	Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos		Forward	4,29 Ω sec	70 ciclos
Elemento Residual Característica Cuadrilateral							
Zonas habilitadas	Zonas habilitadas	4			4		
	Corriente supervisión	0,5 A sec			0,5 A sec		
Primera Zona	Dirección	X	R	Tiempo op.	Dirección	X	R
	Forward	0,64 Ω sec	8,00 Ω sec	0 ciclos	Forward	0,64 Ω sec	0,32 Ω sec
Segunda Zona	Forward	1,00 Ω sec	8,00 Ω sec	20 ciclos	Forward	1,00 Ω sec	8,00 Ω sec
	Forward	1,83 Ω sec	8,00 Ω sec	40 ciclos	Forward	1,83 Ω sec	8,00 Ω sec
Tercera Zona	Forward	4,29 Ω sec	8,00 Ω sec	70 ciclos	Forward	4,29 Ω sec	8,00 Ω sec
	Forward	4,29 Ω sec	8,00 Ω sec	70 ciclos	Forward	4,29 Ω sec	8,00 Ω sec
Función de Sobrecorriente							
Elemento de Fase							
C. Torque	C. Torque	1			1		
	Curva	U1			U1		
Tiempo Sobrecorriente	Pickup	4,50 A sec			4,50 A sec		
	Time dial	4,5			4,5		
Tiempo definido	C. Torque	Pickup	Tiempo op.		C. Torque	Pickup	Tiempo op.
	NO	NO	NO		NO	NO	NO
Elemento Residual							
C. Torque	C. Torque	1			1		
	Curva	U1			U1		
Tiempo Sobrecorriente	Pickup	0,50 A sec			0,50 A sec		
	Time dial	5,9			5,9		

7.2 S/E Chumaquito Unidades de Control SEL 351R y C. Power Form 5 Cabeceras alimentadores C1, C2, C3 y C4

Con el propósito de generar espacios de coordinación se propone eliminar las características de sobrecorriente instantáneas programadas en las protecciones de las cabeceras de los alimentadores de la subestación.

Además, en las protecciones de las cabeceras C1, C2 y C3, que cuentan con unidades de control SEL 351R, se modifica a “No” el parámetro de ajuste de emulación de reset de las curvas tiempo corriente, actualmente programado en “Si”, el que tenía el propósito de asegurar coordinación con los relés de tipo electromecánico que se retiran en los paños BT1 y CT1.

Los ajustes propuestos se presentan en las tablas siguientes:

7.2.1 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C1 Cabecera Alimentador Los Lirios

a) Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Chumaquito		Ajustes Propuestos Chumaquito	
Paño	C1 Alimentador Los Lirios		C1 Alimentador Los Lirios	
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	SEL 351R Grupo N°1		SEL 351R Grupo N°1	
Función de Sobrecorriente				
Elemento de Fase				
Curva	U4		U4	
Pickup	300 A prim.		300 A prim.	
Time dial /Multiplicador	0,76		0,76	
Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	2820 A prim.	0 seg.	NO	NO
Elemento Residual				
Curva	U1		U1	
Pickup	50 A prim.		50 A prim.	
Time dial /Multiplicador	3		3	
Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	NO	NO	NO	NO
SEF	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	12 A prim.	120 seg.	12 A prim.	120 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF		2 excepto SEF	
Tiempo reconexión	5 seg.		5 seg.	
Ajuste Especial				
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y		N	

b) Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Chumaquito		Ajustes Propuestos Chumaquito	
Paño	C1		C1	
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Los Lirios SEL 351R		Alimentador Los Lirios SEL 351R	
Función de Sobrecorriente	Grupo N°2 (Alternativo)		Grupo N°2 (Alternativo)	
Elemento de Fase				
Curva	U4		U4	
Pickup	450 A prim.		450 A prim.	
Time dial /Multiplicador	0,5		0,5	
Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	2820 A prim.	0 seg.	NO	NO
Elemento Residual				
Curva	U1		U1	
Pickup	50 A prim.		50 A prim.	
Time dial /Multiplicador	3		3	
Sumador	0 seg.		0 seg.	
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	NO	NO	NO	NO
SEF	Pickup	Tiempo op.	Pickup	Tiempo op.
	12 A prim.	120 seg.	12 A prim.	120 seg.
Función de Reconexión				
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF		2 excepto SEF	
Tiempo reconexión	5 seg.		5 seg.	
Ajuste Especial				
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y		N	

7.2.2 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C2 Cabecera Alimentador Las Mercedes

a) Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente	Ajustes Actuales	Ajustes Propuestos
Subestación Primaria	Chumaquito	Chumaquito
Paño	C2	C2
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Las Mercedes	Alimentador Las Mercedes
Función de Sobrecorriente	SEL 351R	SEL 351R
	Grupo N°1	Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup	300 A prim.	300 A prim.
Time dial /Multiplicador	0,76	0,76
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2820 A prim.	Pickup NO
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. NO
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador	3	3
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 120 seg.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

b) Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente	Ajustes Actuales	Ajustes Propuestos
Subestación Primaria	Chumaquito	Chumaquito
Paño	C2	C2
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Las Mercedes	Alimentador Las Mercedes
Función de Sobrecorriente	SEL 351R	SEL 351R
	Grupo N°2 (Alternativo)	Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup	450 A prim.	450 A prim.
Time dial /Multiplicador	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2820 A prim.	Pickup NO
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. NO
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador	3	3
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 120 seg.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

7.2.3 S/E Chumaquito Unidad de Control SEL 351R Paño C3 Cabecera Alimentador San Isidro

a) Grupo Normal de Ajustes

Protección de Sobrecorriente	Ajustes Actuales	Ajustes Propuestos
Subestación Primaria	Chumaquito	Chumaquito
Paño	C3	C3
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador San Isidro	Alimentador San Isidro
Función de Sobrecorriente	SEL 351R	SEL 351R
	Grupo N°1	Grupo N°1
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup	300 A prim.	300 A prim.
Time dial /Multiplicador	0,76	0,76
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2820 A prim.	Pickup NO
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. NO
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador	3	3
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 120 seg.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

b) Grupo Alternativo de Ajustes

Protección de Sobrecorriente	Ajustes Actuales	Ajustes Propuestos
Subestación Primaria	Chumaquito	Chumaquito
Paño	C3	C3
Marca /Modelo Reconectador - U de Control	Alimentador San Isidro	Alimentador San Isidro
Función de Sobrecorriente	SEL 351R	SEL 351R
	Grupo N°2 (Alternativo)	Grupo N°2 (Alternativo)
Elemento de Fase		
Curva	U4	U4
Pickup	450 A prim.	450 A prim.
Time dial /Multiplicador	0,5	0,5
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2820 A prim.	Pickup NO
	Tiempo op. 0 seg.	Tiempo op. NO
Elemento Residual		
Curva	U1	U1
Pickup	50 A prim.	50 A prim.
Time dial /Multiplicador	3	3
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup NO	Pickup NO
	Tiempo op. NO	Tiempo op. NO
SEF	Pickup 12 A prim.	Pickup 12 A prim.
	Tiempo op. 120 seg.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout	2 excepto SEF	2 excepto SEF
Tiempo reconexión	5 seg.	5 seg.
Ajuste Especial		
Emulación relé electromecánico reset curvas tiempo corriente	Y	N

7.2.4 S/E Chumaquito Unidad de Control Cooper Power Form 5 Paño C4 Cabecera Alimentador Rosario

a) Grupo Normal de Ajustes

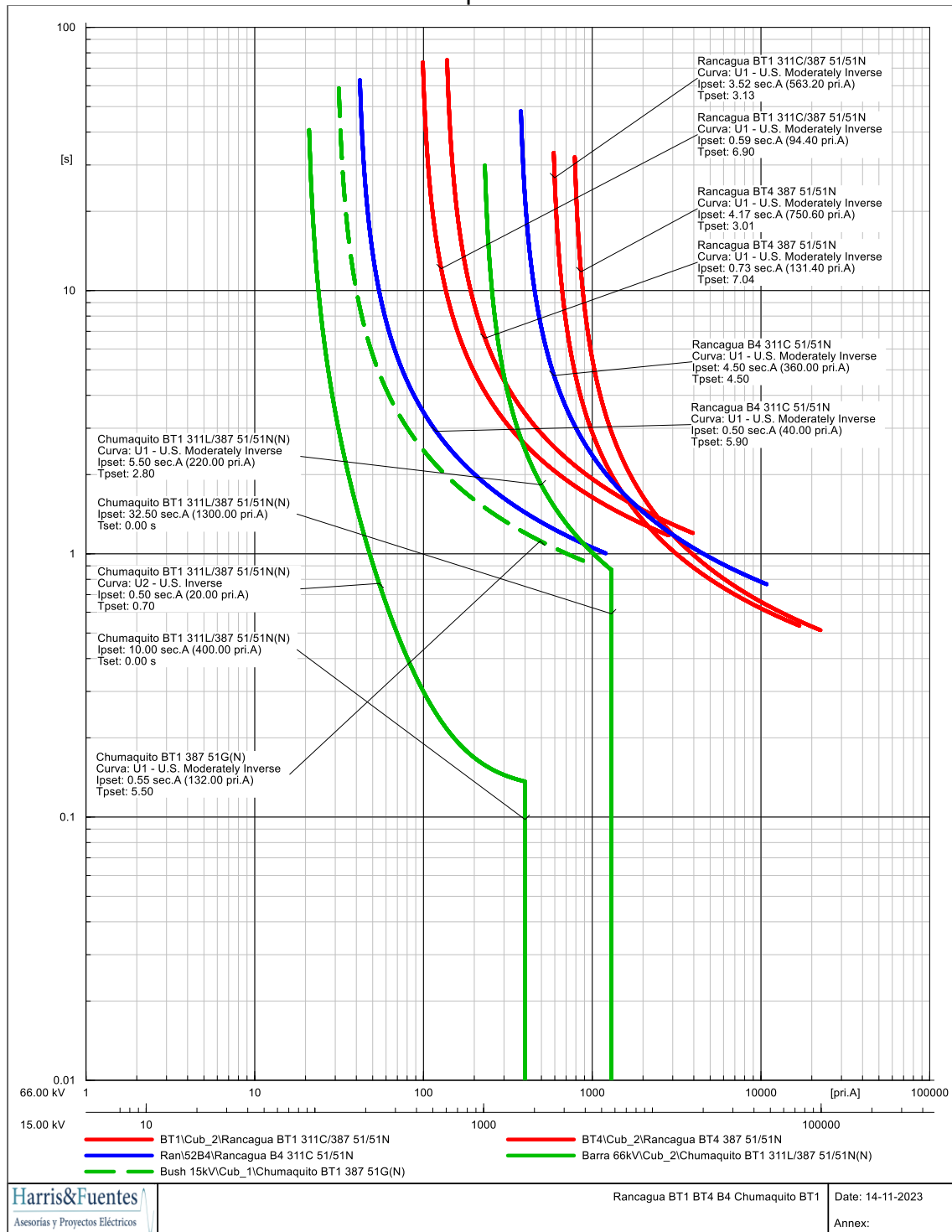
Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Chumaquito	Ajustes Propuestos Chumaquito
Paño	C4	C4
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Rosario	Alimentador Rosario
Función de Sobrecorriente	C. Power Form 5 Grupo Normal	C. Power Form 5 Grupo Normal
Elemento de Fase		
Curva	111	111
Pickup	400 A prim.	400 A prim.
Time dial /Multiplicador	1	1
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2500 A prim.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	119	119
Pickup	60 A prim.	60 A prim.
Time dial /Multiplicador	1	1
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup 750 A prim.	Tiempo op. 0 seg.
SEF	Pickup 40 A prim.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout Tiempo reconexión	2 excepto SEF e instantáneo 5 seg.	2 excepto SEF e instantáneo 5 seg.

b) Grupo Alternativo de Ajustes

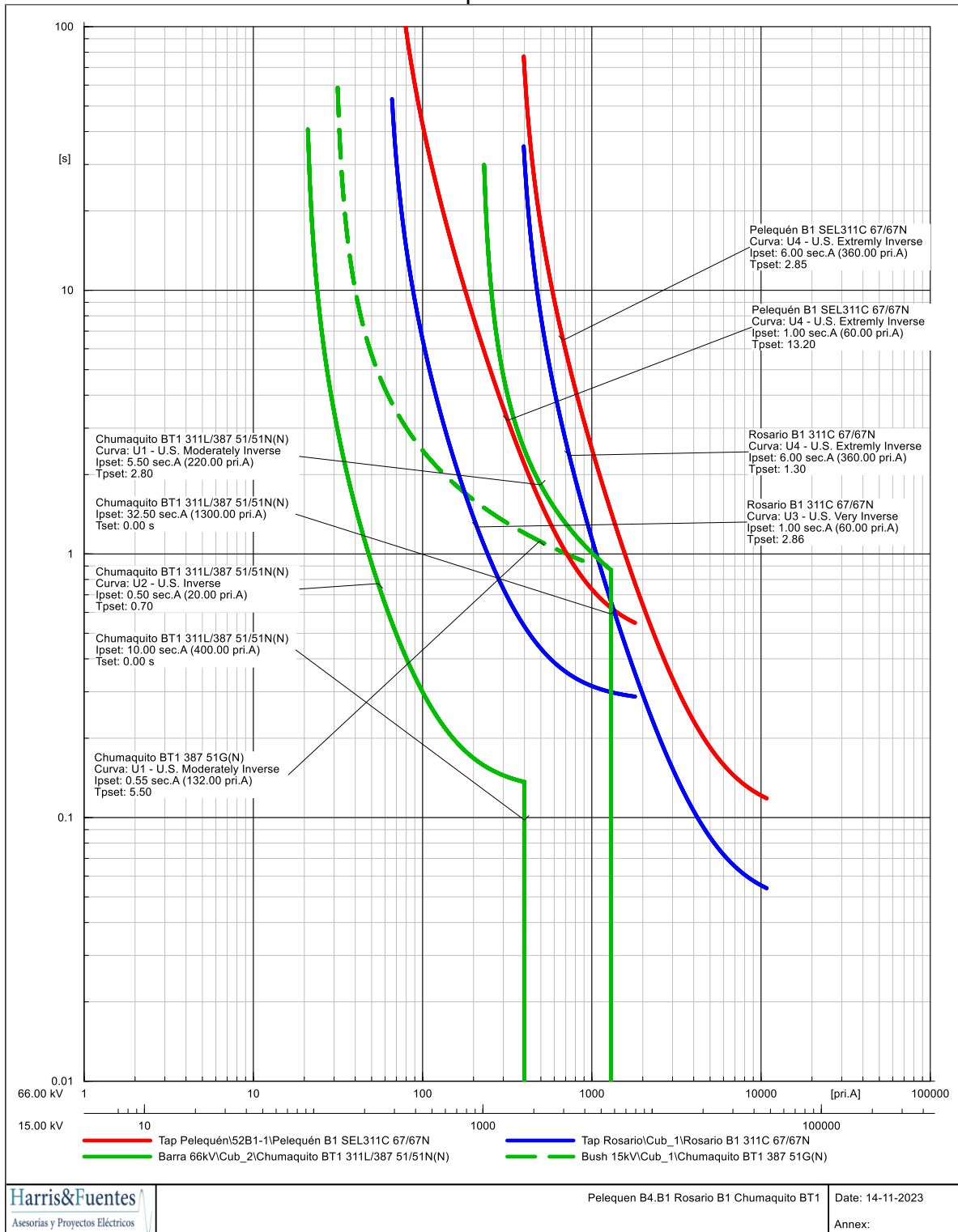
Protección de Sobrecorriente Subestación Primaria	Ajustes Actuales Chumaquito	Ajustes Propuestos Chumaquito
Paño	C4	C4
Marca /Modelo Reconector - U de Control	Alimentador Rosario	Alimentador Rosario
Función de Sobrecorriente	C. Power Form 5 Grupo Alternativo	C. Power Form 5 Grupo Alternativo
Elemento de Fase		
Curva	111	111
Pickup	600 A prim.	600 A prim.
Time dial /Multiplicador	1	1
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50)	Pickup 2500 A prim.	Tiempo op. 0 seg.
Elemento Residual		
Curva	119	119
Pickup	60 A prim.	60 A prim.
Time dial /Multiplicador	1	1
Sumador	0 seg.	0 seg.
Instantáneo / Tiempo definido (50N)	Pickup 750 A prim.	Tiempo op. 0 seg.
SEF	Pickup 15 A prim.	Tiempo op. 120 seg.
Función de Reconexión		
N° operaciones para lockout Tiempo reconexión	2 excepto SEF e instantáneo 5 seg.	2 excepto SEF e instantáneo 5 seg.

8. CURVAS TIEMPO CORRIENTE DE COORDINACIÓN PROPUESTAS

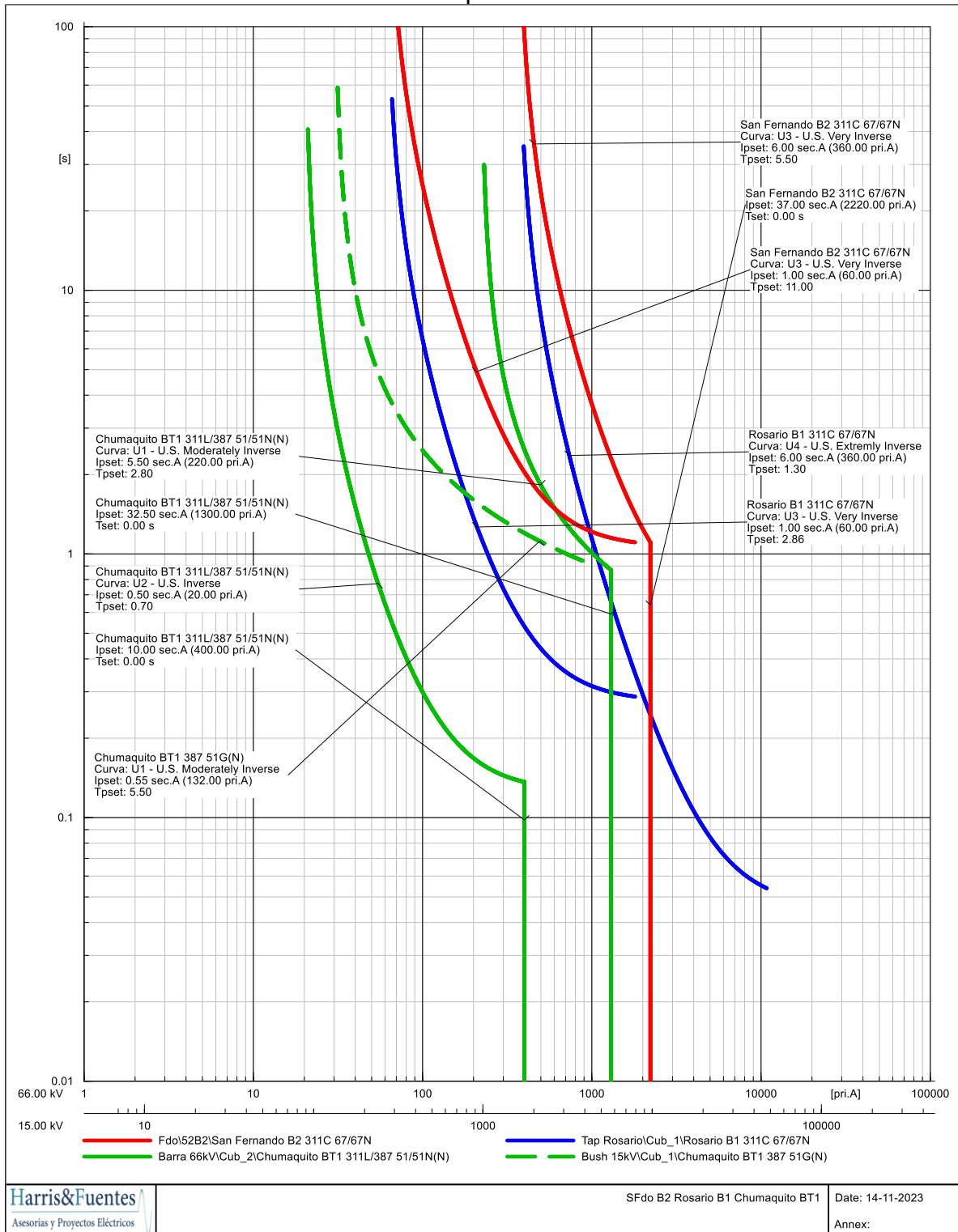
Alimentación desde S/E Rancagua
S/E Rancagua: Paños BT1- BT4 – B4
S/E Chumaquito: Paño BT1



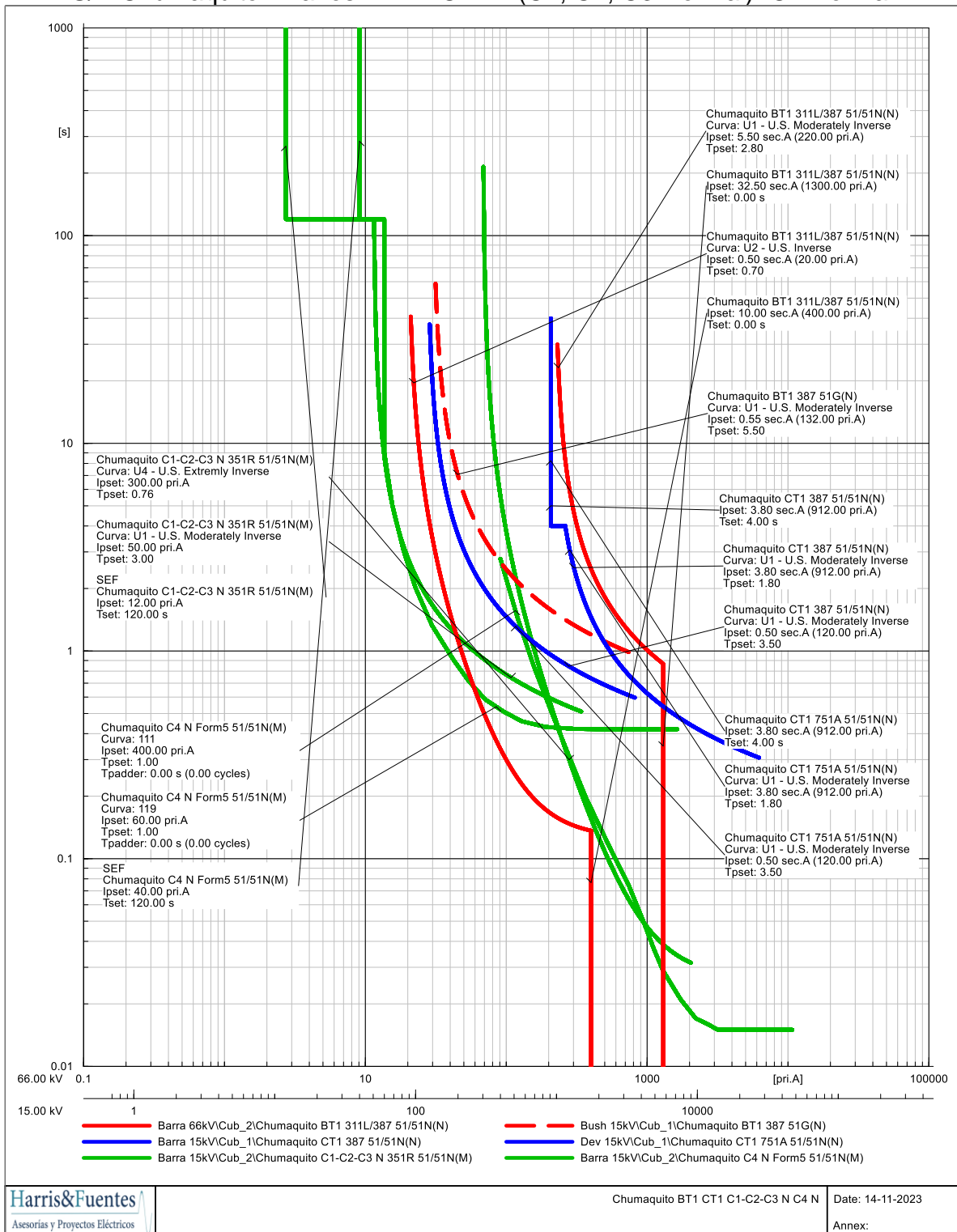
Alimentación desde S/E Malloa Nueva
S/E Pelequén: Paño B1 (disparo desde B4)
S/E Rosario: Paño B1
S/E Chumaquito: Paño BT1



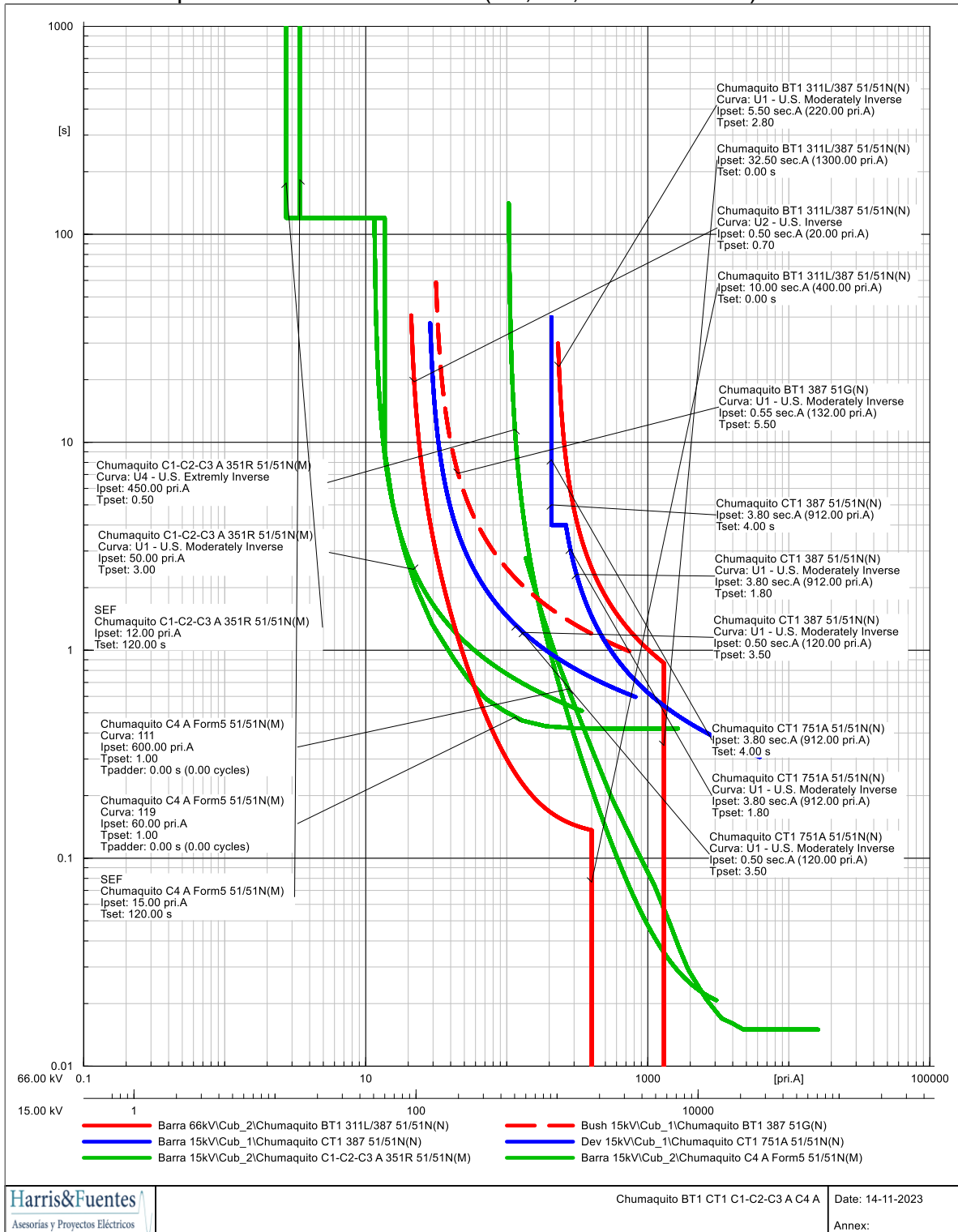
Alimentación desde S/E San Fernando
S/E San Fernando: Paño B2
S/E Rosario: Paño B1
S/E Chumaquito: Paño BT1



S/E Chumaquito - Paños BT1 – CT1 – (C1, C2, C3 Normal) -C4 Normal



S/E Chumaquito - Paños BT1 – CT1 – (C1, C2, C3 Alternativo)-C4 Alternativo



9. CÁLCULO DE NIVELES DE CORTOCIRCUITO

Se presentan los niveles de cortocircuito obtenidos por el proyecto NUP 4230 “MNR Protecciones Paños BT1 y CT1 S/E Chumaquito”, determinados según el método IEC 60909 en las barras de interés, según las topologías indicadas:

Topología 1_RAT1

Top 1_RAT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	2,177	1,884	2,032	1,284	1,200	0,917	0,743	0,635	1,615	1,033	0,674
Rengo 66kV	66,0	2,406	2,082	2,304	1,794	1,236	1,085	0,742	0,690	2,055	1,145	0,707
Pelequén 66kV	66,0	2,995	2,592	3,006	2,993	1,330	1,325	0,760	0,758	2,992	1,327	0,759
Malloa 66kV	66,0	3,807	3,295	4,892	7,072	1,639	1,614	0,845	0,828	4,946	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	3,329	2,881	4,228	6,125	1,627	1,601	0,847	0,826	4,310	1,539	0,816
Chumaquito 66kV	66,0	2,649	2,293	2,484	1,793	1,317	1,109	0,772	0,702	2,137	1,193	0,726
Chumaquito 15kV	15,0	4,348	3,765	4,999	6,234	0,382	0,379	0,191	0,190	5,124	0,378	0,190

Topología 1_RAT4

Top 1_RAT4		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	2,013	1,743	1,883	1,279	1,164	0,915	0,731	0,634	1,564	1,019	0,670
Rengo 66kV	66,0	2,406	2,082	2,304	1,794	1,236	1,085	0,742	0,690	2,055	1,145	0,707
Pelequén 66kV	66,0	2,995	2,592	3,006	2,993	1,330	1,325	0,760	0,758	2,992	1,327	0,759
Malloa 66kV	66,0	3,807	3,295	4,892	7,072	1,639	1,614	0,845	0,828	4,946	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	3,329	2,881	4,228	6,125	1,627	1,601	0,847	0,826	4,310	1,539	0,816
Chumaquito 66kV	66,0	2,406	2,083	2,270	1,782	1,274	1,106	0,759	0,702	2,047	1,176	0,722
Chumaquito 15kV	15,0	4,191	3,629	4,851	6,124	0,382	0,379	0,191	0,190	4,977	0,378	0,190

Topología 2_MNT1

Top 2_MNT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	1,986	1,719	1,882	1,247	1,130	0,887	0,715	0,619	1,533	0,986	0,654
Rengo 66kV	66,0	2,424	2,098	2,320	1,790	1,240	1,084	0,743	0,690	2,059	1,146	0,707
Pelequén 66kV	66,0	3,024	2,617	3,021	2,983	1,331	1,324	0,761	0,758	3,001	1,328	0,759
Malloa 66kV	66,0	3,855	3,336	4,903	7,017	1,637	1,613	0,844	0,828	4,973	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	3,329	2,881	4,228	6,125	1,627	1,601	0,847	0,826	4,310	1,539	0,816
Chumaquito 66kV	66,0	1,701	1,472	1,606	0,977	1,036	0,755	0,686	0,561	1,243	0,870	0,608
Chumaquito 15kV	15,0	3,672	3,180	4,480	5,752	0,379	0,378	0,190	0,190	4,486	0,375	0,189

Topología 2_MNT2

Top 2_MNT2		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT		2FT R=25		2FT R=50		1F	1F R=25	1F R=50
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	Fase [kA]	I _{0x3} [kA]	[kA]	[kA]	[kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	1,974	1,709	1,871	1,248	1,127	0,888	0,714	0,619	1,531	0,986	0,653
Rengo 66kV	66,0	2,406	2,082	2,304	1,794	1,236	1,085	0,742	0,690	2,055	1,145	0,707
Pelequén 66kV	66,0	2,995	2,592	3,006	2,992	1,330	1,325	0,760	0,758	2,992	1,327	0,759
Malloa 66kV	66,0	3,807	3,295	4,891	7,072	1,639	1,614	0,845	0,828	4,946	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	3,329	2,881	4,228	6,125	1,627	1,601	0,847	0,826	4,310	1,539	0,816
Chumaquito 66kV	66,0	1,692	1,465	1,598	0,978	1,034	0,755	0,685	0,561	1,241	0,870	0,608
Chumaquito 15kV	15,0	3,663	3,172	4,471	5,744	0,379	0,378	0,190	0,190	4,477	0,375	0,189

Topología 3_SFT1

Top 3_SFT1		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT	2FT R=25				2FT R=50			
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	1F [kA]	1F R=25 [kA]	1F R=50 [kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	1,737	1,503	1,628	0,932	1,049	0,733	0,693	0,552	1,215	0,862	0,606
Rengo 66kV	66,0	2,065	1,788	1,938	1,206	1,155	0,873	0,727	0,615	1,523	0,989	0,656
Pelequén 66kV	66,0	2,493	2,158	2,350	1,651	1,264	1,049	0,755	0,680	1,986	1,135	0,705
Malloa 66kV	66,0	3,807	3,295	4,892	7,072	1,639	1,614	0,845	0,828	4,946	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	4,533	3,921	5,987	8,967	1,678	1,635	0,851	0,831	6,015	1,594	0,824
Chumaquito 66kV	66,0	1,513	1,310	1,419	0,772	0,963	0,637	0,662	0,502	1,025	0,769	0,564
Chumaquito 15kV	15,0	3,479	3,012	4,311	5,596	0,378	0,377	0,190	0,190	4,295	0,374	0,189

Topología 3_SFT2

Top 3_SFT2		Corriente de Cortocircuito Simétrica Inicial (I''k)										
Barra	Vnom [kV]	3F	2F	2FT	2FT R=25				2FT R=50			
		[kA]	[kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	Fase [kA]	I0x3 [kA]	1F [kA]	1F R=25 [kA]	1F R=50 [kA]
Rancagua 66kV	66,0	4,345	3,760	5,653	8,387	1,670	1,629	0,850	0,830	5,720	1,587	0,823
Rosario 66kV	66,0	1,537	1,330	1,441	0,890	0,992	0,712	0,674	0,543	1,128	0,829	0,594
Rengo 66kV	66,0	1,785	1,545	1,678	1,137	1,089	0,846	0,707	0,605	1,389	0,948	0,643
Pelequén 66kV	66,0	2,091	1,810	1,980	1,524	1,189	1,013	0,735	0,670	1,762	1,087	0,693
Malloa 66kV	66,0	3,807	3,295	4,892	7,072	1,639	1,614	0,845	0,828	4,946	1,558	0,818
San Fernando 66kV	66,0	3,329	2,881	4,228	6,124	1,627	1,601	0,847	0,826	4,310	1,539	0,816
Chumaquito 66kV	66,0	1,361	1,178	1,275	0,744	0,914	0,620	0,643	0,494	0,963	0,741	0,553
Chumaquito 15kV	15,0	3,281	2,841	4,102	5,418	0,378	0,377	0,190	0,190	4,090	0,374	0,189

10. VERIFICACIÓN DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

La verificación de coordinación de las protecciones se realiza por medio de barridos de cortocircuito de paso constante de acuerdo con las rutas definidas para este estudio.

Los resultados se presentan en tablas de verificación y gráficos tiempo distancia donde se identifica la subestación, el paño y el tipo de cada uno de los relés de protección que participan del análisis de coordinación.

En el Anexo B, documento emitido por separado, se encuentran los resultados de los barridos de cortocircuito para todas las topologías de operación y rutas de verificación descritas en el capítulo 5 del presente informe.

Los alimentadores MT C1, C2 y C3, poseen idénticos ajustes de protecciones tanto para el ajuste normal como para el alternativo, por lo que se presentan unificados.

Para mayor compresión, la nomenclatura utilizada en las tablas de barrido es la siguiente:

Ejemplo:

Ruta 1
Escenario: TOP1_RAT1
Falla: 3F

Indica que se está verificando la coordinación de protecciones para la ruta 1, según topología TOP1_RAT1, es decir alimentación radial desde el transformador T1 de S/E Rancagua.

11.COMENTARIOS

Del análisis de los resultados de los barridos de cortocircuito que se presentan en el Anexo B, se tienen los siguientes comentarios:

a) Topología alimentación de S/E Chumaquito desde S/E Rancagua

Para alimentación de S/E Chumaquito a través del transformador T1 o T4 de S/E Rancagua, ante fallas francas en el tramo 66 kV Rancagua – Chumaquito, se observan similares tiempos de operación entre las funciones de sobrecorriente de los paños BT1 o BT4 y B4 de S/E Rancagua.

No obstante lo anterior hay plena coordinación entre las protecciones de los paños BT1 o BT4 y B4 de S/E Rancagua debido a la actuación de las funciones de distancia de este último.

Esto corresponde a una condición preexistente no afectada por el proyecto objeto de este estudio.

b) Topología alimentación de S/E Chumaquito desde S/E Malloa Nueva o S/E San Fernando.

En los barridos de cortocircuitos realizados con alimentación desde las SS/EE Malloa Nueva o San Fernando a través de sus transformadores N°1 o N°2 se observa que, para fallas 2FT y 1FT, la primera zona de la función de distancia de las protecciones del paño B1 de S/E Rosario presentan un alcance aproximado de un 95% del tramo de línea 66 kV Rosario – Chumaquito, brindando un bajo margen de seguridad pudiendo presentarse operación simultánea con las protecciones del paño BT1 de S/E Chumaquito ante fallas 2FT y 1FT en bushings 66 kV del transformador.

Esto corresponde a una condición preexistente no afectada por el proyecto y en el caso de presentarse se resolverá mediante la reconexión automática habilitada en las protecciones del paño B1 de S/E Rosario.

c) Topología alimentación de S/E Chumaquito desde S/E Malloa Nueva

En los barridos de cortocircuitos realizados con alimentación desde la S/E Malloa Nueva a través de sus transformadores N°1 o N°2 se observa un paso de coordinación de 100 ms entre las funciones de distancia de las protecciones de los paños B1 de S/E Pelequén y B1 de S/E Rosario.

El tiempo de operación de la función de distancia de la protección del paño B1 de S/E Pelequén está definido para coordinar con la función de distancia de la tercera zona del paño B4 de S/E Malloa Nueva, ajustado en 0.7 segundos.

SE Malloa- Paño 52B4.			
Sistema 1			
Relé SEL 311C Marca Schweitzer			
Group 1			
Settings:			
RID = SE MALLOA	TID = LINEA PELEQUEN		
CTR = 120	PTR = 600.00	PTRS = 600.00	
CTRP = 120			
APP = 311C			
Z1MAG = 0.54	Z1ANG = 57.60		
Z0MAG = 2.54	Z0ANG = 78.90	LL = 6.70	
E21P = 4	E21MG = 4	E21XG = 4	
E50P = 2	E50G = 2	E50Q = N	
E51P = Y	E51G = Y	E51Q = N	
E32 = AUTO	E00S = N	ELOAD = N	ESOTF = Y
EVOLT = Y	E25 = Y	E81 = N	EFLOC = Y
ELOP = Y	ECOMM = N	E79 = 1	EZ1EXT = N
ECCVT = Y	ESV = 10	ELAT = 10	EDP = 10
EDEM = THM	EADVS = N		
Z1P = 0.49	Z2P = 1.00	Z3P = 2.19	Z4P = 4.03
50PP1 = 3.35			
Z1MG = 0.49	Z2MG = 1.00	Z3MG = 2.19	Z4MG = 4.03
XG1 = 0.49	XG2 = 1.00	XG3 = 2.19	XG4 = 4.03
RG1 = 0.98	RG2 = 2.00	RG3 = 4.38	RG4 = 4.38
50L1 = 0.50			
50GZ1 = 0.50			
k0M1 = 1.260	k0A1 = 26.80		
Z1PD = 0.00	Z2PD = 20.00	Z3PD = 35.00	Z4PD = 125.00
Z1GD = 0.00	Z2GD = 20.00	Z3GD = 35.00	Z4GD = 125.00
Z1D = 0.00	Z2D = 20.00	Z3D = 35.00	Z4D = 125.00
50P1P = OFF	50P2P = 25.20		
67P1D = 1.00	67P2D = 0.00		
50G1P = 1.35	50G2P = 1.35		
67G1D = 0.00	67G2D = 0.00		
51PP = 3.35	51PC = U2	51PTD = 2.30	51PRS = N
51GP = 0.75	51GC = U3	51GTD = 8.50	51GRS = N
DIR3 = F	DIR4 = F		
ORDER = QV			
27P = 50.00	59P = 76.00	59N1P = OFF	59N2P = OFF
59QP = OFF	59V1P = OFF	27SP = 50.00	59SP = 70.00
27PP = 80.00	59PP = 132.00		
25VLO = 50.00	25VHI = 75.00	25SF = 0.500	
25ANG1 = 5.00	25ANG2 = 5.00	SYNCP = VB	TCLOSD = 3.00
79O1I = 500.00			
79RSD = 500.00	79RSLD = 500.00	79CLSD = OFF	
CLOEND = 500.00	52AEND = 10.00	SOTFD = 500.00	
DMTC = 15	PDEMP = OFF	GDEMP = OFF	QDEMP = OFF
TDURD = 20.00	CFD = 500.00	3POD = 0.00	
OPD = 52	50LP = OFF		
SV1PU = 0.00	SV1DO = 20.00	SV2PU = 0.00	SV2DO = 20.00
SV3PU = 0.00	SV3DO = 0.00	SV4PU = 0.00	SV4DO = 0.00
SV5PU = 0.00	SV5DO = 0.00	SV6PU = 0.00	SV6DO = 20.00
SV7PU = 0.00	SV7DO = 0.00	SV8PU = 0.00	SV8DO = 0.00
SV9PU = 0.00	SV9DO = 0.00	SV10PU = 0.00	SV10DO = 0.00
SELogic Group 1			
SELogic Control Equations:			
TR = Z1T + Z2T + Z3T + Z4T + 51PT + 51GT * LT1			

Esto corresponde a una condición preexistente no afectada por el proyecto objeto de este estudio y que tampoco afecta la correcta coordinación de las protecciones del paño BT1 de S/E Chumaquito con su primera adyacencia (paño B1 de S/E Rosario).

Respecto a los comentarios a), b) y c) precedentes se solicita que ellos no se consideren como un impedimento para la puesta en servicio del proyecto de reemplazo de las protecciones de los paños BT1 y CT1 de S/E Chumaquito, teniendo como antecedente adicional que se encuentra en desarrollo el proyecto NUP 3276 "Ampliación en S/E Chumaquito", con fecha de PES estimada 03/2024 según la PGP, y que incluye incorporar esquemas de protección en los paños B1 y B2 de S/E Chumaquito, lo que conllevará modificaciones de ajustes de protecciones en las SS/EE ubicadas en su área de influencia.

12. CONCLUSIONES

Se realiza el informe del Estudio de Coordinación y Ajustes de Protecciones que considera el proyecto NUP 4230 “MNR Protecciones Paños BT1 y CT1 S/E Chumaquito”

En el informe se presentan ajustes para los nuevos relés SEL 311L, SEL 387 y SEL 751A que se instalan en S/E Chumaquito.

Además, según lo indicado en este informe, se propone la modificación de ajustes en la protección SEL 311C del paño B4 de S/E Rancagua, en las unidades de control SEL 351R de los paños C1, C2, C3 y en la unidad de control Form 5 del paño C4 de S/E Chumaquito.

De acuerdo con los análisis efectuados, para las topologías analizadas, con excepción de lo indicado en el capítulo de comentarios, existe adecuada coordinación entre las nuevas protecciones que se instalan y las protecciones de la zona de influencia del proyecto.

De la verificación de coordinación de protecciones realizada, se puede concluir que, con los ajustes de protecciones propuestos para los nuevos equipos, estos se comportarán de manera selectiva con el sistema de acuerdo con la Norma Técnica vigente.

ANEXO A
AJUSTES ACTUALES DE LAS PROTECCIONES QUE PARTICIPAN EN EL ESTUDIO

Documento emitido por separado

ANEXO B

BARRIDOS DE CORTOCIRCUITO

Documento emitido por separado

ANEXO C

RESUMEN DE AJUSTES DE PROTECCIONES PROPUESTOS

Documento emitido por separado

ANEXO D
FOTOS DE PLACA TRANSFORMADORES
VALORES DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIA POSITIVA

a) T1 S/E Malloa Nueva

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO NUCLEO					
Numero	C-0299B	Normas	IEC 60076 : 2000		Año
		AT1	AT2	BT	TERC
Potencia nominal ONAN / ONAF (MVA)		60 / 75	60 / 75	60 / 75	20 / 25
Tensión nominal (V)		230.000	154.000	69.000	14.800
Corriente nominal (A)		150,61 / 188,27	224,94 / 281,18	502,04 / 627,55	780,20 / 975,25
Nivel de aislamiento		Línea	Neutro		
(Impulso (O.P) / Frec. Industrial) (kV)		950 / 395	650 / 275	650 / 275	350 / 140
					95 / 38

Impedancia de Cortocircuito (Base 60 MVA)					
Pos.	AT1 / BT	AT2 / BT	AT1 / TERC.	AT2 / TERC.	BT / TERC.
1	10,7 %	9,47 %	16,8 %	15,7 %	5,07 %
11	10,0 %	9,57 %	16,2 %	15,8 %	
21	9,67 %	11,3 %	15,9 %	17,5 %	

b) T2 S/E Malloa Nueva

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO NUCLEO					
Numero	C-0974A	Normas	IEC 60076		Año
		AT1	AT2	BT	TERC
Potencia nominal ONAN / ONAF (MVA)		60 / 75	60 / 75	60 / 75	20 / 25
Tensión nominal (V)		230.000	154.000	69.000	14.800
Corriente nominal (A)		150,61 / 188,27	224,94 / 281,18	502,04 / 627,55	780,20 / 975,25
Nivel de aislamiento		Línea	Neutro		
(Impulso (O.P) / Frec. Industrial) (kV)		950 / 395	650 / 275	650 / 275	350 / 140
					95 / 38

Impedancia de Cortocircuito (Base 60 MVA)					
Pos.	AT1 / BT	AT2 / BT	AT1 / TERC.	AT2 / TERC.	BT / TERC.
1	11.0 %	9.76 %	17.2 %	15.9 %	4.87 %
11	10.3 %	9.76 %	16.4 %	16.0 %	
21	9.84 %	11.4 %	16.0 %	17.6 %	

c) T1 S/E San Fernando

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO NUCLEO				
Numero	C-0167A	Normas	IEC 60076 : 2000	Año
		AT1	AT2	BT
Potencia nominal ONAN / ONAF (MVA)		60 / 75	60 / 75	60 / 75
Tensión nominal (V)		230.000	154.000	69.000
Corriente nominal (A)		150,61 / 188,27	224,94 / 281,18	502,04 / 627,55
Nivel de aislamiento (Impulso (O.P) / Frec. Industrial) (kV)		Línea Neutro		
		950 / 395 650 / 275	650 / 275	350 / 140
				95 / 38

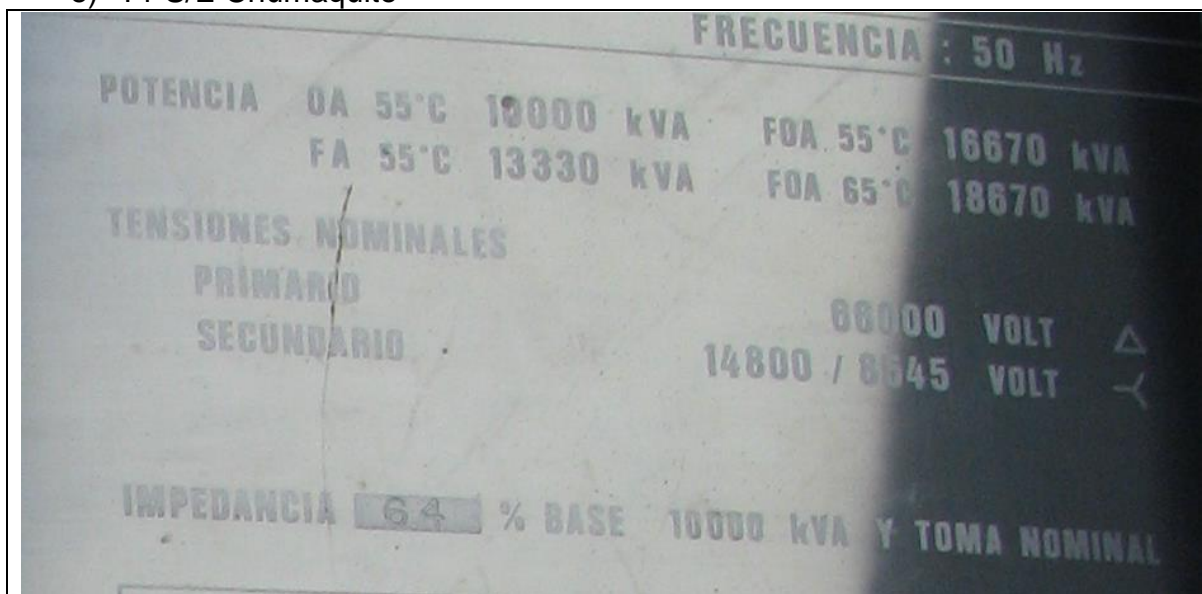
Impedancia de Corto-circuito (Base 60 MVA)					
Pos.	AT1 / BT	AT2 / BT	AT1 / TERC.	AT2 / TERC.	BT / TERC.
1	10.9 %	9.54 %	17.4 %	16.2 %	5.27 %
11	10.1 %	9.65 %	16.7 %	16.3 %	
21	9.82 %	11.4 %	16.4 %	18.3 %	

d) T2 S/E San Fernando

TIPO	110N 7852	NUMERO DE FASES	3	FRECUENCIA	
NUMERO DE SERIE	7360001.01	INSTALACION	INTERMEDI	NORMA	
CAPACIDAD NOMINAL (KVA)					TENSION NOMINAL
ENROLLADOS	(1)	ONAN	ONAF - 1	ONAF - 2	ONAF - 2
ALTA TENSION	30000	30000	30000	50000	154000
MEDIA TENSION	30000	30000	50000	56000	69000
BAJA TENSION	12000	18000	20000	22400	14300
POLARIDAD					SUSTRACATIVA

IMPEDANCIA A 75 °C				
30000	154000 V	69000 V	14300 V	7.08
30000	154000 V	14300 V		13.25
30000	69000 V			5.01

e) T1 S/E Chumaquito



ANEXO E
DIAGRAMA UNILINEAL FUNCIONAL DEL PROYECTO

Documento emitido por separado

ANEXO F
VERIFICACIÓN ESTABILIDAD
PROTECCIÓN DIFERENCIAL TRANSFORMADOR T1 S/E CHUMAQUITO

Documento emitido por separado