

AUDITORÍA TÉCNICA A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

S/E DEUCO 66/13,2 [KV]

INFORME FINAL

Cliente:

STS – Grupo SAESA

STS

grupo
saesa

Nº Documento: EN.202703.3_IAT_SE Deuco

Preparó: ENSAUT LTDA.

5	14/08/2025	EA	RM	CM	Respuesta Observaciones	MT	MT
4	31/08/2023	RM	AA	CM	Respuesta Observaciones	YF	YF
3	17/01/2022	RM	PB	CM	Revisión Cliente	YF	YF
2	29/09/2021	RM	PB	CM	Revisión Cliente	YF	YF
1	09/07/2021	RM	PB	CM	Revisión Cliente	YF	YF
0	19/03/2021	RM	PB	CM	Revisión Cliente	YF	YF
Rev.	Fecha	Realizó	Revisó	Aprobó	Descripción	Revisó	Aprobó
ENSAUT						STS – Grupo SAESA	

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	3
1 ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO DE LA S/E DEUCO	10
1.1 PARTICULARIDADES DE LA INSTALACIÓN.....	11
2 GENERALIDADES DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS PRACTICADOS	12
3 METODOLOGÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE HALLAZGOS.....	15
4 INSTALACIONES AUDITADAS EN S/E DEUCO	21
5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS EN TERRENO	22
5.1 PAÑO BT1/CT1 - TRANSFORMADOR N°1	22
5.2 PAÑO BT1 – LADO DE ALTA TRANSFORMADOR N°1.....	25
5.3 PAÑO CT1 – BARRA GENERAL MEDIA TENSIÓN 13,2[KV].....	29
5.4 PAÑO C1 – ALIMENTADOR N°1	33
5.5 PAÑO C2 - ALIMENTADOR N°2	37
5.5.7 DETALLE DE HALLAZGOS:	39
5.6 PAÑO C3 - ALIMENTADOR DE RESPALDO	41
6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN TEÓRICOS DE PROTECCIONES	45
6.1 DIAGRAMAS DE TIEMPO CORRIENTE DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL.....	51
6.1.1 TABLAS DE TIEMPO DE OPERACIÓN Y TIEMPO DE PASO	53
6.1.2 FALLA EN BARRA 13,2 [KV] DEL TRANSFORMADOR N°1 DE LA S/E DEUCO.	54
6.1.3 DIAGRAMA R/X DE LA FUNCIÓN DE DISTANCIA DEL TRANSFORMADOR EN EL PAÑO	58
BT1.	
6.1.4 ANÁLISIS Y COMENTARIOS	62
6.2 NIVEL DE CORTOCIRCUITO EN LAS BARRAS DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN DE LA	
SUBESTACIÓN	63
6.3 RESUMEN DE HALLAZGOS RELATIVOS A ANÁLISIS DE COORDINACIÓN	64
7 CONCLUSIONES	65
ANEXO I – CURVAS DE SOBRECORRIENTE ALIMENTADORES	67
ANEXO II – DIAGRAMA UNILINEAL	80

RESUMEN EJECUTIVO

La Auditoría Técnica a la S/E Deuco 66/13,2 [kV] corresponde a una actividad instruida por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y administrada técnicamente por el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN). Su objetivo se focaliza en la verificación de la información técnica recibida (planos elementales de control, diagramas unilineales, ECAP, entre otros), la implementación de ajustes y lógicas, el estado, desempeño y coordinación de los equipos de protección de los sistemas asociados al transformador de poder T1 66/13,8 [kV] – 12/16 [MVA] y a la cabecera de los paños alimentadores de media tensión Alimentador N°1, Alimentador N°2 y Alimentador Respaldo en S/E Deuco, de acuerdo con los lineamientos técnicos definidos en la NTSyCS (Artículo 1-7, numeral 103), para asegurar un despeje oportuno y selectivo de fallas eléctricas en las instalaciones, destacándose que no es parte del alcance de esta auditoría, otras verificaciones como son pruebas al equipamiento primario de interruptores (entre ellas las pruebas de tiempos de operación, simultaneidad de cierre y capacidad de ruptura), transformadores de medida (entre ellas los análisis y pruebas de saturación), pruebas a los sistemas de comunicaciones asociados al sistema SCADA/SITR, pruebas de autonomía al banco de baterías, entre otros.

ENSAUT, en su calidad de auditor, confeccionó los protocolos de pruebas asociados a esta auditoría técnica, para luego verificar en terreno el desarrollo y resultados de estos. La empresa STS ha sido la encargada y responsable de ejecutar en S/E Deuco las pruebas definidas en dichos protocolos.

Desde el punto de vista de las instalaciones (pañós y sus protecciones) definidas dentro del alcance de la auditoría, se considera dentro del plan de acción de resolución de hallazgos, la ejecución de las siguientes actividades no abordadas:

- Para la protección ABB REL670 del paño BT1, no se realiza la verificación de las funciones 50G y 51G relacionadas al bloque "CVGAPC:4", por lo que se debe elaborar un plan de acción para la verificación de estas.

De los hallazgos evidenciados durante el proceso de auditoría, se pueden destacar los siguientes hallazgos relevantes:

- En relación con la protección del lado de alta del transformador (paño BT1) están habilitadas las funciones de sobrecorriente neutro 50G y 51G, y son utilizadas en la matriz de disparo, sin embargo, durante la auditoría estas funciones no fueron probadas. Además, se observa que el ajuste de sus salidas binarias no concuerda con lo indicado por los diagramas elementales

- Se destaca que las protecciones de los paños CT1, C1, C2 y C3 cuentan con más de un grupo de ajustes configurados en su ajuste, no obstante, el ECAP no lo define así. Por otra parte, las protecciones de los paños C1, C2 Y C3 presentan las funciones 50P1P y 50G1P habilitadas, lo cual no se encuentra definido por el ECAP, y es parte de la lógica de reconexión.
- Es necesario actualizar la base de Infotécnica con el informe de ajustes o ECAP relacionado.

Respecto al cumplimiento normativo de las protecciones auditadas, y dada la fecha de construcción de la instalación, se destaca que los análisis del presente informe relacionados con el Anexo Técnico Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión¹ utilizan como referencia la NTSyCS publicada en diciembre del 2019, considerando lo indicado en el artículo 118 del Anexo. A continuación, se presenta un resumen de los principales hallazgos relacionados con esta normativa técnica:

- Artículo 3-24, literal b), numeral III: los tiempos de despeje de la protección dispuesta en el paño CT1 para fallas en la barra de media tensión son inferiores a 400 [ms], lo que cumple con lo establecido en el artículo indicado.
- Artículo 3-24, literal c): Las protecciones del transformador N°1 presentan un esquema de protección diferencial simple y uno de respaldo a través de las funciones 21 y 51, entre otras, lo cual cumple con lo exigido en la normativa técnica.
- Artículo 3-24, inciso final: Las protecciones auditadas se encuentran sincronizadas con un equipo de referencia horaria por GPS. Además, estas permiten el registro de eventos y oscilográficos de acuerdo con la normativa técnica.

El cumplimiento normativo no relacionado con las Exigencias de Diseño de Instalaciones de Transmisión considera la verificación de la NTSyCS-2020. Dentro del análisis normativo se destaca:

- Artículo 5-40, literal e): la coordinación de tiempos de las protecciones de los paños C1, C2 y C3, no cumplen con los tiempos de paso respecto de la protección del paño CT1 definidos por la norma técnica.
- Artículo 24 – Anexo Técnico Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento²: La información provista desde el coordinado para el Coordinador, a través de la base Infotécnica, no cuenta con el ECAP vigente de ninguno de los paños auditados ni los Print Out para los paños alimentadores y paño general de media tensión. Esta situación no cumple con lo exigido en la normativa técnica.

¹ EMDIT: Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.

² ITDIE: Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento

Tabla Cumplimiento Normativo NTSyCS-2019.

Paño	Relé	Cumplimiento NTSyCS-2020				
		Artículo 5-40 Literal e)	Anexo Técnico ITDIE	Anexo Técnico EMDIT Art. 118		
			Artículo 24	NTSyCS-2019, Artículo 3-24		
				Literal b) Numeral III	Literal c)	Párrafo Final
BT1/CT1	ABB RET670	✓	×	N/A	✓	✓
BT1	ABB REL670	✓	×	N/A	✓	✓
CT1	SEL 351S	×	×	✓	N/A	✓
C1	SEL 351S	×	×	N/A	N/A	✓
C2	SEL 351S	×	×	N/A	N/A	✓
C3	SEL 351S	×	×	N/A	N/A	✓

(✓) Cumple, (×) No cumple, (N/A) No aplica.

Las siguientes imágenes presentan el resumen total de los hallazgos para cada uno de los equipos auditados:

Tabla Resumen 1: Hallazgos Paño BT1/CT1.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
ABB RET670	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Verificación DUF	El DUF indica como habilitadas en el equipo las funciones “50G y 50BF”, sin embargo, el ECAP no las define y no están habilitadas en el equipo.	Se debe corregir el DUF de tal manera que concuerde con las definiciones del ECAP vigente.	Menor

Tabla Resumen 2: Hallazgos Paño BT1.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
ABB REL670	Prueba Oper. de Protección	El relé de protección tiene configurado el ajuste “CVGAPC:4” (relacionado con la “Función Multipropósito de Protección”) con la función de sobrecorriente neutro de tiempo definido e inverso, 50G y 51G; y, además, ambas son utilizadas en la matriz de disparo. Sin embargo, no se hicieron las pruebas de inyección secundaria para estas funciones durante la auditoría.	Se deben probar todas las funciones de protección habilitadas en el equipo de protección. Además, se sugiere que, en una versión as built del ECAP, se incorporen las funciones de protección que se encuentran habilitadas en el equipo, o en caso contrario, se deben deshabilitar dichas funciones. Por su parte, en el caso de modificaciones al ajuste, estos deben también quedar reflejados en los Print Outs correspondientes y ser enviados al CEN para su validación.	Relevante
	Verificación ECAP	El ECAP no define la habilitación de las funciones “50G y 51G” el equipo del paño BT1, sin embargo, estas se encuentran habilitadas en la protección y son parte de la matriz de disparo.	Se debe justificar la habilitación de dichas funciones o en caso contrario, se deben deshabilitar. Eventuales modificaciones al ECAP deben quedar reflejadas en una nueva versión de este y ser enviado formalmente al CEN a través de los canales definidos para ello.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Limpieza, roedores, etc.	La programación del equipo muestra la salida binaria BOM8_06 como reserva, sin embargo, los planos de control relacionados la indican como “disparo por 50BF sobre el relé K86T” (ver plano SE014R019-P-EE-05-001-L39_REV3).	Se debe revisar la programación del equipo en función de los planos de control. En caso de confirmar la no utilización de dicha salida, se debe actualizar los planos relacionados.	Relevante
	Verificación DUF	El DUF no indica la función “21NT” como habilitadas en el equipo del paño BT1, sin embargo, el ECAP la define y está ajustada en el equipo.	Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.	Menor

Tabla Resumen 3: Hallazgos Paño CT1.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
SEL 351S	Verificación ECAP	La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definidos por el ECAP.	Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección secundaria de los grupos de ajustes no verificados.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Ver. Acceso, Registro y Sincr.	La configuración del disparo de la oscilografía no contiene todas las funciones que están consideradas en la ecuación de trip del equipo.	Se sugiere incorporar dentro de la lógica de disparo oscilográfico todas aquellas funciones que generen orden de apertura sobre el interruptor, y así permitir que el registro oscilográfico contenga la mayor información posible para análisis de eventos. De la misma forma, se sugiere revisar la configuración del listado de eventos secuenciales del equipo.	Menor
	Verificación DUF	El DUF indica la función "51N, 27, 59, 67, 67N, 79, 81 y 50BF" sin embargo, el ECAP no define estas funciones y no están ajustadas en la protección.	Se debe corregir el DUF de tal manera que este concuerde con las definiciones del ECAP vigente.	Menor
	Verificación DUF	La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.	Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.	Menor

Tabla Resumen 4: Hallazgos Paño C1.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
SEL 351S	Verificación ECAP	Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.	Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.	Relevante
	Verificación ECAP	La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definidos por el ECAP.	Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.	Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.	Menor
	Verificación DUF	El DUF indica las funciones "27, 59, 81, 67, 67N, 50BF" como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.	Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.	Menor

Tabla Resumen 5: Hallazgos Paño C2.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
SEL 351S	Verificación ECAP	Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.	Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.	Relevante
	Verificación ECAP	La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.	Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.	Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.	Menor
	Verificación DUF	El DUF indica las funciones “27, 59, 81, 67, 67N, 50BF” como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.	Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.	Menor

Tabla Resumen 6: Hallazgos Paño C3.

Relé	Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
SEL 351S	Verificación ECAP	Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.	Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.	Relevante
	Verificación ECAP	La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.	Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.	Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.	Relevante
	Verificación ECAP	La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.	Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.	Menor
	Verificación DUF	El DUF indica las funciones “27, 59, 81, 67, 67N, 50BF” como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.	Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.	Menor

Tabla Resumen 7: Hallazgos de Tiempos Teóricos

Clasificación del Hallazgo	Descripción del Hallazgo	Acción Correctiva del Hallazgo	Calificación
Ver. Coord. de Protecciones	<p>Para fallas bifásicas a tierras y monofásicas a tierra en la cabecera de los alimentadores C1, C2 y C3, existe un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre las protecciones de los paños mencionados y el equipo del paño general de media tensión CT1 del Transformador N°1 de la S/E Deuco.</p> <p>Para distintos tipos de fallas en las cabeceras de los alimentadores, existe un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre la operación de la protección del paño CT1 y la operación del equipo de protección del paño BT1. Estas operaciones son en respaldo a la operación de los equipos de los paños alimentadores.</p> <p>Para fallas monofásicas a tierra con impedancia de 50 [ohm] existen tiempos de paso negativos entre la protección del paño BT1 y CT1, lo cual evidencia una descoordinación entre las protecciones, esto incumple el Art. 5-40 literal e) de la NTSyCS y además afecta a la selectividad del sistema de protecciones</p>	<p>Se debe analizar la condición existente del sistema de protecciones y proponer nuevos ajustes mediante un estudio de ajustes de protecciones, con tal de cumplir con los requerimientos normativos.</p> <p>Además, ante eventuales cambios se debe realizar pruebas de inyección secundaria de rigor al parametrizar los equipos de protección</p>	Relevante

1 ASPECTOS GENERALES DE DISEÑO DE LA S/E DEUCO

La subestación Deuco está ubicada en la Región de la Araucanía, específicamente en la comuna de Angol, y considera instalaciones en niveles de tensión de 66 y 13,2 [kV].

La instalación, cuya puesta en servicio fue el año 2019, se destaca por ser una instalación con equipamiento moderno, donde se destaca el diseño de sus sistemas de control y protecciones basados en equipamiento de tipo IED (Intelligent Electronic Device).

En la siguiente figura se presenta un diagrama simplificado de S/E Deuco, en la cual, se muestran todos los equipos bajo auditoría y las funciones de protecciones que dan orden de cierre o disparo al interruptor. Un detalle de los equipos intervenidos se muestra en la tabla del capítulo 4.

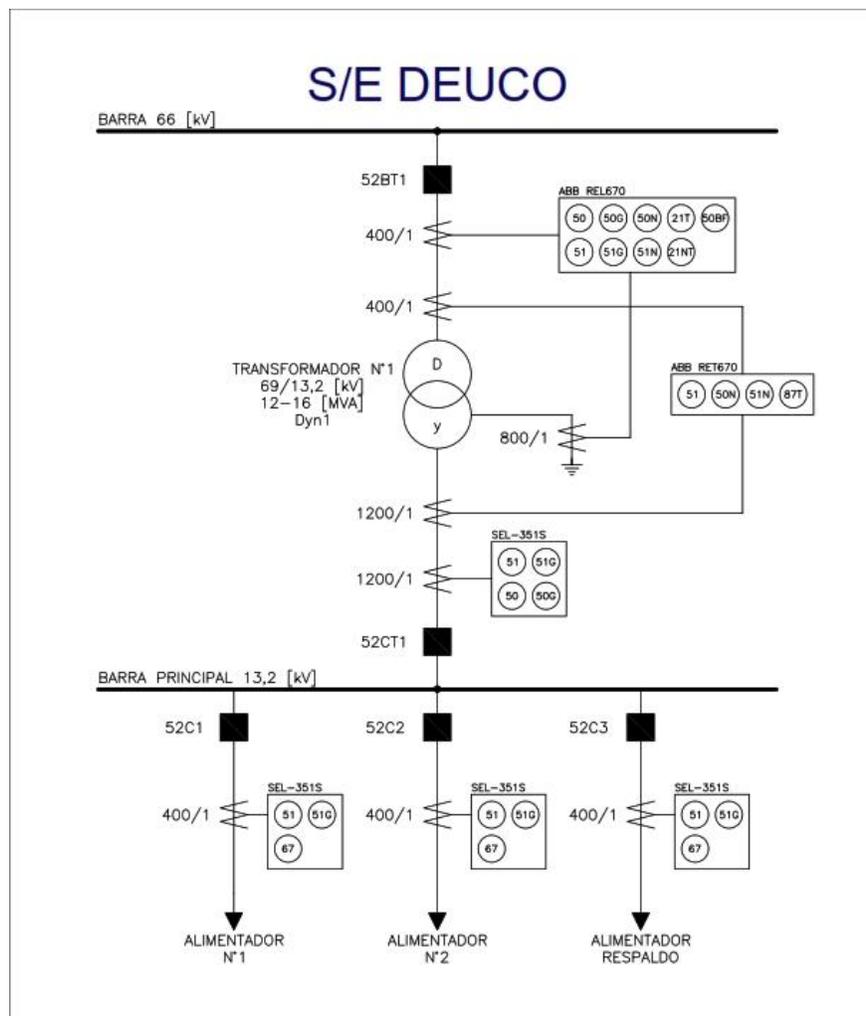


Figura 1: DUF simplificado S/E Deuco

Desde el punto de vista de los sistemas auxiliares de corriente alterna y continua que finalmente alimentan los circuitos y equipos de control y protección, la subestación cuenta con un cargador de baterías en servicio y de un segundo cargador como respaldo, los cuales alimentan un único banco de baterías de 125 [Vcc]. Se destaca que el diseño de la instalación no considera la incorporación de un grupo generador para la alimentación de cargas esenciales, como son los cargadores de baterías, motor del cambiador de tomas bajo carga del transformador de poder, iluminación de patios, entre otros. Se deja constancia que no es parte del alcance del proceso de auditoría la ejecución de pruebas destinadas a la verificación de la autonomía del banco de baterías. En este caso en particular, se destaca que, durante las actividades en terreno debido a la desconexión del transformador de poder para la ejecución de las pruebas, se evidencia una autonomía del banco de baterías capaz de mantener los sistemas energizados a plena carga de al menos 8 horas.

Finalmente, en cuanto a la documentación técnica de la instalación, se destaca la completitud y coherencia de los planos de control y circuitos físicos analizados, lo que garantiza que actividades de mantenimiento preventivo y correctivo pueden ser realizadas con total seguridad, ya sea con la subestación energizada o desenergizada. Por su parte, los ajustes actualmente configurados en los equipos de protecciones, y que generan ordenes de apertura sobre los interruptores, se encuentran respaldados por estudios desarrollados durante etapa de puesta en marcha de la subestación, y complementados con estudios desarrollados por el área de operaciones de STS como parte de sus procesos de mejora continua.

1.1 PARTICULARIDADES DE LA INSTALACIÓN

- El diseño de la subestación considera un esquema de barra simple asociado al devanado primario de la subestación, sin paño de transferencia. De igual manera, asociado al devanado secundario se considera un esquema de barra simple sin paño de transferencia para el paño general de media tensión ni los alimentadores en 13,2 [kV].
- El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección, por lo que no se consideran pruebas de inyección de archivos Comtrade de eventos anteriores.
- Según la información dispuesta en la página web del Coordinador, no existen Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD) que hayan realizado su conexión a los alimentadores de la S/E Deuco con fecha posterior a la fecha del estudio de ajustes de protección recibido.

2 GENERALIDADES DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS PRACTICADOS

A continuación, se detallan conceptualmente y de manera general las pruebas y ensayos de verificación practicados como parte de la Auditoría Técnica, las cuales, consideran las características topológicas y tecnológicas de las instalaciones según corresponda:

a. Revisión de la calidad y coherencia de la documentación de la subestación. Se destaca que el presente informe de auditoría se desarrolla con la información recibida por parte de STS – Grupo SAESA previo al desarrollo de las actividades de prueba en la subestación y complementada con los resultados obtenidos de las verificaciones e información recopilada durante la visita, tales como:

- Diagrama Unilineal Funcional (DUF).
- Estudios de Coordinación y Ajustes de Protecciones (ECAP).
- Print Outs de las protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores.
- Planos elementales de corriente alterna de protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores.
- Planos elementales de corriente continua de disparo y señalización de protecciones asociadas al paño AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores.
- Protocolos de prueba de verificación ejecutados durante los ensayos de prueba de auditoría.
- Registros de eventos, oscilográficos y fotográficos obtenidos durante los ensayos.

El análisis y conclusiones que derivan de la información antes mencionada representan la condición de la subestación al instante de la auditoría, es decir, en el periodo en que se analizó la información recibida y la fecha en la que se realizaron los ensayos en la instalación. A mayor abundamiento, modificaciones posteriores generadas a partir de mejoras operacionales, mantenimiento o cambios en el diseño de la instalación por nuevos proyectos, no serán considerados como antecedentes en la elaboración de este documento, independiente de sus distintas iteraciones antes de ser declarado sin observaciones y publicado por el Coordinador Eléctrico Nacional.

- b. Análisis de los tiempos de paso teóricos de coordinación para las curvas de sobrecorriente de fase y residual entre los paños AT y MT de transformadores y paños de cabeceras de alimentadores.
- c. Análisis de las medidas de corrientes y potenciales (magnitud y ángulo) bajo condición de carga normal de la subestación.

- d. Verificación del cumplimiento normativo respecto de la NTSyCS. En específico, la presente auditoría se enfoca en identificar el cumplimiento de los siguientes artículos:
- **Instalaciones de transmisión:**
 - NTSyCS-2019. Artículo 3-24, literal b), numeral III)
 - NTSyCS-2019. Artículo 3-24, literal c).
 - NTSyCS-2019. Artículo 3-24, párrafo final.
 - **Estándares de recuperación dinámica en estado normal y en estado alerta:**
 - NTSyCS-2020. Artículo 5-40, literal e).
 - **Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento:**
 - NTSyCS-2020. Anexo Técnico: Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento. Artículo 24.
- e. Comparación entre los ajustes implementados en los IED y los definidos por el estudio de coordinación de ajustes de protecciones (ECAP). Se identifican todos los grupos de ajustes y funciones habilitados en el relé, reconociendo el grupo activo, grupos alternativos y de mantenimiento, como es el caso del modo de operación "Hot Line Tag" (HLT).
- Los análisis de coordinación y tiempos de operación junto con la coherencia de ajustes se realizan en base al grupo de ajustes activo en la protección al momento de la visita de auditoría a la subestación y en base al grupo de ajuste definido en el ECAP.
 - En el caso de aquellas protecciones que presentan más de un grupo de ajustes configurado y el ECAP solo defina uno, se levantarán los hallazgos correspondientes y el análisis de coordinación y tiempos de operación junto con la coherencia de ajustes se realizarán respecto del grupo de ajustes activo durante la visita de auditoría a la subestación.
 - En el caso de aquellas protecciones que presentan más de un grupo de ajustes habilitado, y a su vez, el ECAP junto a la base de datos Powerfactory recibida, definen más de una topología de operación declarada para cada uno de ellos, el análisis de coordinación y tiempos de operación junto con la coherencia de ajustes se realizarán para cada una de las topologías definidas. Sin perjuicio de lo anterior, las topologías finalmente analizadas en la etapa de coordinación y tiempos de coordinación, será declarada en el capítulo 6.
- f. Análisis del estado de los conexionados y alambrados de circuitos de corriente alterna (circuitos de TT/CC y TT/PP, según corresponda) y de corriente continua (circuitos de disparo y reconexión, según corresponda) en los equipos de protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores.

- g. Análisis de los resultados de las pruebas de inyección secundaria practicadas sobre los equipos de protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores:
- Comprobación mediante pruebas de inyección secundaria a los equipos de protección de la correcta operación de acuerdo con los ajustes programados y las tolerancias indicadas por el fabricante.
- h. Análisis de los resultados de las pruebas de apertura efectiva de interruptores por operación de los contactos de las protecciones sometidas a verificación, comprobación realizada mediante dos etapas:
- Etapa 1: Verificación del correcto desempeño de los contactos de disparo relacionados con la apertura efectiva de los interruptores en bandeja de pruebas, mediante la operación de las funciones asociadas a la matriz de disparo tras pruebas de inyección secundarias.
 - Etapa 2: Verificación de la apertura efectiva de los interruptores tras simulación del cierre del contacto de la protección en condición sin bandeja de pruebas, confirmando la operación a través de todas las bobinas de aperturas disponibles en el interruptor
- i. Análisis de los resultados pruebas de simulación de señales de estado de equipos primarios y/o de control conectadas a bornes de equipos de protección sometidas a verificación, cuyas funciones de protecciones habilitadas, requieren efectivamente de dichas señales para asegurar su correcto desempeño.
- j. Análisis de las lógicas y ecuaciones de disparo configuradas en los equipos de protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores.
- k. Análisis del estado general de las protecciones asociadas a los paños AT y MT de transformadores, y paños de cabeceras de alimentadores:
- Estado general de la protección (montaje, higiene, conexión, marcas, bornes, etc.).
 - Estado de bloques de pruebas y/o bornes seccionables utilizados para fines de protecciones (circuitos de corrientes, potenciales y disparos).
 - Configuración de registros de eventos y oscilografías.
 - Configuración y conexión de la sincronización horaria.
 - Configuración de leds de alarmas y señalización.
- l. En los paños donde se ha presentado una falla asociada a una operación no deseada del equipo de protecciones por un error en su configuración, se debe inyectar el archivo COMTRADE de dicho evento, con el fin de asegurar que las correcciones realizadas por el Coordinado con anterioridad a la auditoría aseguran el correcto desempeño del esquema de protecciones para una falla similar a la ocurrida.

3 METODOLOGÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE HALLAZGOS

Para dar a conocer el resultado del proceso de auditoría y con el fin de hacer más eficiente el análisis de los eventuales hallazgos, el presente informe utiliza un formato tabulado que da cuenta del detalle de las verificaciones generales y específicas realizadas, y el resultado de estas. Para ello, se consideran los siguientes puntos a evaluación los cuales aplican para cada uno de los paños.

Tabla 3-1: Puntos de Evaluación

EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES EN TERRENO	
A	INSPECCIÓN VISUAL
A.1	Relé de Protección
A.1.1	Estado general del equipo y montaje.
A.1.2	Estado de alarmas en panel frontal y/o leds.
A.1.3	Rastros de presencia de roedores.
A.2	Circuitos de Control
A.2.1	Estado de cables y borneras.
A.2.2	Estado del alambrado y marcas.
A.2.3	Se presentan ordenados y limpios.
A.2.4	Rastros de presencia de roedores.
B	REGISTRO DE DATOS
B.1	Extracción de ajustes.
B.2	Extracción de registros de eventos.
B.3	Extracción de registros oscilográficos.
B.4	Generación de disparo forzado de oscilografía (trigger manual).
C	REGISTRO DE ESTADOS EN LÍNEA DEL EQUIPO
C.1	Lectura de valores analógicos en línea del equipo (corrientes y voltajes por fase, y variables calculadas).
C.2	Estados de entradas binarias.
C.3	Estados de salidas binarias.
D	ANÁLISIS DE DATOS Y MEDIDAS EN TERRENO
D.1	Valores analógicos de corrientes y tensiones registrados por la protección concuerdan con los valores secundarios medidos con tester de tenaza y voltímetro en bornes del equipo.
D.2	Valores analógicos de potencia registrados por la protección concuerdan con el flujo sistémico informado por STS (magnitud y sentido del flujo), además de concordar con la medida instantánea obtenida desde display de medidor de energía del paño.
D.3	Revisión y análisis del listado o registro de eventos sincronizados (SER) de la protección.
D.4	Medición de corriente continua en entradas binarias de la protección (estado on/off de BI).
D.5	Medición de corriente continua en circuitos de disparo de la protección sobre interruptores.
E	SINCRONIZACIÓN HORARIA
E.1	Configuración de la sincronización horaria (IRG-B) en la protección.
E.2	Conexión físico de la protección con equipo GPS.
E.3	Lectura de la fecha y hora en el equipo de protecciones.

EVALUACIÓN DE PLANOS DE CONTROL	
F	RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN
F.1	Se reciben planos para los paños auditados.
F.2	Grupo de planos recibidos consideran elementales, alambrados internos, alambrados remotos y desarrollo de contactos para relés auxiliares, para la protección y para bloques de prueba.
F.3	Versión de planos recibida corresponda a la as-built del proyecto.

EVALUACIÓN GENERAL DE AJUSTES Y CONFIGURACIÓN DE LA PROTECCIÓN	
G	AJUSTES DE PROTECCIONES
G.1	Las funciones de protecciones habilitadas en la protección coinciden con las definiciones del ECAP y DUF.
G.2	Los parámetros programados en cada función de protecciones coinciden con los especificados en el ECAP y con la programación mínima necesaria para que la protección opere correctamente.
G.3	Las funciones y configuración de la protección satisfacen las definiciones de la NTSyCS y anexos técnicos vigentes.
G.4	Configuración de las funciones de protecciones son las adecuadas considerando la ubicación física y polaridad de los TTCC.
G.5	Configuración de las funciones de protecciones son las adecuadas considerando la ubicación física y polaridad de los TTPP.
G.6	Los ajustes de las protecciones satisfacen las definiciones específicas declaradas por el fabricante del equipo.
G.7	Las funciones de protección han sido ajustadas mediante algoritmos nativos del equipo y no por lógicas como FlexLogic, PSL, CFC, etc.
H	REGISTRO OSCILOGRÁFICO, EVENTOS, REPORTE DE FALLA Y LEDS
H.1	Configuración de la oscilografía (resolución, largo pre y post falla, canales analógicos y digitales, etc.), en consideración con las mejores prácticas de la ingeniería y definiciones del Coordinador Eléctrico Nacional.
H.2	Programación del disparo (trigger) de la oscilografía.
H.3	Configuración (habilitación) de eventos generados por funciones de protecciones y señales digitales.
H.4	Configuración de leds.
I	ENTRADAS ANALÓGICAS
I.1	Las entradas analógicas conectadas al relé permiten el correcto funcionamiento de las funciones de protecciones habilitadas.
I.2	La relación de los TT/CC y TT/PP concuerdan con las definiciones del ECAP, DUF y planos elementales de corriente alterna.
J	ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES
J.1	Las entradas y salidas digitales configuradas en el equipo son coherentes con los planos de control recibidos.
J.2	Las entradas digitales conectadas al relé permiten el correcto funcionamiento de las funciones de protecciones habilitadas.

EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE AJUSTES Y CONFIGURACIÓN DE LA PROTECCIÓN	
K	FUNCIÓN DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
K.1	El grupo de conexión del transformador se encuentra ajustado según definiciones del ECAP y DUF.
K.2	La eliminación de secuencia cero en transformadores con conexiones Y-D se realiza según definiciones del ECAP y criterios del fabricante.
L	FUNCIONES DE DISTANCIA
L.1	Verificar que los alcances de zona y tiempos de operación se encuentran ajustados según las definiciones del ECAP.
M	FUNCIÓN FALLA DE INTERRUPTOR
M.1	El criterio de supervisión (contacto, corriente) se encuentra ajustado según las definiciones del ECAP y la aplicación según funciones de arranque.
M.2	El criterio de retrip se ajusta según las definiciones del ECAP.
M.3	El criterio de desenganche sobre interruptores adyacentes se ajusta según las definiciones del ECAP.
N	FUNCIONES DE SOBRECORRIENTE
N.1	Las lógicas y bloqueos necesarios para la operación de las funciones de sobrecorriente de fase y tierra se encuentran ajustados según definiciones del ECAP.
N.2	Las lógicas y bloqueos necesarios para habilitar funciones de sobrecorriente direccionales se encuentran ajustados según definiciones del ECAP.
N.3	Las lógicas y bloqueos necesarios para habilitar funciones de sobrecorrientes de emergencia se encuentran ajustados según definiciones del ECAP.
O	FUNCIÓN DE RECONEXIÓN
O.1	Los ajustes de tiempo de reconexión, tiempo muerto y reset se encuentran de acuerdo con las definiciones del ECAP.
O.2	La habilitación de la función de reconexión responde a una activación directa sobre el equipo, evitando el uso de elementos auxiliares intermedios (relés biestables / monoestables)
O.3	El estado de la reconexión "habilitada/deshabilitada" del paño es generado y transmitido correctamente por el equipo de protecciones hacia el nivel de control jerárquico superior vía SCADA.
P	GENERALIDADES
P.1	Las funciones de protecciones asignadas a la matriz de disparo coinciden con las definiciones del ECAP.
P.2	Los relés monoestables, biestables y temporizadores, entre otros, utilizados en circuitos de control aseguran la correcta operatividad de los algoritmos propios de las protecciones.
P.3	Los circuitos de disparo sobre interruptores, bobinas de desenganche disponibles y circuitos de alimentación del relé de protección poseen interruptores termomagnéticos independientes y dedicados.
P.4	Los circuitos de disparo sobre interruptores y bobinas de desenganche disponibles son alimentados desde un sistema de baterías.
P.5	El circuito de alimentación del relé de protección es alimentado desde un sistema de baterías.
P.6	Indicar si la configuración tags o nombres de entradas y salidas digitales satisfacen las mejores prácticas de la ingeniería y las definiciones del CEN.
P.7	La implementación de circuitos y lógicas de transferencia de interruptores (Normal-Intermedio-Transferido) aseguran la correcta operatividad de las funciones de protecciones implementadas en el paño bajo transferencia.

P.8	La base de Infotécnica dispone del ECAP asociado al paño auditado y este es coherente con el obtenido en el proceso de auditoría
P.9	La base de Infotécnica dispone del Print Out del equipo
P.10	La base de Infotécnica dispone del DUF de la subestación y este es coherente con el recibido en el proceso de auditoría

EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIA	
Q	VERIFICACIÓN DE ERROR DE MEDIDAS
Q.1	Verificación de la precisión de los canales de medidas (desviación respecto de las tolerancias/errores declarados en el manual del fabricante) mediante pruebas de inyección secundaria.
Q.2	Verificación de funciones de protección auxiliares (funciones no comúnmente habilitadas en este proceso como 59, 27, 81, entre otras) que se encuentren habilitadas y configuradas en la matriz de disparo.
R	FUNCION DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
R.1	Verificación de la estabilidad diferencial mediante inyección secundaria.
R.2	Verificación de operación mediante inyección secundaria de la función 87T.
R.3	Verificación de operación mediante inyección secundaria de la función de frenado armónico.
R.4	Verificación de disparos efectivos de la protección haciendo uso de la conexión de contactos de block de pruebas del relé con el equipo de inyección secundaria para los puntos anteriores de esta tabla.
S	FUNCION DE DISTANCIA
S.1	Verificación de operación mediante inyección secundaria de la función 21/21N.
S.2	Verificar los alcances de zona y tiempos de operación para las funciones de fase y tierra implementadas en el equipo.
S.3	Verificar correcto bloqueo por operación de función falla de fusible.
S.4	Verificación de disparos efectivos de la protección haciendo uso de la conexión de contactos de block de pruebas del relé con el equipo de inyección secundaria para los puntos anteriores de esta tabla.
T	FUNCION FALLA DE INTERRUPTOR
T.1	Verificación de operación de la lógica de arranque 50BF mediante inyección secundaria.
T.2	Verificación de tiempos de operación E1 y E2 mediante inyección secundaria.
T.3	Verificación de disparos efectivos de la protección haciendo uso de la conexión de contactos de block de pruebas del relé con el equipo de inyección secundaria para los puntos anteriores de esta tabla.
U	FUNCIONES DE SOBRECORRIENTE
U.1	Verificación de operación de la característica de sobrecorriente mediante inyección secundaria de la función 51/51N, 50/50N, según corresponda.
U.2	Verificación de la característica de sobrecorriente (Curvas de Tiempo Inverso, Elementos de Tiempo Definido, Elementos Instantáneos).
U.3	Verificación de disparos efectivos de la protección haciendo uso de la conexión de contactos de block de pruebas del relé con el equipo de inyección secundaria para los puntos anteriores de esta tabla.
V	FUNCION DE RECONEXION AUTOMATICA
V.1	Verificación de operación de la lógica de arranque para la función 79 mediante inyección secundaria.
V.2	Verificación de tiempos de operación mediante inyección secundaria.
V.3	Verificación de comando de cierre efectivos de la protección haciendo uso de la conexión de contactos de block de pruebas del relé con el equipo de inyección secundaria para los puntos anteriores de esta tabla.

EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE PRUEBAS DISPARO	
W	OPERACIÓN DE CONTACTOS DE DISPARO DESDE PROTECCIÓN
W.1	Verificación de prueba efectiva de disparos sobre el interruptor desde contactos de protección, comprobando la operación a través de todas las bobinas de aperturas disponibles en el interruptor de acuerdo con lo detallado en la tabla del capítulo 4, según corresponda.

EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE PRUEBAS COMTRADE	
X	OPERACIÓN DE LA PROTECCIÓN MEDIANTE INYECCIÓN DE ARCHIVOS COMTRADE
X.1	Verificación de las correcciones realizadas por el Coordinado con anterioridad a la auditoría a la configuración del equipo y que guardan relación con el evento de falla.
X.2	Análisis de la operación de la protección durante la inyección del archivo Comtrade relacionado con el evento de falla.

Los puntos por evaluar indicados en las tablas anteriores son citados por su literal y número asociado por cada uno de los paños auditados que presenten hallazgos, por lo que, se deberá considerar el siguiente criterio de evaluación:

- **Sin Hallazgos:** en el caso de no presentar un comentario asociado el punto a evaluar, este se considera como una evaluación sin observaciones o recomendaciones.
- **Con Hallazgos:** se realiza la cita correspondiente al literal, lo que indica que la evaluación presenta cierta anomalía y cuya normalización se abordará a través de un plan de acción o recomendación (sugerencia) al coordinado dueño de la instalación, según lo siguiente:
 - **Plan de acción:** se sugerirá al coordinado la solución del hallazgo cuando el mismo se relacione con el objetivo de la auditoría técnica o ponga en riesgo la calidad de suministro, el cumplimiento normativo o la seguridad de las personas.
 - **Recomendación:** se sugerirá al coordinado la normalización del hallazgo cuando este no se relacione necesariamente con el objetivo de la auditoría técnica, si no que este guarda relación con la calidad de la información de la subestación (planos, estudios, ciertos parámetros y lógicas de equipos, etc.) y cuya presencia no pone en riesgo la calidad de suministro, el cumplimiento normativo ni la seguridad de las personas.
- **N/A:** se realiza la cita correspondiente al literal, detallando la característica evidenciada por la cual no aplica la evaluación del ensayo.

A partir de lo anterior, se profundizará en los resultados que den cuenta de hallazgos o anomalías, para finalmente pasar a una sección con comentarios específicos relacionados. Además, cada hallazgo será evaluado según la siguiente tabla de clasificación de hallazgos y de criticidad con un índice al inicio de este:

Tabla 3-2: Clasificación de Hallazgos.

CLASIFICACIÓN DEL HALLAZGO
Verificación DUF
Verificación ECAP
Verificación de coordinación de protecciones
Verificación 87B
Tiempo máximo de despeje de falla
Verificación de acceso, registro y sincronización
Prueba de operación de protección
Prueba de apertura de interruptor
Prueba de estabilidad 87T
Prueba pendiente
Servicios auxiliares CA – CC
Limpieza, roedores, etc

Tabla 3-3: Índice de Calificación.

ÍNDICE	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
R	RELEVANTE	Corresponde a un hallazgo que potencialmente puede afectar la continuidad de suministro eléctrico de los clientes regulados al producirse una falla en las Instalaciones de Distribución, por lo que requiere ser corregido en el menor plazo posible. Los siguientes hallazgos podrían ser calificados como urgentes: Ver. Coord. de Protecciones, Ver. Tiempo Máx. Actuación, Prueba Oper. de Protección, Prueba Apert. Interruptor, Prueba Estabilidad 87T, Pruebas Pendientes.
M	MENOR	Todo hallazgo que no califique en categoría "Relevante".

Adicionalmente, para cada uno de los equipos evaluados se presenta una tabla comparativa de doble entrada entre las funciones definidas por el ECAP, DUF y las implementadas en el equipo auditado, así como también las funciones verificadas mediante pruebas de inyección secundaria.

4 INSTALACIONES AUDITADAS EN S/E DEUCO

El proceso de Auditoría Técnica a S/E Deuco consideró los siguientes paños y equipos:

Tabla 4-1: Detalle de instalaciones auditadas

PAÑO	PROTECCIÓN ASOCIADA	INTERRUPTOR ASOCIADO	BOBINAS DE APERTURA
BT1/CT1	ABB RET670	52BT1	2
		52CT1	2
BT1	ABB REL670	52BT1	2
CT1	SEL 351S	52CT1	2
C1	SEL 351S	52C1	2
C2	SEL 351S	52C2	2
C3	SEL 351S	52C3	2

Como Anexo II al presente documento, se adjunta el diagrama unilineal funcional recibido durante el proceso de auditoría para la subestación por parte de STS – Grupo SAESA, propietario de la instalación.

5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y ENSAYOS EN TERRENO

5.1 PAÑO BT1/CT1 - TRANSFORMADOR N°1

5.1.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 04 y 05 de febrero de 2021

5.1.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.1.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.1.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F87T-S1.occ

5.1.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-002	Diagrama Elemental de C.A. – Paño Línea Angol	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-001	Diagrama Elemental de C.C. – Paño BT1	3

5.1.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : ABB RET670
- N° de Serie : B1745050
- Versión de Firmware : 2.1.2.2

5.1.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES				
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED	PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS
			GRUPO 1	GRUPO 1
50	•	-	-	-
51	•	•	•	•
50N	•	•	•	•
51N	•	•	•	•
87T	•	•	•	•
50BF	•	-	-	-

5.1.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de las siguientes tablas expuestas en el punto 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - L: Función de distancia
 - M: Función de falla de interruptor
 - N: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional, emergencia ni lógicas de bloqueo.
 - O: Función de reconexión
 - P.7: Generalidades: el diseño de la subestación no considera paños de transferencia en los niveles de tensión de 66[kV] y 13,2[kV].
- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - S: Función de distancia.
 - T: Función de falla de interruptor.
 - V: Función de reconexión.
- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección.

5.1.6.3 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

b. **(M)** Verificación DUF.

- Puntos evaluados: F.3, G.1.

Descripción del hallazgo: El DUF indica como habilitadas en el equipo las funciones “50G y 50BF”, sin embargo, el ECAP no las define y no están habilitadas en el equipo.

Comentario Específico: Se debe corregir el DUF de tal manera que concuerde con las definiciones del ECAP vigente.

5.2 PAÑO BT1 – LADO DE ALTA TRANSFORMADOR N°1

5.2.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 04 y 05 de febrero de 2021.

5.2.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.2.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.2.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F21T-S2.occ

5.2.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-002	Diagrama Elemental de C.A. – Paño Línea Angol	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-001	Diagrama Elemental de C.C. – Paño BT1	3

5.2.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : ABB REL670
- N° de Serie : B1745045
- Versión de Firmware : 2.1.2.2

5.2.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES				
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED	PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS
			GRUPO 1	GRUPO 1
50	•	•	•	•
51	•	•	•	•
50N	•	•	•	•
51N	•	•	•	•
21T	•	•	•	•
21NT	-	•	•	•
50BF	•	•	•	•

5.2.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de los siguientes puntos de la “Tabla 3-1: Puntos de evaluación”, del capítulo 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - K: Función diferencial de transformador.
 - N: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional, emergencia ni lógicas de bloqueo.
 - O: Función de reconexión.
 - P.7: Generalidades: el diseño de la subestación no considera paños de transferencia en los niveles de tensión de 66[kV].
- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - R: Función diferencial de transformador.
 - V: Función de reconexión.
- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección.

5.2.6.3 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Prueba de operación de protección.

- Puntos evaluados: G.1, P.1, U.1, U.2.

Descripción del hallazgo: El equipo de protección tiene configurado el ajuste “CVGAPC:4” (relacionado con la “Función Multipropósito de Protección”) con la función de sobrecorriente neutro de tiempo definido e inverso, 50G y 51G; y, además, ambas son utilizadas en la matriz de disparo. Sin embargo, no se hicieron las pruebas de inyección secundaria para estas funciones durante la auditoría.

Comentario Específico: Se deben probar todas las funciones de protección habilitadas en el equipo de protección. Además, se sugiere que, en una versión as built del ECAP, se incorporen las funciones de protección que se encuentran habilitadas en el equipo, o en caso contrario, se deben deshabilitar dichas funciones. Por su parte, en el caso de modificaciones al ajuste, estos deben también quedar reflejados en los Print Outs correspondientes y ser enviados al CEN para su validación.

b. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1, N.1.

Descripción del hallazgo: El ECAP no define la habilitación de las funciones “50G y 51G” el equipo del paño BT1, sin embargo, estas se encuentran habilitadas en la protección y son parte de la matriz de disparo.

Comentario Específico: Se debe justificar la habilitación de dichas funciones o en caso contrario, se deben deshabilitar. Eventuales modificaciones al ECAP deben quedar reflejadas en una nueva versión de este y ser enviado formalmente al CEN a través de los canales definidos para ello.

c. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

d. **(M)** Limpieza, roedores, etc.

➤ Puntos evaluados: J.1.

Descripción del hallazgo: La programación del equipo muestra la salida binaria BOM8_06 como reserva, sin embargo, los planos de control relacionados la indican como “disparo por 50BF sobre el relé K86T” (ver plano SE014R019-P-EE-05-001-L39_REV3).

Comentario Específico: Se debe revisar la programación del equipo en función de los planos de control. En caso de confirmar la no utilización de dicha salida, se debe actualizar los planos relacionados.

e. **(M)** Verificación DUF.

➤ Puntos evaluados: F.3, G.1.

Descripción del hallazgo: El DUF no indica la función “21NT” como habilitadas en el equipo del paño BT1, sin embargo, el ECAP la define y está ajustada en el equipo.

Comentario Específico: Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.

5.3 PAÑO CT1 – BARRA GENERAL MEDIA TENSIÓN 13,2[KV]

5.3.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 04 de febrero de 2021.

5.3.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.3.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.3.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F50T-S3.occ

5.3.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-001	Diagrama Elemental de C.A. – Paño BT1	3
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-001	Diagrama Elemental de C.C. – Paño BT1	3

5.3.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : SEL 351S
- N° de Serie : 3172560035
- Versión de Firmware : SEL-351S-6-R516-V1-Z106105-D20170818

5.3.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES								
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED			PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS		
			GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
50	-	•	•	•	-	•	-	-
51	•	•	•	•	•	•	-	-
51N	•	-	-	-	-	-	-	-
50G	-	•	•	•	-	•	-	-
51G	-	•	•	•	•	•	-	-
27	•	-	-	-	-	-	-	-
59	•	-	-	-	-	-	-	-
67	•	-	-	-	-	-	-	-
67N	•	-	-	-	-	-	-	-
79	•	-	-	-	-	-	-	-
81	•	-	-	-	-	-	-	-
50BF	•	-	-	-	-	-	-	-

5.3.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

La protección presenta un bloqueo definido en el ECAP como “lógica adaptiva”, la cual se encuentra incorporada a través de la entrada “IN203”, donde recibe la señal de bloqueo desde los paños alimentadores C1, C2 y C3.

El análisis de hallazgos se realiza en base al GRUPO 1 de ajustes, el cual estaba activo al momento de la auditoría. En base a lo observado en la configuración del equipo, el ajuste del GRUPO 2 presenta la misma configuración del GRUPO 1, y el GRUPO 3 corresponderían al “Hot Line Tag”.

En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de los siguientes puntos de la “Tabla 3-1: Puntos de evaluación”, del capítulo 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - K: Función diferencial de transformador.
 - L: Función de distancia.
 - M: Función de falla de interruptor.
 - N.2, N.3: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional ni emergencia.
 - O: Función de reconexión.
 - P.7: Generalidades: El diseño de la subestación no considera un esquema de transferencia asociado al nivel de 13,2 [kV].

- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - R: Función diferencial de transformador.
 - S: Función de distancia.
 - T: Función de falla de interruptor.
 - V: Función de reconexión.
- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección.

5.3.6.3 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1, P.1.

Descripción del hallazgo: La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.

Comentario Específico: Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección secundaria de los grupos de ajustes no verificados.

b. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

c. **(M)** Verificación de acceso, registro y sincronización.

- Puntos evaluados: H.2, H.3.

Descripción del hallazgo: La configuración del disparo de la oscilografía no contiene todas las funciones que están consideradas en la ecuación de trip del equipo.

Comentario Específico: Se sugiere incorporar dentro de la lógica de disparo oscilográfico todas aquellas funciones que generen orden de apertura sobre el interruptor, y así permitir que el registro oscilográfico contenga la mayor información posible para análisis de eventos. De la misma forma, se sugiere revisar la configuración del listado de eventos secuenciales del equipo.

d. **(M)** Verificación DUF.

- Puntos evaluados: G.1.

Descripción del hallazgo: El DUF indica la función "51N, 27, 59, 67, 67N, 79, 81 y 50BF" sin embargo, el ECAP no define estas funciones y no están ajustadas en la protección.

Comentario Específico: Se debe corregir el DUF de tal manera que este concuerde con las definiciones del ECAP vigente.

e. **(M)** Verificación DUF.

- Puntos evaluados: G.3, P.9.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.

Comentario Específico: Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.

5.4 PAÑO C1 – ALIMENTADOR N°1

5.4.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 02 de febrero de 2021.

5.4.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.4.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.4.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F51-C1.occ

5.4.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-007	Diagrama Elemental de C.C. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-008	Diagrama Elemental de C.C. – Armario de SCADA	2

5.4.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : SEL 351S
- N° de Serie : 3172560040
- Versión de Firmware : SEL-351S-R516-V1-Z106105-D20170818

5.4.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES								
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED			PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS		
			GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
50	-	-	•	•	-	-	-	-
51	•	•	•	•	•	•	-	-
51N	•	-	-	-	-	-	-	-
50G	-	-	•	•	-	-	-	-
51G	-	•	•	•	•	•	-	-
27	•	-	-	-	-	-	-	-
59	•	-	-	-	-	-	-	-
67	•	-	-	-	-	-	-	-
67N	•	-	-	-	-	-	-	-
79	•	•	•	•	-	•	-	-
81	•	-	-	-	-	-	-	-
50BF	•	-	-	-	-	-	-	-

5.4.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

La protección considera la salida "OUT104" relacionada a la lógica adaptiva sobre la protección SEL 351S del paño CT1.

El análisis de hallazgos se realiza en base al GRUPO 1 de ajustes, el cual estaba activo al momento de la auditoría. En base a lo observado en la configuración del equipo, el ajuste del GRUPO 2 presenta la misma configuración del GRUPO 1, y el GRUPO 3 corresponderían al "Hot Line Tag".

En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de los siguientes puntos de la "Tabla 3-1: Puntos de evaluación", del capítulo 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - K: Función diferencial de transformador.
 - L: Función de distancia.
 - M: Función de falla de interruptor.
 - N: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional ni emergencia.
 - P.7: Generalidades: El diseño de la subestación no considera un esquema de transferencia asociado al nivel de 13,2 [kV].
- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - R: Función diferencial de transformador.
 - S: Función de distancia.
 - T: Función de falla de interruptor.

- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección

5.4.6.3 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1.

Descripción del hallazgo: Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.

Comentario Específico: Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.

b. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1, P.1.

Descripción del hallazgo: La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.

Comentario Específico: Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.

c. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

d. **(M)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.9.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.

Comentario Específico: Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.

e. **(M)** Verificación DUF.

➤ Puntos evaluados: G.1, F.3.

Descripción del hallazgo: El DUF indica las funciones "27, 59, 81, 67, 67N, 50BF" como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.

Comentario Específico: Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.

5.5 PAÑO C2 - ALIMENTADOR N°2

5.5.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 02 de febrero de 2021

5.5.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.5.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.5.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F51-C2.occ

5.5.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-007	Diagrama Elemental de C.C. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-008	Diagrama Elemental de C.C. – Armario de SCADA	2

5.5.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : SEL 351S
- N° de Serie : 3172560031
- Versión de Firmware : SEL-351S-R516-V1-Z106105-D20170818

5.5.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES								
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED			PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS		
			GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
50	-	-	•	•	-	-	-	-
51	•	•	•	•	•	•	-	-
51N	•	-	-	-	-	-	-	-
50G	-	-	•	•	-	-	-	-
51G	-	•	•	•	•	•	-	-
27	•	-	-	-	-	-	-	-
59	•	-	-	-	-	-	-	-
67	•	-	-	-	-	-	-	-
67N	•	-	-	-	-	-	-	-
79	•	•	•	•	-	•	-	-
81	•	-	-	-	-	-	-	-
50BF	•	-	-	-	-	-	-	-

5.5.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

La protección considera la salida "OUT104" relacionada a la lógica adaptiva sobre la protección SEL 351S del paño CT1.

El análisis de hallazgos se realiza en base al GRUPO 1 de ajustes, el cual estaba activo al momento de la auditoría. En base a lo observado en la configuración del equipo, el ajuste del GRUPO 2 presenta la misma configuración del GRUPO 1, y el GRUPO 3 corresponderían al "Hot Line Tag". En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de los siguientes puntos de la "Tabla 3-1: Puntos de evaluación", del capítulo 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - K: Función diferencial de transformador.
 - L: Función de distancia.
 - M: Función de falla de interruptor.
 - N.2, N.3: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional ni emergencia.
 - P.7: Generalidades: El diseño de la subestación no considera un esquema de transferencia asociado al nivel de 13,2 [kV].
- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - R: Función diferencial de transformador.
 - S: Función de distancia.
 - T: Función de falla de interruptor.

- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección

5.5.7 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1.

Descripción del hallazgo: Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.

Comentario Específico: Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.

b. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.1, P.1.

Descripción del hallazgo: La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.

Comentario Específico: Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.

c. **(R)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

d. **(M)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.9.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.

Comentario Específico: Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.

e. **(M)** Verificación DUF.

- Puntos evaluados: G.1, F.3.

Descripción del hallazgo: El DUF indica las funciones "27, 59, 81, 67, 67N, 50BF" como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.

Comentario Específico: Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.

5.6 PAÑO C3 - ALIMENTADOR DE RESPALDO

5.6.1 Fecha de ejecución de la inspección en terreno:

- 03 de febrero de 2021.

5.6.2 Personal involucrado en la actividad de terreno:

- STS – Grupo SAESA: Raúl Balboa, Jefe de Proyecto.
- RIMALCO: Boris Arancibia Sanhueza, Inspector Técnico.
- RELIABLE ENERGY: Rodrigo Cornejo Gonzalez, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, ejecutor de pruebas y ensayos.
- ENSAUT: Claudio Moya Obaid, Ingeniero Especialista Control y Protecciones, Auditor Técnico.

5.6.3 Estudios de Ajustes de Protecciones (ECAP) utilizados:

- 02-11-2020 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO
- 12-02-2021 ESTUDIO DE COORDINACIÓN EN SE DEUCO

5.6.4 Protocolos de pruebas utilizados:

- F51-C3.occ

5.6.5 Detalle de planos de control utilizados:

PLANO	DETALLE DE PLANOS	REVISIÓN
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-04-007	Diagrama Elemental de C.A. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-007	Diagrama Elemental de C.C. – Alimentadores 13,2 kV	2
100-TT-014-03-SE014R019-P-EE-05-008	Diagrama Elemental de C.C. – Armario de SCADA	2

5.6.6 Identificación de los equipos de protecciones instalados en el paño:

- Marca y modelo : SEL 351S
- N° de Serie : 3172560024
- Versión de Firmware : SEL-351S-R516-V1-Z106105-D20170818

5.6.6.1 Comparativa de funciones habilitadas:

COMPARATIVA DE FUNCIONES								
FUNCIONES ANSI	DUF	ECAP	AJUSTE IED			PRUEBAS DE INYECCIÓN SECUNDARIAS REALIZADAS		
		GRUPO 1 y 2	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
50	-	-	•	•	-	-	-	-
51	•	•	•	•	•	•	•	-
51N	•	-	-	-	-	-	-	-
50G	-	-	•	•	-	-	-	-
51G	-	•	•	•	•	•	•	-
27	•	-	-	-	-	-	-	-
59	•	-	-	-	-	-	-	-
67	•	-	-	-	-	-	-	-
67N	•	-	-	-	-	-	-	-
79	•	•	•	•	-	•	•	-
81	•	-	-	-	-	-	-	-
50BF	•	-	-	-	-	-	-	-

5.6.6.2 Consideraciones de evaluación del paño:

La protección considera la salida "OUT104" relacionada a la lógica adaptiva sobre la protección SEL 351S del paño CT1.

El análisis de hallazgos se realiza en base al GRUPO 1 de ajustes, el cual estaba activo al momento de la auditoría. En base a lo observado en la configuración del equipo, el ajuste del GRUPO 2 presenta la misma configuración del GRUPO 1, y el GRUPO 3 corresponderían al "Hot Line Tag".

En relación con las funciones habilitadas y las particularidades de la instalación, no aplica (N/A) la evaluación de los siguientes puntos de la "Tabla 3-1: Puntos de evaluación", del capítulo 3:

- Evaluación Específica de Ajustes y Configuración de la Protección:
 - K: Función diferencial de transformador.
 - L: Función de distancia.
 - M: Función de falla de interruptor.
 - N.2, N.3: Función de sobrecorriente. El ECAP no define la habilitación de funciones de sobrecorriente direccional ni emergencia.
 - P.7: Generalidades: El diseño de la subestación no considera un esquema de transferencia asociado al nivel de 13,2 [kV].
- Evaluación Específica de Pruebas de Inyección Secundaria:
 - R: Función diferencial de transformador.
 - S: Función de distancia.

- T: Función de falla de interruptor.
- Evaluación Específica de Pruebas Comtrade
 - X: El Coordinado confirma que no existen fallas previas a la auditoría que guardan relación con una operación indeseada del equipo de protección

5.6.6.3 Detalle de hallazgos:

a. **(R)** Verificación ECAP.

➤ Puntos evaluados: G.1.

Descripción del hallazgo: Se observa que la configuración del equipo presenta las funciones 50P y 50G habilitadas, sin embargo, el ECAP no define la habilitación de estas.

Comentario Específico: Si bien las funciones antes indicadas no se encuentran en la ecuación de trip, se debe eliminar cualquier ajuste no indicado por el ECAP.

b. **(R)** Verificación ECAP.

➤ Puntos evaluados: G.1, P.1.

Descripción del hallazgo: La protección presenta habilitados los grupos 1, 2 y 3, sin embargo, el ECAP solo define un grupo habilitado. Se destaca que no se realizó la verificación de los grupos 2 y 3 de ajustes, debido a que estos no se encuentran definido por el ECAP.

Comentario Específico: Se debe justificar la habilitación de los grupos 2 y 3 habilitados o en caso ser necesario se deben deshabilitar. En el caso de mantenerlos activos se debe planificar la verificación mediante inyección.

c. **(R)** Verificación ECAP.

➤ Puntos evaluados: G.3, P.8.

Descripción del hallazgo: La base Infotécnica en su apartado de sistemas de protecciones, asociado a la protección auditada, dispone de un ECAP correspondiente a una versión distinta a la recibida en el proceso de auditoría.

Comentario Específico: Se debe cargar el ECAP o informe de ajustes actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN de acuerdo con lo exigido por el Artículo 24 del Anexo Técnico: ITDIE.

d. **(M)** Verificación ECAP.

- Puntos evaluados: G.3, P.9.

Descripción del hallazgo: (M) La base Infotécnica asociada a la protección no dispone del Print Out actualizado.

Comentario Específico: Se debe cargar el Print Out actualizado asociado al equipo auditado a la base de información técnica del CEN.

e. **(R)** Verificación DUF.

- Puntos evaluados: G.1, F.3.

Descripción del hallazgo: El DUF indica las funciones "27, 59, 81, 67, 67N, 50BF" como habilitadas en el equipo del paño C1, sin embargo, el ajuste y el ECAP no las definen.

Comentario Específico: Se debe actualizar el DUF de acuerdo con las funciones de protecciones definidas en el ECAP y finalmente programadas en el equipo.

6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN TEÓRICOS DE PROTECCIONES

En la presente sección, se verificará la operación de las funciones de protección de los relés dispuestos en los paños de alta y media tensión del transformador de la S/E Deuco, junto con la operación de las funciones de protección de los relés dispuestos en las cabeceras de los alimentadores.

Para la realización de lo anterior se han considerado los ajustes actuales encontrados en los equipos de protección al momento de realizar las pruebas de inyección secundaria en la subestación en el proceso de la Auditoría Técnica. Cabe destacar que los casos de discrepancias de estos ajustes con respecto al ECAP vigente, se mencionan en la sección anterior para cada protección revisada.

En la verificación se considera un escenario de evaluación, en el cual se configura el nivel de cortocircuito máximo en barra disponible en la base de datos en Power Factory DigSilent del Sistema Eléctrico Nacional emitida por el Coordinador Eléctrico Nacional en junio de 2024, teniendo en cuenta activo el escenario de operación "Día laboral demanda alta".

Se consideran los siguientes criterios:

- Tiempo de paso de 300 [ms] entre la operación de la protección de la barra de media tensión del transformador con las protecciones dispuestas en las cabeceras de los alimentadores conectados, según los lineamientos de la NTSyCS en su artículo 5-40, literal e). Este criterio también aplica sobre las protecciones de los paños BT1 y CT1.
- Para la protección del paño de media tensión del transformador, el despeje de fallas debe realizarse en tiempos no mayores a 400 [ms], siguiendo los lineamientos de la NTSyCS-2019 en su Art. 3-24 literal b), numeral III.

La S/E Deuco cuenta con tres alimentadores designados como C1, C2 y C3.

Para la evaluación se analiza el desempeño de las funciones de sobrecorriente de fase (51/50), sobrecorriente residual (51G/50G), sobrecorriente de neutro (51N/50N) y función de distancia del transformador (21/21N) de los equipos de protección al ejecutar fallas trifásicas, bifásicas aisladas de tierra, bifásicas a tierra, monofásicas a tierra sin impedancia y con impedancia de 25 [Ω] y 50 [Ω] en las cabeceras de los alimentadores.

A continuación, se expone un diagrama unilineal simplificado de la S/E Deuco.

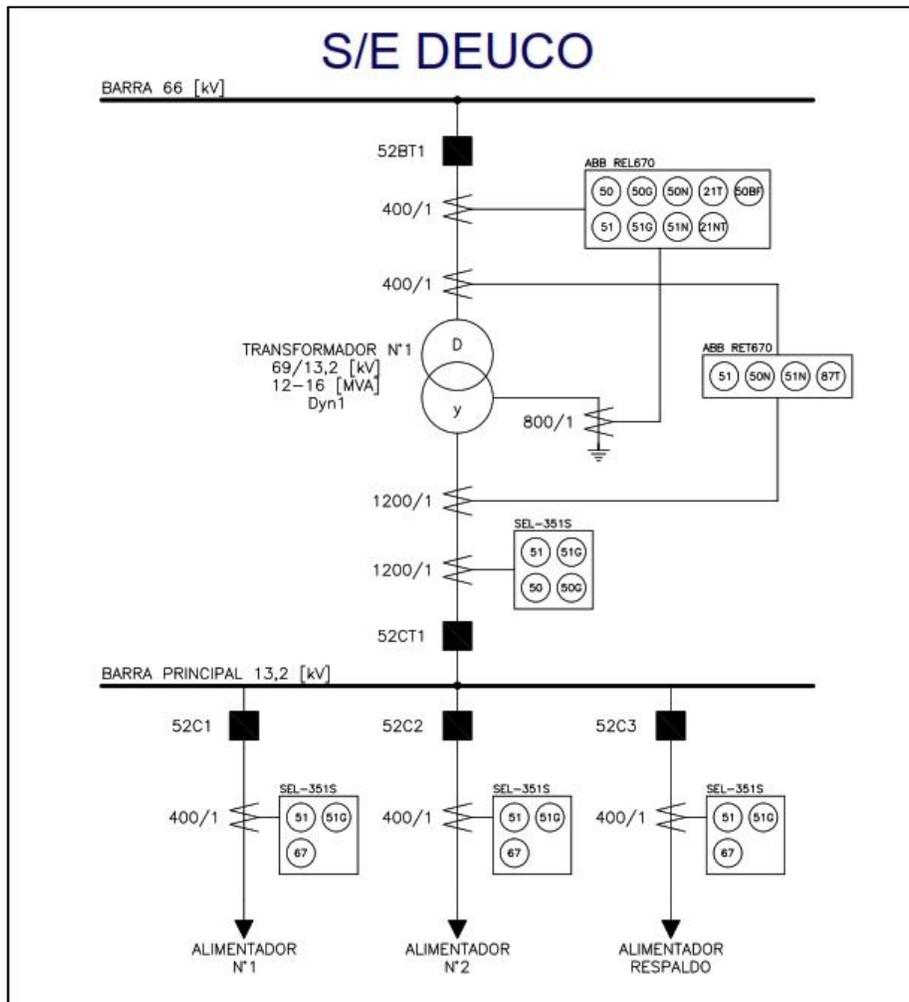


Figura 6-1: DUF simplificado S/E Deuco.

Los parámetros eléctricos considerados en el modelamiento del transformador de la S/E Deuco se muestran a continuación según sus datos de placa:

Tabla 6-1: Datos de placa asociados a los transformadores de poder de la S/E Deuco.

	T1
Capacidad nominal [MVA]	12/16
Tensión nominal AT [kV]	69
Tensión nominal BT [kV]	13,8
Impedancia secuencia positiva [%]	6,7
Impedancia secuencia cero [%]	6,9
Potencia base impedancias [MVA]	12
Pérdidas en el cobre [kW]	138,77
Grupo de conexión	Dyn1
Neutro sólidamente aterrizado	Sí

La siguiente figura muestra un diagrama simplificado de la zona de interés, acorde a la base de datos del Sistema Eléctrico Nacional publicada en julio de 2023, para escenario de operación día laboral demanda alta. En ella se aprecia el despacho del generador Río Picoiquen.

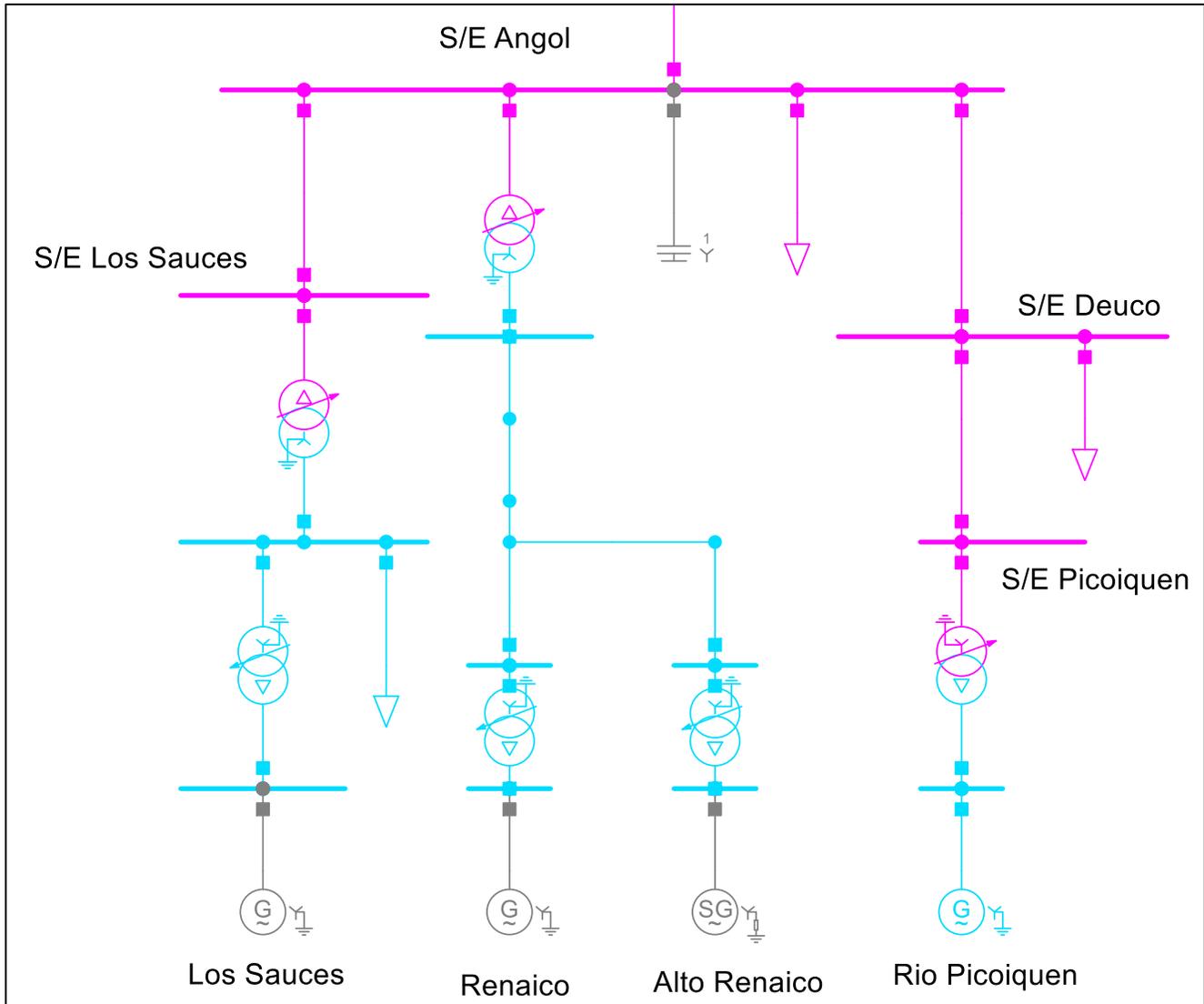


Figura 6-2 Diagrama unilineal simplificado de la zona de interés - Sistema Eléctrico Nacional.

A continuación, se exponen los ajustes de las funciones de protección consideradas para el análisis de coordinación.

Tabla 6-2: Resumen de ajustes de funciones de sobrecorriente de S/E Deuco.

Paño	Función	Relé	TT/CC	Pickup [A] primario	Curva	Dial [s]	Tiempo definido [s]	Sumador [s]
BT1	51	REL 670	400/1	160	IEC Very Inv.	0,26	-	-
	50			1280	Definite time	-	0,1	-
	51G		800/1	160	IEC Normal Inv.	0,45	-	-
	50G1			160	Definite time	-	3,6	-
	50G2			304	Definite time	-	2,4	-
CT1	51	RET 670	1200/1	780	IEC Very Inv.	0,21	-	-
	51G			156	IEC Normal Inv.	0,45	-	-
	50G1			156	Definite time	-	4	-
	50G2			300	Definite time	-	2,4	-
	51	SEL 351S		780	C2	0,21	-	-
	50			1920	Definite time	-	0,1	-
	51G			156	C1	0,45	-	-
	50G1			168	Definite time	-	0,1	-
	50G2			156	Definite time	-	4	-
	50G3			300	Definite time	-	2,4	-
	51G			300	Definite time	-	2,4	-
C1	51	SEL 351S	400/1	392	C2	0,15	-	-
	51G			76	C1	0,3	-	-
C2	51	SEL 351S	400/1	392	C2	0,15	-	-
	51G			76	C1	0,3	-	-
C3	51	SEL 351S	400/1	392	C2	0,15	-	-
	51G			76	C1	0,3	-	-

Tabla 6-3: Resumen de ajustes de la función de distancia de fases y residual del relé REL 670 asociado al paño BT1 del transformador N°1 de la S/E Deuco.

Parámetro	Descripción	Ajuste
I _{Base}	TC de fases (Prim/Sec)	400
U _{Base}	Razón del TP	69
OperationDir	Direccional	Forward
Función de distancia de fase y residual cuadrilateral (21/21N)		
Parámetro	Elementos activos	Zona 1 / Zona 2
X1PPZ1	Alcance reactancia secuencia positiva Fase-Fase, Zona 1 [Ω/p]	18,63
R1PPZ1	Alcance resistencia secuencia positiva Fase-Fase, Zona 1 [Ω/p]	1,1
X1PEZ1	Alcance reactancia secuencia positiva Fase-Tierra, Zona 1 [Ω/p]	18,63
R1PEZ1	Alcance resistencia secuencia positiva Fase-Tierra, Zona 1 [Ω/p]	1,1
X0Z1	Alcance reactancia secuencia cero, Zona 1 [Ω/p]	19,25
R0Z1	Alcance resistencia secuencia cero, Zona 1 [Ω/p]	1,5
RFPPZ1	Alcance resistencia de falla Fase-Fase, Zona 1 [Ω/p]	37,26
RFPEZ1	Alcance resistencia de falla Fase-Tierra, Zona 1 [Ω/p]	50,4
IMinOpPPZ1	Corriente mínima de operación Zona 1 fase-fase [%I _B]	10
IMinOpPEZ1	Corriente mínima de operación Zona 1 fase-tierra [%I _B]	10
X1Z2	Alcance reactancia secuencia positiva, Zona 2 [Ω/p]	38,25
R1Z2	Alcance resistencia secuencia positiva, Zona 2 [Ω/p]	2,25
X0Z2	Alcance reactancia secuencia cero, Zona 2 [Ω/p]	39,53
R0Z2	Alcance resistencia secuencia cero, Zona 2 [Ω/p]	0,15
RFPPZ2	Alcance resistencia de falla Fase-Fase, Zona 2 [Ω/p]	76,5
RFPEZ2	Alcance resistencia de falla Fase-Tierra, Zona 2 [Ω/p]	60
IMinOpPPZ2	Corriente mínima de operación Zona 2 fase-fase [%I _B]	10
IMinOpPEZ2	Corriente mínima de operación Zona 2 fase-tierra [%I _B]	10
Tiempo de operación fase		
tPPZ1	Time delay Zona 1 (s)	0
tPPZ2	Time delay Zona 2 (s)	0,8
Tiempo de operación residual		
tPEZ1	Time delay Zona 1 (s)	0
tPEZ2	Time delay Zona 2 (s)	0,8

6.1 DIAGRAMAS DE TIEMPO CORRIENTE DE SOBRECORRIENTE DE FASE Y RESIDUAL

A continuación, se expone la modelación de las funciones de protección asociadas a los paños del transformador N°1 de la S/E Deuco y los alimentadores. Las funciones de protección modeladas están parametrizadas en los equipos de protección de los paños CT1, C1, C2 y C3 pertenecientes a S/E Deuco, y al equipo de protección asociado al paño BT1. Se destaca que las funciones de protección parametrizadas en los equipos dispuesto en los paños de alimentadores en sus grupos N°1 y N°2 de ajustes, son homólogos entre sí. Es por ello, que se analiza la coordinación de solo un grupo de ajustes.

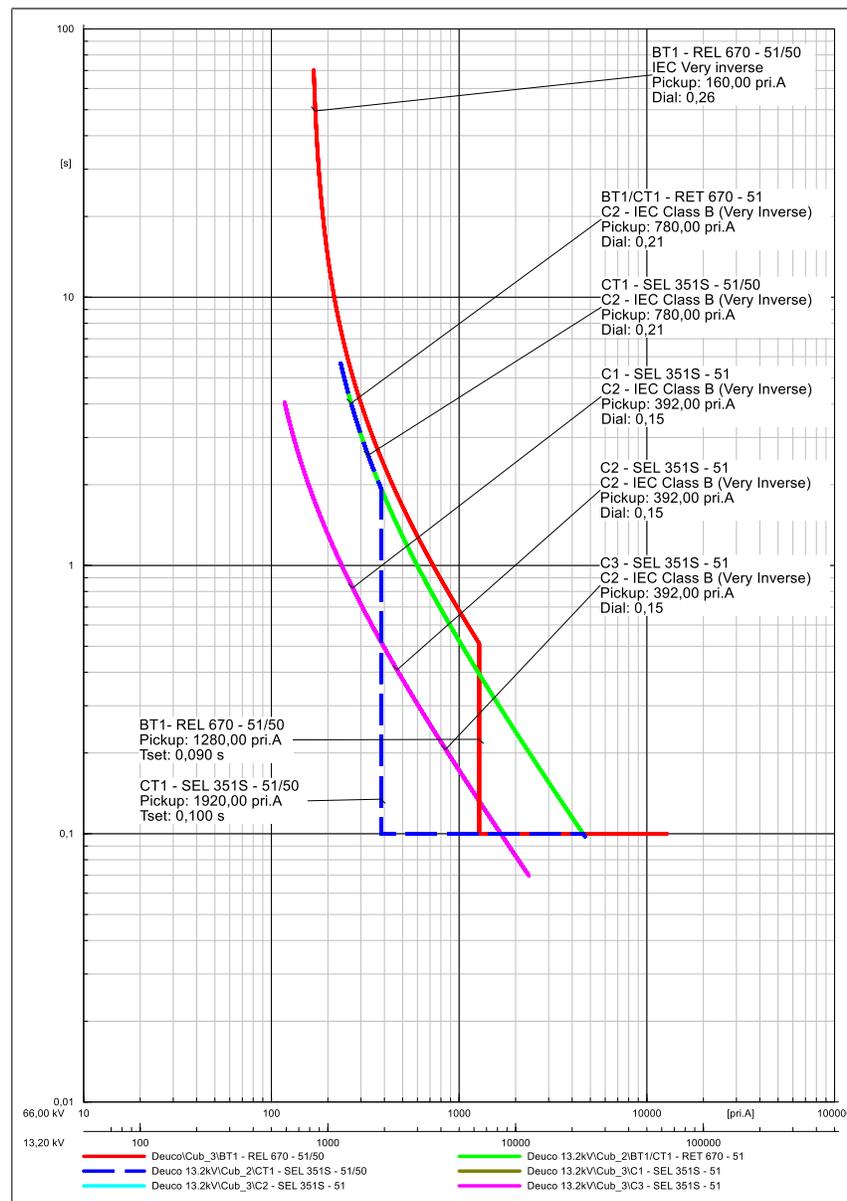


Figura 6-3: Curvas de sobrecorriente de fases parametrizadas en los equipos de protección asociado a los paños BT1, CT1, C1, C2 y C3.

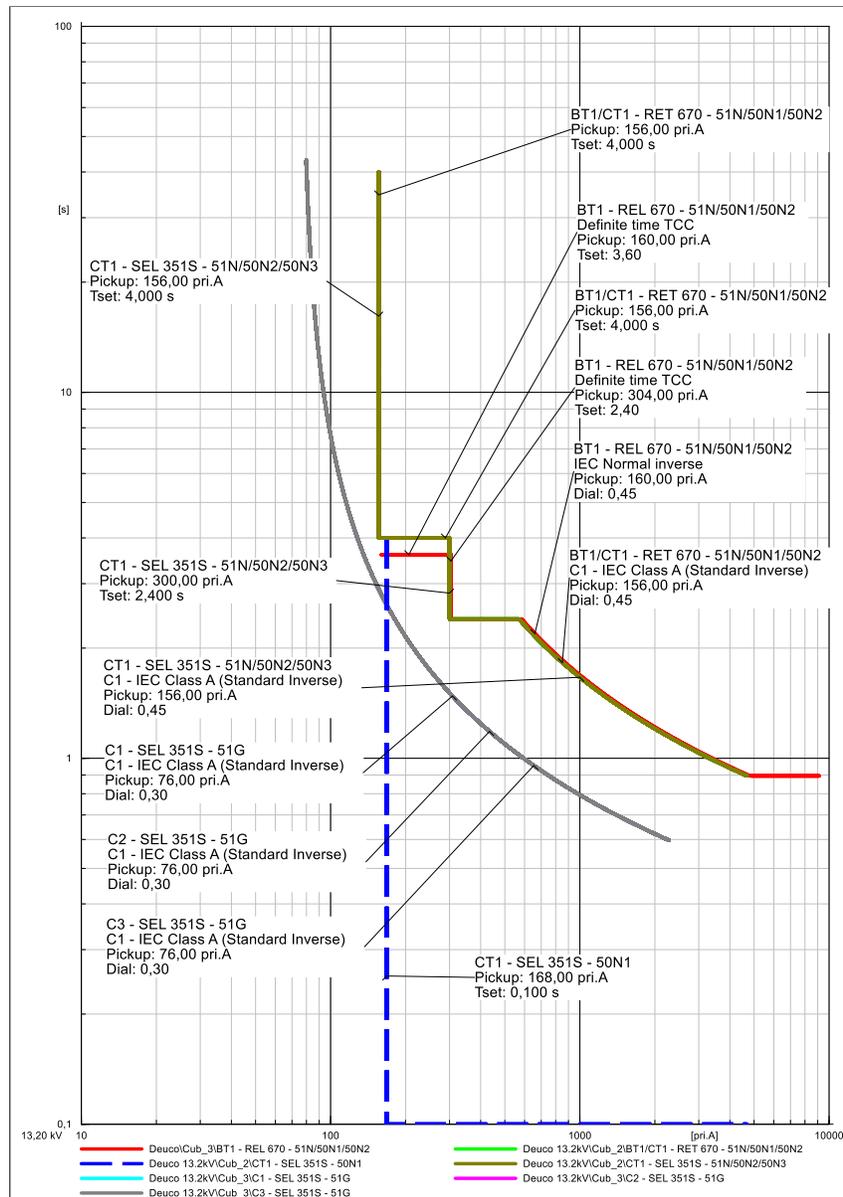


Figura 6-4 Curvas de sobrecorriente de residuales y de neutro parametrizadas en los equipos de protección asociados a los paños BT1, CT1, C1, C2 y C3.

El análisis para distintos tipos de fallas y sus respectivos diagramas tiempo corriente se exponen en el Anexo I de este documento, para fallas trifásicas, bifásicas aisladas de tierra, bifásicas a tierra, monofásicas a tierra sin impedancia y con impedancia de 25 [Ω] y 50 [Ω] en las cabeceras de los alimentadores. A continuación, para las mismas fallas mencionadas se exponen las tablas de tiempos de operación y los análisis pertinentes.

6.1.1 Tablas de tiempo de operación y tiempo de paso

Se exhiben a continuación las tablas de tiempo operación de las funciones de protección para fallas trifásicas, bifásicas, bifásicas a tierra, monofásicas a tierra sin impedancia y con impedancia de 25 y 50 [Ω] en la barra de media tensión y en las cabeceras de los alimentadores de S/E Deuco, energizados desde el transformador N°1.

Para la falla en la barra de media tensión de la S/E Deuco, se considera habilitada la función de tiempo definido en el equipo de protección del paño CT1, debido a que no activa el bloqueo de la lógica adaptativa proveniente de los equipos dispuestos en los paños de los alimentadores.

Para la confección de la Tabla 6-5, se ejecutaron cortocircuitos individuales en las cabeceras de cada paño de los alimentadores y se exponen todas las operaciones registradas. Además, en este caso si está activo el bloqueo de la función de sobrecorriente de tiempo definido ajustada en el equipo del paño CT1.

Tabla 6-4: Tablas de tiempo de operación y paso ante fallas en la barra de media tensión alimentada por el transformador N°1 de la S/E Deuco.

Paño	Sistema	Función	Tipo de falla					
			Falla 3F	Falla 2F	Falla 2F-T	Falla 1F	Falla 1F R=25 Ohm	Falla 1F R=50 Ohm
BT1	REL 670	51/50	0,630	0,645	0,639	1,101	-	-
		51N/50N1/50N2	-	-	0,895	0,895	2,400	3,600
		21T/21TN	0,816	0,816	0,816	-	-	-
BT1/CT1	RET 670	51	0,486	0,591	0,431	0,437	-	-
		51N/50N1/50N2	-	-	0,895	0,895	2,400	4,000
CT1	SEL 351S	51/50	0,100	0,100	0,100	0,100	-	-
		51N/50N1/50N2/50N3	-	-	0,100	0,100	0,100	4,000
Paños			Tiempos de Paso [s]					
BT1 - CT1 (BT1/CT1)			0,530	0,545	0,539	0,795	2,300	-0,400

Tabla 6-5: Tablas de tiempo de operación y paso ante fallas en las cabeceras de los alimentadores asociados al transformador N°1 de la S/E Deuco.

Paño	Sistema	Función	Tipo de falla					
			Falla 3F	Falla 2F	Falla 2F-T	Falla 1F	Falla 1F R=25 Ohm	Falla 1F R=50 Ohm
BT1	REL 670	51/50	0,630	0,645	0,639	1,101	-	-
		51N/50N1/50N2	-	-	0,895	0,895	2,400	3,600
		21T/21TN	0,816	0,816	0,816	-	-	-
BT1/CT1	RET 670	51	0,486	0,591	0,431	0,437	-	-
		51N/50G1/50G2	-	-	0,895	0,895	2,400	4,000
CT1	SEL 351S	51	0,486	0,591	0,431	0,437	-	-
		51N/50N2/50N3	-	-	0,895	0,895	2,400	4,000
C1	SEL 351S	51	0,161	0,192	0,144	0,146	-	-
		51G	-	-	0,597	0,597	1,401	2,645
C2	SEL 351S	51	0,161	0,192	0,144	0,146	-	-
		51G	-	-	0,597	0,597	1,401	2,645
C3	SEL 351S	51	0,161	0,192	0,144	0,146	-	-
		51G	-	-	0,597	0,597	1,401	2,645
Paños			Tiempos de Paso [s]					
BT1 - CT1 (BT1/CT1)			0,144	0,054	0,208	0,458	0,000	-0,400
CT1 - C1			0,325	0,399	0,287	0,291	0,999	1,355
CT1 - C2			0,325	0,399	0,287	0,291	0,999	1,355
CT1 - C3			0,325	0,399	0,287	0,291	0,999	1,355

6.1.2 Falla en barra 13,2 [kV] del transformador N°1 de la S/E Deuco.

Se exhiben a continuación diagramas de tiempo – Corriente de las funciones de protección para fallas trifásicas, bifásicas, bifásicas a tierra, monofásicas a tierra sin impedancia y con impedancia de 25 y 50 [Ω] en la barra de media tensión de S/E Deuco. Las corrientes de cortocircuito del lado de 66[kV] que se especifican en cada una de las figuras, están referidas al lado de 13,2[kV].

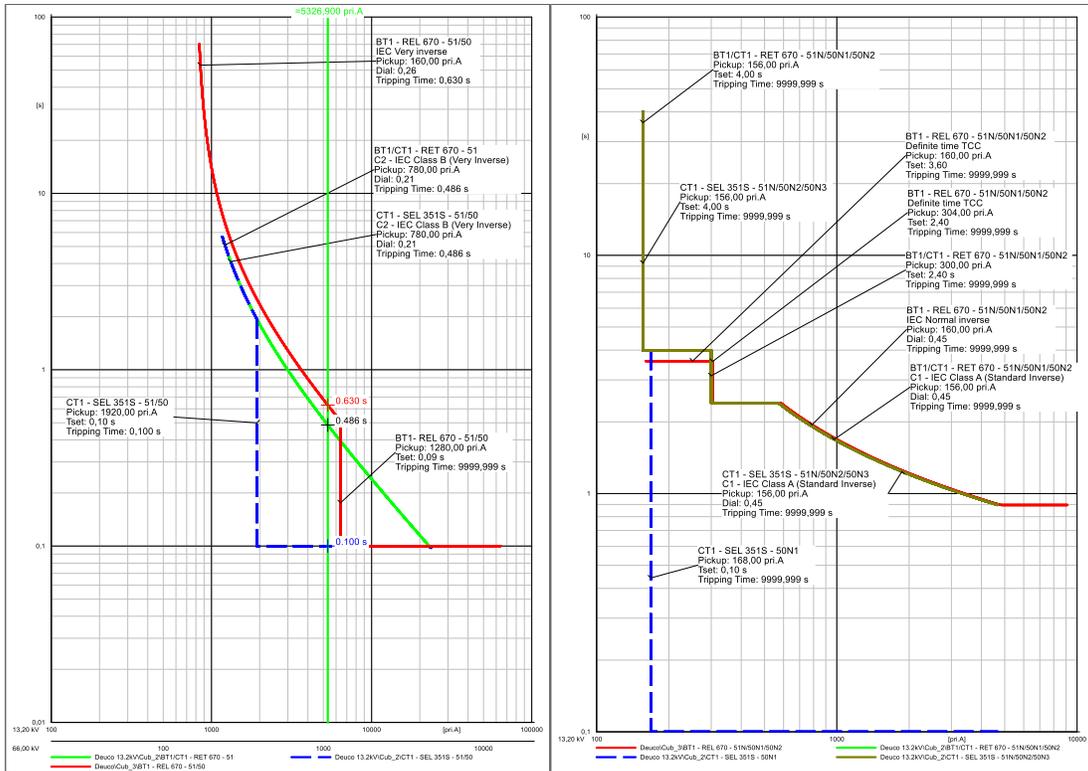


Figura 6-5 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla trifásica.

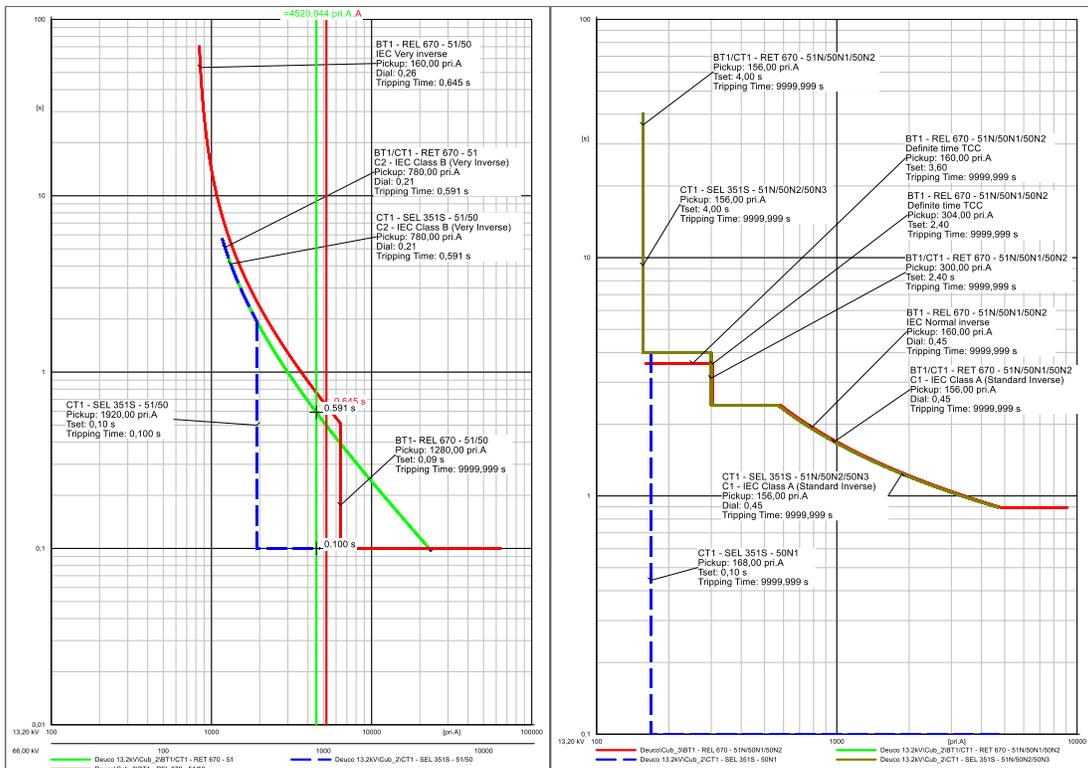


Figura 6-6 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla bifásica.

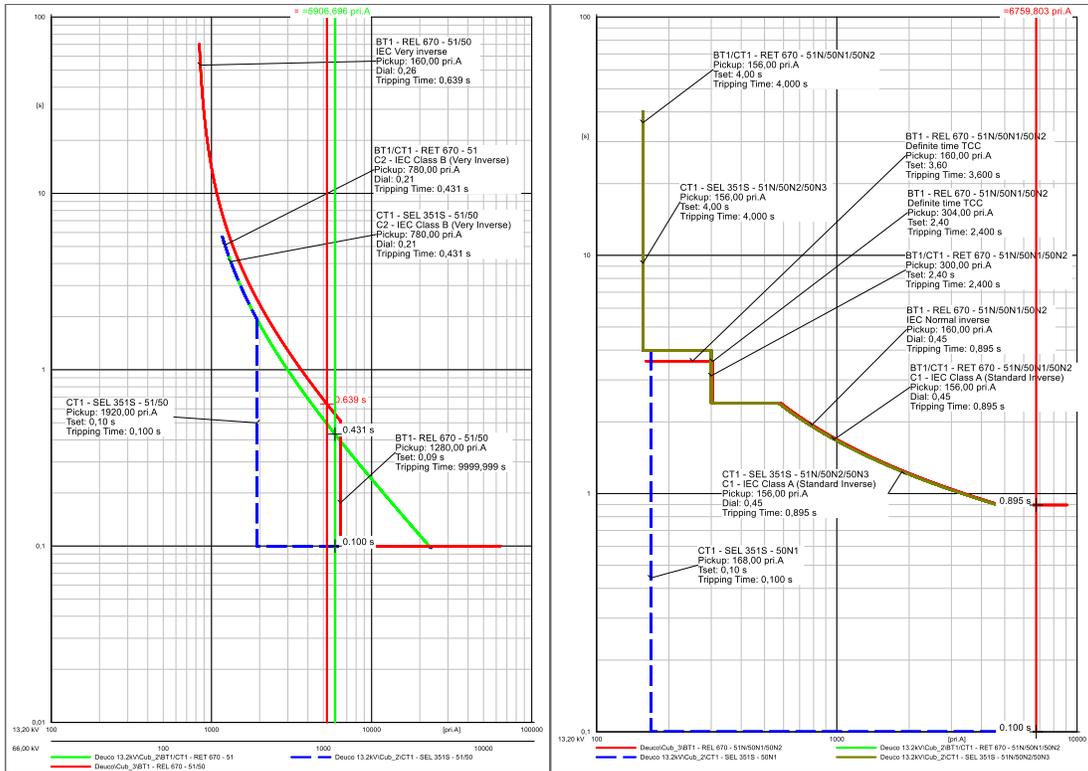


Figura 6-7 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla bifásica a tierra.

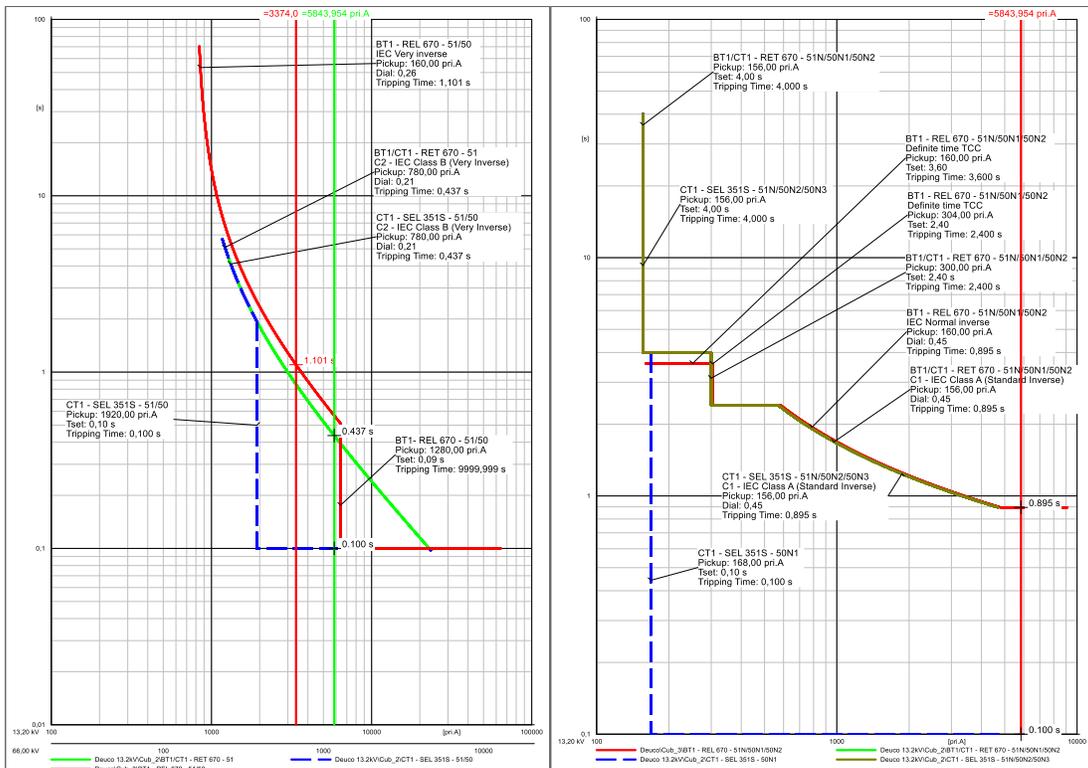


Figura 6-8 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla monofásica 0 [Ohm].

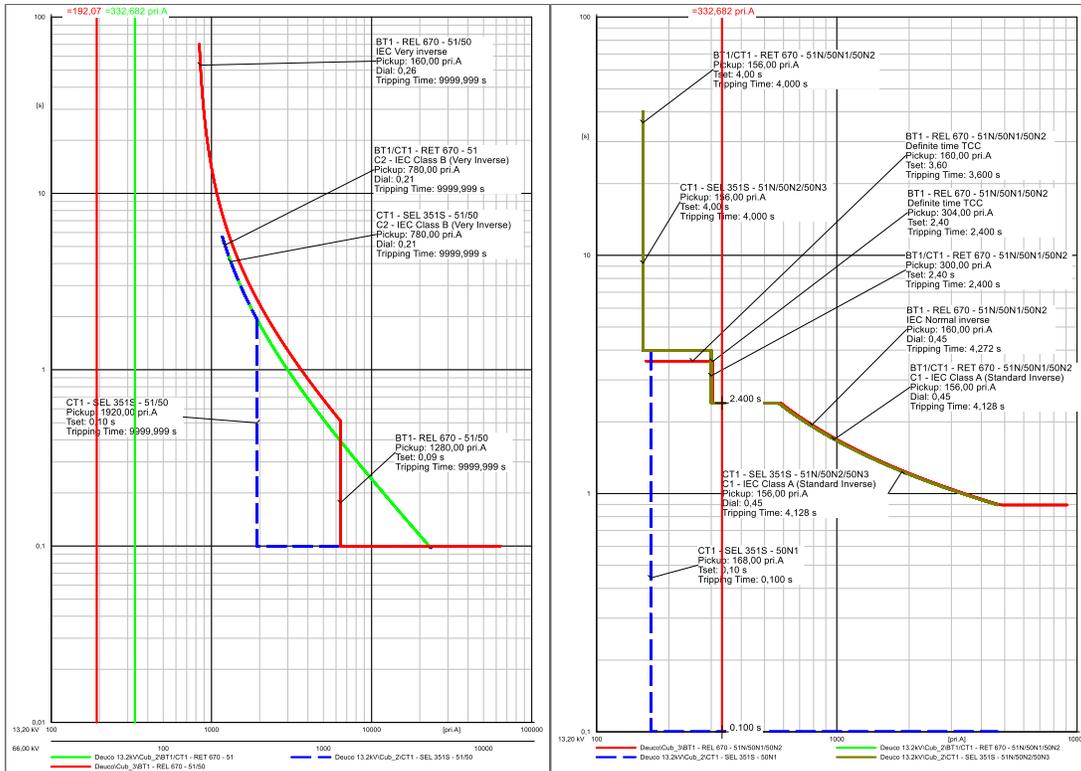


Figura 6-9 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla monofásica 25 [Ohm].

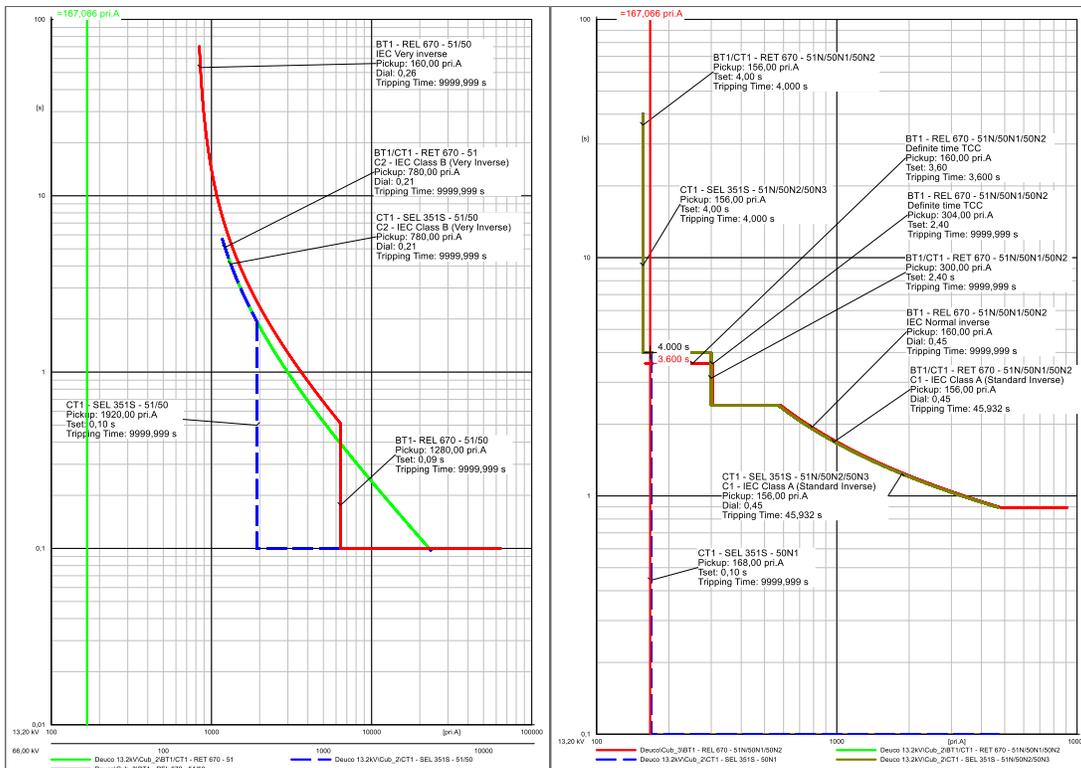


Figura 6-10 Figuras de sobrecorriente de fase y residual, falla monofásica 50 [Ohm].

6.1.3 Diagrama R/X de la función de distancia del transformador en el paño BT1.

Se expone el diagrama R/X de la función de distancia de fase del sistema de protección 2 REL 670 del Paño BT1, ante fallas de tipo trifásica, bifásica, bifásica a tierra y monofásicas a tierra ubicadas en barra MT. No se considera la función de distancia de neutro, debido a que no opera ante fallas en el lado de media tensión del transformador, al no existir corriente de secuencia cero circulando por el lado delta del transformador. Se destaca que los resultados son los mismos para fallas ubicadas en las cabeceras de los alimentadores asociados al transformador N°1 de la S/E Deuco.

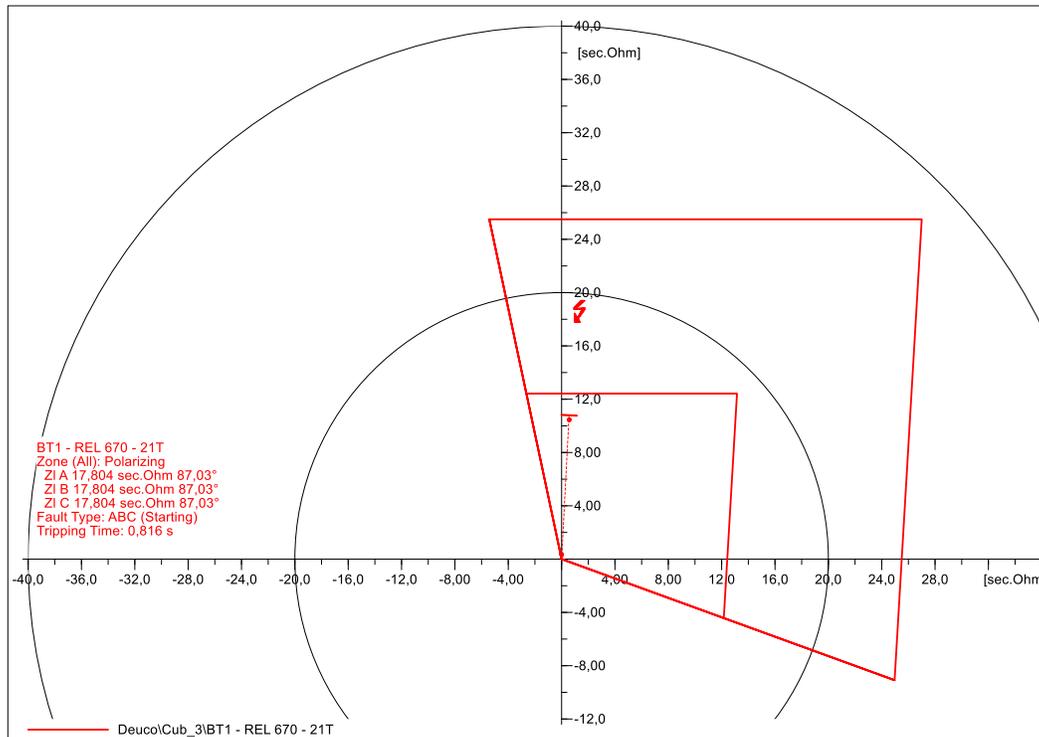


Figura 6-11: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Trifásica.

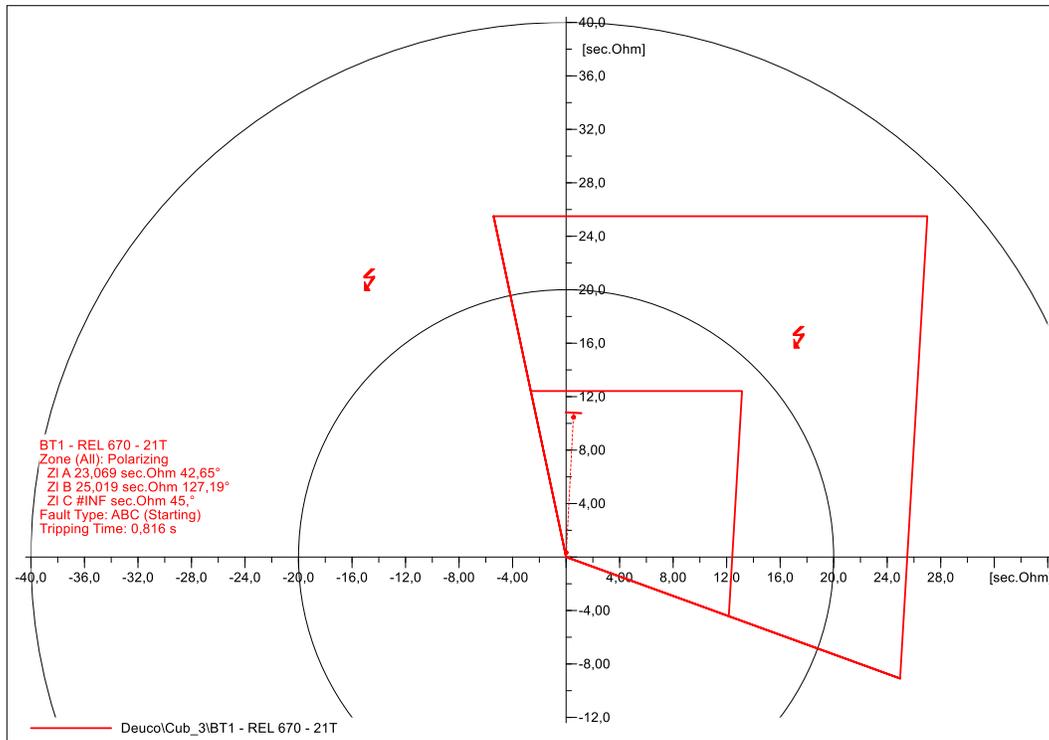


Figura 6-12: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Bifásica.

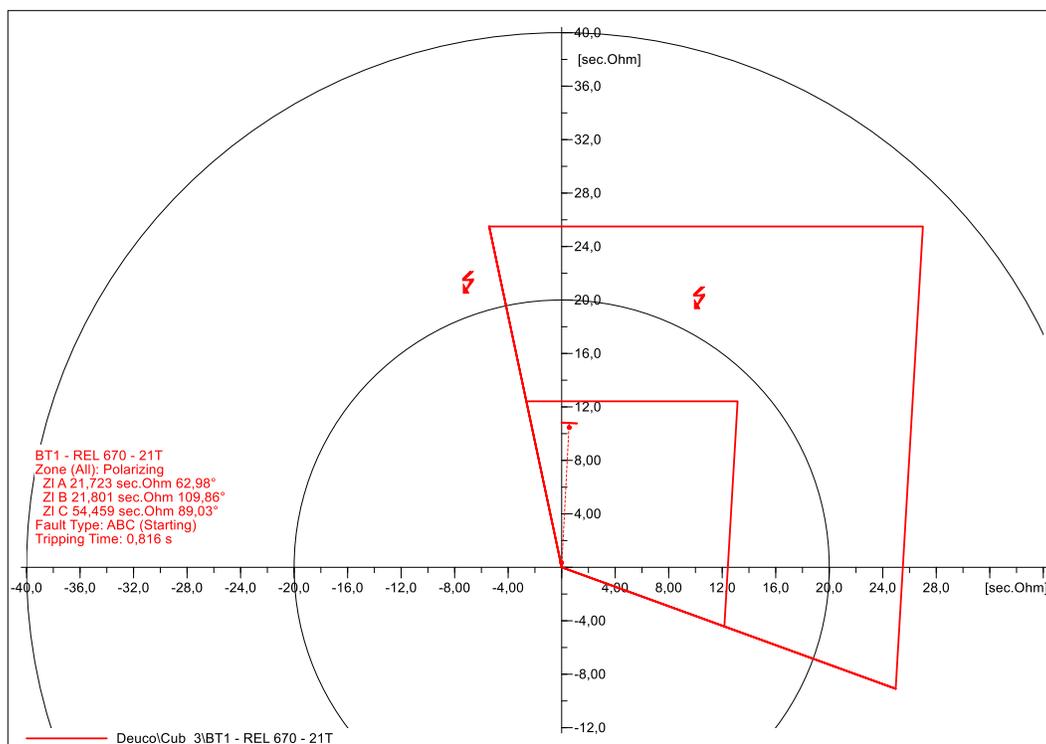


Figura 6-13: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Bifásica a tierra.

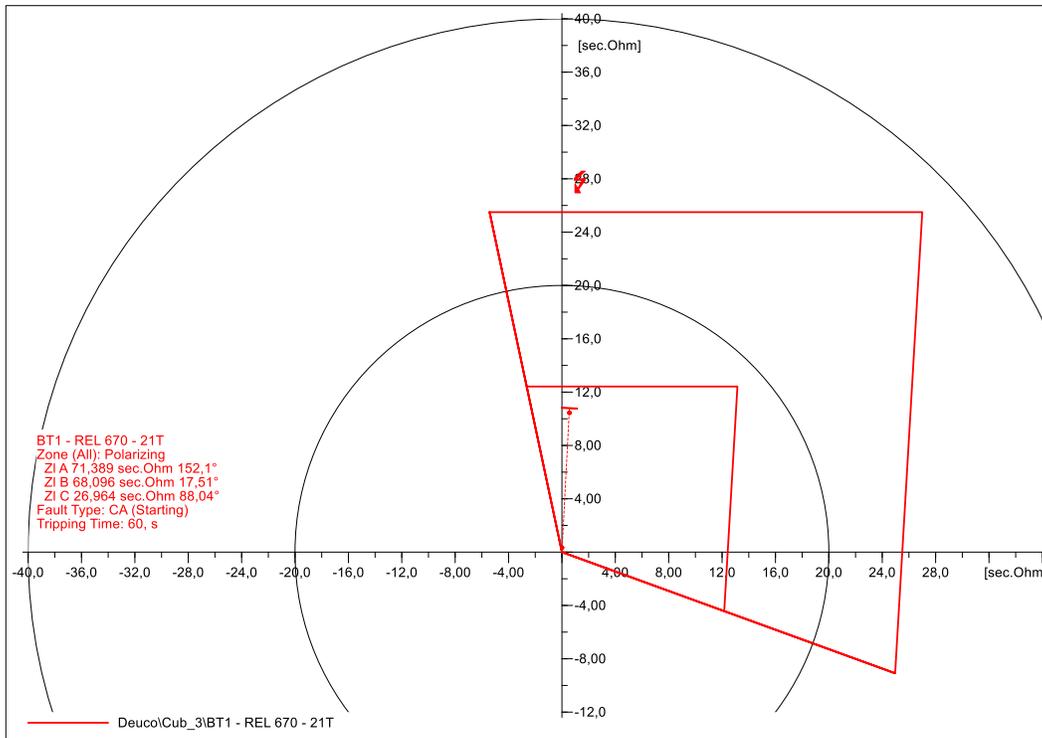


Figura 6-14: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Monofásica a tierra, 0 [Ohm].

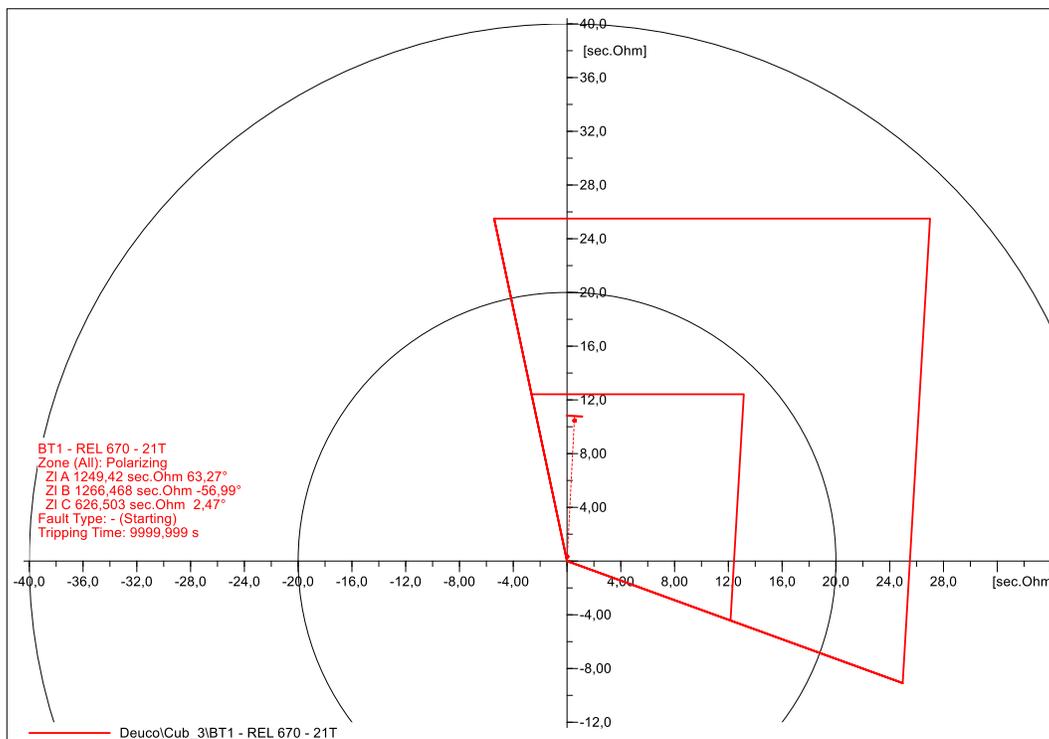


Figura 6-15: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Monofásica a tierra, 25 [Ohm].

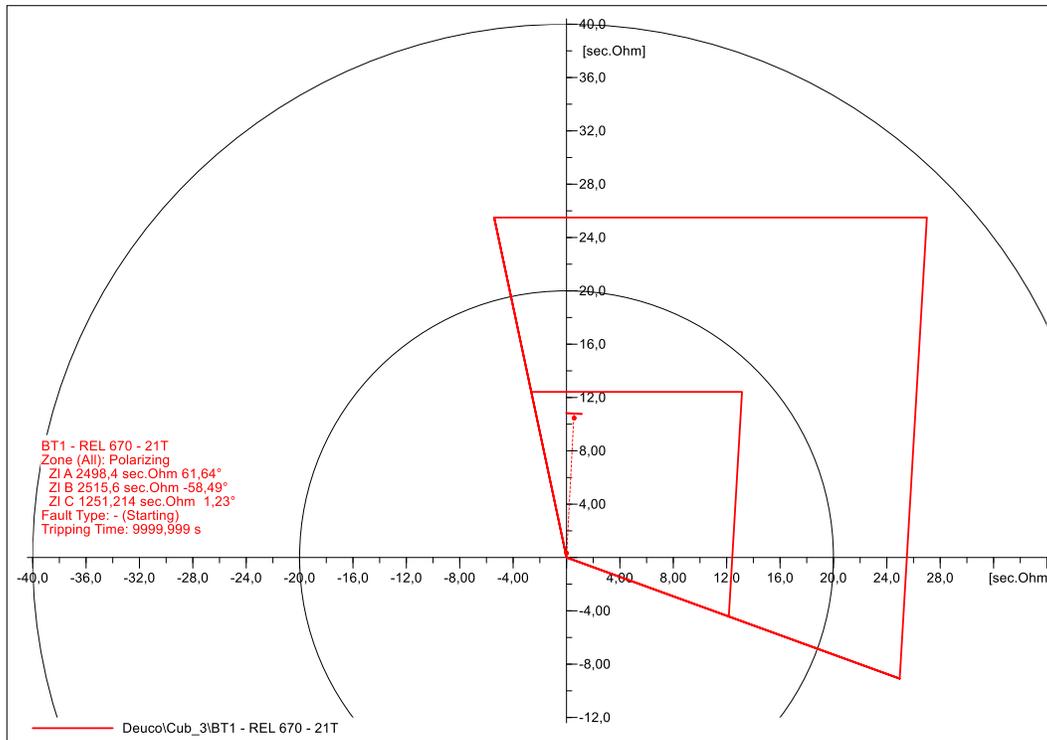


Figura 6-16: Diagrama R/X de la función de distancia del transformador ante una Falla Monofásica a tierra, 50 [Ohm].

6.1.4 Análisis y comentarios

1. Se observa en *Tabla 6-4* que, para falla franca en la barra de media tensión de S/E Deuco, se produce el despeje en un tiempo inferior a 400 [ms] (por la operación de la protección ubicada en el paño CT1 (*Mayor detalle en ítem 6.1.2*). Se destaca que la evaluación ante falla franca en la barra de media tensión considera habilitadas las funciones de sobrecorriente de tiempo definido de fase y residual (50 y 50G), las cuales presentan un bloqueo lógico, denominado “bloqueo adaptativo”, a partir de la detección de fallas en los alimentadores C1, C2 y C3.
2. Se observa en *Tabla 6-4* que para fallas monofásicas con impedancia de 50 [ohm] existen tiempos de paso negativos entre los equipos de protección de los paños BT1 – CT1. Esto evidencia una descoordinación entre los equipos de protección, lo cual afecta la selectividad del sistema de protecciones.
3. Se observa en *Tabla 6-5* que, para fallas bifásicas a tierras y monofásicas a tierra en la cabecera de los alimentadores C1, C2 y C3, existe un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre las protecciones mencionadas y el paño general de media tensión CT1 del transformador N°1 de la S/E Deuco (*mayor detalle en Anexo I del presente documento*). Teniendo en cuenta la normativa vigente, no es posible asegurar la selectividad del sistema de protecciones de la subestación.
4. Se observa en la *Tabla 6-5* que, para distintos tipos de fallas en las cabeceras de los alimentadores, un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre la operación de la protección del paño CT1 y la operación del equipo de protección del paño BT1. Estas operaciones son en respaldo a la operación de los equipos de los paños alimentadores. Esta condición compromete la selectividad del sistema de protecciones, teniendo en cuenta el Art. 5-40 literal e) de la NTSyCS.

6.2 NIVEL DE CORTOCIRCUITO EN LAS BARRAS DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN

A continuación, se expone el nivel de cortocircuito evaluado al ejecutar fallas trifásicas, bifásicas, bifásicas a tierra y monofásicas a tierra en las barras de alta y media tensión de subestación Deuco. Además, se exponen en la Tabla 6-8 las corrientes de fases vistas desde el paño BT1 de la S/E Deuco al ejecutar fallas en la barra de media tensión.

Tabla 6-6: Nivel de cortocircuito en condición de operación para fallas en la barra AT 66[kV] S/E Deuco.

Falla en Barra AT	3F	2F	2F-T	1F-T	1F-T 25 [ohm]	1F-T 50 [ohm]
I_k'' [kA]	3,227	2,628	3,309	3,025	1,328	0,759
3I0 [kA]	-	-	3,184	3,025	1,328	0,759

Tabla 6-7: Nivel de cortocircuito en condición de operación para fallas en la barra MT de 13,2 [kV] de S/E Deuco.

Falla en Barra MT	3F	2F	2F-T	1F-T	1F-T 25 [ohm]	1F-T 50 [ohm]
I_k'' [kA]	5,327	4,52	5,907	5,844	0,333	0,167
3I0 [kA]	-	-	6,76	5,844	0,333	0,167

Tabla 6-8: Nivel de cortocircuito de fases vistas desde el paño BT1 en condición de operación para fallas en la barra MT de S/E Deuco.

Falla en Barra MT	3F	2F	2F-T	1F-T	1F-T 25 [ohm]	1F-T 50 [ohm]
I_k'' fase A [kA] visto en paño BT1	1,065	0,522	0,627	0,675	0,038	0,019
I_k'' fase B [kA] visto en paño BT1	1,065	1,044	1,053	0	0	0
I_k'' fase C [kA] visto en paño BT1	1,065	0,522	0,682	0,675	0,038	0,019

Tabla 6-9: Valores de impedancias y corriente para una falla en la barra de 66 [kV] de la S/E Deuco según base de datos del mes de junio de 2024 del CEN.

Max. Values	
Short-Circuit Power S_k'' max	368,9216 MVA
Short-Circuit Current I_k'' max	3,227227 kA
R/X Ratio (max.)	0,3488799
Impedance Ratio	
Z2/Z1 max.	1,127172
X0/X1 max.	1,146301
R0/X0 max.	0,1186054

6.3 RESUMEN DE HALLAZGOS RELATIVOS A ANÁLISIS DE COORDINACIÓN

Del análisis de coordinación se destacan los siguientes hallazgos relativos al cumplimiento del Art. 5-40 literal e) de la NTSyCS:

- Para fallas bifásicas a tierras y monofásicas a tierra en la cabecera de los alimentadores C1, C2 y C3, existe un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre las protecciones de los paños mencionados y el equipo del paño general de media tensión CT1 del Transformador N°1 de la S/E Deuco.
- Para distintos tipos de fallas en las cabeceras de los alimentadores, existe un tiempo de paso inferior a 300 [ms] entre la operación de la protección del paño CT1 y la operación del equipo de protección del paño BT1. Estas operaciones son en respaldo a la operación de los equipos de los paños alimentadores.
- Para fallas monofásicas a tierra con impedancia de 50 [ohm] existen tiempos de paso negativos entre la protección del paño BT1 y CT1, lo cual evidencia una descoordinación entre las protecciones, esto incumple el Art. 5-40 literal e) de la NTSyCS y además afecta a la selectividad del sistema de protecciones.

Para los hallazgos relativos a la coordinación de operación de equipos de protecciones, se debe analizar y definir nuevos ajustes que permitan cumplir con la normativa vigente. A partir de lo anterior, y como parte de la implementación de eventuales nuevos ajustes, se debe realizar las pruebas de inyección secundaria en los equipos de protecciones intervenidos.

7 CONCLUSIONES

El alcance de los análisis y conclusiones de la auditoría técnica realizada a S/E Deuco, se circunscribe a los equipos de protecciones, la consistencia con su información técnica recibida (planos elementales de control, diagramas unilineales, ECAP, entre otros), a sus parámetros y lógicas programadas, alambrados en sus bornes, lectura de sus medidas analógicas con carga, y finalmente al desempeño del hardware y software de los equipos de protecciones a partir de las pruebas de inyección secundarias realizadas por el coordinado en terreno.

Concluido el proceso de auditoría técnica, se considera dentro del plan de acción de resolución de hallazgos, la ejecución de las siguientes actividades no abordadas:

- Para la protección ABB REL670 del paño BT1, no se realiza la verificación de las funciones 50N y 51N relacionadas al bloque "CVGAPC:4", por lo que se debe elaborar un plan de acción para la verificación de estas.

De los hallazgos evidenciados durante el proceso de auditoría, se pueden destacar los siguientes hallazgos relevantes:

- Para la protección ABB REL670 del paño BT1, no se realiza la verificación de las funciones 50N y 51N relacionadas al bloque "CVGAPC:4", por lo que se debe elaborar un plan de acción para la verificación de estas.

De los hallazgos evidenciados durante el proceso de auditoría, se pueden destacar los siguientes hallazgos relevantes:

- En relación con la protección del lado de alta del transformador (paño BT1) están habilitadas las funciones de sobrecorriente neutro 50N y 51N, y son utilizadas en la matriz de disparo, sin embargo, durante la auditoría estas funciones no fueron probadas. Además, se observa que el ajuste de sus salidas binarias no concuerda con lo indicado por los diagramas elementales
- Se destaca que las protecciones de los paños CT1, C1, C2 y C3 cuentan con más de un grupo de ajustes configurados en su ajuste, no obstante, el ECAP no lo define así. Por otra parte, las protecciones de los paños C1, C2 Y C3 presentan las funciones 50P1P y 50G1P habilitadas, lo cual no se encuentra definido por el ECAP, y es parte de la lógica de reconexión.
- Es necesario actualizar la base de Infotécnica con el informe de ajustes o ECAP relacionado.

Respecto al cumplimiento normativo de las protecciones auditadas, y dada la fecha de construcción de la instalación, se destaca que los análisis del presente informe relacionados con el Anexo Técnico

Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión³ utilizan como referencia la NTSyCS publicada en diciembre del 2019, considerando lo indicado en el artículo 118 del Anexo. A continuación, se presenta un resumen de los principales hallazgos relacionados con esta normativa técnica:

- Artículo 3-24, literal b), numeral III: los tiempos de despeje de la protección dispuesta en el paño CT1 para fallas en la barra de media tensión son inferiores a 400 [ms], lo que cumple con lo establecido en el artículo indicado.
- Artículo 3-24, literal c): Las protecciones del transformador N°1 presentan un esquema de protección diferencial simple y uno de respaldo a través de las funciones 21 y 51, entre otras, lo cual cumple con lo exigido en la normativa técnica.
- Artículo 3-24, inciso final: Las protecciones auditadas se encuentran sincronizadas con un equipo de referencia horaria por GPS. Además, estas permiten el registro de eventos y oscilográficos de acuerdo con la normativa técnica.

El cumplimiento normativo no relacionado con las Exigencias de Diseño de Instalaciones de Transmisión considera la verificación de la NTSyCS-2020. Dentro del análisis normativo se destaca:

- Artículo 5-40, literal e): la coordinación de tiempos de las protecciones de los paños C1, C2 y C3, no cumplen con los tiempos de paso respecto de la protección del paño CT1 definidos por la norma técnica.
- Artículo 24 – Anexo Técnico Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento⁴: La información provista desde el coordinado para el Coordinador, a través de la base Infotécnica, no cuenta con el ECAP vigente de ninguno de los paños auditados ni los Print Out para los paños alimentadores y paño general de media tensión. Esta situación no cumple con lo exigido en la normativa técnica.

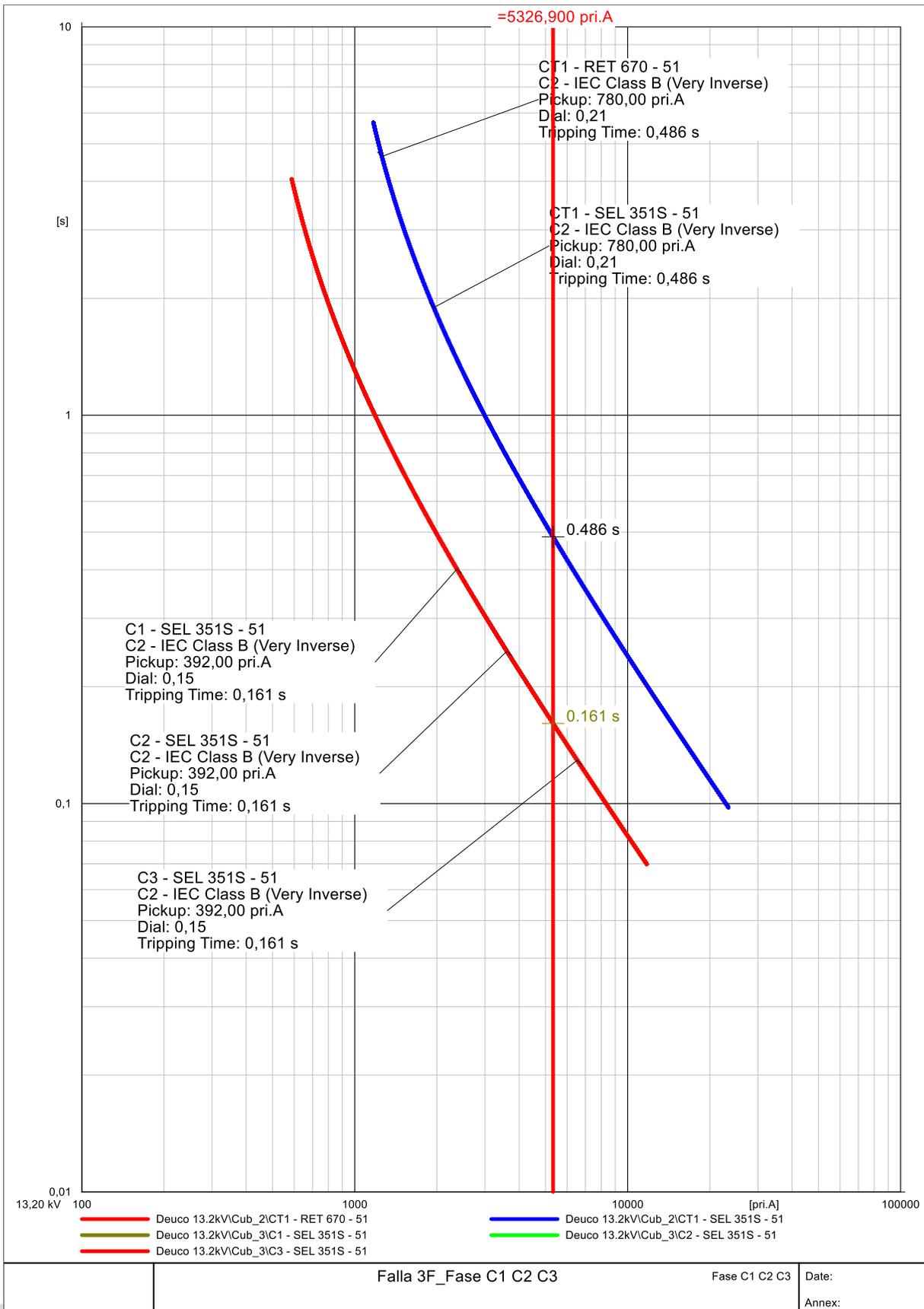
Finalmente, se sugiere que las instrucciones y recomendaciones indicadas en este documento sean analizadas por STS y extendidas a otras instalaciones no necesariamente inspeccionadas en el marco de este proceso de auditoría técnica, y que hayan sido diseñadas y construidas bajo los mismos criterios técnicos y de S/E Deuco.

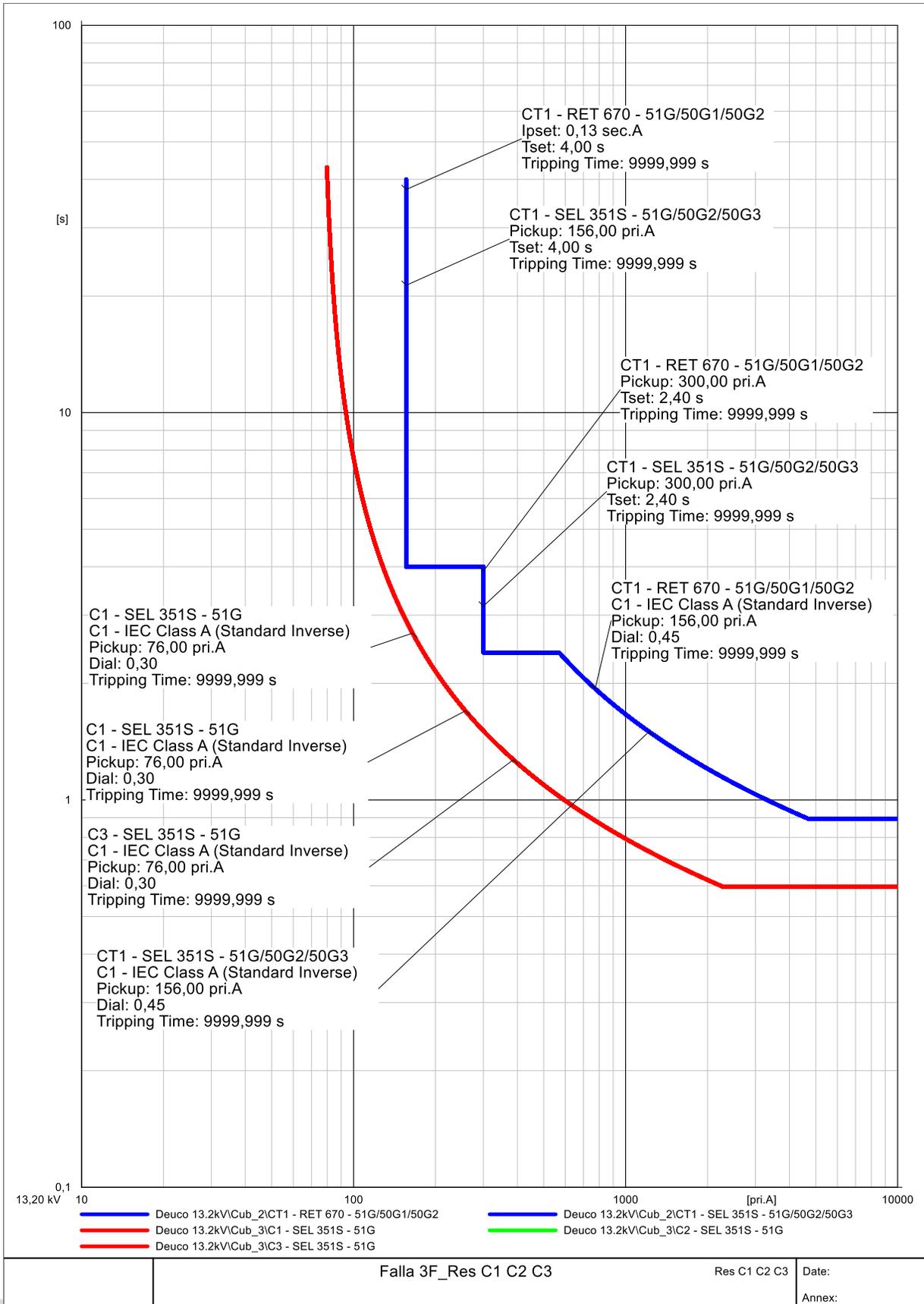
³ EMDIT: Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión.

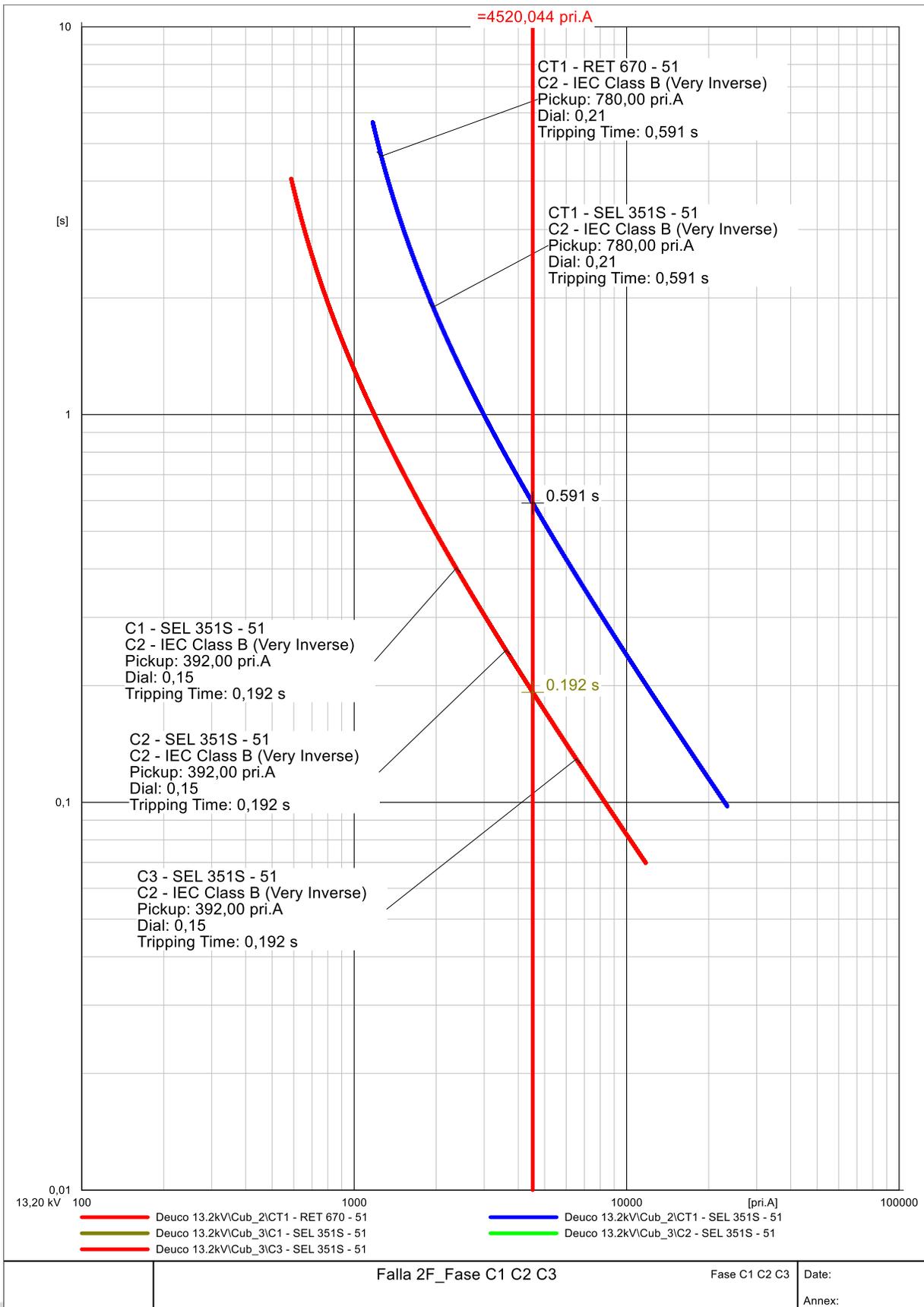
⁴ ITDIE: Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento

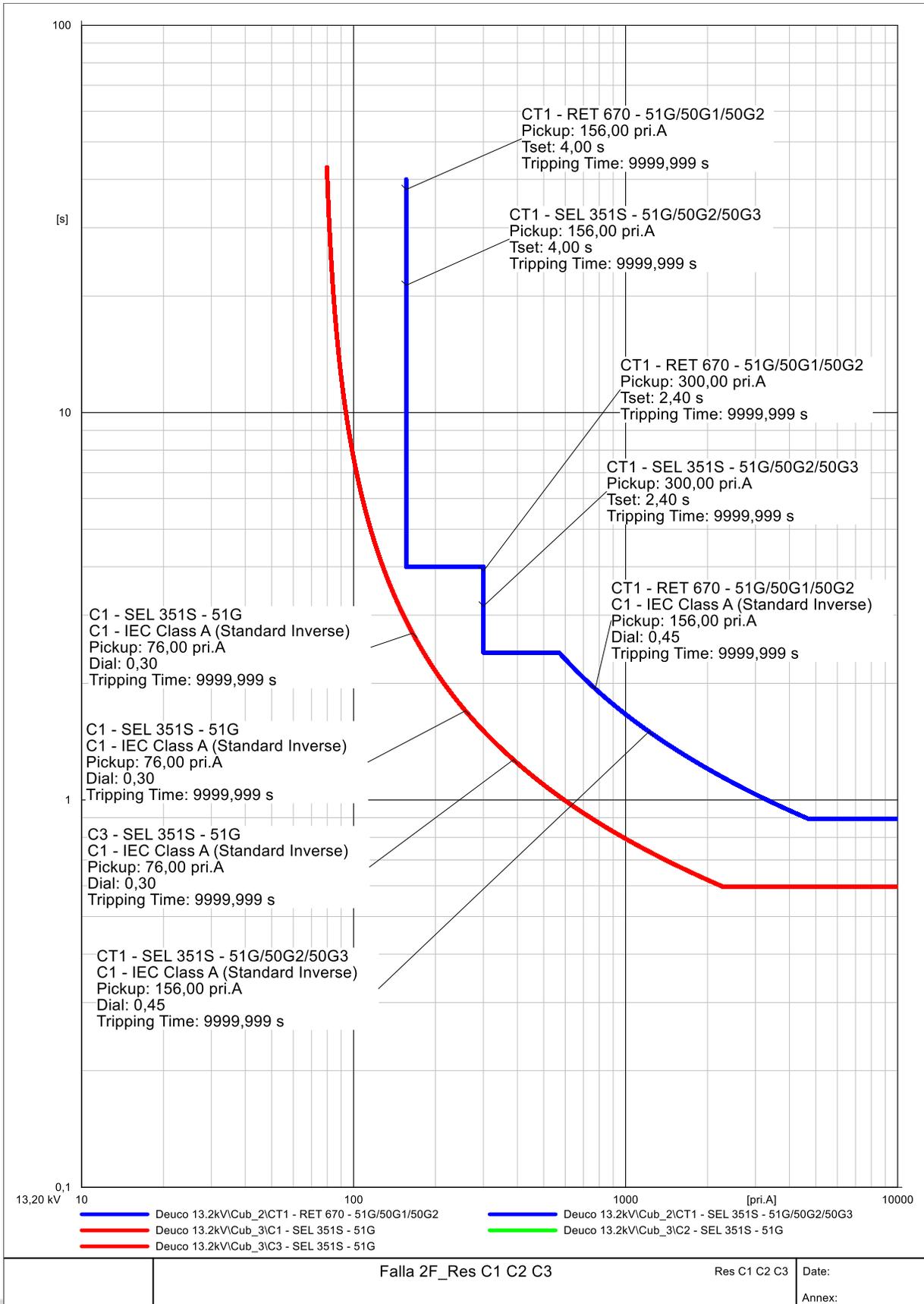
ANEXO I – CURVAS DE SOBRECORRIENTE ALIMENTADORES

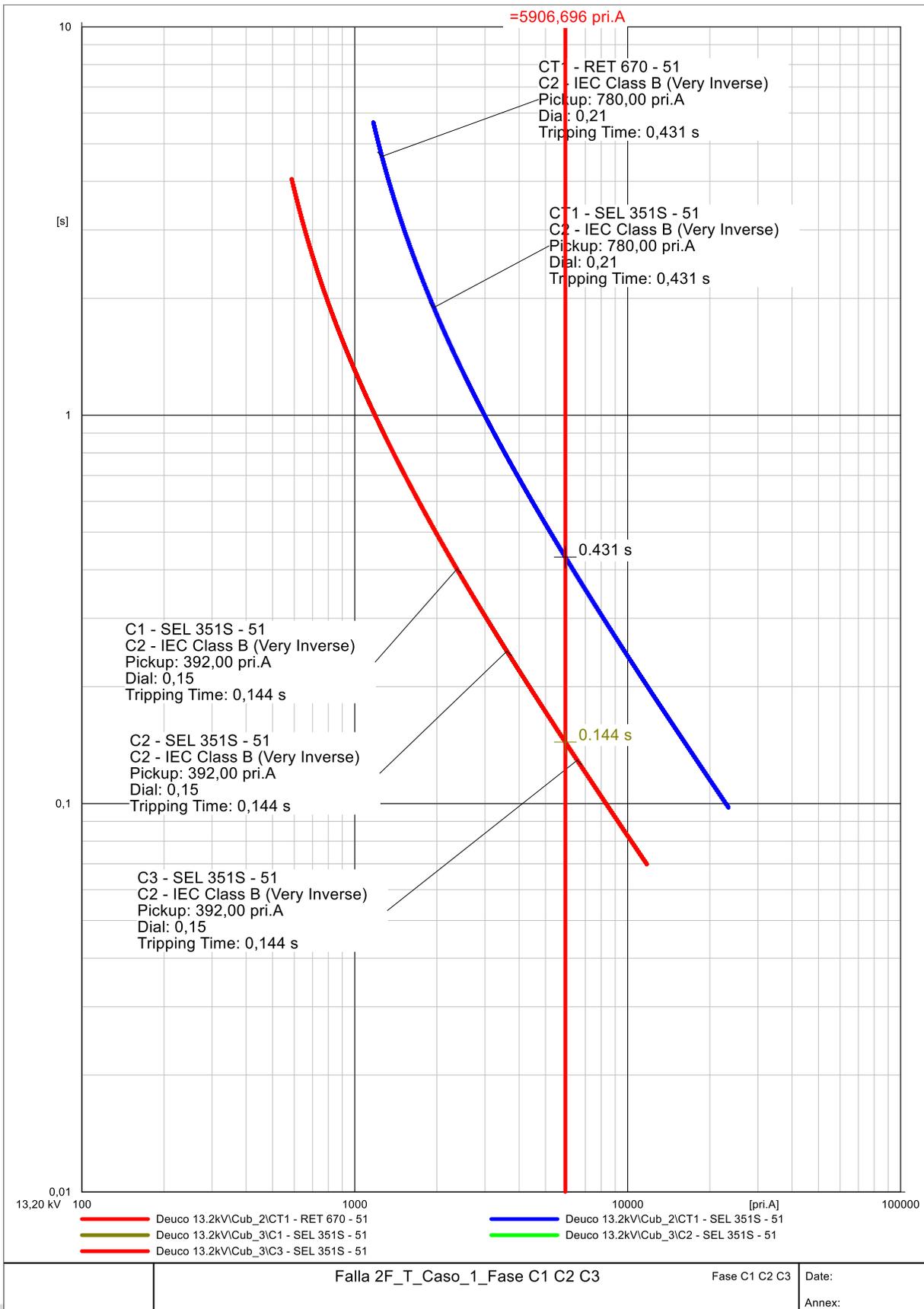
Se destaca que los ajustes de los alimentadores C1, C2 y C3 son homólogos entre sí, por lo que se exponen en un solo diagrama tiempo corriente para cada falla analizada.

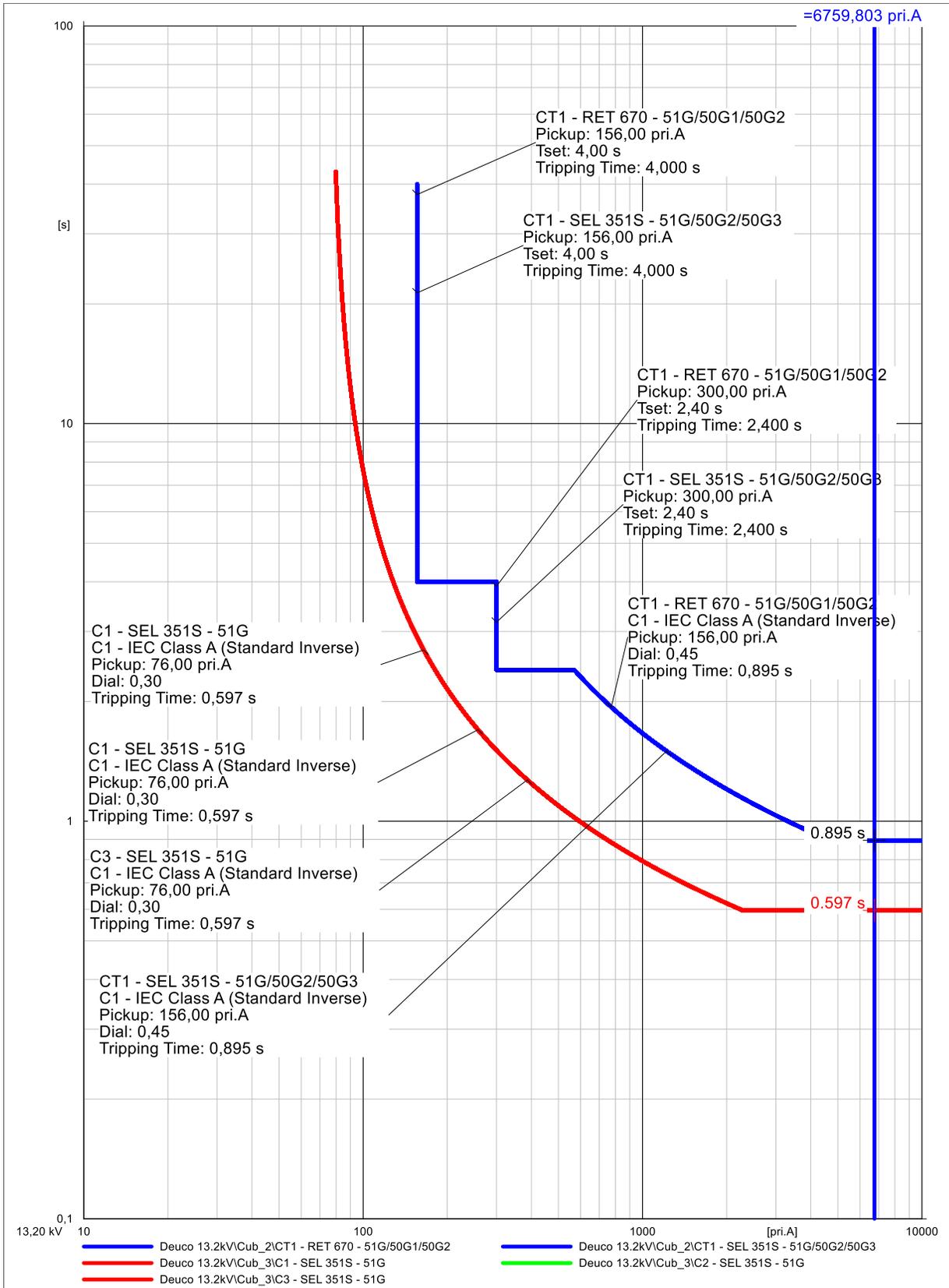




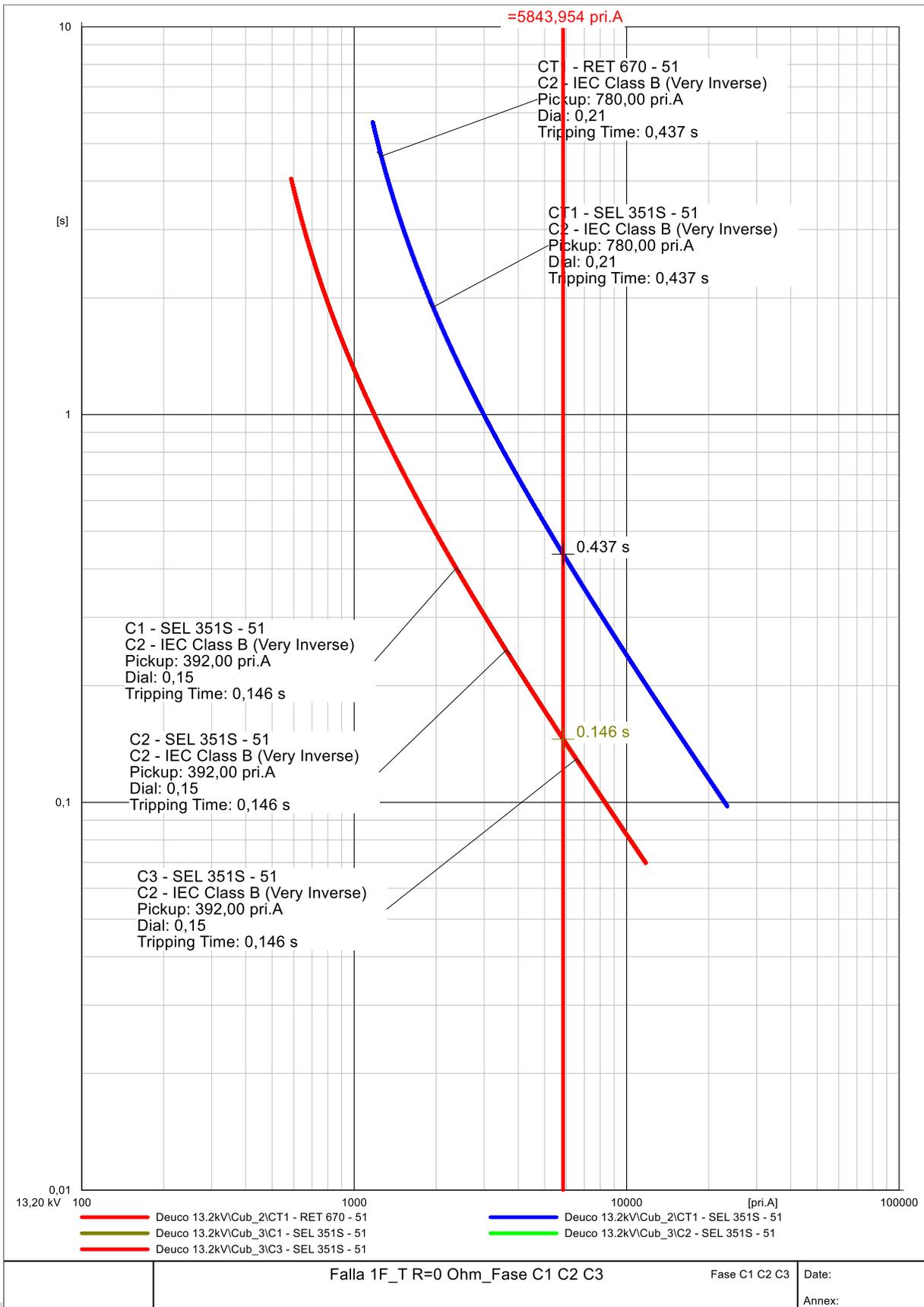


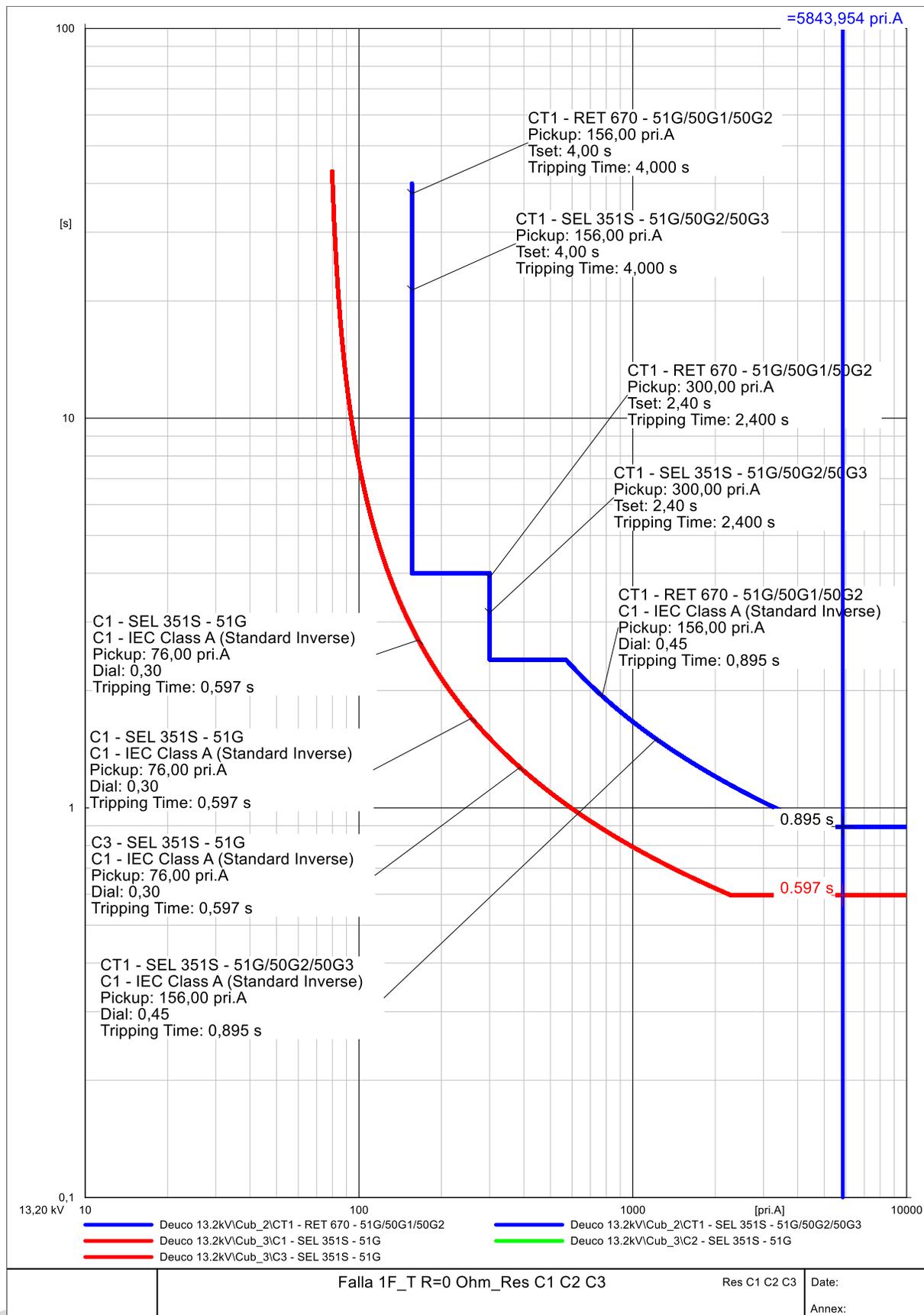


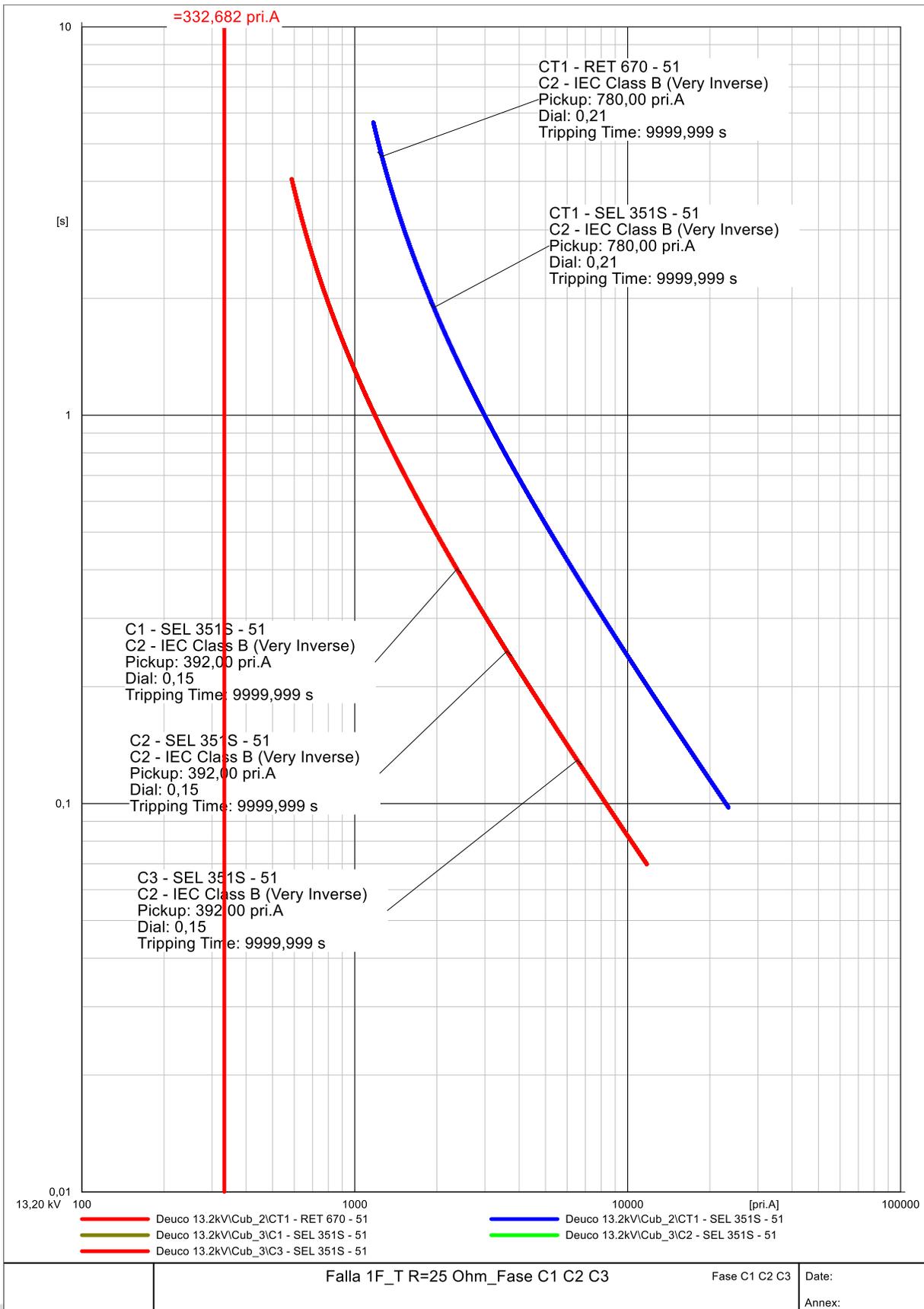


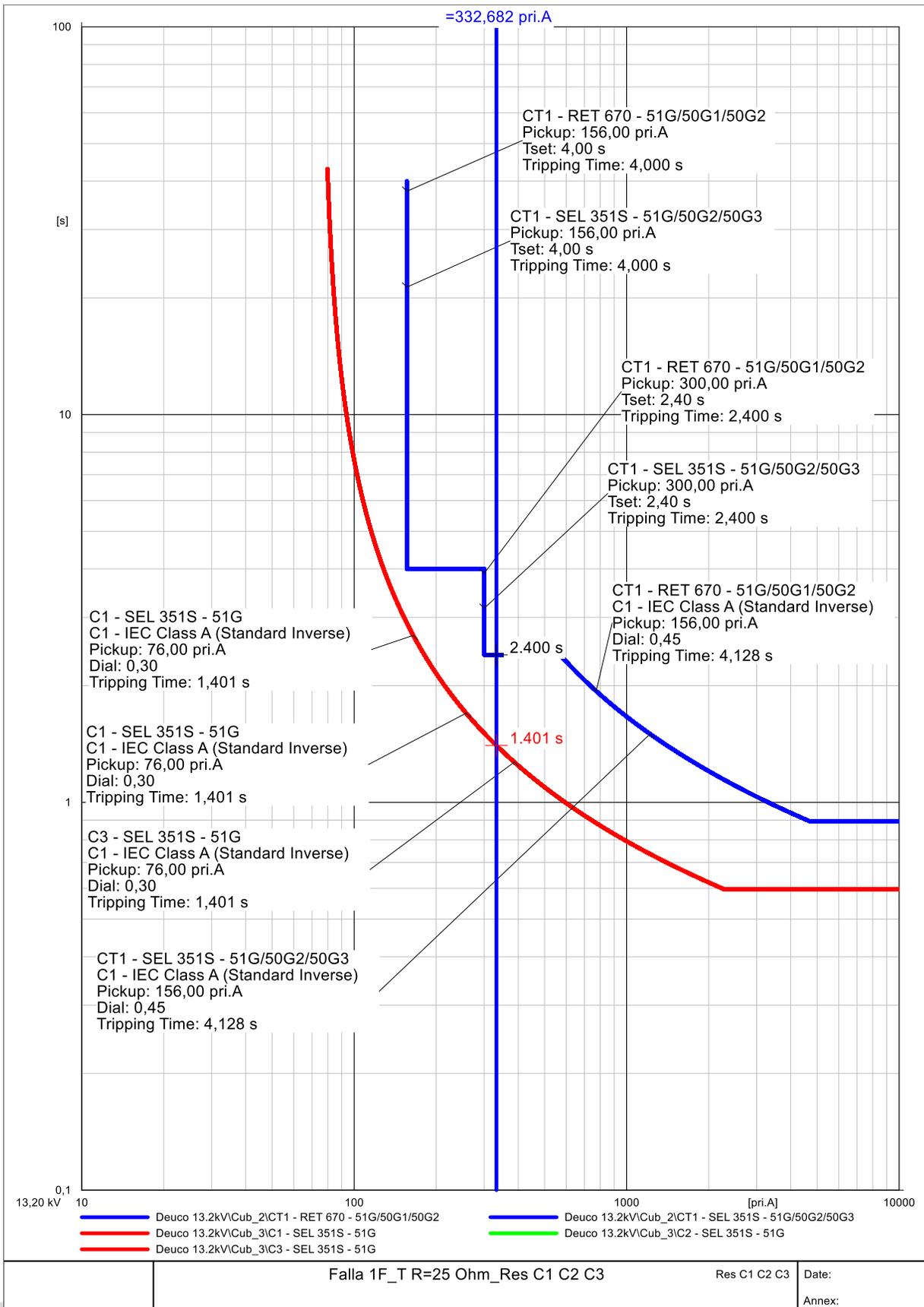


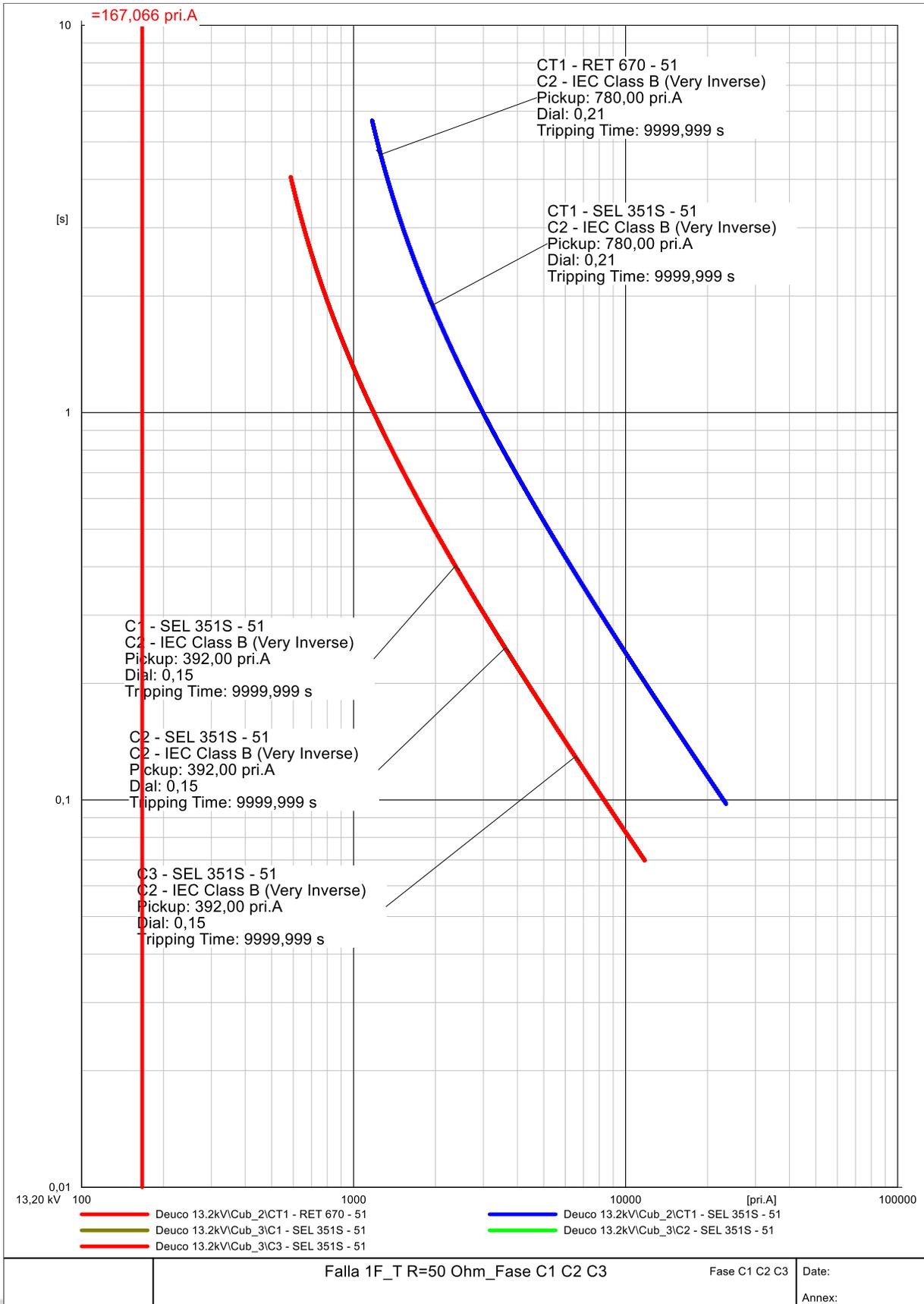
Falla 2F_T_Caso_1_Res C1 C2 C3		Res C1 C2 C3	Date:
			Annex:

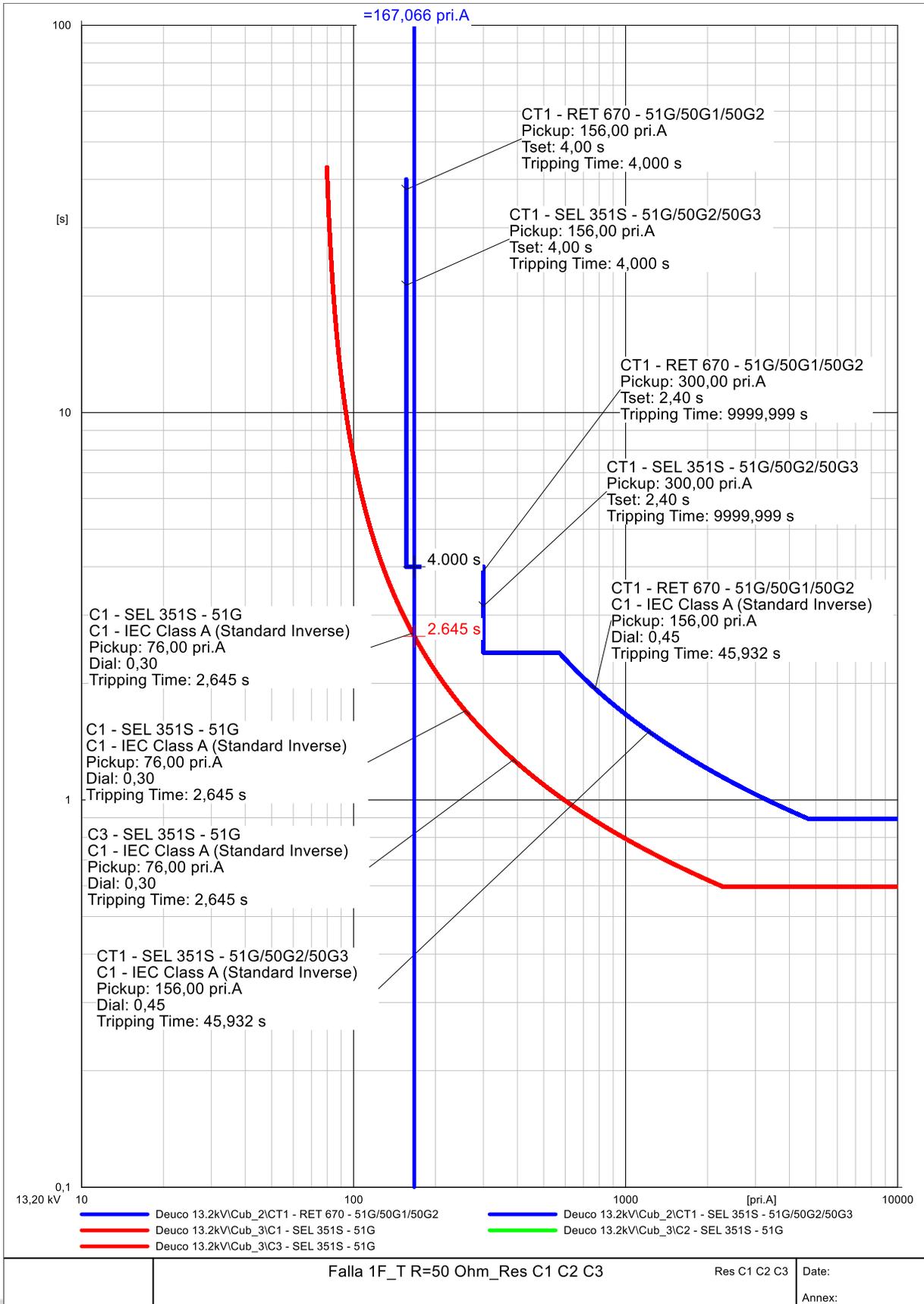




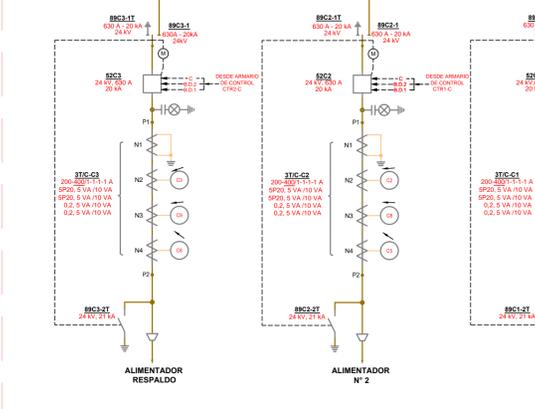
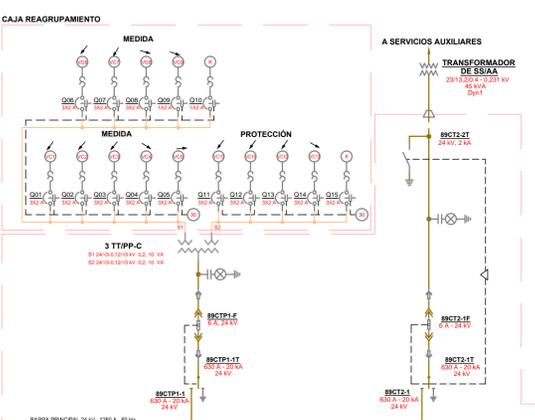
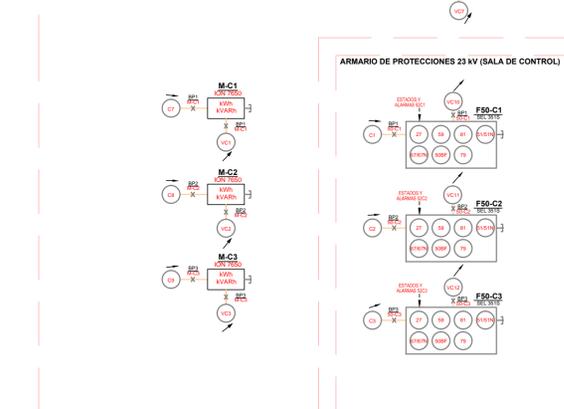
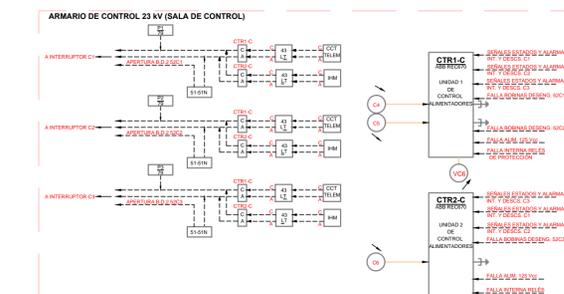
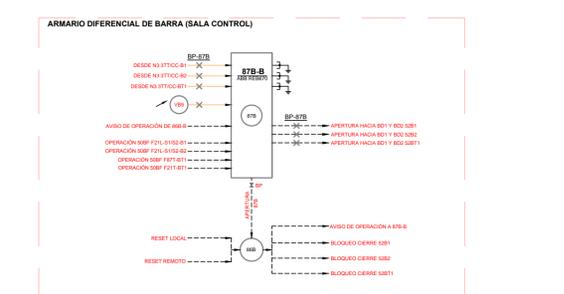
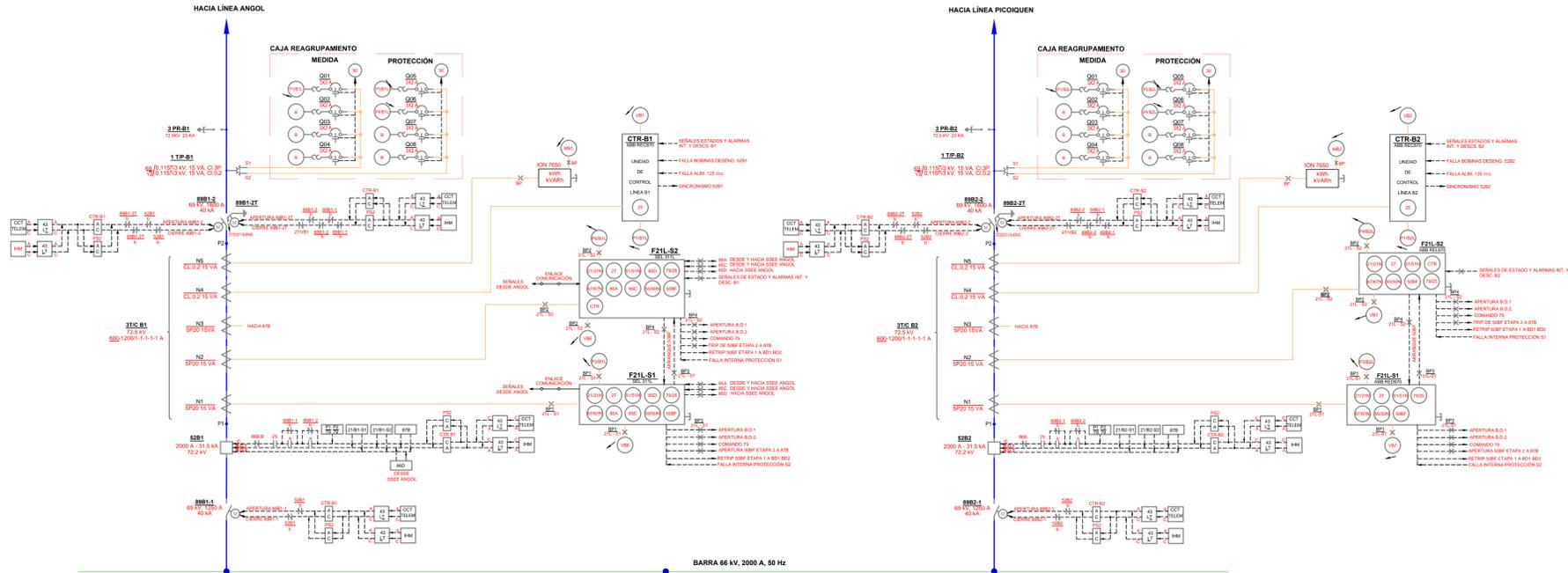
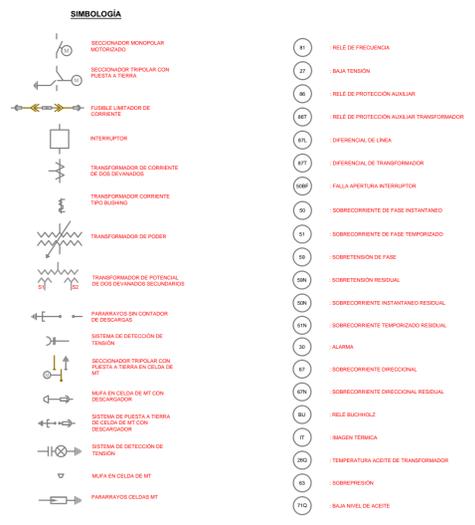








ANEXO II – DIAGRAMA UNILINEAL



TRANSFORMADOR N°1 (RHONA)

69 ±10% / 24 - 13.8 kV / 12-16 MVA

Z = 6.5 % (24 kV) - 6.7 % (13.8 kV)

50 Hz CTBC

Dyn11

NOTAS:

LOS EQUIPOS DE LA CELDAS SON DE UNA CAPACIDAD NOMINAL DE 24 kV, PERO LA TENSION DE SERVICIO SERA DE 13.2 kV NOMINAL.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION
3	MAY-2018	APTO PARA CONSTRUCCION
2	MAY-2018	APTO PARA CONSTRUCCION
1	FEB-2018	APTO PARA CONSTRUCCION
0	DIC-2017	APTO PARA CONSTRUCCION
E	DIC-2017	SEGUN COMENTARIOS CLIENTE
D	DIC-2017	SEGUN COMENTARIOS CLIENTE
C	DIC-2017	SEGUN COMENTARIOS CLIENTE
B	DIC-2017	EMISION ORIGINAL

PROPIETARIO			PROYECTO		
EMPRESA ELÉCTRICA DE LA FRONTERA S.A.			SUBESTACION DEUCO		
ACTIVIDAD	NOMBRE	FECHA	66/13.2 kV, 16 MVA		
PROYECTO	N. ORTIZ	FEB-2018	PLANO		
DIBUJO	D.MEJÍA	FEB-2018	DIAGRAMA GENERAL UNILINEAL		
REVISÓ	J. LOPERA	FEB-2018	FUNCIONAL		
APROBÓ	I. LONDOÑO	FEB-2018	N° DE PLANO		
PROYECTO N°	100-TT-014-03	ESCALA	REVISIÓN	N° DE PLANO	SE014R019-P-EE-00-002