



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO DE FALLOS POR CORTOCIRCUITO EN
LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN

Jaime Alberto Alzate Osorio ✉ jaalzateo@unal.edu.co

Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales
Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Maestría en Ingeniería Eléctrica
Manizales - Colombia

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO DE FALLOS POR CORTOCIRCUITO
EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN

Jaime Alberto Alzate Osorio ✉ jaalzateo@unal.edu.co

Trabajo final como requisito para optar al título de

Magister en Ingeniería – Eléctrica

Tutor: Nicolás Toro Doctor (PhD)

Co-Director: Darwin Fabio Marín Yépez Magíster (MSc)

Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación

Maestría en Ingeniería Eléctrica

Manizales - Colombia

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CHARACTERISATION AND MODELLING OF SHORT-CIRCUIT FAULTS IN
ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS

Jaime Alberto Alzate Osorio ✉ jaalzateo@unal.edu.co

Trabajo final como requisito para optar al título de

Magister en Ingeniería – Eléctrica

Asesor: Nicolás Toro Doctor (PhD)

Co-Director: Darwin Fabio Marín Yépez Magíster (MSc)

Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación

Maestría en Ingeniería Eléctrica

Manizales - Colombia

2023

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para optar al título de Magister en Ingeniería Eléctrica.

Jurado

Jurado

Manizales, 2 de Febrero de 2023

Dedicatoria

Este trabajo quiero dedicárselo primero que todo a DIOS por todos los favores recibidos durante toda mi vida y en la resolución de este proyecto de grado, a mis padres por el apoyo que me han brindado para sacar adelante mis sueños, a mi hijo Agustín y a mi esposa Luisa por brindarme todas esas bendiciones en el día a día de nuestras vidas.

Agradecimientos

Agradecer al profesor Nicolás Toro por el apoyo brindado, a el Ingeniero y amigo Darwin Fabio Marín Yépez por brindarme sus conocimientos en los temas relacionados con este proyecto, a mis padres que siempre están ahí para que afiance mis conocimientos tanto cognitivo como espiritual, a mis hermanos, a mi mujer, a mi hijo Agustín por llegar a este mundo y a todas aquellas personas que siempre me apoyaron, confiriéndome las fuerzas necesarias para la culminación de este proyecto de grado, que me sirvió para ampliar mi interés por los diferentes conceptos, para desarrollos futuros y por ultimo a la empresa de Ingeniería OTACC por facilitarme el circuito para realizar los estudios.

Resumen

En este proyecto se presenta el desarrollo del modelado de la corriente por cortocircuito a partir de los diferentes métodos que existen para la resolución de fallas en los diferentes componentes que integran las redes eléctricas de distribución. Se desarrolla el cálculo de corrientes por cortocircuito usando los métodos adoptados por la normativa del Instituto Nacional estadounidense de Estándares (ANSI), El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) y la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Con el cálculo de la corriente de cortocircuito se establecen las características de los sistemas de protección, las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes del circuito que se eligió para realizar las pruebas y de esta forma verificar las fallas que se presentan en el sistema por cortocircuito, partiendo de un circuito de la IEEE. Así mismo al realizar las diferentes pruebas de cortocircuito en el diagrama unifilar seleccionado (Sistema IEEE Std 3002.3TM-2018), se establecen las medidas necesarias para evitar daños tanto térmicos como mecánicos en los componentes de la red; teniendo en cuenta los diferentes escenarios para buscar las diversas señales de acuerdo con su configuración y los distintos valores de potencia, corriente, tensión, resistencia etc. A partir de los parámetros de los componentes de los sistemas se realizará el modelado en el software ETAP para el circuito industrial de la Norma IEEE Std 3002.3TM-2018 y un sistema de bombas de inyección de agua para un pozo petrolero, que entregara los resultados que se obtienen al simular los circuitos y la caracterización de las diferentes fallas encontradas en los circuitos.

Palabras claves: Corrientes de Cortocircuito, Sistemas de protección, fallas por cortocircuito, modelado, sistemas de distribución.

Abstract

This project presents the development of short-circuit current modeling based on the different methods that exist for the resolution of faults in the different components that make up the electrical distribution networks. The short-circuit current calculation is developed using the methods adopted by the American National Standards Institute (ANSI), the Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE) and the International Electrotechnical Commission (IEC). With the calculation of the short-circuit current, the characteristics of the protection systems are established, the technical specifications of each of the components of the circuit that was chosen for testing and thus verify the failures that occur in the system by short circuit, based on a circuit of the IEEE. Likewise, when performing the different short-circuit tests in the selected single-line diagram (IEEE Std 3002.3™-2018 System), the necessary measures are established to avoid both thermal and mechanical damages in the network components; taking into account the different scenarios to look for the different signals according to their configuration and the different values of power, current, voltage, resistance, etc. From the parameters of the components of the systems, the modeling will be performed in ETAP software for the industrial circuit of the IEEE Std 3002.3™-2018 Standard and a system of water injection pumps for an oil well, which will deliver the results obtained by simulating the circuits and the characterization of the different faults found in the circuits.

Key words: short circuit currents, protection systems, short circuit faults, modeling, distribution systems.

Contenido

Capítulo 1 Introducción.....	19
1.2 Antecedentes.....	21
1.3 Planteamiento del problema	24
1.4 Justificación	25
1.5 Objetivos.....	27
1.5.1 Objetivo general.....	27
1.5.1.1 Objetivos específicos	27
Capítulo 2 Marco teórico	28
2.1 Flujo de Carga.....	28
2. 2 Recomendaciones para realizar el flujo de carga en un circuito	31
2.3 Análisis de los resultados del flujo de carga	33
2.4 Generalidades del estudio de flujos de potencia:.....	34
2.5 Comparación de las técnicas de solución de flujo de carga.....	35
2.6 Criterios de seguridad, confiabilidad y calidad:.....	35
2.7 Corriente de Cortocircuito.....	36
2.8 Objetivos del análisis de cortocircuitos	37
2.9 Descripción de la Corriente de Cortocircuito.....	38
2.10 Cálculos de cortocircuito	39
2.10.1 Corriente de cortocircuito disponible.....	39
2.11 Tipos de cortocircuitos	45
2.11.1 Cortocircuito Trifásico:.....	45
2.11.2 Cortocircuito Bifásico sin contacto a Tierra:	46
2.11.3 Cortocircuito Bifásico con contacto a Tierra:	47

2.11.4 Cortocircuito monofásico a Tierra:	48
2.12 Contribuciones de las Maquinas síncronas al Cortocircuito.....	49
2.12.1 Generadores síncronos.....	51
2.12.2 Condensadores síncronos.....	51
2.12.3 Motores síncronos.	51
2.13 Máquinas de Inducción.....	53
2.14 Norma IEC 60909	56
Capítulo 3: Método para hallar el cortocircuito	57
3.1 Método de las componentes simétricas.....	58
Capítulo 4: Descripción de los componentes de los sistemas utilizados.	60
4.1 Transformadores.....	62
4.2 Líneas de distribución	63
4.3 Red radial:.....	63
4.4 Red mallada o en lazo	64
4.5 Red Lazo-Radial o Mixto	65
4.6 Protecciones	66
4.7 Relés Térmicos:	66
4.8 Relé de Fase	67
4.9 Interruptor.....	67
4.9.1 Interruptor Termomagnetico	68
4.10 Fusibles.....	68
4.11 Relés de Sobre corrientes.....	69
4.12 Relés electrónicos Multifunción.....	69
4.13 Generadores eólicos	69

4.14 Generadores solares.....	69
4.15 Generación hidroeléctrica.	70
4.16 Generadores Síncronos.	71
Capítulo 5: Metodología	72
5.1 Actividades a desarrollar	72
5.2 Desarrollo del circuito en el Software Etap.....	72
5.3 Modelamiento del sistema.....	80
5.3.1 Datos de Entrada de Generación Síncrona.....	80
5.3.2 Datos de entrada equivalente de red:.....	80
5.3.3 Datos de Entrada al sistema transformadores.....	81
5.3.4 Modelado de los alimentadores:.....	81
5.3.5 Modelado de motores de inducción:	83
5.4 Ejemplos de arranques de motores de la norma IEEE.....	93
5.4.1 Arranque de motor compresor A	93
5.4.2 Arranque de motor compresor B	94
5.4.3 Comparación de arranques de los dos generadores del sistema.....	94
5.5 Sistema de inyección de bombas de agua.....	96
5.5.1 Objeto:.....	96
5.5.2 Esquema general del sistema eléctrico 34.5 kv:	96
5.5.3 Descripción del sistema eléctrico:	97
5.5.4 Bombas principales – power room 8:.....	97
5.5.5 Bombas booster – power room 3:.....	98
5.6 Modelamiento del sistema:.....	100
5.6.1 Datos de entrada equivalente de red:.....	100

5.6.2 Datos de entrada de los transformadores:.....	100
5.6.3 Modelado de los alimentadores:.....	101
5.6.4 Modelado de motores de inducción:	101
5.7 Generalidades del estudio de flujos de potencia:.....	102
5.7.1 Bombas Principales:.....	103
5.7.2 Bombas Booster:.....	105
5.8 Análisis de resultados:	116
5.9 Topologías analizadas:	116
5.9.1 Cargabilidad de transformadores y líneas:	116
Capítulo 6: Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.....	120
6.1 Conclusiones del circuito Industrial de la IEEE.	120
6.2 Conclusiones del circuito bombas de Inyección:.....	121
6.3 Trabajos Futuros.....	123
Bibliografía.....	124
Anexos de flujos de carga para los diferentes escenarios:	127
Anexos de cortocircuito para los diferentes escenarios:.....	197

Lista de tablas

Tabla 1: Parámetros que se deben ingresar en el software utilizado [23].	60
Tabla 2: Relés de Sobrecorrientes.	69
Tabla 3: Datos de Generación entregados por la Norma IEEE.	80
Tabla 4: Datos de entrada para el equivalente de Red	80
Tabla 5: Datos de entrada transformadores de dos devanados utilizados en el software dados por la norma IEEE.	81
Tabla 6 Datos de modelado de cables.	82
Tabla 7: Datos de Entrada de Maquinas de Inducción.	83
Tabla 8: Datos del transformador de tres devanados.	84
Tabla 9: Datos de motor síncrono [3]	84
Tabla 10: Datos de entrada de la carga	85
Tabla 11: Datos de entrada variador de Velocidad [3].	85
Tabla 12: Datos de entrada UPS.	85
Tabla 13: Escenarios de análisis en el estudio de flujos de potencia.	86
Tabla 14: Parámetros para el modelamiento del modelo de red. (Software ETAP).	100
Tabla 15: Parámetros de entrada de los transformadores	101
Tabla 16: Parámetros de los motores de 6000HP para bombas principales y de 600 HP para bombas booster.	102
Tabla 17 : Escenarios de análisis en el estudio de flujos de potencia discriminados por bombas principales y bombas booster.	103
Tabla 18 Escenarios de análisis bombas principales.	104
Tabla 19 Escenarios de análisis bombas booster.	105

Tabla 20 Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “operación normal”	106
Tabla 21 Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “operación normal”	107
Tabla 22: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1”	108
Tabla 23: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1”	109
Tabla 24: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2”	110
Tabla 25: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2”	111
Tabla 26: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX 7593A”	112
Tabla 27: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A”	113
Tabla 28 Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX 7593A”	114
Tabla 29: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX 7593A”	115
Tabla 30 Resultados de los transformadores para cada escenario de análisis	116
Tabla 31 Resultados de conductores para cada escenario analizado	117
Tabla 32 Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada caso analizado	119
Tabla 33 Escenarios de análisis del estudio de Flujo de Carga de la Norma IEEE	120
Tabla 34 Escenarios de análisis del estudio flujo de carga	121

Tabla 35. Resultados de los transformadores para cada escenario analizado.....	159
Tabla 36. Resultados de conductores para cada escenario analizado.....	160
Tabla 37. Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada escenario analizado.....	162
Tabla 38. Resultados de los transformadores para cada escenario analizado.....	194
Tabla 39. Resultados de conductores para cada escenario analizado.....	195
Tabla 40. Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada escenario analizado.....	196

Lista de figuras

Figura 1: Red eléctrica interconectada con las diferentes fuentes de generación [26].	20
Figura 2 -Modelo de circuito para la asimetría [4].	40
Figura 3: Forma de onda de CC en decadencia.	44
Figura 4: Cortocircuito Trifásico [4].	46
Figura 5: Cortocircuito Bifásico[4].	47
Figura 6: Cortocircuito bifásico con contacto a Tierra.	47
Figura 7: Cortocircuito monofásico a Tierra.	48
Figura 8: Corrientes de cortocircuito trifásicas de una maquina síncrona [3].	50
Figura 9: Corrientes de cortocircuito trifásicas de un motor de inducción (el eje vertical representa las corrientes de las fases A, B, C; el eje horizontal representa el tiempo).	54
Figura 10: Motor de inducción por circuito equivalente de fase.	55
Figura 11: Corriente de cortocircuito de un cortocircuito lejos del generador con componente constante de corriente alterna (diagrama esquemático).	57
Figura 12: Componente de secuencia positiva	59
Figura 13: Componente de secuencia Negativa	59
Figura 14: Componentes de secuencia Cero	59
Figura 15: Red Radial	64
Figura 16: Red en Lazo o Malla [19]	64
Figura 17: Red Lazo-Radial o Mixta [3]	65
Figura 18: Diagrama unifilar del sistema de ejemplo de flujo de carga y cortocircuito (sistema IEEE 3002)	75
Figura 19: Diagrama unifilar de la subestación “Petróleo y Gas”	76

Figura 20: Diagrama unifilar de la turbina de viento (sistema IEEE 3002).76

Figura 21: Diagrama unifilar de los componentes del horno de arco.77

Figura 22: Diagrama unifilar del sistema submarino impulsado por el ASD (sistema IEEE 3002).....77

Figura 23: Diagrama unifilar de la “Subestación 1” sistema industrial general (sistema IEEE 3002).78

Figura 24: Diagrama de una línea para el “centro de Datos”(sistema IEEE 3002).79

Figura 25: Diagrama unifilar de la estación de cogeneración (sistema IEEE 3002).79

Figura 26: Escenario de configuración Normal flujo de Carga87

Figura 27: Escenario de flujo de carga de configuración CoGenOff.....88

Figura 28: Escenario de Flujo de carga configuración FeederOut.....89

Figura 29: Escenario de configuración Normal corriente de cortocircuito trifásica.....90

Figura 30: Escenario de configuración CoGenOff corriente de cortocircuito trifásica.....91

Figura 31: Escenario de configuración FeederOut corriente de cortocircuito trifásica92

Figura 32: Velocidad de Arranque de compresor A.....93

Figura 33: Corriente de Arranque compresor A.93

Figura 34 Voltaje de arranque compresor A93

Figura 35: Velocidad de Arranque de compresor B.....94

Figura 36: Corriente de Arranque compresor B.94

Figura 37: Voltaje de Arranque compresor B.....94

Figura 38: Comparación de Corrientes de los dos generadores en el arranque.94

Figura 39: Comparación de Potencia activa de los dos generadores en el arranque.95

Figura 40: Comparación de Potencia reactiva de los dos generadores en el arranque..95

Figura 41 Esquema de interconexión Power Room 3 y 896

Figura 42 Diagrama general Power Room 8	98
Figura 43 Diagrama general Power Room 3.	99
Figura 44 Elementos principales del Power Room 8 en los escenarios de análisis de las bombas principales.	104
Figura 45: Elementos principales del Power Room 3 en los escenarios de análisis de las bombas booster.	105
Figura 46 Escenario de operación normal bombas Principales Power Room 8.....	106
Figura 47: Escenario de operación normal Bombas Booster Power Room 3.	107
Figura 48: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1 Bombas Principales Power Room 8.....	108
Figura 49: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	109
Figura 50: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	110
Figura 51: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	111
Figura 52: Escenario de análisis mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593 ^a Bombas Principales Power Room 8.....	112
Figura 53: Escenario de análisis mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A Bombas Booster Power Room 3.....	113
Figura 54: Escenario de mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A Bombas Principales Power Room 8.....	114
Figura 55: Escenario de mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593ABombas Booster Power Room 3.....	115

Capítulo 1 Introducción

En la actualidad todas las grandes ciudades e industrias requieren energía eléctrica para el funcionamiento de los hogares, sistemas de transporte, comunicaciones y sistemas productivos entre otros, los cuales deben estar interconectadas con centrales de generación y a su vez con el sistema de transmisión nacional, con cada uno de los sistemas de distribución regional para así poder entregar esta energía de las centrales de generación que en el caso de nuestro país Colombia pueden ser centrales hidroeléctricas, térmicas, solares, eólicas, Biomasa etc. Después del proceso de generación esta energía necesita ser convertida en niveles de tensión, que el usuario final requiera y entregada para darle el uso que el usuario requiera para alimentar sus diferentes equipos que precisan de energía eléctrica para su operación.

De acuerdo con lo anterior, para generar y entregar esta energía eléctrica los operadores y distribuidores de red necesitan de generadores los cuales son los encargados de producir la energía eléctrica a través de los diferentes mecanismos de generación, esta energía producida y transformada en estos sistemas de generación es transportada por líneas de transmisión y distribución que interconectan todos los sistemas de generación con los usuarios finales[1].

El objetivo principal para lo cual se desarrollará este proyecto es la caracterización y modelamiento de fallas por cortocircuito en líneas de distribución, las cuales se visualizarán después del modelado del circuito en el software ETAP con imágenes y valores de los diferentes parámetros de los componentes de los sistemas de distribución, realizando en cada escenario propuesto una de estas simulaciones, por esta razón y en respuesta a los diferentes parámetros analizados en el software, que estas fallas provocan variaciones de tensiones, corrientes y frecuencias en los sistemas de distribución que nos pueden ocasionar cortes inesperados en donde la fiabilidad y calidad

de la energía de red se pueden ver afectadas ocasionando cortes de energía no esperados.

Esta caracterización servirá de apoyo en la solución de los problemas de operación que se presentan por fallas de cortocircuito en los sistemas y se determinara que tipo de elementos y equipos deben constituir la red para mantenerla protegida, así como mejorar disponibilidad de acuerdo a la coordinación de protecciones que se realicen en los diferentes circuitos de distribución y transmisión que llevan energía a nuestros hogares como se puede ver en la Figura 1.

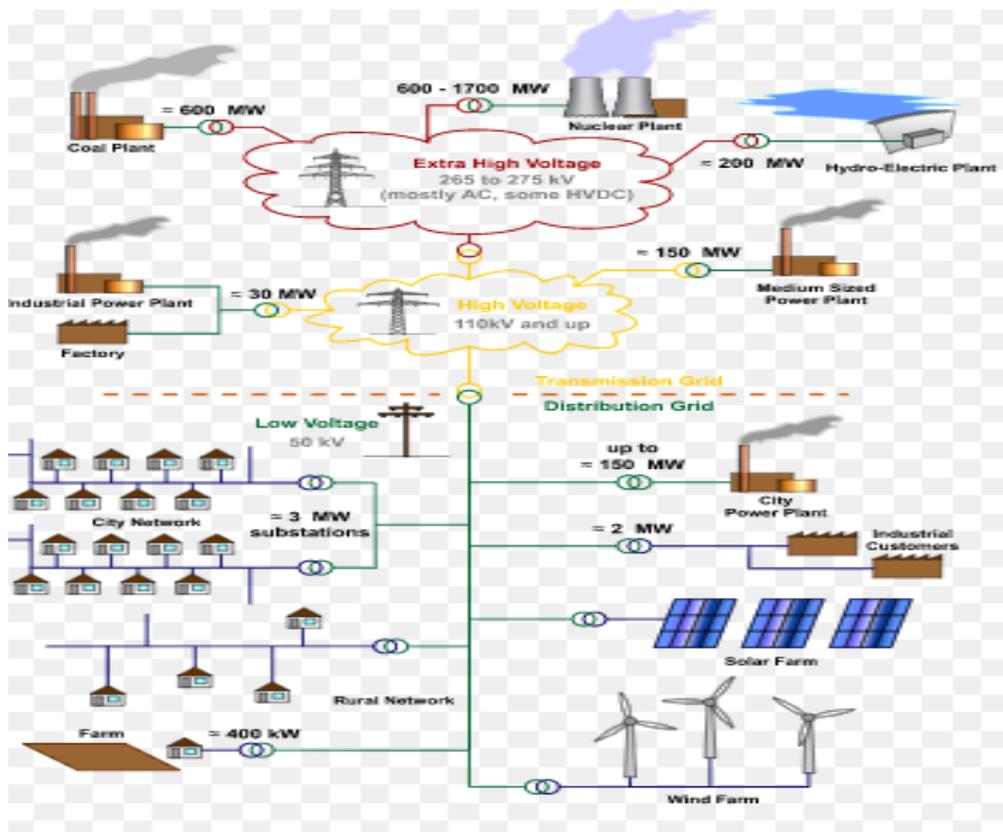


Figura 1: Red eléctrica interconectada con las diferentes fuentes de generación [26].

1.2 Antecedentes

En Colombia la prestación del servicio de energía eléctrica se inició a finales del siglo XIX, cuando miles de habitantes de la capital del país vieron cómo se esparcía la luz de un centenar de lámparas que iluminaban las calles de Bogotá. Este hecho fue el resultado de la iniciativa de inversionistas privados, quienes constituyeron las primeras empresas que tenían como finalidad generar, distribuir y vender electricidad

Desde mediados del siglo XX hasta nuestros días, el sector eléctrico del mundo ha crecido de manera exponencial. Por ejemplo, las empresas distribuidoras y comercializadoras en nuestro país han experimentado el comienzo de un rápido aumento en el número de usuarios de energía eléctrica. Este crecimiento de la demanda, provoco la expansión de los sistemas de distribución[2], estos sistemas de distribución crecieron de manera no confiable debido a interrupciones por diferentes tipos de fallas y esta fallas en la entrega de energía eléctrica ocasionan pérdidas importantes en los sectores comerciales e industriales.

Actualmente las empresas suministradoras del servicio de energía, tienen un valor máximo admisible de interrupciones que pueden utilizar a lo largo del año, para trabajos de mantenimiento y expansión de las redes de distribución[2]. Por esta razón es importante determinar los tipos de fallas y caracterizarlos para minimizar la desconexión de redes de distribución que alimentan a todos los usuarios tanto residenciales como industriales y comerciales.

En este proyecto se modela y se presenta el desarrollo de dos sistemas industriales uno basado en la Norma de la IEEE y el otro de un sistema de Inyección de bombeo de agua y se obtienen las corrientes de falla producto de la simulación del modelado de la corriente.

Se desarrolla el cálculo de corrientes por cortocircuito usando los métodos adoptados por la normativa del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y la Comisión Electrotécnica Internacional.

Con el cálculo de la corriente de cortocircuito se establece las características de los sistemas de protección, las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes del sistema de distribución.

Dado que los cálculos de flujo de carga implican soluciones de un conjunto de ecuaciones no lineales, las soluciones manuales son poco prácticas, excepto para los algunos ejemplos. Antes de que se dispusiera de soluciones informáticas digitales, las simulaciones de flujo de carga se realizaban utilizando placas analógicas. En los primeros tiempos, estas placas analógicas eran simples dispositivos de CC con los elementos del sistema de energía representados por resistencias. Obviamente, las respuestas no eran absolutamente exactas, pero sorprendentemente se acercaban lo suficiente a la aplicación práctica [3].

Las placas analógicas para fines especiales llamadas analizadores de red de CA se desarrollaron a finales de la década de 1920. Las redes de sistemas de energía en estudio estaban representadas por una red equivalente a escala reducida. Los dispositivos permitían el análisis de una variedad de condiciones operativas y planes de expansión. El tiempo de configuración de la simulación era largo, y el tiempo para realizar estudios y registrar los resultados lentamente hizo que los analizadores de redes se volvieran ineficaces en cuanto a costos. Además, la gran cantidad de hardware requerido hizo que su uso fuera cada vez menor. A mediados de la década de 1950 sólo unos pocos analizadores de redes estaban en funcionamiento [3].

Las computadoras comenzaron a surgir a finales de los 40 como herramientas de computación. A mediados de los 50, se disponía de ordenadores a gran escala con la suficiente velocidad y tamaño para manejar los requisitos de un sistema de cálculo de redes de energía. Paralelamente al desarrollo del hardware, se desarrollaron algoritmos para resolver eficientemente las ecuaciones de la red. Ward y Hale desarrollaron un exitoso programa de flujo de carga usando un procedimiento iterativo modificado de Newton en 1956 (Ward y Hale [B9]). La aplicación del algoritmo de iteración Gauss-Seidel siguió poco después. La investigación en algoritmos continuó y el método Newton-Raphson fue introducido a principios de los 60 (Tinney y Hart [B8]). En los años intermedios se han realizado considerables investigaciones para mejorar el rendimiento de estos algoritmos, haciéndolos más robustos y

capaces de manejar componentes adicionales del sistema de energía; los nuevos algoritmos se adaptan a redes de tamaño mucho mayor. Estos algoritmos de cálculo persisten hoy en día e incluyen métodos adaptativos que pueden ajustarse a las mayores demandas de convergencia del sistema [3].

Desde que a mediados del decenio de 1950 aparecieron los documentos técnicos originales que describían los algoritmos de solución del flujo de carga digital, se ha desarrollado y comunicado una colección aparentemente interminable de esquemas iterativos. Muchos de ellos son variaciones de una u otra de las dos técnicas básicas de uso generalizado en la industria actual: la técnica de Gauss-Seidel y la técnica de Newton-Raphson. Las técnicas preferidas utilizadas por la mayoría de los programas informáticos comerciales de flujo de carga son variaciones de la técnica de Newton [3].

1.3 Planteamiento del problema

Como resultado de una falla, una corriente del orden de Kiloamperios fluirá a través de la red al punto de falla. La cantidad de corriente será mucho mayor que la capacidad térmica diseñada para los conductores en las líneas del sistema de distribución elegido para realizar el estudio teniendo en cuenta la potencia o las máquinas que alimentan la falla. En consecuencia, la elevación de temperatura puede causar daños por fusión de conductores y achicharramiento del aislamiento, adicionalmente la baja tensión en los puntos de conexión de la falla volverá los equipos inoperantes.

Estas fallas que se producen en los sistema eléctricos de distribución, por diferentes motivos en la red hacen que el sistema tenga variaciones en sus parámetros estas fallas pueden ser causadas: por los vientos, por los árboles, por los pájaros, por los aviones o aeroplanos, por aisladores en mal estado, por estructuras dañadas, por la incidencia de los rayos en las redes, el deterioro de los cables, mala manipulación de cables en mantenimientos, por esta razón se requiere modelar y caracterizar este tipos de fallos para realizar el estudio y análisis de las redes de distribución para evitar cortes inesperados de energía y hacer de las redes de distribución, unas redes que presten energía con calidad y confiabilidad minimizando al máximo el daño de los componentes que la componen.

En gran parte de los sistemas de distribución se presentan un gran número de interrupciones por fallas en el sistema, afectando a los consumidores y causando pérdidas económicas del operador de red.

Además, unos de los problemas más graves que tienen varios operadores de red y por el cual se desarrolló este proyecto es encontrar los mecanismos más acordes con la innovación de redes de distribución implementando simulación en un software comercial, considerando una red de distribución estándar de la IEEE, lo cual permita caracterizar las fallas de los sistemas de distribución típicos.

En los cuales se modela y se compara el circuito de la IEEE, determinando y analizando las diferencias, con las cuales se podrá gestionar el conocimiento en fallas de redes de distribución

que en un futuro se puedan aplicar a redes reales de los operadores de red en Colombia que alimentan a los usuarios residenciales, industriales y comerciales.

1.4 Justificación

Las fallas por cortocircuito se presentan en todas las instalaciones eléctricas y su magnitud depende de los niveles de la instalación y así mismo el cálculo de los componentes de protección del circuito, es por esta razón que para el desarrollo de esta propuesta, Se requiere realizar un estudio de cortocircuito para una red de distribución, ya que las tecnologías están avanzando y nos presentan nuevas soluciones, las cuales requieren coordinar los sistemas de distribución actuales y las nuevas consideraciones de diseño de circuitos eléctricos, se deben tener en cuenta, el cálculo de la corriente de falla y la evaluación del funcionamiento de los dispositivos se incluyen en el análisis de cortocircuitos. La exactitud de los resultados de los cálculos se basa principalmente en las hipótesis de modelización de los sistemas y los métodos utilizados. Se hace énfasis en el uso de programas informáticos de análisis asistido por computadora con una lista de capacidades deseables recomendadas para realizar un estudio moderno de cortocircuitos [4].

Dado que los sistemas eléctricos residenciales, industriales y comerciales requieren energía eléctrica para que sus equipos operen, se requiere proporcionar unos fundamentos de la planificación, diseño, análisis, construcción, instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos [3]. Se hace necesario realizar cada una de estas acciones descritas anteriormente, porque de lo contrario estas fallas de cortocircuito se podrían presentar afectando los conductores, los equipos y demás dispositivos que se encuentren conectados a nuestro circuito por sobrecalentamiento de conductores lo cual podría ocasionar incendios, por altas corrientes que podrían ocasionar arcos de grandes magnitudes que podrían causar daños a las instalaciones así como a personas que realicen algún tipo de actividad cerca de estas instalaciones.

Para el análisis de fallas por cortocircuito se requiere estudiar las normas IEEE, IEC y ANSI, dado que estas normas nos presenta los métodos y parámetros necesarios para la resolución de estas fallas que tanto daño ocasionan tanto a los equipos como a las personas, se debe tener en cuenta que el máximos y mínimos de la corriente de cortocircuito depende principalmente de la configuración de la red, los generadores o centrales eléctricas y los motores en funcionamiento y secundariamente en la fase operativa de la red antes del cortocircuito[5].

En este trabajo se propone analizar circuitos propuestos por la IEEE, realizando los análisis de flujo de carga con diferentes escenarios, análisis de cortocircuito, análisis de Arco Eléctrico, análisis de Armónicos y realizar la coordinación de protecciones con los parámetros obtenidos en los diferentes análisis, comparando estos resultados del software, con los diferentes hallados analíticamente con los diferentes métodos presentados en las normas, para que el análisis del diseño por cortocircuito sea lo más exacto posible para evitar, los daños de bienes y personas.

El ejemplo seleccionado para el análisis de flujo de carga contiene ejemplos de convertidores de energía de turbinas eólicas y fotovoltaicas interconectados a un complejo industrial principal. Con la llegada de la generación distribuida y las fuentes de energía renovables, las simulaciones de flujo de carga deben ser capaces de modelar interacciones dentro de diferentes tipos de fuentes de voltaje. Otros tipos de convertidores que actúan como cargas en aplicaciones de conversión de energía, como rectificadores en plantas de electrólisis y variadores de velocidad (ASD o VFD) para el control de procesos de aplicaciones industriales, tienen la capacidad de controlar la potencia reactiva al operar en uno o dos cuadrantes. El sistema de ejemplo también contiene elementos convertidores que funcionan con esta capacidad [3].

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Estudiar los flujos de carga en los circuitos establecidos, verificando las fallas trifásicas y monofásicas que se presentan por cortocircuito, mediante métodos establecidos y de acuerdo a las Normas Establecidas para estas fallas.

1.5.1.1 Objetivos específicos

- Mejorar la capacidad operativa de la red de acuerdo al flujo de carga, analizando cada uno de los valores de los componentes del sistema.
- Determinar las diferentes medidas de tensiones, corrientes, cargabilidad de los equipos, factor de potencia, de acuerdo a los flujos de potencia realizados en cada uno de los escenarios.
- Contrastar las diferentes fallas trifásicas y monofásicas que se presentan en las líneas de distribución con el estudio de cortocircuito en los diferentes niveles de tensión.
- Proponer de acuerdo a las fallas trifásicas por cortocircuito en los sistemas de distribución los elementos de protección que se requieren.
- Verificar que se cumplan los criterios de seguridad, confiabilidad y calidad, asegurando un correcto funcionamiento en los sistemas estudiados.

Capítulo 2 Marco teórico

Los sistemas de energía eléctrica deben planificarse, proyectarse, construirse, ponerse en servicio y funcionar de manera que permitan un suministro de energía seguro y confiable. El conocimiento de las cargas en el momento de la puesta en servicio del circuito es necesario para el diseño, la determinación de la capacidad, protección del equipo y del sistema o circuito de energía [14].

2.1 Flujo de Carga

El flujo de carga se denomina también flujo de potencia; estos términos pueden utilizarse indistintamente. Este es el nombre que se da a una solución de red que predice las corrientes de estado estacionario, los voltajes y los flujos de potencia real y reactiva a través de cada rama y bus del sistema. Los estudios de flujo de carga simulan condiciones de funcionamiento que no pueden experimentarse en la práctica en el sistema real porque éste no se ha construido todavía, por las limitaciones prácticas de tiempo o porque no sería prudente exponer el sistema físico real a condiciones potencialmente perjudiciales. El objetivo final del estudio del flujo de carga no siempre es llegar a parámetros de rendimiento duros y numéricos. A menudo el objetivo es comprender cómo funciona el sistema en una serie de condiciones en diferentes escenarios. Los flujos de energía son una parte importante del funcionamiento y la planificación de los sistemas de energía [3].

Dado que los parámetros de los elementos como las líneas de transmisión y distribución, los cables y los transformadores son constantes, la impedancia de la red del sistema eléctrico es en su mayor parte fija. Sin embargo, el problema del flujo de potencia a menudo implica cargas de kVA constantes, generadores y cambiadores de tomas, lo que significa que la relación entre el voltaje y la corriente cambia dependiendo del tipo de carga. Lo mismo ocurre con la relación entre el consumo de energía real y reactiva en un bus, o la potencia real generada y la magnitud de voltaje programada en un bus de generador. Así pues, el cálculo del flujo de potencia implica la solución de un conjunto de ecuaciones que implican cargas de impedancia constante, potencia constante y, a veces, del tipo de corriente constante. Este cálculo del flujo

de potencia da la respuesta eléctrica del sistema de energía a un conjunto particular de cargas y de salida de potencia de suministro [3].

Además, los resultados del flujo de carga son muy valiosos para establecer los dispositivos de protección adecuados para evitar disparos molestos y mejorar la fiabilidad del sistema. Para realizar un estudio del flujo de carga, deben proporcionarse datos completos sobre el sistema estudiado, incluido el diagrama unifilar, los parámetros de los transformadores, los cables y las líneas de transmisión, los valores nominales de cada equipo y la potencia real y reactiva de cada carga [3].

Como la distribución de la carga, y posiblemente la red, variará considerablemente durante diferentes períodos de tiempo, puede ser necesario obtener soluciones de flujo de carga que representen las diferentes condiciones del sistema, como la carga máxima, la carga media o la carga ligera. Estas soluciones se utilizarán para determinar ya sea los modos de funcionamiento óptimos para las condiciones normales, como el ajuste adecuado de los dispositivos de control de voltaje, o cómo responderá el sistema a las condiciones anormales, como las interrupciones de ramas o transformadores. Los flujos de carga constituyen la base para la determinación de las nuevas adiciones de equipos, la eficacia de las alternativas para resolver las deficiencias actuales, y cómo cumplir con los requisitos futuros del sistema [3].

El modelo de flujo de carga también es la base de varios otros tipos de estudios, como los de cortocircuito, estabilidad, arranque de motores y estudios armónicos. El modelo de flujo de carga suministra los datos de la red y proporciona una condición inicial de estado estable para estos estudios [3].

Obsérvese que la cantidad de parámetros de entrada necesarios depende de la complejidad y la capacidad de la herramienta de simulación utilizada para realizar un análisis de flujo de carga y de las necesidades del análisis. Como siempre, el modelo del sistema de energía debe ser tan simple o tan complejo como sea necesario para resolver el problema en cuestión [3].

Algunas dificultades para que los programas de diseño puedan realizar el flujo de carga y puedan converger se deben a algunas dificultades que incluyen:

- Errores en los datos de entrada

- El sistema es demasiado débil para llevar la carga
- Insuficientes vars en el sistema para soportar los voltajes
- Disparidad significativa en las magnitudes de las impedancias de las ramas que terminan en el mismo bus [3].

El propósito de un análisis del flujo de carga no se limita a determinar las sobrecargas del equipo y los problemas de perfil de voltaje, sino que también incluye el análisis de los flujos de energía y cómo pueden mejorarse para reducir las pérdidas del sistema y mantener ciertas restricciones de funcionamiento en condiciones normales de operación [3].

Todos los datos de salida esenciales y los resultados del análisis deben comunicarse de forma organizada, describiendo los parámetros de cada barra: tensiones y ángulos de fase de la barra, caídas de tensión, consumo de energía de la carga y potencias reactivas. En los estudios de sistemas industriales, el número de casos que deben simularse para evaluar las hipótesis de interés suele ser finito, y los diagramas de flujo son la forma más común de documentación [3].

Una aplicación es el cálculo de corrientes de cortocircuito. Para el análisis convencional del flujo de carga es suficiente con especificar sólo un bus de oscilación en el sistema. Sin embargo, es posible calcular las corrientes de cortocircuito designando un "bus de falla" elegido como bus de oscilación, y especificando que el voltaje en ese bus debe ser cero. La simulación producirá entonces flujos de potencia real y reactiva que corresponden a las corrientes que fluirán a un cortocircuito trifásico en esa barra designada [3].

De una forma más resumida y teniendo en cuenta lo escrito en párrafos anteriores, algunos de los objetivos más importantes que justifican realizar el análisis de flujo de carga se describen a continuación.

- Determinar el efecto sobre la red eléctrica de la incorporación de nuevos circuitos de carga, así como la modificación de las condiciones operativas del sistema [23].

- Planificar acciones de contingencia ante pérdidas temporales de generación o de circuitos de transmisión [23].
- Establecer las condiciones óptimas de operación del sistema eléctrico [23].
- Determinar las pérdidas sobre los componentes del sistema eléctrico [23].
- Establecer puntos de compensación capacitiva e inductiva [23].

2. 2 Recomendaciones para realizar el flujo de carga en un circuito

Un método sobrio y generalmente más informativo de presentar los resultados del flujo de carga es mostrarlos gráficamente en el diagrama unifilar del sistema en las figuras 19 a la 23 se presenta el diagrama unifilar por sectores. Los flujos del sistema pueden analizarse rápidamente a partir de esta presentación visual que relaciona la configuración del sistema, las condiciones de funcionamiento y los parámetros del equipo [3].

Los valores de los datos deben introducirse con la mayor precisión posible cuando se conozcan los parámetros reales. La incertidumbre de los parámetros de entrada debe tenerse siempre en cuenta de manera conservadora. No deben ignorarse los parámetros desconocidos. En cambio, deben introducirse utilizando supuestos conservadores basados en un sólido criterio de ingeniería. En los cálculos se tendrán en cuenta los valores de tolerancia de la impedancia, cuando proceda. La mayoría de los programas informáticos tienen bibliotecas de componentes que contienen datos específicos del fabricante o datos típicos (es decir, impedancias de cable basadas en NEC, valores típicos de impedancia del transformador, etc.). Se alienta el uso de esas bibliotecas para seleccionar parámetros de entrada desconocidos, pero se debe tener cuidado de comprender la fuente de los datos y su aplicabilidad para el tipo de sistema [3].

Entre los ejemplos de mejoras en el flujo de energía del sistema se incluyen algunos de los siguientes [3]:

- Corrección del factor de potencia [3].

- Los requisitos de funcionamiento del flujo de energía dados por cada uno de los operadores de red, que están regulados por los entes competentes (demanda de energía reactiva basada en las fluctuaciones de voltaje del punto de acoplamiento común) [3].
- Mejora del perfil de tensión mediante el apoyo de la potencia reactiva (es decir, el uso y la selección de compensadores estáticos de var, bancos de condensadores, conmutación automática de condensadores y accionamientos de velocidad ajustable para reducir la demanda de potencia reactiva)
- Reducción de las pérdidas de potencia real en elementos de derivación como cables y transformadores mediante una mejor selección de las posiciones de las tomas de los transformadores, una mejor selección de los dispositivos limitadores de corriente [3].

Las mejoras en el funcionamiento del sistema que pueden determinarse a partir del análisis del flujo de carga se suelen realizar utilizando los modos de funcionamiento que se aplican más comúnmente, como los escenarios de "carga normal" o "carga máxima". La aplicación de cambios en el diseño del sistema en configuraciones operativas especiales, que se producen con poca frecuencia, no suele ser necesaria o puede no ser rentable. La pequeña mejora en el consumo de energía o la reducción de la penalización pueden no justificar el costo adicional del equipo [3].

No se presenta aquí un escenario de flujo de carga con el tamaño adecuado de los filtros de armónicos y/o condensadores síncronos, pero el concepto sigue siendo el mismo; la adición de estos elementos mostraría fácilmente la mejora del factor de potencia de funcionamiento de la rama de alimentación del horno de arco [3].

Si se tuvieran que instalar y conectar bancos de condensadores en condiciones de carga máxima, la ubicación y el nivel de tensión de los condensadores no se podrían determinar sólo mediante la corrección del factor de potencia del flujo de carga, sino que también se necesita un análisis del flujo de carga armónica y de los transitorios de conmutación [3].

Otro elemento que desempeña un papel en la mejora del factor de potencia es el variador de velocidad ajustable (o VFD); que funciona con un factor de potencia de entrada entre el 94% y

el 95%. Sin embargo, su mejora del factor de potencia es para la frecuencia fundamental. Otras frecuencias y análisis armónico, además de otros estudios, pueden ser necesarios para evaluar la mejora del FP de un VFD [3].

Los factores de baja potencia que se pueden corregir mediante varias técnicas. El factor de potencia puede corregirse con el dimensionamiento adecuado de los filtros de armónicos (que añaden varas de corrección del factor de potencia) y/o con los ajustes de salida de potencia reactiva de los generadores y condensadores síncronos. Los factores de potencia más bajos del sistema pueden ser resultado de la utilización inadecuada de la salida de potencia reactiva del cogenerador. Si el contrato con la empresa de servicios públicos exige un factor de potencia del 90% o superior durante todo el tiempo de funcionamiento del sistema alimentado por los transformadores de tres devanados, entonces el propio sistema debe proporcionar alguna potencia reactiva adicional. Cambiar el voltaje de salida del cogenerador y/o colocar algunas baterías de condensadores adicionales podría resolver fácilmente estos problemas de factor de potencia [3].

El análisis de las salidas del flujo de carga del sistema después de cada serie de cambios da como resultado que el sistema se ajuste gradualmente para obtener el funcionamiento más eficiente y confiable. La experiencia con los flujos de carga mejora la capacidad del ingeniero para hacer correcciones con un número mínimo de soluciones de flujo de carga. Sin embargo, se hace hincapié en que cualquier cambio afecta a todo el sistema, y una corrección en un punto puede crear problemas inesperados en otro lugar del sistema. Por esta razón, es mejor no hacer demasiados cambios, ya que los efectos en el sistema pueden ser difíciles de entender. Cada cambio en el sistema debe ser documentado, mostrando los cambios realizados y los resultados obtenidos, a fin de mantener los cambios futuros coherentes con la mejora del sistema [3].

2.3 Análisis de los resultados del flujo de carga

Todos los datos de salida esenciales y los resultados del análisis deben comunicarse de forma organizada, describiendo los parámetros de cada barra: tensiones y ángulos de fase de la

barra, flujos de derivación y caídas de tensión, consumo de energía de la carga y potencias reactivas. En los estudios de sistemas industriales, el número de casos que deben simularse para evaluar las hipótesis de interés suele ser finito, y los diagramas de flujo son la forma más común de documentación [3].

Para el análisis del estudio de flujo de carga es reconocer entonces cuándo el diagrama muestra flujos de circuitos o voltajes de bus indeseables, y sugerir soluciones para remediar esos problemas. Típicamente, se esperaría que se hicieran simulaciones adicionales para demostrar la eficacia de las soluciones sugeridas [3].

El informe también puede indicar condiciones de funcionamiento anormales, como cables sobrecargados y autobuses de sobre o subtensión. Por ejemplo, los voltajes de funcionamiento por debajo de un determinado umbral, establecidos por los criterios elegidos para el estudio del flujo de carga, se ponen en evidencia en el informe para los nodos afectados, de modo que se puedan adoptar medidas correctivas [3].

2.4 Generalidades del estudio de flujos de potencia:

Con el fin de observar el perfil de tensión en las barras, la distribución de flujos de potencia activa, reactiva y cargabilidad de los elementos a través de la red, se simulan flujos de carga bajo condiciones normales de operación y bajo contingencia para cada uno de los escenarios de operación planteados. Por medio del análisis de flujo de potencia se pueden simular condiciones operativas que generen alertas sobre posibles sobrecargas o niveles bajos de tensión.

Debido a que la distribución de la carga en las barras, y posiblemente la red, puede variar considerablemente durante diferentes periodos de tiempo es necesario obtener varias soluciones de flujos de potencia que representen diversas condiciones del sistema como carga pico, carga promedio, condiciones mínimas de carga o condiciones de contingencia. Estas soluciones serán usadas para determinar los modos de operación óptimos del sistema.

2.5 Comparación de las técnicas de solución de flujo de carga

Los métodos de Gauss-Seidel suelen presentar características de convergencia deficientes en comparación con los métodos de Newton y, por lo tanto, no se utilizan con tanta frecuencia para soluciones prácticas de flujo de energía. La mayor parte de las investigaciones recientes sobre las técnicas de solución del flujo de carga se han centrado en los métodos de Newton. Se han desarrollado variaciones de los métodos de Newton para superar las debilidades de los métodos originales, especialmente la capacidad de converger a partir de una estimación inicial de voltaje deficiente. Dicho esto, algunos programas informáticos modernos ofrecen soluciones Gauss-Seidel, Fast-Decoupled, Newton-Raphson y Adaptive Newton-Raphson. En algunos casos, el ingeniero de estudio debe elegir el método a aplicar. Algunos programas informáticos proporcionan herramientas para actualizar el conjunto inicial de voltajes y ángulos del bus con los resultados de la última corrida de flujo de carga exitosa. Los valores iniciales actualizados pueden entonces ser utilizados como condiciones iniciales para futuras corridas de flujo de carga con el mismo método o como condiciones iniciales para ayudar a que un método alternativo de flujo de carga alcance la convergencia [3].

2.6 Criterios de seguridad, confiabilidad y calidad:

Según las bases y criterios de diseño, con el fin de garantizar la calidad, confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico se definen unos porcentajes límite de caída de tensión en los diferentes puntos del sistema dependiendo de la carga. Estos porcentajes de caída de tensión (en % de la tensión nominal de sus sistemas) no deben superar los siguientes límites:

- | | |
|---|-------|
| - Distribución primaria (6.9 kV): | 1.5% |
| - Distribución secundaria (4.16 kV): | 1.5% |
| - Alimentación de motores: | 3.0% |
| - Circuitos de iluminación y tomas: | 5.0% |
| - Transformadores de servicios auxiliares: | 2.0% |
| - Arranque de motores (transitorios): | 15.0% |
| - Terminales de motores en arranque (transitorios): | 20.0% |

La cargabilidad de los elementos de la red (líneas, cables y transformadores) no debe superar en ningún caso el 100% de su capacidad nominal.

2.7 Corriente de Cortocircuito

El cortocircuito se da por alguna falla en el sistema de energía a pesar de una cuidadosa planificación y diseño, un buen mantenimiento y buen funcionamiento del circuito [14]. Estas fallas pueden ocasionarse por diferentes motivos externas e internas entre los cuales podemos nombrar, las descargas eléctricas atmosféricas que caen sobre los conductores del circuito, la caída de los árboles en los conductores del circuito y producen un corto o variación de la corriente en el circuito lo cual ocasiona daños en el sistema, los animales que hacen sus nidos en redes y subestaciones, los fallos internos se pueden dar por el envejecimiento de los materiales de aislamiento, el daño de conductores, y en muchos casos se produce un arco en el punto de la falla. Tal arco puede ser destructivo y puede constituir un peligro de arco para el personal o un peligro de incendio de la estructura. La duración prolongada de los arcos, además del calor liberado, puede dar lugar a sobretensiones transitorias que pueden poner en peligro el aislamiento de los equipos en otra parte del sistema [4].

La gran cantidad de calor generado por una corriente de cortocircuito puede dañar el aislamiento de las máquinas y aparatos rotativos que están conectados en el sistema en falla, que puede incluir, conductores, transformadores, interruptores. El peligro más inmediato del calor generado por las corrientes de cortocircuito es la destrucción permanente del aislamiento, esto puede ser seguido por la fusión real del circuito conductor, con los consiguientes fallos de arco adicionales [4].

Los sistemas interconectados modernos implican el funcionamiento en paralelo de un gran número de máquinas síncronas, y la estabilidad de un sistema interconectado de este tipo puede verse muy perjudicada si se permite que prevalezca un cortocircuito en cualquier parte del sistema. La estabilidad de un sistema requiere cortos tiempos de eliminación de fallos y puede ser más limitante que las consideraciones de tiempo más largo impuestas por los efectos térmicos o mecánicos en el equipo [4].

2.8 Objetivos del análisis de cortocircuitos

El objetivo del análisis y el cálculo de cortocircuito mediante el uso de las normas es obtener una mejor comprensión de las complejidades básicas de los sistemas de corriente alterna [15].

Se debe tener en cuenta que el cálculo de la corriente de cortocircuito monofásica o trifásica en los sistemas de energía eléctrica se realiza para comprobar las protecciones necesarias y la resistencia al cortocircuito que se deben tener en cuenta para la selección de los equipos de protección, por esta razón cada sistema eléctrico debe estar diseñado no solo para el funcionamiento normal, sino también para condiciones anormales como los cortocircuitos. Por lo tanto, los circuitos eléctricos deben ser dimensionados, de manera que no se pongan en peligro ni las personas ni los elementos, equipos de los circuitos [15].

Debido al grave impacto que un cortocircuito puede causar en el funcionamiento del sistema de energía, en la seguridad del equipo y el personal, un fallo en un sistema debe ser detectado automáticamente y eliminado del sistema lo antes posible. Esto requiere amplios estudios de las condiciones del sistema bajo un fallo. El comportamiento del sistema bajo un cortocircuito puede ser estudiado por análisis de cortocircuito o simulación dinámica. Una simulación dinámica resuelve un conjunto de ecuaciones algebraicas y diferenciales que representan las características dinámicas de las máquinas rotativas y sus sistemas de control. La simulación dinámica requiere un modelado detallado de los equipos del sistema, especialmente de los generadores síncronos, incluyendo el regulador y el excitador, etc. Proporciona formas de onda de corriente de cortocircuito detalladas [4].

Los cortocircuitos no controlados pueden causar la interrupción del servicio con el consiguiente tiempo de inactividad de la producción y los inconvenientes asociados, la interrupción de instalaciones esenciales o servicios vitales, daños extensos en los equipos y posibles daños por incendio [4].

El conocimiento de la magnitud de las corrientes de cortocircuito que se producen es un factor decisivo en el diseño y la selección de los componentes del sistema eléctrico (generadores, transformadores, conductores, protecciones, etc.) [15].

El análisis de cortocircuito es un estudio que determina la corriente de falla total y las contribuciones de corriente de falla en todo el sistema, incluyendo las fuentes de contribución, como la red eléctrica, el generador síncrono, el motor síncrono y los motores de inducción. En el análisis de cortocircuito, las fuentes de contribución se representan mediante modelos aproximados para calcular los máximos valores posibles de corriente de falla para la evaluación o selección de dispositivos de protección. La corriente de falla mínima, la corriente de falla de arco y la corriente de falla en otras condiciones también pueden determinarse en el análisis de cortocircuito. Los resultados del cálculo se utilizan para determinar los ajustes del dispositivo de protección y la energía incidente del arco eléctrico [4].

Los resultados de un análisis de cortocircuito son necesarios en el diseño de nuevos sistemas y en el análisis de los sistemas existentes. En el diseño de un nuevo sistema, se utilizan para dimensionar las clasificaciones de los equipos, como barras conductoras, cables, transformadores y dispositivos de protección. En un sistema existente, los resultados del análisis de cortocircuito se utilizan para verificar las clasificaciones aceptables de los equipos [4].

2.9 Descripción de la Corriente de Cortocircuito

Los sistemas de energía eléctrica están diseñados para estar tan libres de fallos tanto como sea posible mediante un diseño cuidadoso del sistema y del equipo, una instalación adecuada para los equipos y un mantenimiento periódico del mismo [4].

De acuerdo a lo anteriormente descrito el cortocircuito puede generar varias condiciones en un sistema de distribución.

Las corrientes de cortocircuito pueden ser muy altas, introduciendo una cantidad significativa de energía en la falla [4].

En el lugar de la falla, se puede producir un arco eléctrico y quemaduras que dañen el equipo adyacente y también pueden presentar un peligro de relámpago de arco para el personal que trabaja en el equipo [4].

La corriente de cortocircuito puede fluir desde las diversas máquinas rotativas del sistema de distribución eléctrica hasta la localización de la falla [4].

Todos los componentes que transportan las corrientes de cortocircuito estarán sometidos a tensiones térmicas y mecánicas debido al flujo de corriente. Este estrés varía en función de la magnitud de la corriente al cuadrado y de la duración del flujo de corriente [4].

Los niveles de tensión del sistema caen en proporción a la magnitud de las corrientes de cortocircuito que fluyen a través de los elementos del sistema. La máxima caída de tensión se produce en el lugar de la falla, pero todas las partes del sistema de energía estarán sujetas a una caída de tensión en algún grado [4].

Los principales factores que determinan la magnitud y la duración de las corrientes de cortocircuito son el tipo de falla, las fuentes de corriente de falla presentes y las impedancias entre las fuentes y el punto de cortocircuito. Las características, la ubicación y el tamaño de las fuentes de corriente de falla conectadas al sistema de distribución en el momento en que se produce el cortocircuito influyen tanto en la magnitud inicial como en la forma de onda de la corriente de falla [4].

2.10 Cálculos de cortocircuito

2.10.1 Corriente de cortocircuito disponible

La corriente de cortocircuito disponible se define como el máximo valor posible de la corriente de cortocircuito que puede producirse en un lugar determinado del sistema de distribución, suponiendo que no haya influencias relacionadas con la falla, como las impedancias del arco de falla, que actúen para reducir la corriente de falla. La corriente de cortocircuito disponible está directamente relacionada con el tamaño y la capacidad de las fuentes de energía (servicios públicos, generadores y motores) que alimentan el sistema y suele ser independiente de la corriente de carga del circuito. Cuanto mayor sea la capacidad de las fuentes de energía que suministran al sistema, mayor será la corriente de cortocircuito disponible.

Las fuentes predominantes de corrientes de cortocircuito son los motores síncronos y de inducción de corriente alterna, los generadores y las redes de distribución de los operadores de red. En el momento del cortocircuito, los motores síncronos y de inducción actuarán como generadores y suministrarán corriente al cortocircuito en función de la cantidad de energía

eléctrica almacenada en ellos. En una planta industrial, los motores a menudo contribuyen con una parte importante de la corriente de cortocircuito total disponible [4].

Una falla que ocurra en un sistema puramente resistivo no tendría ningún desplazamiento en la forma de onda de la corriente. Una red que contenga tanto resistencias como reactancias comenzará generalmente con un cierto desfase en la corriente (hasta el valor máximo de CA) y gradualmente la corriente se volverá simétrica (debido al decaimiento del desfase) alrededor del eje cero [4].

El cálculo de la magnitud precisa de una corriente de cortocircuito en un momento dado después del inicio de una falla es un cálculo bastante complejo. Por consiguiente, se han desarrollado métodos simplificados que dan lugar a corrientes de cortocircuito calculadas de manera conservadora que pueden compararse con las clasificaciones de corriente de falla asignadas (probadas) de diversos dispositivos de protección contra sobrecorrientes del sistema.

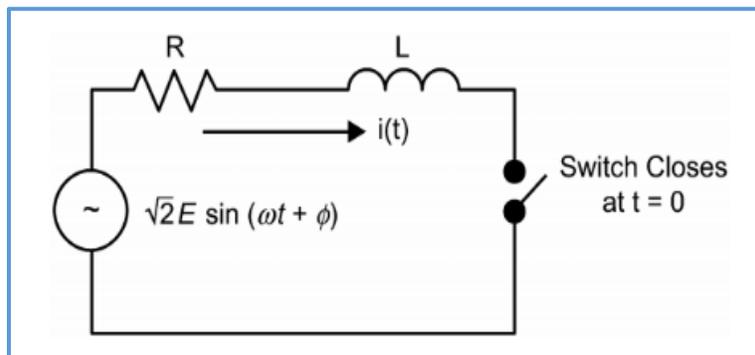


Figura 2 -Modelo de circuito para la asimetría [4].

La figura 2 proporciona un medio para comprender la forma de la onda de la corriente de falla y, por consiguiente, la magnitud de la corriente de falla en cualquier momento. El circuito consiste en una fuente de tensión sinusoidal ideal y una combinación en serie de una resistencia, una inductancia y un interruptor. La falla se inicia con el cierre del interruptor. El valor de la corriente de cortocircuito simétrica rms, I , se determina mediante el uso de la impedancia adecuada en la ecuación (1) [4]:

$$I = \frac{E}{Z} \quad (1)$$

Donde

E : es el voltaje de conducción RMS

Z : (o X) es la impedancia (o reactancia) del sistema equivalente a la de Thevenin desde el punto de falla hasta la fuente o fuentes de corrientes de cortocircuito del sistema de distribución, inclusive.

Una simplificación que se hace es que todos los voltajes internos de las máquinas son los mismos. En realidad, los voltajes de conducción equivalentes utilizados son los voltajes internos de las máquinas eléctricas donde cada máquina tiene un voltaje diferente basado en la carga y la impedancia. Durante una falla, la energía magnética de la máquina o su voltaje interno se reduce más rápido de lo que puede ser reemplazado por la energía suministrada por el campo de la máquina. Esto da como resultado un decaimiento (reducción gradual) del voltaje de conducción a lo largo del tiempo. La velocidad de decaimiento difiere para cada fuente. La resistencia y la reactancia de las máquinas es un valor fijo basado en el diseño físico del equipo. Resolver un sistema multielemento con muchas fuentes de tensión variables se vuelve engorroso. La misma corriente puede determinarse manteniendo el voltaje fijo y variando la impedancia de la máquina con el tiempo. Este intercambio ayuda a simplificar las matemáticas. El valor de la impedancia que debe utilizarse en estos cálculos se determina en función de la base de la clasificación del dispositivo o equipo de protección considerado. Los diferentes tipos de dispositivos o equipos de protección requieren diferentes impedancias de la máquina para determinar el servicio de corriente de falla. El equipo evaluado según el criterio del primer ciclo utilizaría una impedancia de máquina más baja y, por lo tanto, una corriente más alta que el equipo evaluado según el criterio del tiempo de interrupción (1,5 a 8 ciclos), que utiliza una impedancia más alta [4].

La determinación de cómo se comporta la corriente de falla en función del tiempo implica la expansión de la Ecuación (1) y la solución de la Ecuación (2) para la corriente i [4]:

$$Ri + L \frac{di}{dt} = \sqrt{2} E \sin(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

Donde

E : es la magnitud RMS de la fuente de voltaje sinusoidal.

i : es la corriente instantánea en el circuito en cualquier momento después de que el interruptor se cierra.

R : es la resistencia del circuito en ohmios.

L : es la inductancia del circuito en Henrios (igual a la reactancia del circuito dividida por ω).

t : es el tiempo en segundos.

α : es el ángulo de la tensión aplicada en radianes cuando se produce la falla.

ω : es $2\pi f$ donde f es la frecuencia del sistema en hertz (Hz).

Los detalles de la solución de la Ecuación (2) están bien cubiertos en los libros de texto de energía eléctrica, por lo que sólo la solución de la ecuación se indicará aquí. Suponiendo que la corriente de pre-falla a través del circuito es cero (es decir, corriente de carga = 0), entonces la solución de la corriente instantánea de la Ecuación (2) es [4]:

$$i = -\frac{\sqrt{2E}}{Z} \sin(\alpha - \emptyset) e^{-\frac{\omega t R}{X}} + \frac{\sqrt{2E}}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \emptyset) \quad (3)$$

$$i = -i_{dc} \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{\omega R t}{X}} + \sqrt{2} I_{ac,rms} \sin(\omega t + \alpha - \varphi) \quad (4)$$

Donde

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{X}{R} \right)$$

$$X = \omega L$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Si el tiempo t se expresa en ciclos, la Ecuación (4) se convierte en

$$i = -i_{dc} \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{2\pi R t}{X}} + \sqrt{2} I_{ac,rms} \sin(2\pi t + \alpha - \varphi) \quad (5)$$

El primer término de la ecuación (3) representa el componente transitorio de CC de la solución. La magnitud inicial $\sqrt{2} E/Z \times \sin(\alpha - \varphi)$ decae de acuerdo con la expresión exponencial. Esta componente de cc eventualmente desaparece. El segundo término representa la componente de corriente alterna de estado estacionario de la solución. El segundo término es una función sinusoidal del tiempo cuyo valor de cresta es simplemente el valor máximo de pico del voltaje de suministro dividido por la magnitud de la impedancia del sistema equivalente de Thevenin ($\sqrt{2} E/Z$) visto desde la falla. La diferencia entre la magnitud de la corriente de falla inicial y la magnitud de la corriente de falla final de estado estacionario depende sólo de la relación X/R de la impedancia del circuito y del ángulo de fase α de la tensión de alimentación cuando se produce la falla. Obsérvese que en el momento cero la componente de corriente de falla en cc es exactamente igual en magnitud al valor de la componente de corriente de falla en cc, pero de signo opuesto. Esta condición debe existir debido al hecho de que la corriente inicial en el circuito es cero y al hecho de que la corriente no puede cambiar instantáneamente en el circuito inductivo de la figura 2 [4].

La corriente total de cortocircuito disponible en un sistema de distribución suele proceder de varias fuentes, que pueden agruparse en tres categorías principales. La primera es el sistema de transmisión de servicios públicos que abastece a la instalación, que actúa como un gran generador remoto. La segunda incluye los generadores "locales", ya sea en la planta o cerca de ella en la empresa de servicios públicos. La tercera categoría de fuentes son los motores sincrónicos y de inducción, que se encuentran en muchas plantas e instalaciones. Todos ellos son máquinas rotativas; los de la segunda y tercera categoría tienen corrientes de máquina que decaen significativamente con el tiempo debido a la reducción del flujo en la máquina durante un cortocircuito. En un cortocircuito en sus terminales, la corriente simétrica del motor de inducción desaparece por completo después de uno a doce ciclos, mientras que la corriente de un motor síncrono se mantiene en un valor inicial más bajo por su campo energizado. Las redes que tienen una mayor proporción de motores de inducción que de motores síncronos

tendrán una caída más rápida de los componentes de la corriente de cortocircuito de CA. La magnitud de la corriente de falla durante los primeros ciclos se incrementa aún más por la componente de corriente de falla de cc (Figura 3). Esta componente también decae con el tiempo, aumentando la diferencia en la magnitud de la corriente de cortocircuito entre el primer ciclo después de que se produce el cortocircuito y unos pocos ciclos más tarde [4].

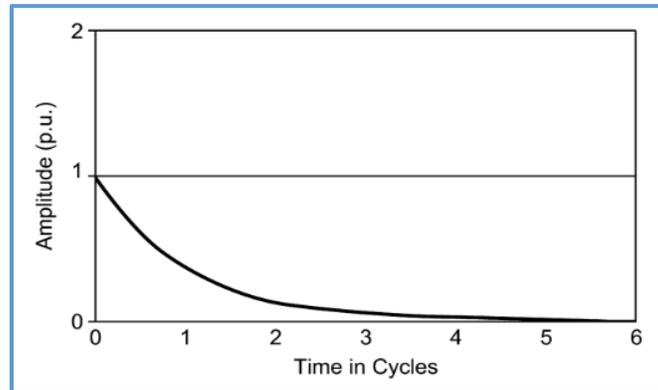


Figura 3: Forma de onda de CC en decadencia.

Cuanto mayor sea la relación X/R del punto de falla, mayor será el tiempo de decaimiento de la corriente de falla asimétrica. Para una relación X/R específica, el ángulo de la tensión aplicada en el momento del inicio del cortocircuito determina el grado de asimetría de la corriente de falla que existirá para esa relación X/R [4].

En un circuito puramente inductivo, la máxima componente de corriente continua se produce cuando el cortocircuito se inicia en el instante en que la tensión aplicada es cero ($\alpha = 0^\circ$ o 180° cuando se utilizan las funciones sinusoidales). La corriente se compensará entonces completamente en la dirección positiva o negativa. La máxima asimetría para cualquier relación X/R del circuito se produce a menudo cuando el cortocircuito se inicia cerca del voltaje cero. La componente inicial de la corriente de falla de CC es independiente de si la componente de CA permanece constante o decae con respecto a su valor inicial [4].

En un circuito que contiene tanto resistencia como reactancia, el grado de asimetría puede variar entre cero y los mismos límites de desplazamiento total que un circuito que sólo contiene reactancia. Sin embargo, el punto de la forma de onda de tensión aplicada en el que debe

producirse el cortocircuito para producir la máxima asimetría de la corriente de falla depende de la relación entre la reactancia del circuito y la resistencia del mismo [4].

Aquí es donde radica la importancia de la asimetría de la corriente. Al diseñar y aplicar dispositivos que estarán expuestos a corrientes de falla, deben considerarse las magnitudes de las corrientes de falla transitorias (asimétricas) así como las de estado estacionario, porque tanto las fuerzas mecánicas como los efectos térmicos que se aplican a los equipos de protección pueden verse enormemente magnificados en el período inicial de la corriente de falla [4].

Las magnitudes de la corriente de falla máxima son significativas para algunos dispositivos, como los disyuntores de bajo voltaje, mientras que las magnitudes de la corriente rms asimétrica son igualmente significativas para los disyuntores de alto voltaje. Esto lleva a la necesidad de desarrollar un cálculo de cortocircuito dependiente de la relación X/R para una comparación adecuada con el equipo que se aplica. El cálculo de la corriente de falla necesita tener en cuenta la componente de CA y la componente transitoria de CC de la corriente de falla calculada para determinar la magnitud total máxima de corriente pico o rms que puede ocurrir en un circuito. Cuando la relación X/R de falla calculada es mayor que la relación X/R de prueba del equipo, al evaluar la aplicación del equipo debe tenerse en cuenta la mayor corriente de falla total asociada con la mayor relación X/R [4].

2.11 Tipos de cortocircuitos

En los sistemas trifásicos de corriente alterna hay que distinguir entre diferentes tipos de cortocircuito [15] los cuales vamos a describir a continuación.

2.11.1 Cortocircuito Trifásico:

Este tipo de cortocircuito es el de más cuidado ya que causa los mayores daños en los equipos, y es con este cortocircuito que se diseñan las protecciones para el circuito.

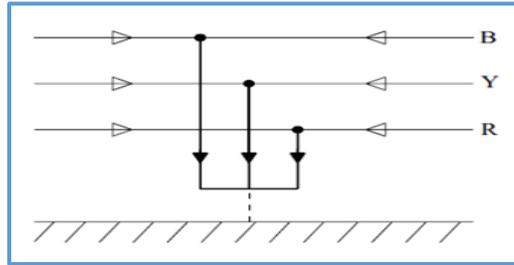


Figura 4: Cortocircuito Trifásico [4].

Los cortocircuitos trifásicos Figura 4, son los únicos cortocircuitos que se comportan como sistemas equilibrados. Ya que todas las fases están afectadas por igual. Las tensiones en el punto de cortocircuito, tanto si el cortocircuito se cierra a través de tierra como si está aislado de ella, son nulas presentando las intensidades igual modulo, pero con argumentos desfasados 120° .

Es uno de los cortocircuitos más violentos y de obligado cálculo.

Al ser un sistema equilibrado, para su cálculo solo será necesario utilizar la red de secuencia directa [16].

Una falla trifásica atornillada describe la condición en la que los tres conductores se mantienen físicamente unidos con impedancia cero entre ellos, como si estuvieran atornillados. Para un sistema simétrico equilibrado, la magnitud de la corriente de falla está equilibrada por igual dentro de las tres fases. Si bien este tipo de falla no se produce con frecuencia, sus resultados se utilizan para la selección de dispositivos de protección, porque este tipo de falla generalmente produce los valores máximos de corriente de cortocircuito [4].

2.11.2 Cortocircuito Bifásico sin contacto a Tierra:

Generalmente las corrientes iniciales simétricas de cortocircuito son menores que las del fallo trifásico, aunque si el cortocircuito se produce en las inmediaciones de máquinas síncronas o asíncronas de cierta potencia la corriente puede llegar a elevarse a niveles muy altos, incluso hasta llegar a superar las corrientes en el cortocircuito trifásico.

Al presentarse en dos de las tres fases del sistema, este cortocircuito ya no es equilibrado, obligando su cálculo a la utilización tanto de la red de secuencia directa como a la red de secuencia inversa [16].

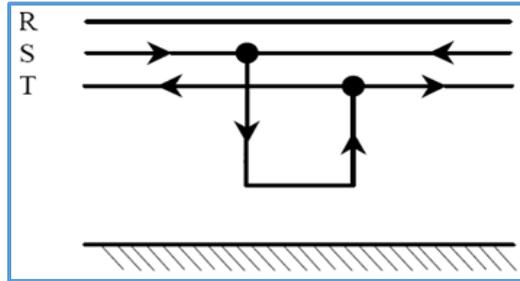


Figura 5: Cortocircuito Bifásico[4].

Las fallas de línea a línea, Figura 5, son más comunes que las fallas trifásicas y tienen corrientes de falla que son aproximadamente el 87% de la corriente de falla atornillada trifásica. Este tipo de falla no está equilibrada dentro de las tres fases y su corriente de falla rara vez se calcula para las clasificaciones de los equipos porque no proporciona la máxima magnitud de corriente de falla. La corriente de línea a línea puede calcularse multiplicando el valor de la trifásica por 0,866, cuando la impedancia $Z1 = Z2$. No se requieren técnicas especiales de cálculo de componentes simétricos para esta condición [4].

2.11.3 Cortocircuito Bifásico con contacto a Tierra:

Dispone de las mismas características que el cortocircuito bifásico sin contacto a tierra, pero en este caso, con pérdida de energía hacia tierra. Es necesario considerar para este fallo, además de las redes de secuencia directa e inversa, la red de secuencia homopolar debido a la pérdida de energía [16].

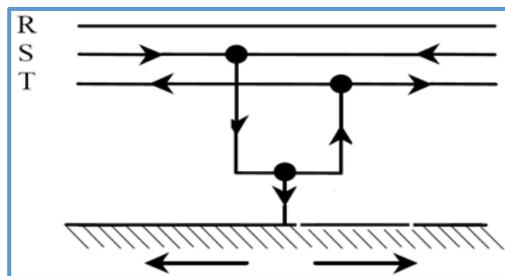


Figura 6: Cortocircuito bifásico con contacto a Tierra.

Las fallas de línea a línea a tierra, Figura 6, son típicamente fallas de línea a tierra que se han escalado para incluir un conductor de segunda fase. Se trata de una falla desequilibrada. Las magnitudes de las corrientes de las fallas de doble línea a tierra son generalmente mayores que las de las fallas de línea a línea, pero son menores que las de las fallas trifásicas. El cálculo de las corrientes de falla doble línea a tierra requiere el uso de análisis de componentes simétricos. La impedancia de la trayectoria de retorno a tierra afectará al resultado, y debería obtenerse si es posible [4].

2.11.4 Cortocircuito monofásico a Tierra:

Este es el cortocircuito más frecuente y violento, produciéndose con mayor frecuencia en redes rígidamente puestas a Tierra, o mediante impedancias de bajo valor.

Su cálculo es importante, tanto por lo elevado de sus corrientes como por su conexión a tierra, lo que permite calcular las fugas a tierra. Las tensiones de contacto o de paso, o valorar las interferencias que estas corrientes puedan provocar.

Para su cálculo, al ser desequilibrado y con pérdida de energía, son necesarias las tres redes de secuencia (directa, inversa y homopolar) [16].

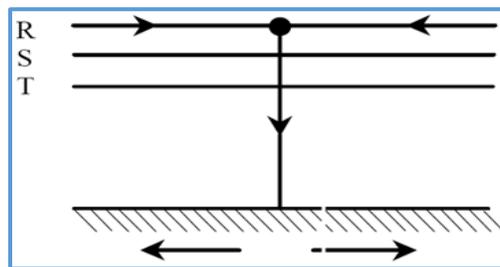


Figura 7: Cortocircuito monofásico a Tierra.

Las fallas de línea a tierra, figura 7, son el tipo más común de fallas y son usualmente las menos perturbadoras del sistema. La corriente en la fase de la falla puede variar desde cerca de cero hasta un valor ligeramente mayor que la corriente de falla trifásica atornillada. La magnitud de la corriente de falla de línea a tierra está determinada por el método de puesta a

tierra del sistema y la impedancia de la trayectoria de retorno a tierra de la corriente de falla. El cálculo de las magnitudes exactas de la corriente de falla de línea a tierra requiere las técnicas especiales de cálculo de componentes simétricos. Sin embargo, se pueden hacer aproximaciones cercanas conociendo el método de puesta a tierra del sistema utilizado. En los sistemas de distribución sin conexión a tierra, las corrientes de falla de línea a tierra están cerca de cero. Las magnitudes de las corrientes de falla de línea a tierra en sistemas de distribución con sistemas de resistencia a tierra neutrales pueden estimarse dividiendo el voltaje de línea a neutro del sistema por el valor total de la resistencia de tierra a neutro del sistema. Las magnitudes de la corriente de la falla de línea a tierra en los sistemas de distribución con un sistema sólidamente conectado a tierra serán aproximadamente iguales a las magnitudes de la corriente de la falla trifásica. La determinación de las corrientes de fallas de línea a tierra en tramos largos de cables o líneas de transmisión requerirá datos detallados de la impedancia de la trayectoria de retorno a tierra y técnicas de cálculo detalladas [4].

2.12 Contribuciones de las Maquinas síncronas al Cortocircuito

Una máquina síncrona en funcionamiento que tiene un cortocircuito trifásico conectado repentinamente a través de sus terminales contribuirá con corrientes al cortocircuito. En la figura 9 se muestra un gráfico típico de corriente de falla (sin decaimiento de CC). El gráfico muestra una alta caída inicial seguida de una tasa de caída más lenta y, finalmente, un valor de estado estable [3].

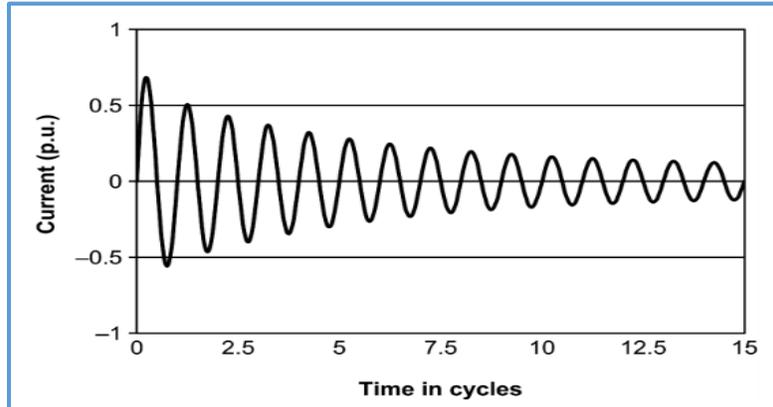


Figura 8: Corrientes de cortocircuito trifásicas de una máquina síncrona [3]

La velocidad de decaimiento y la corriente de falla de estado estacionario dependen de las constantes de tiempo de la máquina síncrona y de la acción reguladora de la corriente de campo, si la hay. La contribución de la corriente inicial es causada por un voltaje de accionamiento del estator interno generado por el flujo de campo del rotor atrapado. La corriente para el cortocircuito del terminal está limitada por la impedancia interna de la máquina. La corriente en dos o en las tres fases es asimétrica al principio, y consiste en una componente de corriente alterna y otra de corriente continua [3].

La componente CA decae porque el flujo del rotor no es mantenido por el voltaje normal del campo aplicado. El componente de CC, un transitorio no soportado por ningún voltaje de conducción, también decae. La frecuencia inicial de la corriente de falla es la misma que la del sistema y está directamente relacionada con la velocidad del rotor. A partir de entonces, la frecuencia de la corriente de falla de un motor se reduce a un ritmo que depende de la carga mecánica del motor y de la inercia combinada del motor y la carga, mientras que las de un generador aumentarán en función de la potencia de la turbina y de la inercia combinada de la turbina y el generador. Durante los primeros ciclos después del cortocircuito, el cambio de frecuencia suele considerarse, de forma conservadora, como intrascendente [3].

Como se ha descrito anteriormente, los voltajes de accionamiento de la máquina síncrona no son constantes. Cambian con el tiempo dependiendo de la carga de la máquina, el voltaje de excitación y las condiciones del sistema. Las impedancias de la máquina dependen del diseño

físico de la máquina y son esencialmente constantes. Cambian con la temperatura y la frecuencia [3].

La mayoría de las máquinas síncronas caen en una de las siguientes tres categorías:

2.12.1 Generadores síncronos

Los generadores síncronos son una fuente principal de energía eléctrica en los sistemas de energía porque casi todos los servicios públicos utilizan generadores síncronos para generar electricidad. Muchos de los sistemas industriales más grandes pueden incluir generadores para la conservación de energía, como en la cogeneración [3].

2.12.2 Condensadores síncronos

Los condensadores síncronos se utilizan como medio para reducir las pérdidas de transmisión del sistema de energía, el control de la energía reactiva y el control de los voltajes en un sistema de transmisión o distribución. Están conectados al sistema de energía como un motor, pero no están conectados a una carga ni a un motor principal. Los equipos modernos, como los compensadores estáticos de kilovares (SVC), son mucho más comunes hoy en día que los condensadores síncronos, pero los antiguos compensadores rotativos pueden todavía encontrarse ocasionalmente en la práctica [3].

2.12.3 Motores síncronos.

Los motores síncronos se utilizan generalmente para accionar grandes cargas, como compresores, bombas y conjuntos M-G, y para suministrar energía capacitiva para la mejora del factor de potencia. A veces los motores síncronos funcionan cerca del factor de potencia unitario y rara vez funcionan extrayendo potencia reactiva del sistema. Los motores pueden tener campos de corriente fijos o constantes, o pueden tener reguladores que controlan el voltaje del bus o el factor de potencia del motor [3].

Las máquinas síncronas tienen un número de reactancias y constantes de tiempo que pueden ser utilizadas al modelar la máquina. Para los estudios de cortocircuito, estos normalmente se reducen a lo siguiente [3]:

2.12.3.1 Reactancia subtransitoria (saturada)

La reactancia subtransitoria saturada de eje directo (X_{dv}) es la reactancia aparente del devanado del estator en el instante en que se produce un cortocircuito con la máquina a voltaje nominal, sin carga. Esta reactancia determina el flujo de corriente durante los primeros ciclos después del inicio del cortocircuito [3].

2.12.3.2 Reactancia transitoria (saturada)

La reactancia transitoria saturada de eje directo (X_{dv}) es la reactancia aparente del devanado del estator varios ciclos después del inicio de la falla con la máquina a voltaje nominal, sin carga. El período de tiempo durante el cual la reactancia puede considerarse X_{dv} puede ser de hasta medio segundo ($1/2s$) o más, dependiendo del diseño de la máquina, y está determinado por la constante de tiempo transitoria del eje directo de la máquina [3].

2.12.3.3 Reactancia síncrona (saturada)

La reactancia síncrona de eje directo X_d es la relación entre la componente de frecuencia fundamental del voltaje de armadura reactiva (V_d) y la componente de secuencia positiva de eje directo de frecuencia fundamental de la corriente de armadura (I_{1d}) en condiciones de equilibrio sostenido con una corriente de campo nominal aplicada [3].

2.12.3.4 Reactancia de secuencia negativa (saturada)

La reactancia de secuencia negativa es la reactancia aparente determinada por la colocación de un fallo de línea a línea en el terminal del generador a la tensión nominal. La reactancia de secuencia negativa se calcula conociendo las reactancias de eje directo por componentes simétricos [3].

2.12.3.5 Reactancia de secuencia cero (saturada)

La reactancia de secuencia cero es la reactancia aparente determinada colocando una falla de línea a tierra en el terminal del generador de manera que fluya la corriente nominal. Las pruebas se realizan a tensión reducida. La reactancia de secuencia cero se calcula utilizando las reactancias de eje directo y de secuencia negativa y los componentes simétricos [3].

2.12.3.6 Constante de tiempo de la armadura de cortocircuito trifásica (saturada)

La constante de tiempo de la armadura de cortocircuito trifásica de tensión nominal es el tiempo necesario para que la corriente trifásica de cortocircuito de CA (aplicada repentinamente a los terminales de la máquina inicialmente a tensión nominal, velocidad nominal y sin carga) decaiga hasta el 36,8% de su valor inicial. Esta constante de tiempo es una combinación de las constantes de tiempo de cortocircuito subtransitorias y transitorio [3].

2.12.3.7 Constantes de tiempo subtransitorias y transitorias

Las constantes de tiempo de cortocircuito subtransitoria y transitoria son los tiempos necesarios para que los respectivos componentes de las corrientes de cortocircuito subtransitoria y transitoria decaigan hasta el 36,8% de su valor inicial [3].

2.13 Máquinas de Inducción

Cuando se incluyen motores de inducción en un sistema, la componente CA simétrica de la corriente de cortocircuito varía en función del tiempo transcurrido tras el fallo. Una corriente de falla que fluye de las fuentes de energía puede ser asimétrica y tener componentes tanto de CA como de CC. La componente de CC es un valor transitorio y decae con el tiempo [3].

Un motor de inducción en marcha que tiene un cortocircuito trifásico atornillado conectado repentinamente a través de sus terminales contribuirá con corrientes al cortocircuito. En la figura 14 se muestra la corriente de falla típica frente a los diagramas de tiempo. El gráfico muestra un alto declive de la corriente inicial, seguida de un declive bastante rápido hasta cero [3].

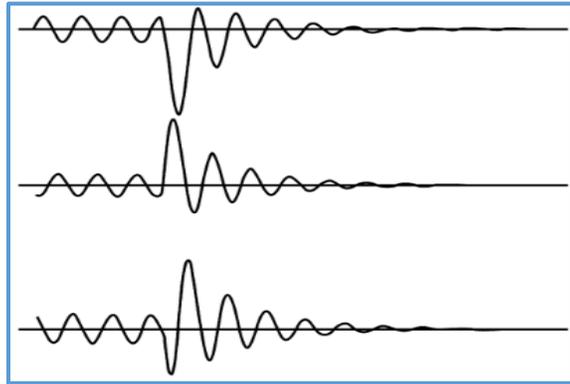


Figura 9: Corrientes de cortocircuito trifásicas de un motor de inducción (el eje vertical representa las corrientes de las fases A, B, C; el eje horizontal representa el tiempo).

La contribución de la corriente es causada por un voltaje de accionamiento del estator generado por el flujo del rotor atrapado. La corriente para el cortocircuito de los terminales está limitada por la reactancia interna del motor. La corriente en dos o en las tres fases es asimétrica al principio, y que cada corriente de compensación consiste en una componente de corriente alterna y otra de corriente continua. La componente CA decae porque el flujo del rotor no se mantiene con el voltaje normal aplicado. La componente cc, un transitorio no soportado por ningún voltaje aplicado, también decae. La frecuencia difiere inicialmente de la frecuencia del sistema por el deslizamiento del motor y posteriormente se reduce a una tasa que depende de la carga mecánica del motor y de la inercia combinada del motor y la carga. Durante los primeros ciclos después del cortocircuito, el cambio de frecuencia suele considerarse, de forma conservadora, como intrascendente [3].

La magnitud inicial de la componente de CA se calcula utilizando la reactancia del motor subtransitoria X'' . Es una práctica aceptada sustituir la reactancia de rotor bloqueada conocida o estimada XLR por X'' . Se considera que la magnitud inicial de la componente de CC para los cálculos de cortocircuito es igual al valor de la cresta de la componente inicial de CA. Esto se basa en el supuesto conservador de que la corriente en una de las fases tendrá la máxima asimetría posible [3].

El circuito equivalente utilizado para representar un motor de inducción o un grupo de motores de inducción con características similares en los cálculos simplificados de cortocircuito se

muestra en la figura 11. Para los cálculos basados en el teorema de Thevenin, el circuito equivalente del sistema completo utiliza una sola reactancia de motor de inducción que representa motores de diferentes decaimientos. Las fuentes de tensión de los motores de inducción individuales desaparecen al incorporarse a la tensión de accionamiento única equivalente de Thevenin. Para un cálculo de la falla que implique diferentes tiempos después de la falla, se obtendría una reactancia equivalente diferente del motor porque las reactancias equivalentes del motor de inducción varían considerablemente con el tamaño y la velocidad del motor [3].

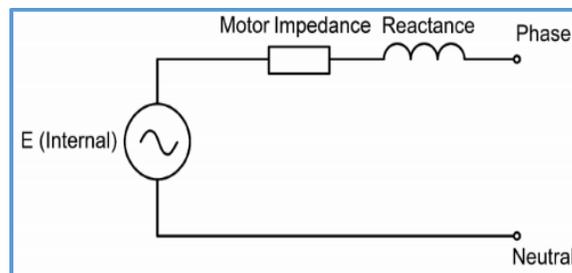


Figura 10: Motor de inducción por circuito equivalente de fase.

Como se ha indicado antes, la corriente de fallo del componente CA de un motor de inducción decaerá con el tiempo. Una técnica de cálculo simplificada tiene en cuenta el decaimiento de la corriente del componente CA aumentando la reactancia de X'' en incrementos a medida que pasa el tiempo después de que se inicia el cortocircuito. Este enfoque tiene la ventaja de obtener el valor correcto de la corriente de falla de CA mientras se mantiene constante el voltaje del punto de accionamiento. Mantener constante el voltaje del punto de accionamiento simplifica el proceso de cálculo al permitir que los sistemas de energía complejos se reduzcan a un circuito equivalente más simple. Esta técnica es ampliamente utilizada y aceptada por la industria. Los multiplicadores utilizados para aumentar la reactancia dependen de la potencia del motor de inducción, del tipo de motor y de la velocidad. La tabla 8 proporciona los multiplicadores recomendados [3].

En los sistemas de energía reales, el voltaje en un motor durante un cortocircuito remoto puede ser parcialmente sostenido por fuentes de energía más cercanas. Inicialmente, el voltaje es

deprimido por la falla y el motor genera una contribución de corriente de cortocircuito. Durante la falla, cualquier voltaje parcialmente sostenido, si es lo suficientemente alto, devuelve el motor a la función normal del motor a un voltaje menor que el normal. Los métodos simplificados de cálculo de cortocircuito ignoran este efecto y asumen que todos los motores de tamaño medio y grande conectados, sin importar cuán remotos sean, continúan contribuyendo con corriente a los cortocircuitos durante al menos cuatro ciclos después de que el cortocircuito comienza. Sin embargo, debido a esta acción de la red y a una mayor impedancia total equivalente entre los motores remotos y la falla, la contribución de los motores remotos es menor de lo que sería para una falla terminal [3].

Durante más tiempo después del cortocircuito, apreciablemente después de cuatro ciclos, los motores de inducción más pequeños suelen omitirse en el circuito equivalente porque la contribución de la corriente de la falla del motor de inducción decae rápidamente y se acerca a cero, aunque los motores permanecen conectados. Además, algunos motores más cercanos a la falla pueden haber sido desconectados por relés o por la caída de los contactores en tensión reducida debido a la falla cercana. El efecto de la caída del motor podría incluirse en los cálculos del tiempo de interrupción. Sin embargo, para una corriente de cortocircuito conservadora, a menudo se asume que los motores no se caen [3].

2.14 Norma IEC 60909

En general, se deben calcular dos corrientes de cortocircuito, que difieren en su magnitud: la corriente máxima de cortocircuito que determina la capacidad o calificación del equipo eléctrico; y la corriente mínima de cortocircuito que puede servir de base, por ejemplo, para la selección de fusibles, para el ajuste de los dispositivos de protección y para el control del funcionamiento de los motores [5].

Un cálculo completo de las corrientes de cortocircuito debe dar las corrientes en función del tiempo en el lugar del cortocircuito desde el inicio del mismo hasta su final, lo que corresponde al valor instantáneo de la tensión al principio del cortocircuito [5].

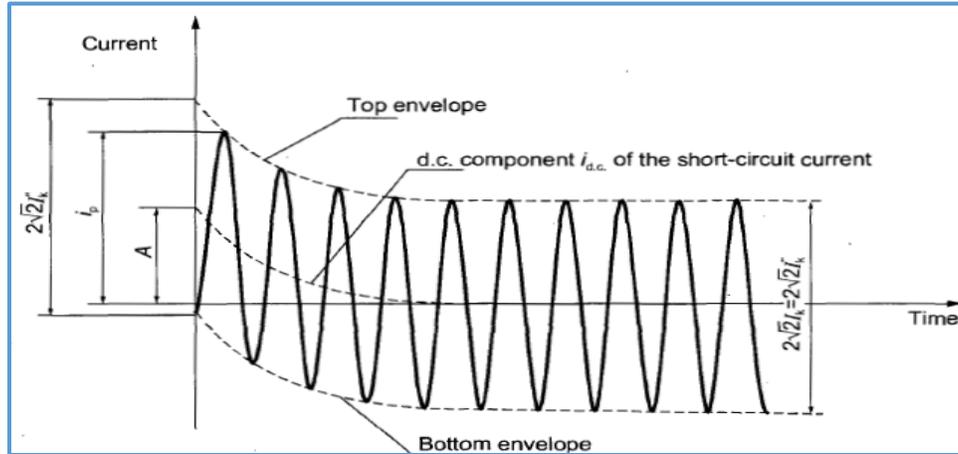


Figura 11: Corriente de cortocircuito de un cortocircuito lejos del generador con componente constante de corriente alterna (diagrama esquemático).

Capítulo 3: Método para hallar el cortocircuito

Para calcular, con un grado razonable de precisión, la corriente de cortocircuito que puede esperarse que fluya en un sistema, es necesario encontrar un circuito equivalente para cada elemento del sistema que represente adecuadamente su rendimiento en condiciones de cortocircuito. Sin el uso de técnicas simplificadas, uno se enfrenta a menudo a la necesidad de resolver complejas ecuaciones diferenciales para determinar la corriente de cortocircuito [4].

La expresión para la respuesta (para la corriente) implica la solución de una ecuación diferencial como se muestra en muchos libros de texto de ingeniería eléctrica. Sin embargo, las redes de sistemas eléctricos industriales y comerciales contienen muchas ramas compuestas de combinaciones en serie y en paralelo de resistencia, inductancia y capacitancia, lo que añade una gran complejidad a la utilización de la expresión fundamental para el análisis de los circuitos. Además, el cálculo de las corrientes de cortocircuito del sistema se complica aún más por los diversos flujos (tensiones de conducción) en los equipos junto con el comportamiento de estado estacionario antes y después de la falla. En el cálculo de las corrientes de cortocircuito, es conveniente utilizar técnicas que simplifiquen la ecuación general del circuito tanto como sea posible y que al mismo tiempo proporcionen resultados válidos que sean suficientemente precisos para su propósito previsto [4].

3.1 Método de las componentes simétricas

En los sistemas trifásicos de corriente alterna, el cálculo de los valores actuales resultantes de los cortocircuitos equilibrados y desequilibrados se simplifica mediante el uso de componentes simétricos. Esto demanda que el equipo eléctrico tiene una estructura equilibrada, por ejemplo, en el caso de líneas aéreas transpuestas [5].

Si consideramos el funcionamiento en régimen normal equilibrado simétrico, el estudio de las redes trifásicas puede reducirse al estudio de una red monofásica equivalente de tensiones iguales a las tensiones simples de la red, de corrientes iguales a las de la red e impedancias iguales a las de la red, denominadas impedancias cíclicas [18].

Al parecer una asimetría significativa en la configuración de la red, ya no es posible aplicar la simplificación, pues no podemos establecer las relaciones entre los diferentes conductores con la ayuda de una impedancia cíclica para cada elemento de la red [18].

En 1918 se presentó el documento: "Method of Symmetrical Co-ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks" (Fortescue, 1918), donde se desarrolló el modelo matemático de los componentes simétricos, para el análisis de redes polifásicas. Este trabajo demuestra que un sistema desequilibrado de n vectores relacionados entre sí, pueden descomponerse en n vectores equilibrados denominados componentes simétricos de los vectores originales. Esto fue de gran importancia, debido a que a partir de este principio los sistemas eléctricos se pueden modelar a partir de la red de secuencia positiva, negativa y cero, según se muestra en las Figura 13, 14 y 15. Donde se observa:

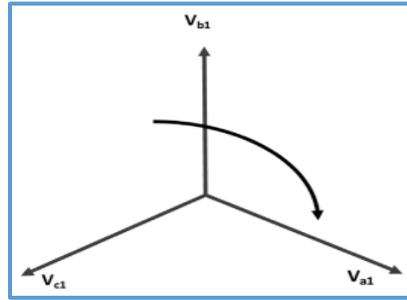


Figura 12: Componente de secuencia positiva

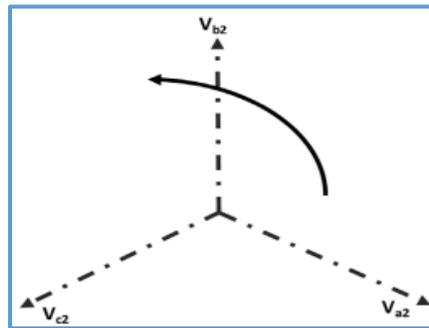


Figura 13: Componente de secuencia Negativa

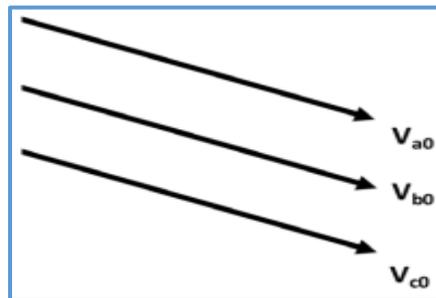


Figura 14: Componentes de secuencia Cero

En un sistema trifásico que está normalmente balanceado, las condiciones desbalanceadas de una falla ocasionan, por lo general, que haya corrientes y tensiones desbalanceadas en cada una de las tres fases. Si las corrientes y tensiones están relacionados por impedancias constantes, se dice que el sistema es lineal y se puede aplicar el principio de superposición. La respuesta en tensión del sistema lineal a las corrientes desbalanceadas se puede determinar al considerar la respuesta separada de los elementos individuales a las componentes simétricas de las corrientes. Los elementos de interés del sistema son las

máquinas, transformadores, líneas de transmisión y cargas conectadas tanto en estrella como en triángulo.

Básicamente el método consiste en determinar las componentes simétricas de las corrientes en la falla, y luego encontrar las corrientes y tensiones en diversos puntos del sistema. Es sencillo y permite predecir con gran exactitud el comportamiento del sistema. Su aplicación más importante es el cálculo de fallas desbalanceadas en sistemas trifásicos simétricos, en condiciones de régimen permanente, aunque con una sola falla simultánea por vez. En caso de haber varias fallas la solución puede ser muy difícil o imposible. En tales casos son preferibles los métodos generales, con variables de fase, aplicando los métodos de mallas o nodos

Capítulo 4: Descripción de los componentes de los sistemas utilizados.

En la tabla 1 se dará una breve descripción de algunos parámetros que deben ingresarse en el software ETAP para algunos de los elementos utilizados en los sistemas trabajados en esta tesis.

Tabla 1: Parámetros que se deben ingresar en el software utilizado [23].

Elementos	Información
Nodos	Voltaje nominal en kV. El ángulo y %V. Factor de diversidad de carga, tipo de Nodo.
Transformadores	Voltaje primario y secundario y si es transformador de 3 devanados voltaje terciario, potencia nominal, cambiador manual o automático de taps, tipo de conexión de Tierra, relación X/R.
Cables de transmisión o distribución.	Amperaje, tipo de protección, longitud, impedancia (relación X/R), configuración, temperatura, voltaje (tensión Alta, media o Baja).
Red Equivalente	Modo de operación (swing, PV-control de voltaje, PQ-control de potencia reactiva o

	PF-control de factor de potencia). Voltaje nominal kV. Ángulo y %V para el modo de operación swing.%V, Potencia activa-MW, y límites de Potencia Reactiva (Qmax y Qmin) para modo de operación PV.
Generadores Síncronos	Modo de operación (swing, PV-control de voltaje, PQ-control de potencia reactiva o PF-control de factor de potencia). Voltaje nominal kV. Ángulo y %V para el modo de operación swing. %V, Potencia activa-MW, y límites de Potencia Reactiva (Qmax y Qmin) para modo de operación PV.
Inversores	Datos nominales de AC y DC. Voltaje de salida regulada de AC.
Motor Síncrono	Potencia en KW/HP y Voltaje nominal. Factor de potencia, eficiencia para porcentajes de carga de 100%, 75% y 50%. Porcentaje de cargabilidad del motor
Motor de Inducción	Potencia en KW/HP y Voltaje nominal. Factor de potencia y eficiencia para porcentajes de carga de 100%, 75% y 50%. Porcentaje de cargabilidad del motor
Cargas Estáticas	Potencia en KVA/MVA y Voltaje nominal. Factor de potencia. Porcentaje de cargabilidad.
Capacitor	Voltaje nominal. KVAR por banco. Número de Bancos. Porcentaje de carga.
Cargadores y UPS	Voltaje, potencia y factor de potencia nominales en AC. Voltaje, potencia nominal en DC. Porcentaje de cargabilidad
Paneles	Voltaje y corriente nominal. Numero de ramales. Porcentaje de Carga. Número de fases. Tipo de conexión: Externa, interna, reserva.

4.1 Transformadores

Definición: El transformador es un equipo que puede bajar o elevar el voltaje de acuerdo a unas bobinas que contiene dentro de su carcasa, éstas de acuerdo a su enrollamiento determinara si el transformador se utiliza para elevar o disminuir la tensión y también dependerá de su potencia, para que tipo de aplicación se utilice, para el caso del desarrollo de nuestro proyecto se utilizaran los transformadores de potencia y de distribución.

Transformador de potencia: se utiliza para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios, se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA en tensiones de 13.2KV, 33KV, 66 KV, 132 KV y frecuencias de 50 y 60 HZ.

Transformadores de distribución: Se denomina transformadores de distribución, generalmente a los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 KVA y de tensiones iguales o inferiores a 67000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencias superiores, por encima de las clases de 18 KV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas, las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

Datos técnicos que se deben tener en cuenta del transformador para ingresarlo al programa de simulación, el programa de simulación considera varios factores como la temperatura ambiente, la altitud, la fase de enfriamiento, el tipo de aislamiento (seco o liquido), considera el crecimiento futuro esperado de la carga requerida y toma en cuenta los factores de ajustes apropiados, se debe tener en cuenta los valores de secuencia positiva, negativa y cero este último valor de secuencia cero es muy importante, pues es un parámetro para ajustar las protecciones de un sistema de potencia, hacer estudios de sobretensiones, parametrización de equipos, cálculo de impedancias de secuencia, entre otros. Por esta razón su estimación es un insumo valioso e imprescindible principalmente para las protecciones de fallas a tierra y coordinación de aislamientos [24].

El requisito de cortocircuito del transformador de potencia “Impedancia del transformador y nivel básico de impulso BIL”, también son considerados por el programa el dimensionamiento del transformador en MVA.

- ANSI / IEEE - C57.12
- ANSI / IEEE - C57.92
- ANSI / IEEE - C57.96
- IEC 60076
- IEC 60726

4.2 Líneas de distribución

Definición: Las líneas de distribución eléctrica son la parte del sistema de suministro eléctrico que comunican con líneas aéreas o subterráneas con las subestaciones de distribución hasta los usuarios finales, y estas líneas llevan el suministro de energía eléctrica hasta el usuario final, para llevar esta energía eléctrica hasta el usuario final existen diferentes topologías las cuales se explican brevemente a continuación.

4.3 Red radial:

Utiliza una sola línea de suministro de energía para los consumidores, tiene la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación y en las protecciones eléctricas. Como desventaja principal que si el transformador falla todo el sistema quedaría sin energía eléctrica.

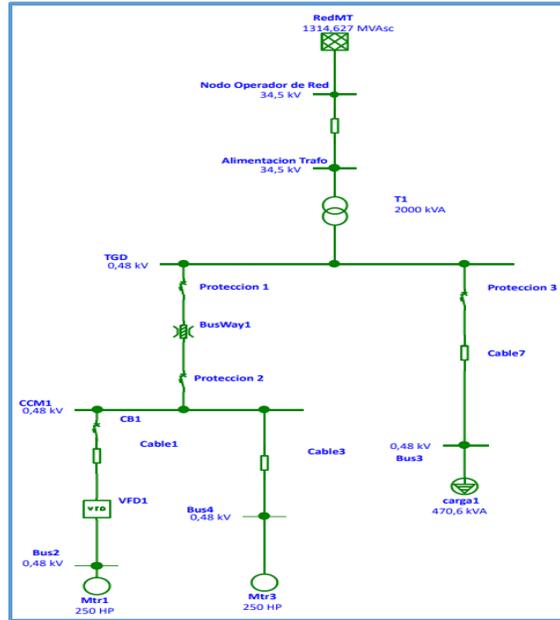


Figura 15: Red Radial

Las redes radiales se alimentan desde uno sólo de sus extremos, tienen la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación y en las protecciones eléctricas. Como inconveniente principal ante un fallo del transformador toda la red se quedaría sin energía eléctrica.

4.4 Red mallada o en lazo

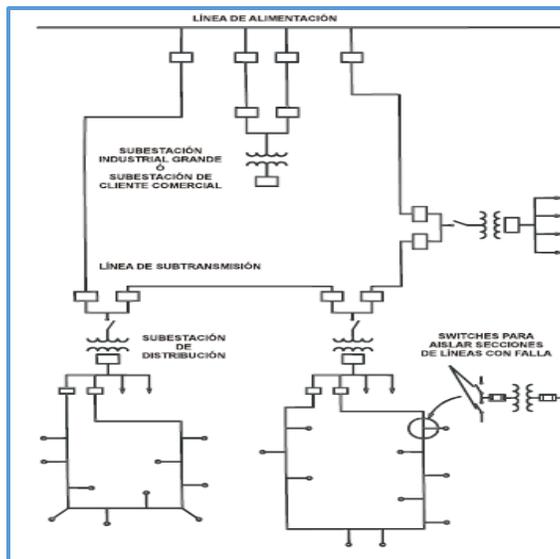


Figura 16: Red en Lazo o Malla [19]

Esta conexión es más costosa que la de arreglo radial, debido a que requiere más equipo, pero cualquier punto sobre la línea tiene servicio desde dos direcciones [19].

4.5 Red Lazo-Radial o Mixto

Para proporcionar el servicio a los llamados clientes críticos, se puede adoptar una combinación de los llamados sistemas en malla y radial. La parte radial del sistema alimenta a unos pocos clientes residenciales, que pueden quedar fuera de servicio para cualquier condición de falla.

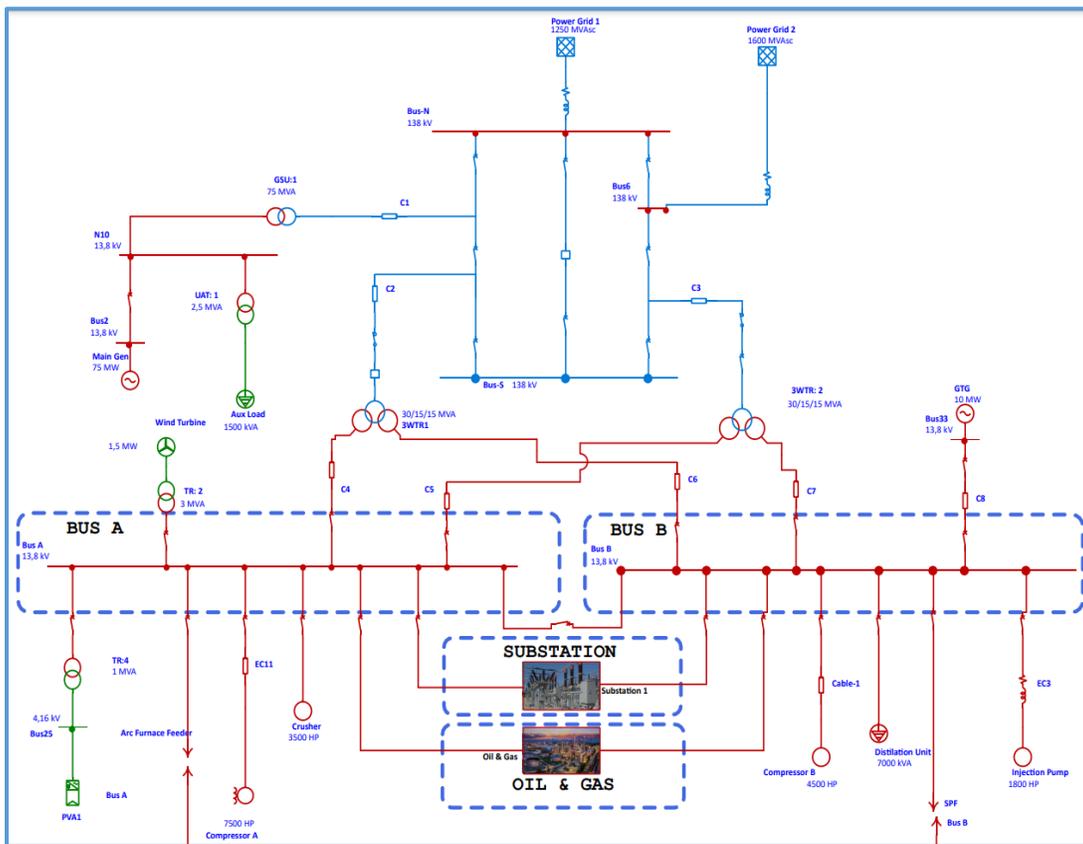


Figura 17: Red Lazo-Radial o Mixta [3]

4.6 Protecciones

Objetivo: El objetivo de la coordinación de protecciones es el de garantizar que las fallas eléctricas sean despejadas de la manera más rápida posible, con el menor impacto a la operación del sistema.

Algunos aspectos importantes que se deben tener en cuenta para que se realice una buena coordinación de protecciones.

- a) *Confiabilidad*: Es la habilidad de la protección para operar correctamente, Esto tiene dos elementos, *dependibilidad*, que es la certeza de una correcta operación ante la ocurrencia de una falla, y *seguridad* que es la habilidad para impedir la incorrecta operación durante fallas.
- b) *Velocidad*: Es el mínimo tiempo de operación para despejar la falla con el fin de evitar el daño de equipos.
- c) *Selectividad*: Mantener la continuidad del suministro de potencia desconectando la mínima sección posible de la red al despejar la falla.
- d) *Costo*: Máxima protección al menor costo posible

Un estudio de coordinación de protecciones normalmente, limita definir los ajustes para las unidades de sobrecorriente que operan selectivamente.

Algunos de los tipos de elementos de protección que se utilizan en las redes de distribución.

4.7 Relés Térmicos:

Los Relés Térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.

- la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas

4.8 Relé de Fase

Este dispositivo provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico). Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las biláminas. La bilámina correspondiente a la fase no alimentada no se deforma y bloquea el movimiento de una de las dos regletas, provocando el disparo. Los receptores alimentados en corriente monofásica o continua se pueden proteger instalando en serie dos biláminas que permiten utilizar relés sensibles a una pérdida de fase. Para este tipo de aplicaciones, también existen relés no sensibles a una pérdida de fase.

4.9 Interruptor

Un Interruptor es definido en estándar ANSI como un equipo de maniobra mecánico, capaz de conducir e interrumpir corrientes bajo condiciones normales. También capaz de conducir e interrumpir corrientes bajo condiciones anormales específicas como cortocircuitos.

- Requerimientos Generales
 - Debe ser un conductor perfecto cuando está cerrado
 - Debe ser un aislante perfecto cuando está abierto
 - Debe ser rápido al cierre
 - Debe ser rápido a la apertura
 - Debe ser capaz de interrumpir grandes corrientes.

4.9.1 Interruptor Termomagnético

Funcionamiento: Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir el contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magneto térmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

Un interruptor termo magnético, o disyuntor termo magnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

4.10 Fusibles

En electricidad, se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

4.11 Relés de Sobre corrientes

Característica	Área de aplicación	Característica de la aplicación
Tiempo Definido	Transmisión, Subtransmisión y Distribución	Se usa si la impedancia de fuente es variable
Normalmente Inverso	Transmisión, Subtransmisión y Distribución	Protección de fase y tierra en donde se necesita asegurar la selectividad de la protección
Muy Inverso	Transmisión, Subtransmisión y Distribución	Excelente característica para uso de sobrecorriente a tierra. Coordina con fusibles
Extremadamente Inverso	Distribucion	Uso exclusivo en distribución, coordina con fusible, reclosers, etc

Tabla 2: Relés de Sobrecorrientes.

4.12 Relés electrónicos Multifunción

El relé multifunción controla un dispositivo de aviso (por ejemplo, luces de advertencia) que, en función del tipo de conexión, indica si hay algún error o si el inversor funciona correctamente. El relé multifunción conecta y desconecta los equipos consumidores en función de la potencia ofrecida por la planta.

4.13 Generadores eólicos

¿Cómo funcionan las turbinas eólicas? El viento se genera por un calentamiento irregular de la superficie terrestre por parte del sol. Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual acciona un generador que produce energía eléctrica limpia. Actualmente, las turbinas eólicas son versátiles fuentes de electricidad. Sus alabes o “palas” tienen un diseño aerodinámico que les permite capturar la mayor cantidad de energía del viento, pues éste las hace rotar, accionando una flecha acoplada al generador y así obtener electricidad [20].

4.14 Generadores solares

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que se obtiene directamente de la radiación solar mediante un panel solar que a su vez la transforma en energía eléctrica.

El proceso comienza cuando la luz solar cae sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica, que componen los paneles solares, y se produce un diferencial de potencial eléctrico entre ambas caras haciendo que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica que luego se transporta hasta la red de distribución para llegar hasta los puntos de consumo [25].

Además de no emitir gases contaminantes o de efecto invernadero durante la producción de energía, una de las principales ventajas de esta tecnología es que es modular. Es decir, los paneles pueden usarse para el autoconsumo (abastecer electricidad en casas o edificios) o también para abastecer a la red eléctrica a través de grandes centrales [25].

4.15 Generación hidroeléctrica.

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía renovable que se produce aprovechando el paso de los ríos a través de la construcción de represas. Existen varios tipos de centrales hidroeléctricas, cada una con características propias [25].

La central hidroeléctrica más común en el mundo es la llamada “central de embalse”. En este tipo de centrales, el agua se acumula en la represa para luego caer desde la altura sobre una turbina hidráulica, haciéndola girar y produciendo electricidad con los generadores eléctricos ubicados en la sala de máquinas. Luego, se eleva su tensión para transportar la energía sin mayores pérdidas y posteriormente incorporarse a la red eléctrica. Por otro lado, el agua utilizada retoma su curso natural [25].

Otro modelo son las “centrales de pasada”. Este tipo de centrales aprovechan el desnivel natural del río para luego derivar el agua por un canal hasta la central de donde se mueven turbinas que pueden ser de eje vertical (si el río tiene una pendiente pronunciada) u horizontal (si la pendiente es baja), generando energía eléctrica de manera similar a las centrales de embalse. Este tipo de centrales operan de forma continua ya que no tienen capacidad para almacenar el agua [25].

Finalmente, otro modelo de centrales hidroeléctricas son las “centrales de bombeo o reversibles” que, además de aprovechar la energía del agua, pueden consumir energía para transportar el agua hasta el embalse superior en horas de baja demanda y liberarla cuando el

consumo eléctrico es elevado. Funcionan como un método de almacenamiento de energía para satisfacer la demanda energética [25].

4.16 Generadores Síncronos.

Los elementos principales que conforman una maquina sincrónica son de un material ferromagnético, el estator o armadura es prácticamente un cilindro hueco que se comporta de forma estacionaria, tiene cortes en donde se encuentran las bobinas del devanado de armadura, por medio de los cuales se suministra a la carga por el generador la corriente necesaria. Otro elemento principal es el denominado rotor y es el que rota dentro del estator [21].

- a) La corriente de campo que define la relación entre la corriente de campo y el flujo.
- b) Reactancia sincrónica.
- c) Resistencia del inducido.

El primer paso es realizar la prueba de circuito abierto de la maquina sincrónica, la cual consiste en energizar el generador y llevarlo a su corriente nominal, teniendo en cuenta que se deben desconectar todos los terminales de carga llevando la corriente de campo a cero. Posteriormente, se incrementa progresivamente la corriente de campo y se mide la tensión en terminales cada vez que se aumente [22].

El segundo paso es realizar la prueba de cortocircuito, donde se vuelve a llevar la corriente de campo a cero y se cortocircuitan los terminales de la maquina mediante un grupo de amperímetros. Posteriormente, cuando se incrementa la corriente de campo se mide la corriente de línea. [22]

Capítulo 5: Metodología

5.1 Actividades a desarrollar

Se desarrollarán diferentes análisis de los métodos para la detección de fallas en un sistema de distribución de energía a diferentes niveles de tensión, con la verificación de corrientes y tensiones que emiten las variables de las diferentes señales eléctricas en un sistema industrial y en una planta de Inyección de Agua.

5.2 Desarrollo del circuito en el Software Etap

El software utilizado para realizar el análisis de flujos de potencia es el “Electrical Transient Analysis Software” ETAP en su versión 19.0.1.

ETAP es el software de ingeniería más completo para el desarrollo de análisis, diseño, simulación y evaluación para cada uno de los eslabones de un sistema de potencia (generación, transmisión, distribución y disposición final de la energía eléctrica). Cuenta con aproximadamente sesenta y seis módulos desarrollados en su casa matriz “Operation Technology Inc – OTI” en Irvine, California. A nivel mundial, el ETAP se ha establecido como una herramienta estándar dentro de los profesionales de la Ingeniería Eléctrica, esto se debe a las numerosas aplicaciones que permiten al usuario llevar a cabo estudios en una cantidad menor de tiempo en comparación con otros softwares del mercado, así como una rápida ejecución de los análisis eléctricos, confiabilidad en los resultados y una administración eficiente de la información. Adicionalmente, ETAP cuenta con un número importante de librería con amplia información de conductores, protecciones (relés, interruptores, fusibles, reconectores, generadores de energía), los cuales son validados directamente con los fabricantes, proporcionando de esta manera una representación más real del sistema eléctrico bajo estudio [23].

De acuerdo al desarrollo del sistema industrial y al estudio de las bombas de inyección de agua, que se tomaron como base y los cuales se modelara en el software ETAP, también se dará una breve explicación de algunos componentes del circuito en estudio y después se realizaran gráficas y figuras de los sistemas estudiados.

El software ETAP emplea métodos iterativos para el cálculo de las variables de estado del sistema de potencia, sin embargo, la exactitud de los resultados que se generan en la solución de un flujo de carga y cortocircuito depende en gran medida, de un correcto ingreso por parte del Usuario de los parámetros de entrada de los elementos que conforman el sistema de potencia bajo estudio [23].

Este trabajo se desarrolla en ETAP para el análisis de Flujo de carga y cortocircuito de un sistema industrial y un diseño de bombas de inyección de agua para extraer petróleo, el primer sistema fue extraído de la Norma IEEE std 3002.2-2018, el cual contiene diferentes tipos de carga y fuentes de alimentación, así como diferentes tipos de componentes que se detallan a continuación el segundo sistema se detallara más adelante, además se muestra de forma no detallada el ingreso de información a cada uno de los componentes para llevar a cabo estos análisis.

- Patio de conmutación de alta tensión (las instalaciones industriales pesadas pueden poseer y ser responsables de esta parte del sistema).
- Celdas de distribución de energía de media tensión con alimentadores de fuentes múltiples (comunes a las grandes refinerías e instalaciones impulsadas por procesos).
- Plantas de generación o cogeneración más grandes, con un transformador de unidad dedicado (~75+ MW de capacidad).
- Equipos de generación más pequeños (de emergencia, de reserva y de cogeneración).
- Configuraciones de interruptores selectivos secundarios de media y baja tensión de doble extremo.
- Sistemas de emergencia y críticos (similares a las configuraciones de centros de datos de "nivel 1" o "pequeños"). Las instalaciones industriales/comerciales más grandes pueden tener requerimientos de respaldo de datos con unidades de suministro de energía ininterrumpida (UPS).
- Grandes cargas de horno de arco y filtro(s) de armónicos similares a los que pueden encontrarse en grandes plantas de fabricación de acero. Utilice los componentes de modelo

adecuados del software que simulan la corrección del factor de potencia y el contenido de flujo de carga armónica que coinciden con las características de dichos equipos.

- Motor síncrono con control del sistema de excitación configurable a soporte de tensión o factor de potencia.
- Pueden utilizarse accionamientos de velocidad ajustable (ASD) o accionamientos de frecuencia variable (VFD) para diversos controles de motores de inducción/sincrónicos.
- Ejemplo de aplicación de microred que incluye fuentes de energía renovable como las instalaciones fotovoltaicas (FV) que pueden conectarse a través de convertidores.
- Generación de turbinas eólicas que pueden aprovechar las fuentes de energía renovable. El sistema de turbinas eólicas es un ejemplo de simulaciones de flujo de carga de generación distribuida.

En las figuras 19 a 25 se muestran los componentes individuales incluidos dentro de las "redes compuestas" o los componentes ubicados en otras áreas del dibujo mediante "conectores remotos". Las redes compuestas son elementos que representan una subcapa (o vista anidada) de elementos. Los conectores remotos son símbolos que permiten la omisión de la línea de conexión entre dos elementos. Estos elementos no representan un componente de la vida real, sino que se utilizan principalmente para simplificar el dibujo de una línea. A continuación, se describen las conexiones a través de estos elementos:

- Los contenidos de las redes compuestas "Petróleo y Gas", "Subestación1" y "Centro de Datos" se muestran en la Figura 19, Figura 23 y Figura 24, respectivamente.
- Los elementos conectados a través de los conectores remotos "Alimentador del horno de arco" y "Alimentador de la sub-bomba" se muestran en la Figura 21 y la Figura 22, respectivamente.

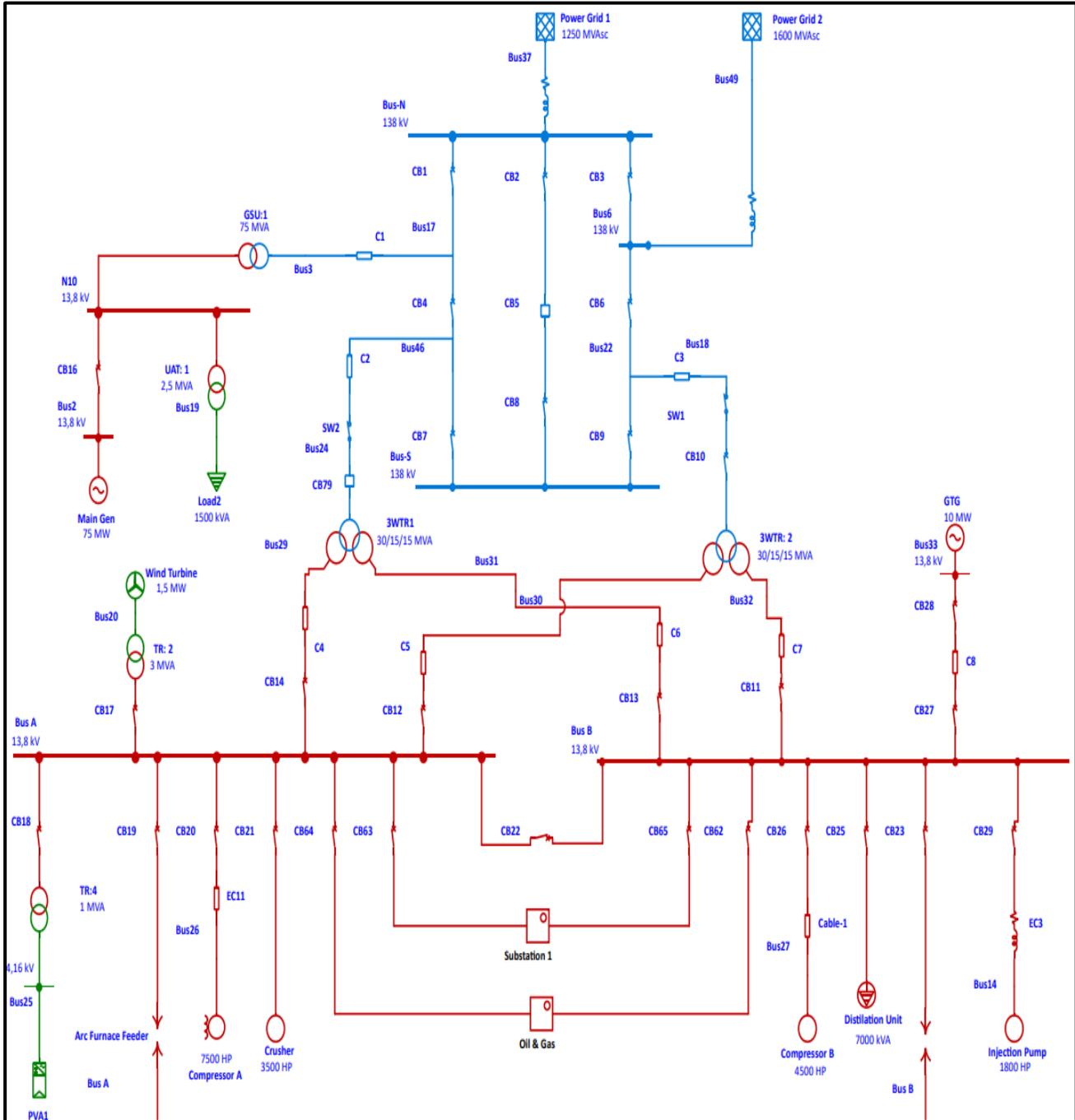


Figura 18: Diagrama unifilar del sistema de ejemplo de flujo de carga y cortocircuito (sistema IEEE 3002)

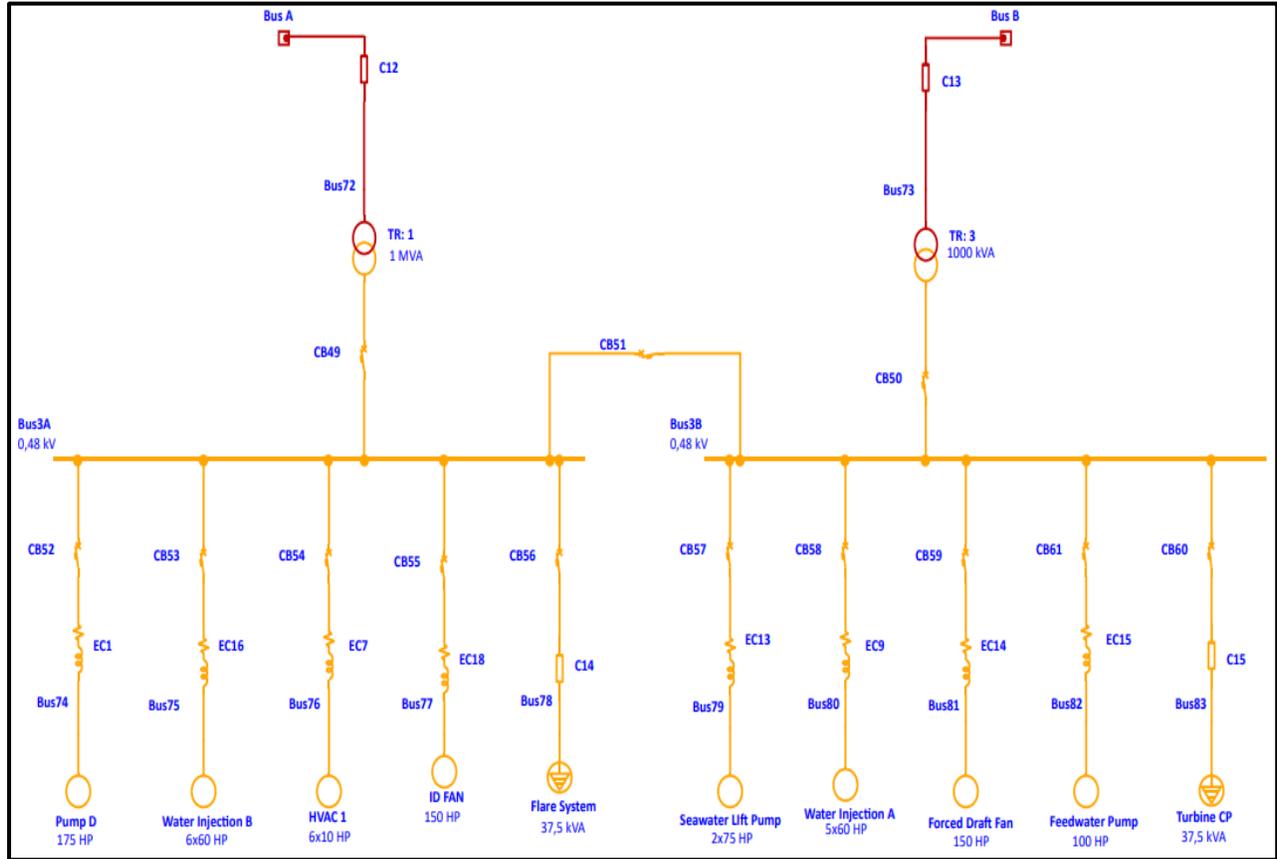


Figura 19: Diagrama unifilar de la subestación “Petróleo y Gas”

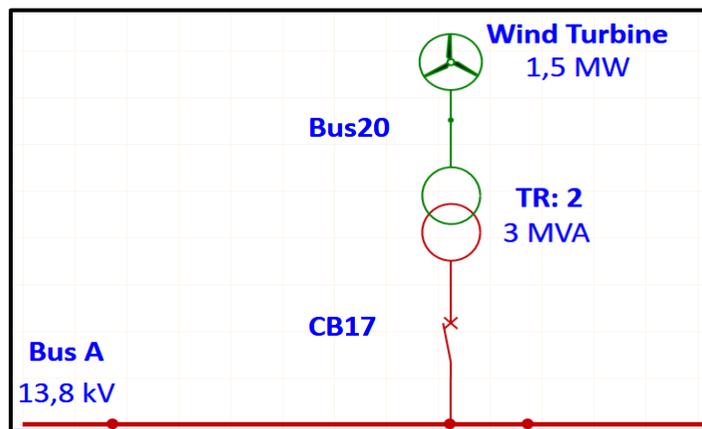


Figura 20: Diagrama unifilar de la turbina de viento (sistema IEEE 3002).

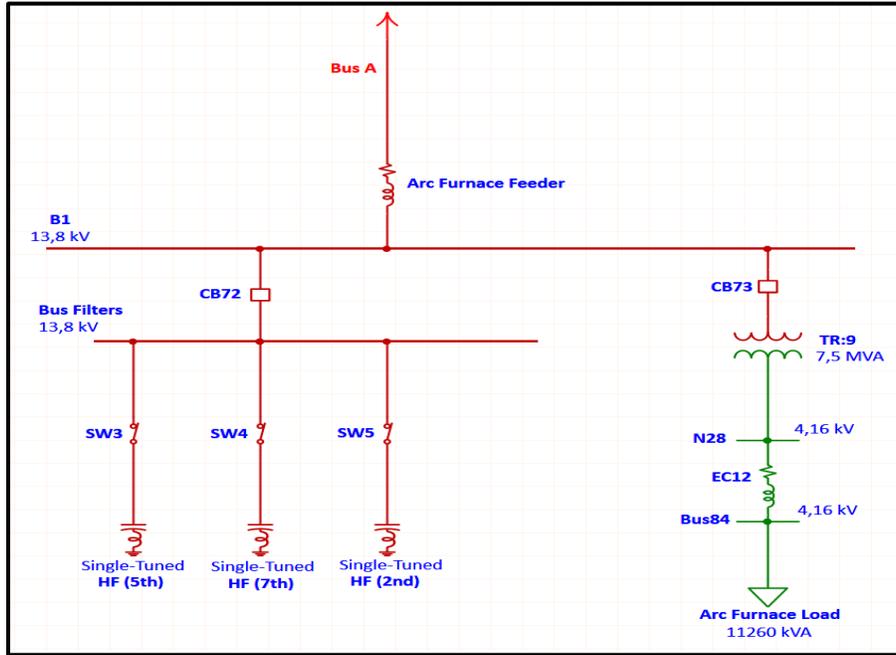


Figura 21: Diagrama unifilar de los componentes del horno de arco.

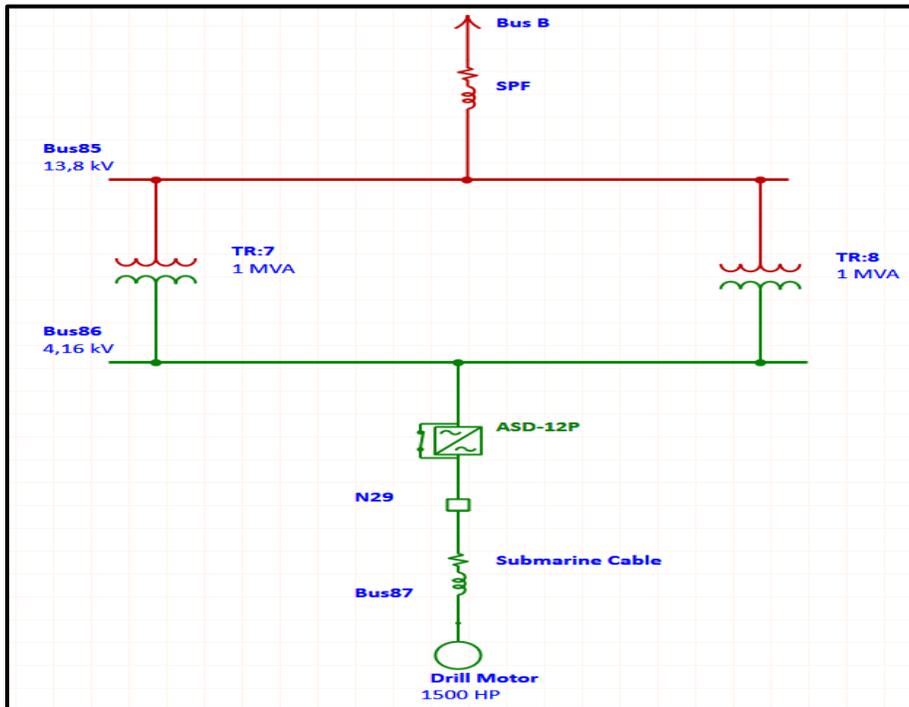


Figura 22: Diagrama unifilar del sistema submarino impulsado por el ASD (sistema IEEE 3002).

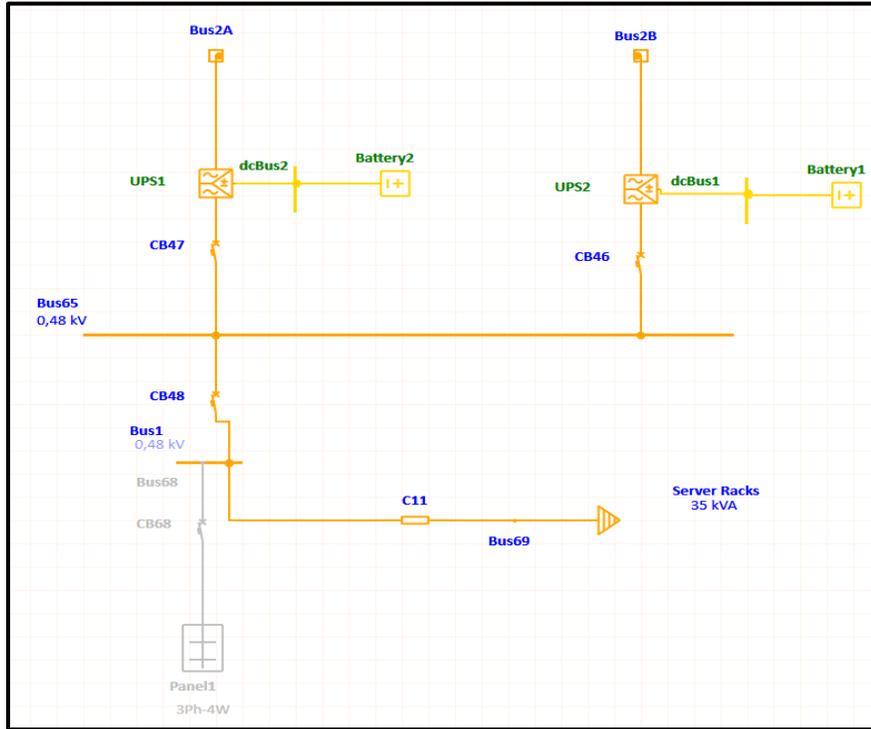


Figura 24: Diagrama de una línea para el “centro de Datos”(sistema IEEE 3002).

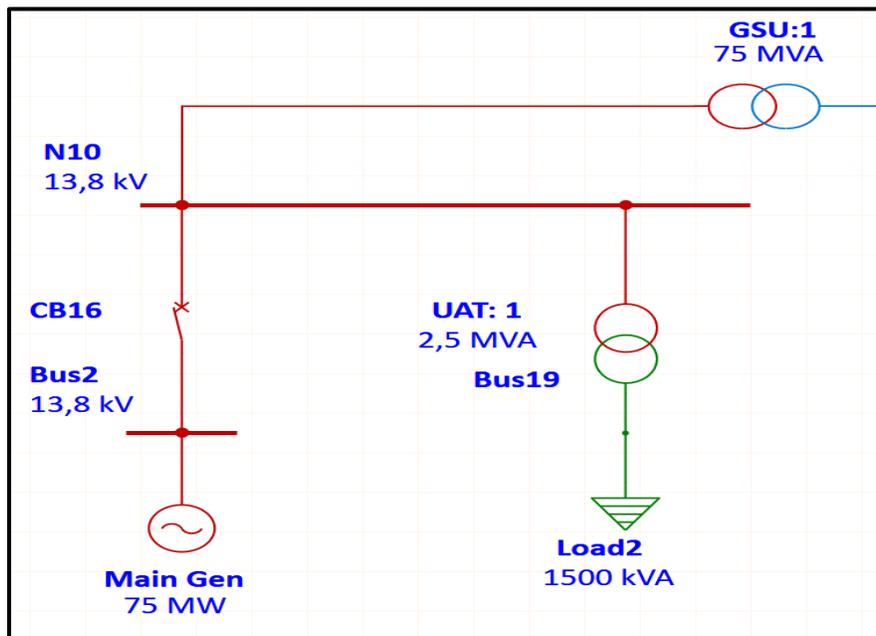


Figura 25: Diagrama unifilar de la estación de cogeneración (sistema IEEE 3002).

5.3 Modelamiento del sistema

Para el presente estudio de flujo de carga se utilizó el software ETAP. A continuación, se describe el modelamiento de los elementos del sistema eléctrico, así mismo, en los capítulos anteriores se explican algunos de los componentes utilizados en el software, en las tablas a continuación se pueden encontrar los parámetros eléctricos de los elementos modelados en el software:

Condiciones Iniciales del análisis para el flujo de carga estudiado y de sus componentes.

5.3.1 Datos de Entrada de Generación Síncrona

Tabla 3: Datos de Generación entregados por la Norma IEEE.

<u>Synchronous Generator Input Data</u>															
Synchronous Generator		Rating				% Impedance in Machine Base						Grounding			Excitation Type
						Xd''			R	R/X	Xd, sat				
ID	Type	MVA	kV	RPM	% PF	Adj.	Tol.	R/X				Xd, sat	Conn.	Type	Amp
GTG	Steam Turbo	11.765	13.800	1800	85.00	0.720	13.68	-28.0	0.05	28.00	Wye	Solid	0.00	Turbine 130%	
Main Gen	Steam Turbo	88.235	13.800	1800	85.00	1.000	19.00	0.0	0.05	28.00	Wye	Solid	0.00	Turbine 130%	
Total Connected Synchronous Generators (= 2,00) : 100,000 MVA															

5.3.2 Datos de entrada equivalente de red:

Tabla 4: Datos de entrada para el equivalente de Red

<u>Power Grid Input Data</u>							
Power Grid ID	Connected Bus ID	Rating		% Impedance 100 MVA Base			Grounding Type
		MVASC	kV	R	X''	R/X''	
Power Grid 1	Bus37	1250.000	138.000	0.22848	7.99674	0.03	Wye - Solid
Power Grid 2	Bus49	1600.000	138.000	0.24980	6.24501	0.04	Wye - Solid
Total Connected Power Grids (= 2) : 2850.000 MVA							

5.3.3 Datos de Entrada al sistema transformadores

Tabla 5: Datos de entrada transformadores de dos devanados utilizados en el software dados por la norma IEEE.

<u>2-Winding Transformer Input Data</u>															
<u>Transformer</u>		<u>Rating</u>				<u>Z Variation</u>			<u>% Tap Setting</u>			<u>Adjusted</u>		<u>Phase Shift</u>	
<u>ID</u>	<u>MVA</u>	<u>Prim. kV</u>	<u>Sec. kV</u>	<u>% Z</u>	<u>X/R</u>	<u>+ 5%</u>	<u>- 5%</u>	<u>% Tol.</u>	<u>Prim.</u>	<u>Sec.</u>	<u>% Z</u>	<u>Type</u>	<u>Angle</u>		
GSU:1	75.000	138.000	13.800	9.00	3.09	0	0	0	5.000	0	9.00	Dyn	30.00		
TR: 1	1.000	13.800	0.480	5.75	14.23	0	0	0	0	0	5.75	Dyn	30.00		
TR: 2	3.000	0.600	13.800	5.75	14.23	0	0	0	0	0	5.75	YNd	30.00		
TR: 3	1.000	13.800	0.480	5.75	14.23	0	0	0	0	0	5.75	Dyn	30.00		
TR:4	1.000	4.160	13.800	5.75	14.23	0	0	0	0	0	5.75	YNd	30.00		
TR: 5	2.000	13.800	4.160	6.52	12.50	0	0	0	0	0	6.52	Dyn	30.00		
TR: 6	2.000	13.800	4.160	6.41	12.25	0	0	0	0	0	6.41	Dyn	30.00		
TR:7	1.000	13.800	4.160	5.50	5.79	0	0	0	0	0	5.50	Dyn	30.00		
TR:8	1.000	13.800	4.160	5.50	5.79	0	0	0	0	0	5.50	Dyn	30.00		
TR:9	7.500	13.800	4.160	6.40	14.23	0	0	0	-2.500	0	6.40	Dyn	30.00		
TR:10	1.000	4.160	0.480	5.44	5.79	0	0	0	0	0	5.44	Dyn	30.00		
TR: 11	1.000	4.160	0.480	5.63	5.79	0	0	0	0	0	5.63	Dyn	30.00		
UAT: 1	2.500	13.800	4.160	4.80	4.70	0	0	0	0	0	4.80	Dyn	30.00		

5.3.4 Modelado de los alimentadores:

Para este análisis de flujo de potencia se consideraron las longitudes y calibres de los conductores de acuerdo al listado de cables y conductores eléctricos de la Norma IEEE.

Tabla 6 Datos de modelado de cables.

Line/Cable/Busway Input Data												
ohms or siemens per 1000 m per Conductor (Cable) or per Phase (Line/Busway)												
Line/Cable/Busway		Length										
ID	Library	Size	Adj. (m)	% Tol.	#/Phase	T (°C)	R1	X1	Y1	R0	X0	Y0
Arc Furnace Feeder	15NCUS1	500	576.0	0.0	1	75	0.0931759	0.1381234		0.1490814	0.3521982	
C1	25NCUS3	3/0	335.0	0.0	1	75	0.2722389	0.3772966		0.2722389	0.3772966	
C2	138NCUS1	500	733.0	0.0	2	75	0.1095214	0.2559055		0.1095214	0.2559055	
C3	138NCUS1	500	733.0	0.0	2	75	0.1095214	0.2559055		0.1095214	0.2559055	
C4	15NCUS3	1000	259.0	0.0	2	75	0.0688420	0.2329396		0.0688420	0.2329396	
C5	15MCUS1	1000	259.0	0.0	2	75	0.0688420	0.2329396		0.0688420	0.2329396	
C6	15NCUS1	1000	259.0	0.0	2	75	0.0688420	0.2329396		0.0688420	0.2329396	
C7	15MCUS1	1000	259.0	0.0	2	75	0.0688420	0.2329396		0.0688420	0.2329396	
C8	25MCUS3	1000	335.0	0.0	3	75	0.0688420	0.2329396		0.0688420	0.2329396	
C9	15MCUS1	4	401.0	0.0	1	75	1.0531500	0.1948819		1.0531500	0.1948819	
C 10	15MCUS1	4	401.0	0.0	1	75	0.3210000	0.0594000		0.3210000	0.0594000	
C11	0,6MCUN1	1	99.0	0.0	1	75	0.5249344	0.1246719		0.5249344	0.1246719	
C12	15NCUN1	250	274.0	0.0	1	75	2.9007530	0.4954068		2.9007530	0.4954068	
C13	15NCUN1	250	274.0	0.0	1	75	2.9007530	0.4954068		2.9007530	0.4954068	
C14	1,0NCUS1	16	6.0	0.0	1	75	1.4020490	0.0910000		1.4020490	0.0910000	
C15	1,0NCUS3	16	6.0	0.0	1	75	1.4020490	0.0912000		1.4020490	0.0910000	
Cable-1	15NCUS1	3/0	30.0	0.0	1	75	0.2641076	0.1587926		0.4225722	0.4049213	
EC1	1,0NCUN1	95	15.0	0.0	1	75	0.2365362	0.0850000		0.2365362	0.0850000	
EC2	5,0NCUS1	3/0	137.0	0.0	2	75	0.2534638	0.1213911		0.2534638	0.1213911	
EC3	15NCUS3	25	30.0	0.0	1	75	0.8841494	0.1510000		0.8841494	0.1510000	
EC4	0,6NCUN1	10	45.0	0.0	1	75	13.9927800	0.3576115		13.9927800	0.3576115	
EC5	0,6NCUN1	10	15.0	0.0	1	75	13.9927800	0.3576115		13.9927800	0.3576115	
EC6	5,0NCUN3	3/0	137.0	0.0	2	75	0.0772558	0.0370000		0.0772558	0.0370000	
EC7	0,6MCUN1	6	53.0	0.0	1	75	0.1607611	0.2099738		0.1607611	0.2099738	
EC8	5,0NCUS1	3/0	137.0	0.0	2	75	0.2534638	0.1213911		0.2534638	0.1213911	
EC9	0,6MCUN1	300	99.0	0.0	1	75	0.1476378	0.1673228		0.1476378	0.1673228	
EC10	5,0NCUS1	3/0	107.0	0.0	2	75	0.2534638	0.1213911		0.2534638	0.1213911	
EC11	15NCUS1	2/0	237.0	0.0	1	75	0.3379518	0.3116798		0.3379518	0.3116798	
EC12	15NCUS1	1/0	139.0	0.0	1	75	0.4599899	0.1541995		0.4599899	0.1541995	
EC13	0,6NCUS1	120	45.0	0.0	1	75	0.2022003	0.0800000	0.0002658	0.2022003	0.0800000	
EC14	1,0NCUS3	70	6.0	0.0	3	75	0.3261911	0.0872000		0.3261911	0.0870000	
EC15	1,0NCUS3	70	15.0	0.0	1	75	0.3261911	0.0872000		0.5186438	0.2214900	
EC16	0,6MCUN1	300	99.0	0.0	1	75	0.1476378	0.1673228		0.1476378	0.1673228	
EC17	5,0NCUS3	6	733.0	0.0	2	75	1.6732280	0.1742126		1.6732280	0.1738845	
EC18	1,0NCUS3	70	6.0	0.0	3	75	0.3261911	0.0872000		0.3261911	0.0870000	

ohms or siemens per 1000 m per Conductor (Cable) or per Phase (Line/Busway)												
Line/Cable/Busway		Length										
ID	Library	Size	Adj. (m)	% Tol.	#/Phase	T (°C)	R1	X1	Y1	R0	X0	Y0
EC19	5,0NCUS3	6	733.0	0.0	2	75	1.6732280	0.1742126		1.6732280	0.1738845	
SPF	5,0NCUS1	1	3.0	0.0	1	75	0.5757697	0.1148294		0.5757697	0.1148294	
Submarine Cable	5,0NCUS1	2/0	991.0	0.0	1	75	0.3379518	0.3116798		1.2954820	1.3254590	
Line-2		397	9650.0	0.0	1	75	0.1761343	0.3117209	0.0000054	0.3477729	1.9972520	0.0000013
Line21		397,	12690.0	0.0	1	75	0.1740212	0.3173316	0.0000054	0.3456598	2.0028620	0.0000013

5.3.5 Modelado de motores de inducción:

Las corrientes nominales, factores de potencia y eficiencias de los motores fueron tomados de las tablas entregadas por la Norma IEEE.

Tabla 7: Datos de Entrada de Maquinas de Inducción.

<u>Induction Machine Input Data</u>															
Induction Machine			Connected Bus		Rating					Pos. Seq. Imp. (Motor Base)			Grounding		
ID	Type	Qty	ID	HP/kW	kVA	kV	Amp	PF	% R	% X"	R/X"	Conn.	Type	Amp	MW/PP
Crusher	Motor	1	Bus A	3500.00	2869.21	13.200	125.50	92.83	3.38	17.03	0.20	Wye	Open		1.30
Injection Pump	Motor	1	Bus14	1800.00	1541.47	11.000	80.91	91.18	2.04	15.25	0.13	Wye	Open		1.34
Compressor B	Motor	1	Bus27	4500.00	3688.98	13.200	161.35	92.83	1.58	15.30	0.10	Wye	Open		1.68
Pump B	Motor	1	Bus61	500.00	441.29	4.160	61.24	89.85	5.00	19.36	0.26	Wye	Open		0.19
Pump A	Motor	1	Bus63	450.00	397.16	4.000	57.32	89.85	5.00	19.36	0.26	Wye	Open		0.17
Pump C	Motor	1	Bus64	500.00	441.29	4.160	61.24	89.85	5.00	19.36	0.26	Wye	Open		0.19
Compressor C	Motor	1	Bus71	1000.00	876.47	4.160	121.64	88.32	3.27	21.81	0.15	Wye	Open		0.37
Drill Motor	Motor	1	Bus87	1500.00	1314.41	4.000	189.72	88.32	3.27	21.81	0.15	Wye	Open		0.56
Condenser A	Motor	5	Bus2A	50.00	49.13	0.460	61.67	83.73	9.35	13.80	0.68	Wye	Open		0.02
HVAC 2	Motor	1	Bus2A	15.00	14.74	0.460	18.50	87.51	4.28	16.79	0.25	Wye	Open		0.01
Condenser B	Motor	5	Bus2B	60.00	53.74	0.460	67.44	90.82	5.46	14.65	0.37	Wye	Open		0.02
Pump D	Motor	1	Bus74	175.00	191.68	0.460	240.58	80.00	4.21	16.13	0.26	Wye	Open		0.07
Water Injection B	Motor	6	Bus75	60.00	59.52	0.460	74.70	82.00	5.46	14.65	0.37	Wye	Open		0.02
HVAC 1	Motor	6	Bus76	10.00	8.76	0.460	10.99	91.75	6.78	13.51	0.50	Wye	Open		0.00
ID FAN	Motor	1	Bus77	150.00	131.36	0.460	164.87	91.75	4.35	14.93	0.29	Wye	Open		0.06
Seawater Lift Pump	Motor	2	Bus79	75.00	66.22	0.440	86.89	91.42	5.46	14.65	0.37	Wye	Open		0.03
Water Injection A	Motor	5	Bus80	60.00	61.00	0.460	76.57	80.00	5.46	14.65	0.37	Wye	Open		0.02
Forced Draft Fan	Motor	1	Bus81	150.00	150.65	0.460	189.08	80.00	4.35	14.93	0.29	Wye	Open		0.06
Feedwater Pump	Motor	1	Bus82	100.00	87.57	0.460	109.91	91.75	4.96	15.20	0.33	Wye	Open		0.04

Total Connected Induction Machines (= 42): 13507.7 kVA

Tabla 8: Datos del transformador de tres devanados.

3-Winding Transformer Input Data													
Transformer		Rating		Tap		Impedance				Z Variation		Phase Shift	
ID	Winding	MVA	kV	%	% Z	X/R	MVA _b	% Tol.	+ 5%	- 5%	Type	Angle	
3WTR1	Primary:	30.000	138.000	0	Z _{ps} = 7.00	25.00	30.000	0	0	0			
	Secondary:	15.000	13.800	0	Z _{pt} = 7.00	25.00	30.000	0			Std Pos. Seq.	-30.0	
	Tertiary:	15.000	13.800	0	Z _{st} = 14.00	25.00	30.000	0			Std Pos. Seq.	-30.0	
3WTR: 2	Primary:	30.000	138.000	0	Z _{ps} = 7.10	25.00	30.000	0	0	0			
	Secondary:	15.000	13.800	0	Z _{pt} = 7.10	25.00	30.000	0			Std Pos. Seq.	-30.0	
	Tertiary:	15.000	13.800	0	Z _{st} = 14.00	25.00	30.000	0			Std Pos. Seq.	-30.0	

3-Winding Transformer Grounding Input Data									
Transformer		Rating		Conn.		Grounding			
ID	Winding	MVA	kV	Type	Type	kV	Amp	ohm	
3WTR1	Primary:	30.000	138.000	Delta					
	Secondary:	15.000	13.800	Wye	Solid				
	Tertiary:	15.000	13.800	Wye	Solid				
3WTR: 2	Primary:	30.000	138.000	Delta					
	Secondary:	15.000	13.800	Wye	Solid				
	Tertiary:	15.000	13.800	Wye	Solid				

Tabla 9: Datos de motor síncrono [3]

Synchronous Motor Input Data										
Synchronous Motor			Connected Bus			Rating				
ID	Type	Qty	ID	HP/kW	kVA	kV	Amp	%PF		
Compressor A	Condenser	1	Bus26	7500.00	6494.40	13.200	284.06	-90.00		
Total Connected Synchronous Motors (= 1): 6494.4 kVA										
% Impedance in Motor Base										
Synchronous Motor			Xd''			Grounding				
ID	Type	Qty	R	Adj.	Tol.	R/X	Conn.	Type	Amp	Exciter Type
Compressor A	Condenser	1	0.440	15.38	0.0	0.03	Wye	Solid		Terminal Feed, Cylindrical 130%

Tabla 10: Datos de entrada de la carga

Lumped Load Input Data													
Lumped Load								Motor Loads					
Lumped Load	Connected Bus	Rating				% Load		Loading		% Impedance Machine Base			MW/PP
		ID	ID	kVA	kV	Amp	% PF	MTR	STAT	kW	kvar	R	
Aux Load	Bus19	1500.0	4.160	208.18	85.00	80	20	1020.0	632.1	1.53	15.31	0.10	1.02
Distillation Unit	Bus B	7000.0	13.800	292.86	85.00	80	20	4760.0	2950.0	1.53	15.31	0.10	4.76
Flare System	Bus78	37.5	0.440	49.21	80.00	100	0	30.0	22.5	6.46	15.37	0.42	0.03
Receptacles A	Bus2A	400.0	0.480	481.13	80.00	80	20	256.0	192.0	5.96	14.18	0.42	0.26
Receptacles B	Bus2B	350.0	0.480	420.98	80.00	80	20	224.0	168.0	5.96	14.18	0.42	0.22
Turbine CP	Bus83	37.5	0.440	49.21	80.00	100	0	30.0	22.5	6.46	15.37	0.42	0.03
Total Connected Lumped Loads (= 6): 9325.0 kVA													

Tabla 11: Datos de entrada variador de Velocidad [3]

VFD Input Data													
ID	AC Rating								Bypass Switch	% Impedance Equipment Base			
	kVA		kV		FLA		Input			Output		R	X
	Output	Input	Output	Input	Output	Input	% EFF	% PF		Hz	% Imax		
ASD-12P	745.70	4.160	4.160	152.66	103.49	95.00	71.36	60.00	150.0	No	66.67	0.00	

Tabla 12: Datos de entrada UPS

UPS Input Data													
ID	AC Rating								DC Rating			Operating % PF	Bypass Switch
	MVA	kV		FLA		% EFF	% PF	DC Rating		% Imax			
		Input	Output	Input	Output			kV	FLA				
UPS1	0.063	0.480	0.480	83.53	75.18	90.00	80.00	0.024	2199.074	150.0	80.00	No	
UPS2	0.063	0.480	0.480	83.53	75.18	90.00	80.00	0.024	2199.074	150.0	80.00	No	

En este estudio se analizan un escenario de operación normal, un escenario de CoGenOff y un escenario de Feederout. Para cada escenario se presentan los estados de operación de los elementos del sistema. Estos escenarios de análisis son tomados del documento de la IEEE y se muestran a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13: Escenarios de análisis en el estudio de flujos de potencia.

ID del Elemento	tipo	Normal	CoGenOff	FeederOut
CB-22	HVCB	Abierto	Abierto	Abierto
CB-27	HVCB	Cerrado	Abierto	Cerrado
CB-62	HVCB	Cerrado	Cerrado	Abierto
CB-65	HVCB	Cerrado	Cerrado	Abierto
CB-26	HVCB	Abierto	Abierto	Cerrado
CB-21	LVCB	Abierto	Abierto	Cerrado
CB-64	LVCB	Cerrado	Cerrado	Abierto
CB-23	LVCB	Abierto	Abierto	Abierto

PD: Los interruptores que no aparecen en el cuadro se consideran normalmente cerrados

A continuación, se muestran los tres escenarios para flujo de carga en las figuras 26, 27 y 28 y para el estudio de cortocircuito en las figuras 29, 30 y 31.

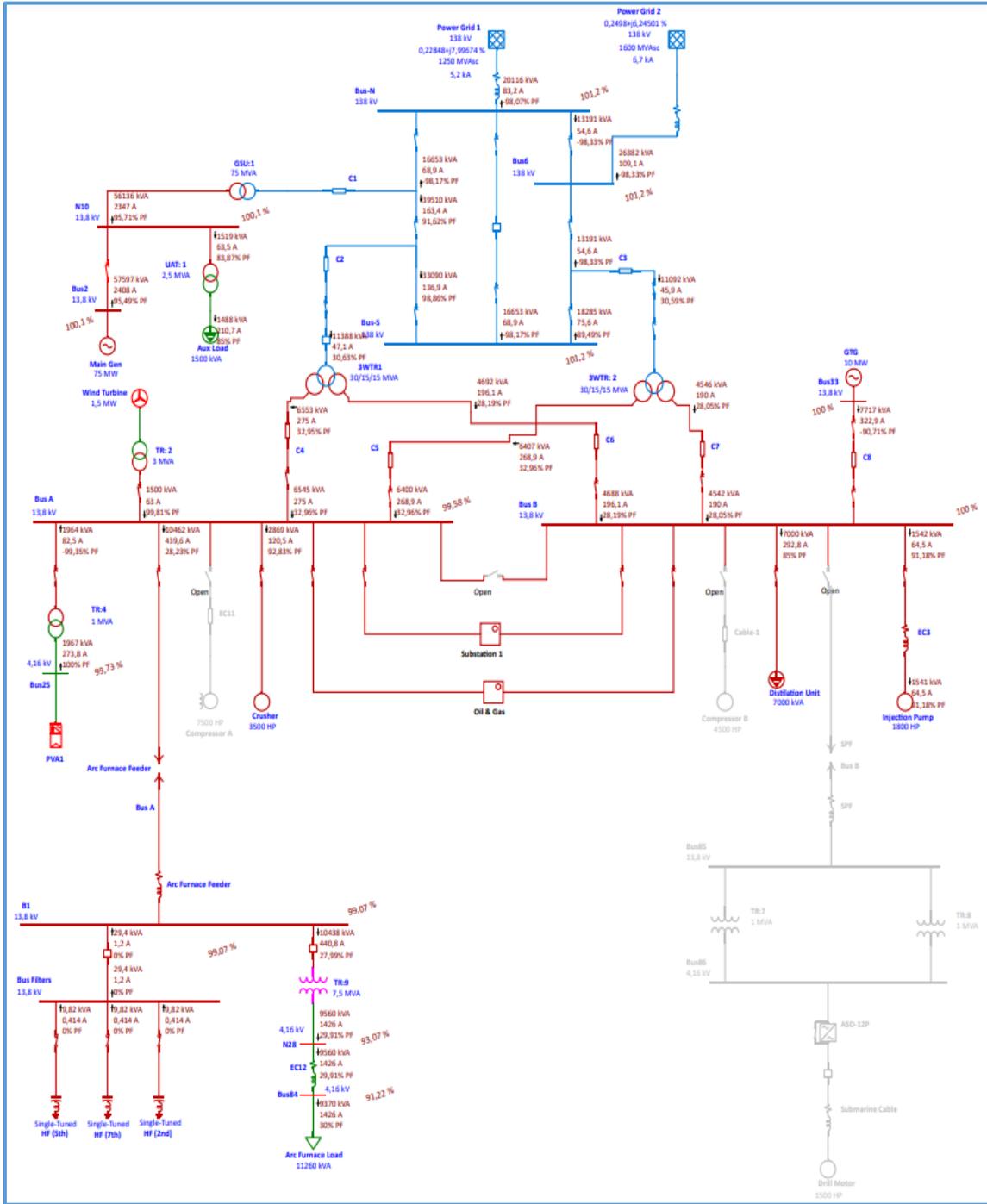


Figura 26: Escenario de configuración Normal flujo de Carga

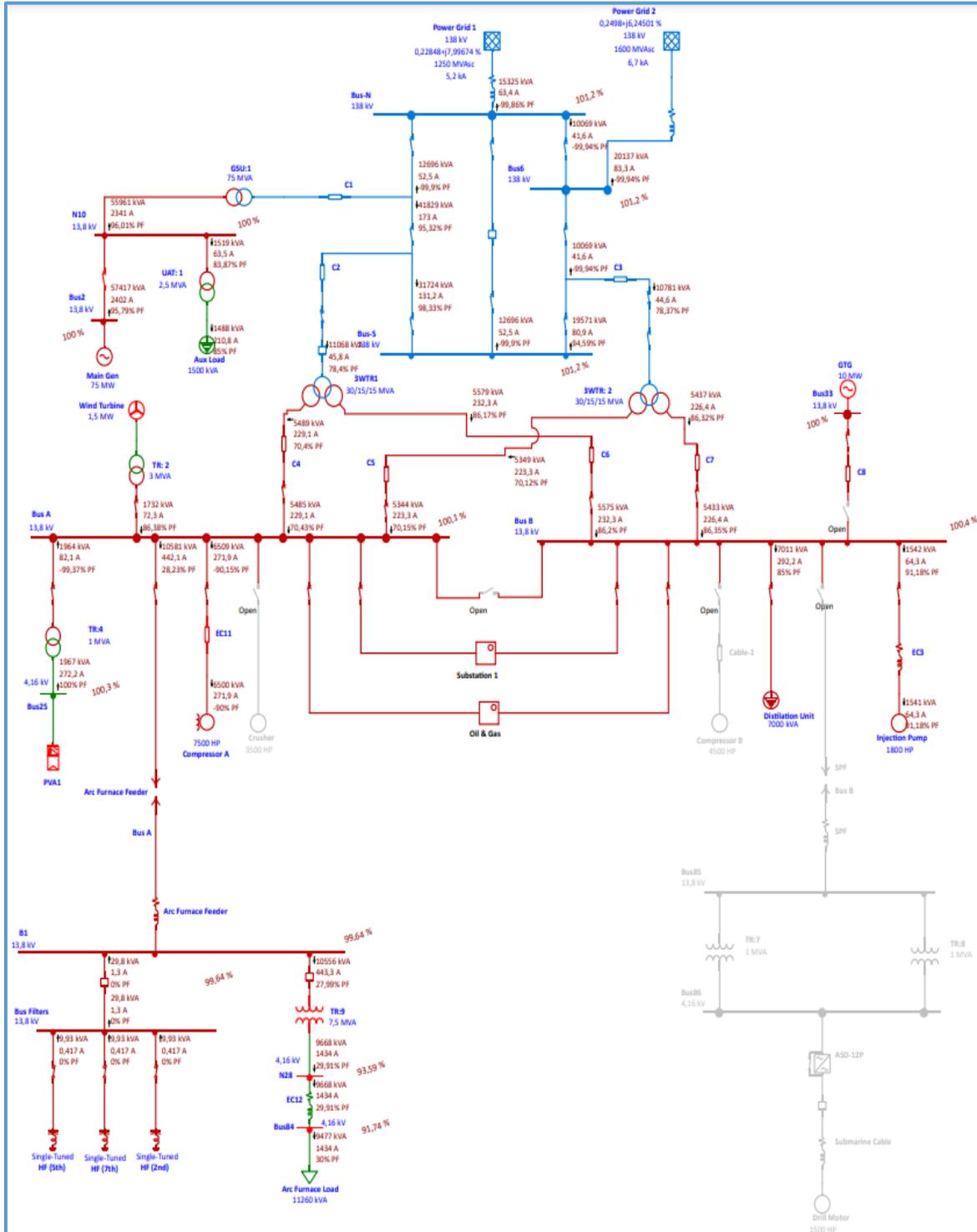


Figura 27: Escenario de flujo de carga de configuración CoGenOff

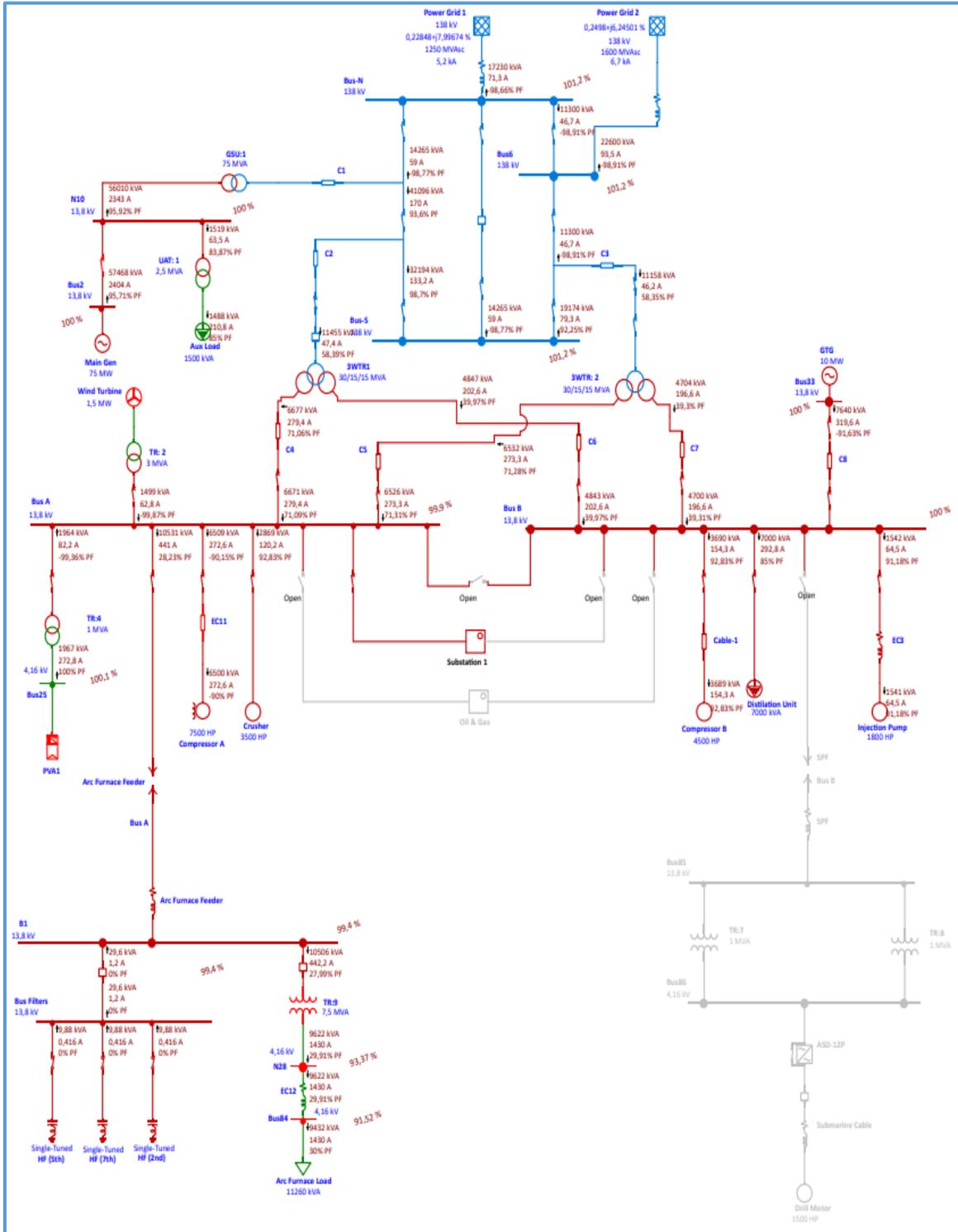


Figura 28: Escenario de Flujo de carga configuración FeederOut

Corrientes de Cortocircuito en las Barras principales del circuito de acuerdo a los escenarios planteados.

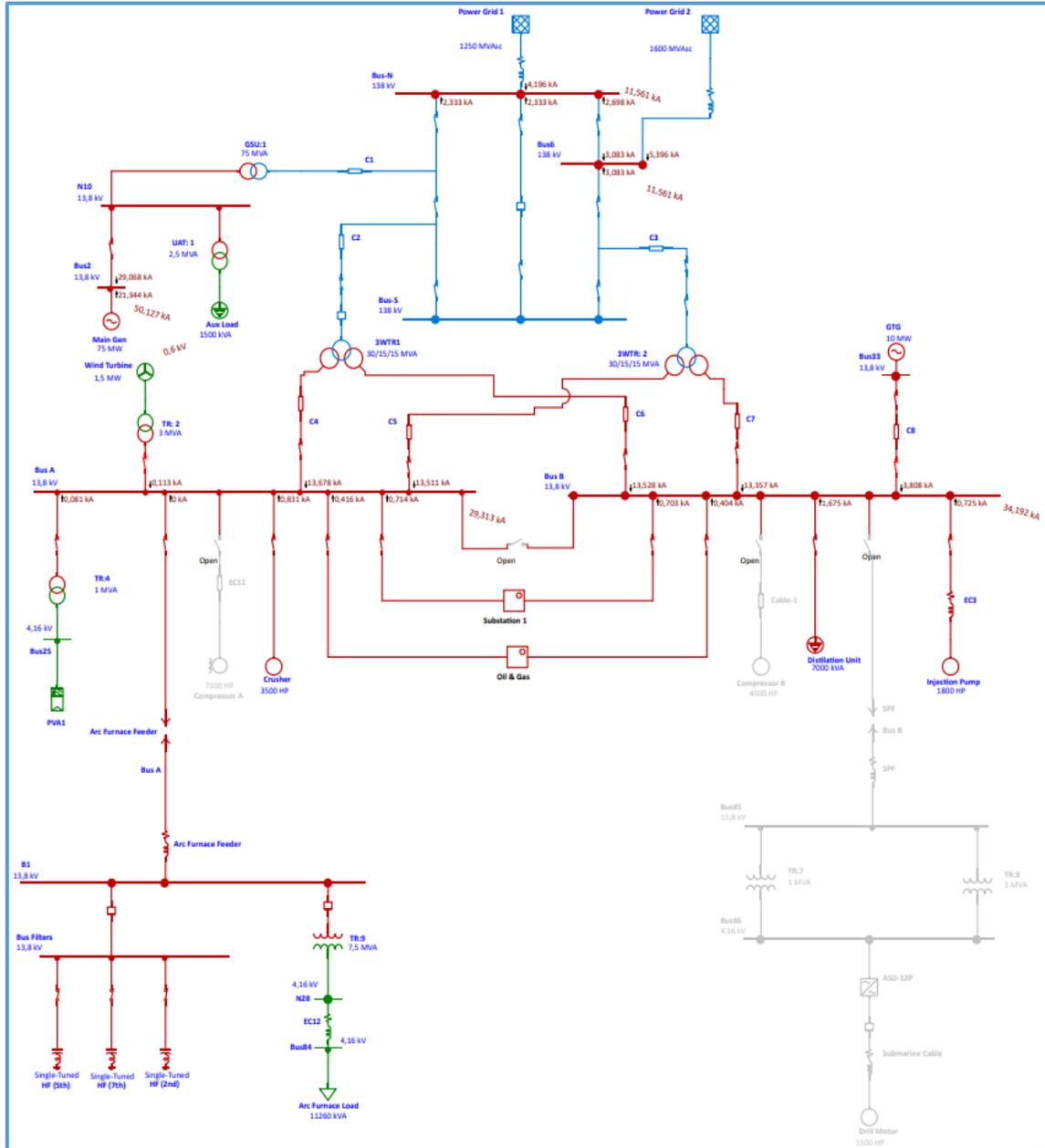


Figura 29: Escenario de configuración Normal corriente de cortocircuito trifásica

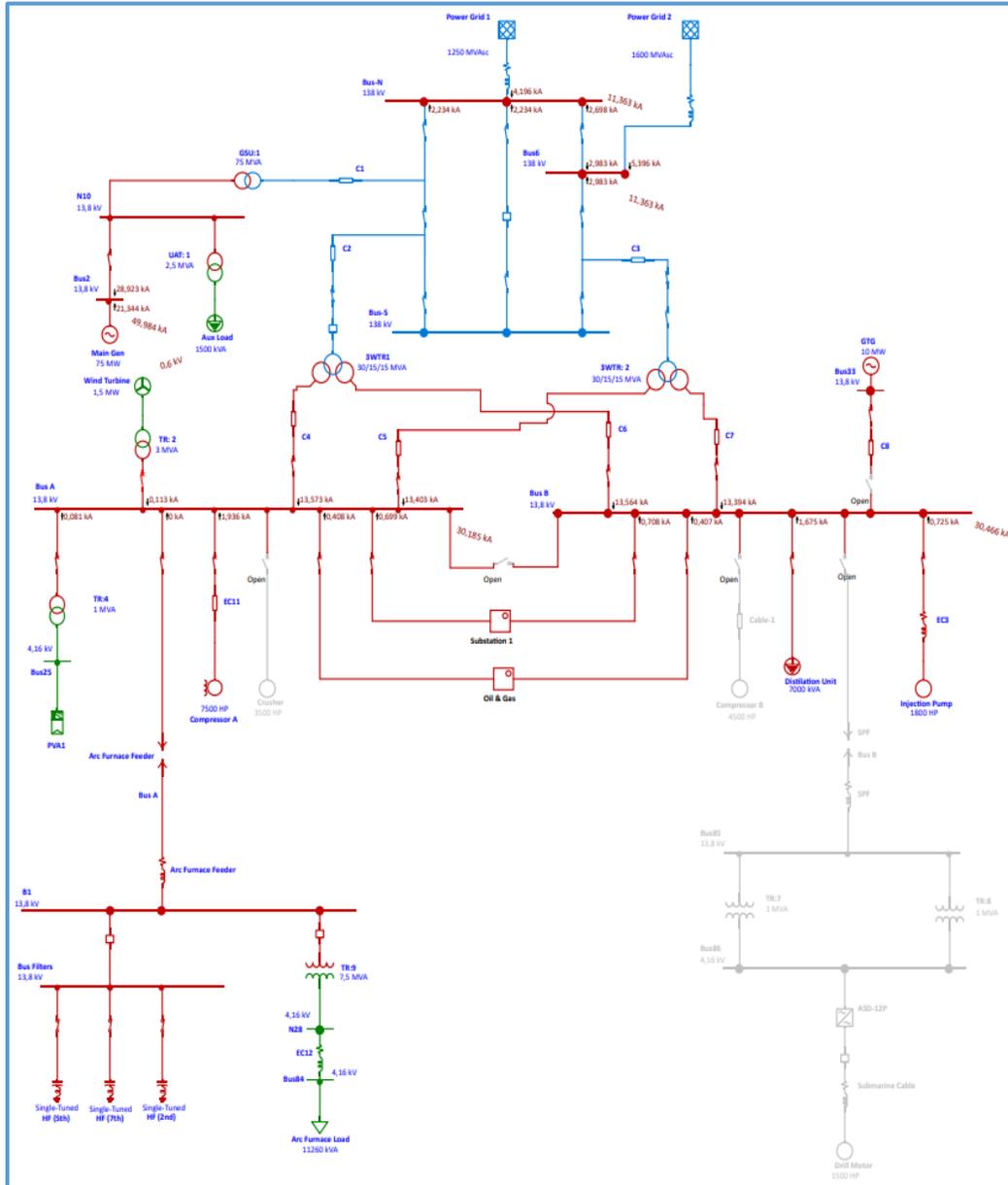


Figura 30: Escenario de configuración CoGenOff corriente de cortocircuito trifásica

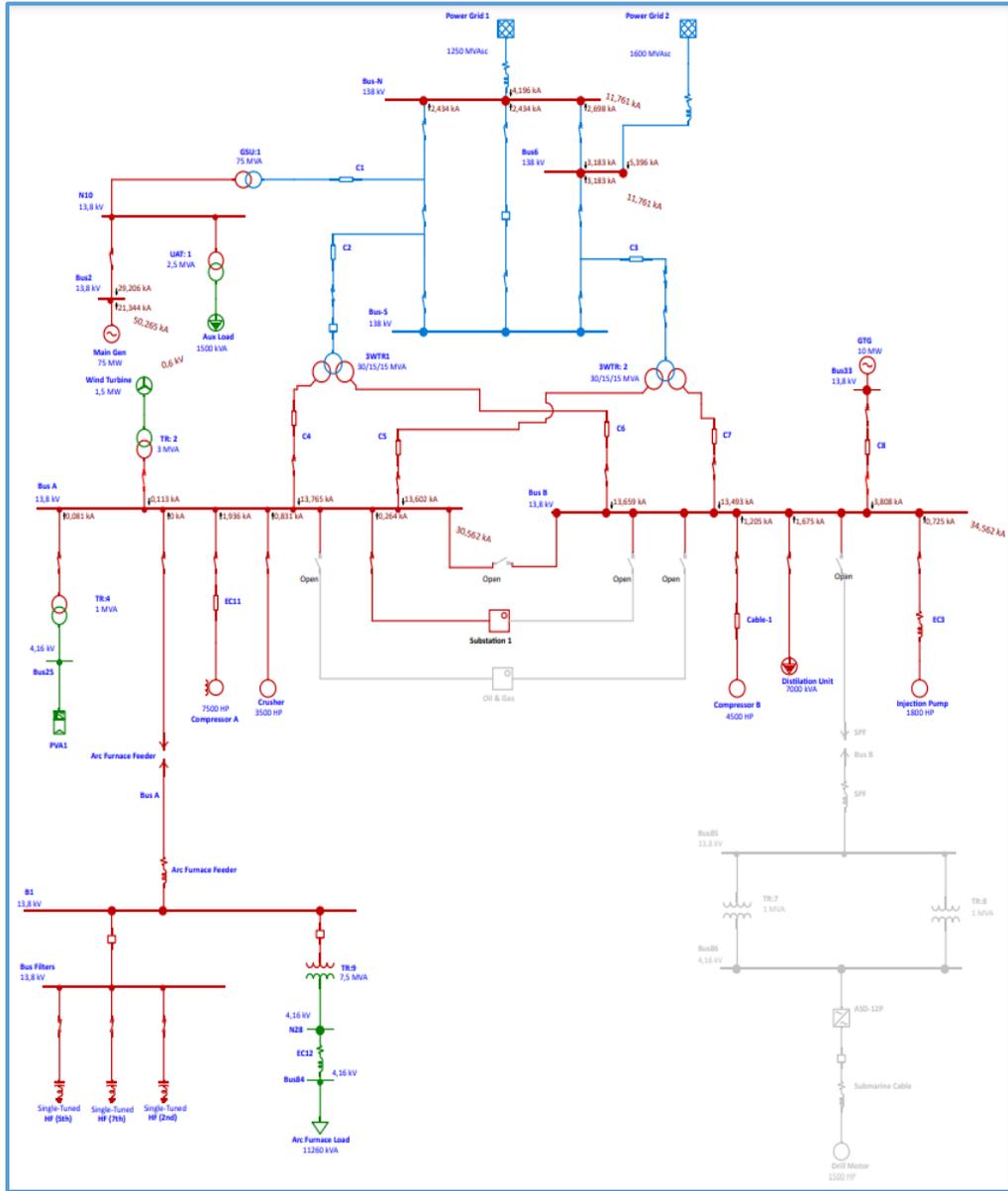


Figura 31: Escenario de configuración FeederOut corriente de cortocircuito trifásica

5.4 Ejemplos de arranques de motores de la norma IEEE

Se realiza el modelado de arranques de motores del sistema industrial de compresor A, Compresor B y la comparación de arranque de los dos generadores del sistema, para ver la variación de velocidad de arranque, la corriente y el valor de voltaje que se presentan en estos equipos con respecto al tiempo en las figuras 32 a la 40, se pueden visualizar estos parámetros al arrancar los motores.

5.4.1 Arranque de motor compresor A

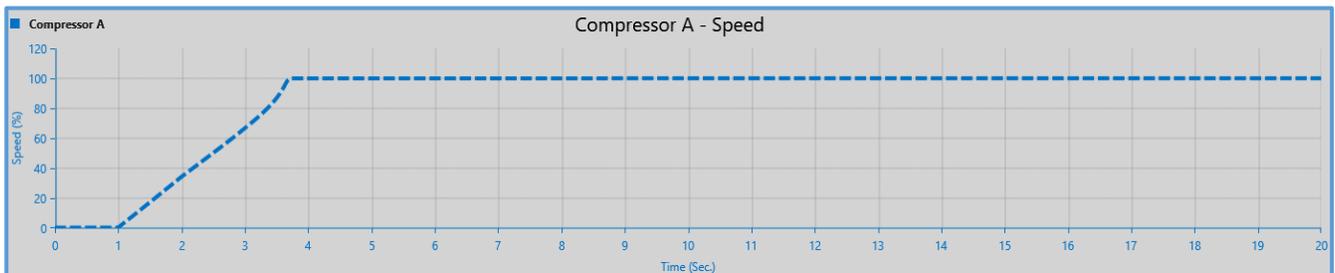


Figura 32: Velocidad de Arranque de compresor A

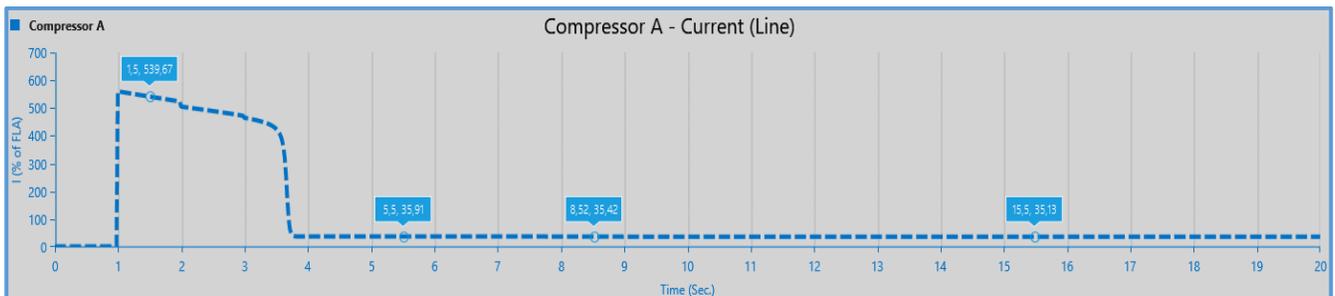


Figura 33: Corriente de Arranque compresor A.

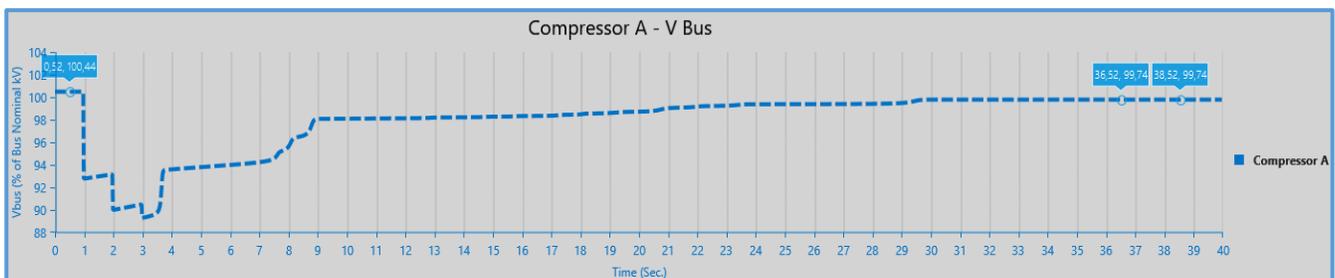


Figura 34 Voltaje de arranque compresor A

5.4.2 Arranque de motor compresor B

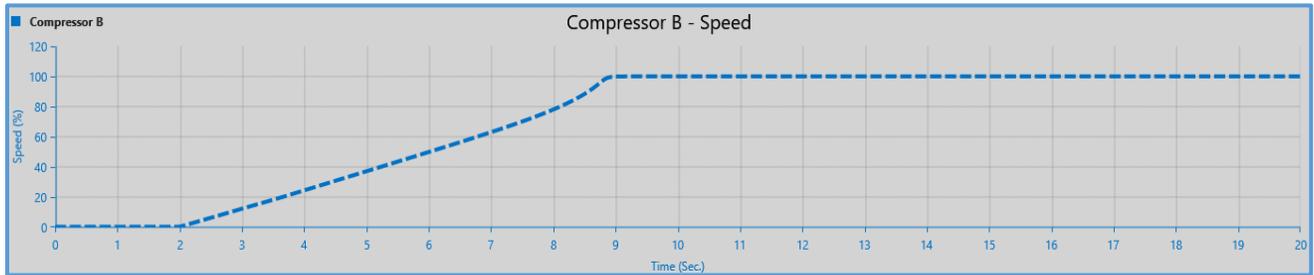


Figura 35: Velocidad de Arranque de compresor B

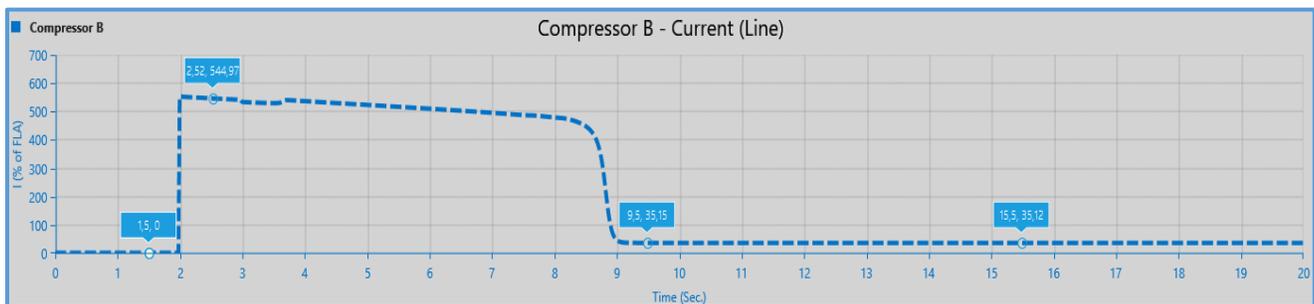


Figura 36: Corriente de Arranque compresor B.

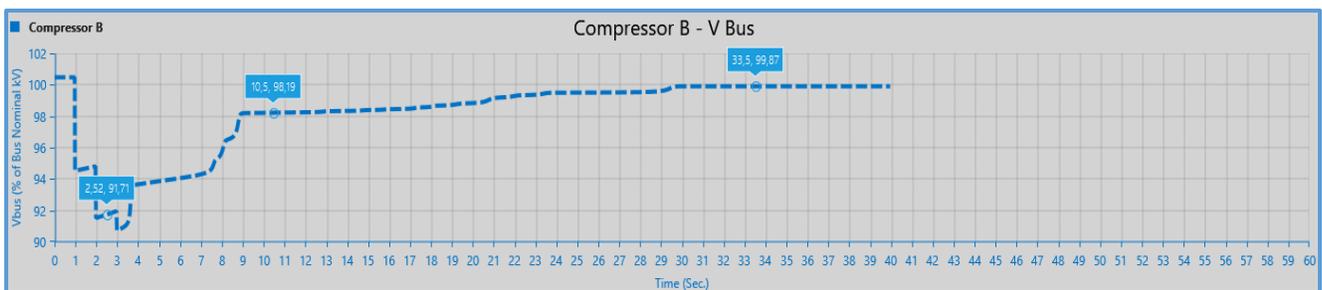


Figura 37: Voltaje de Arranque compresor B.

5.4.3 Comparación de arranques de los dos generadores del sistema.

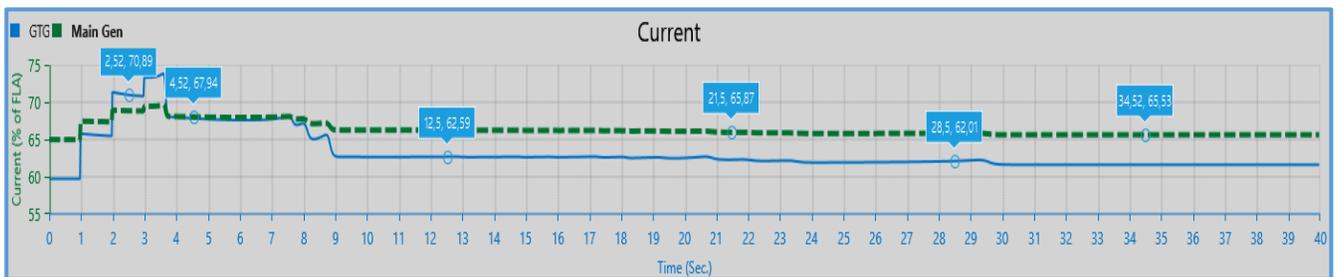


Figura 38: Comparación de Corrientes de los dos generadores en el arranque.

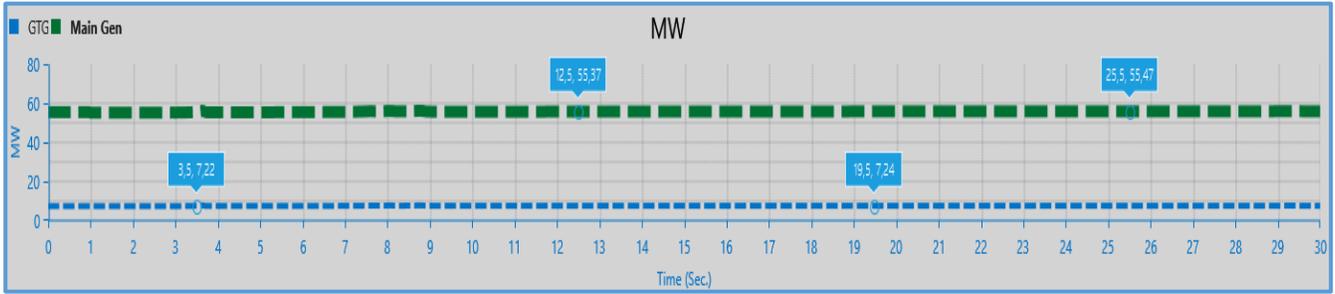


Figura 39: Comparación de Potencia activa de los dos generadores en el arranque.

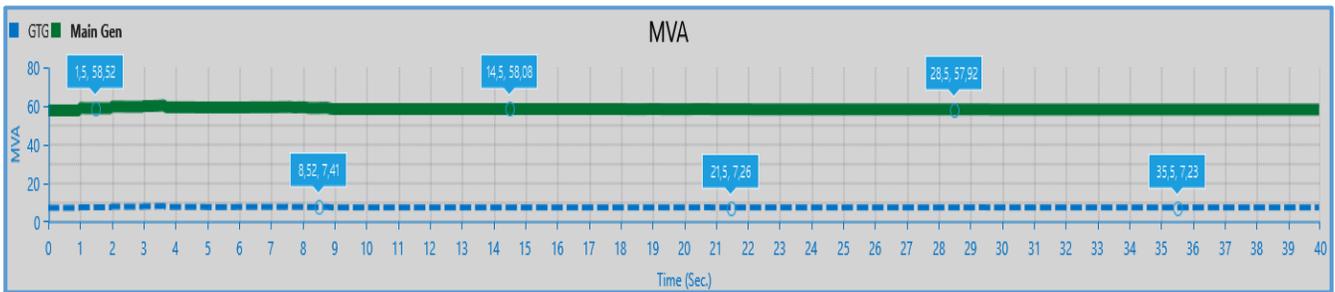


Figura 40: Comparación de Potencia reactiva de los dos generadores en el arranque.

5.5 Sistema de inyección de bombas de agua.

5.5.1 Objeto:

Presentar los flujos de potencia en los diferentes puntos del sistema eléctrico de la planta de inyección de agua, Determinando las tensiones, corrientes, flujos de potencia, cargabilidad de los equipos y factor de potencia, verificando los cortocircuitos en cada uno de los puntos del sistema eléctrico de la planta de inyección de agua.

5.5.2 Esquema general del sistema eléctrico 34.5 kv:

Desde el punto de vista eléctrico, el proyecto consta en la instalación de dos salas eléctricas prefabricadas: Power Room 3 y Power Room 8. El Power Room 8 proporciona alimentación al sistema de las bombas principales y se alimenta directamente del Power Room EC3 por medio de dos líneas subterráneas a 34.5 kV; y el Power Room 3, que proporciona alimentación al sistema eléctrico de las bombas booster, se alimenta por medio de dos líneas eléctricas subterráneas desde el Power Room 1, tal como se ilustra en la figura 41.

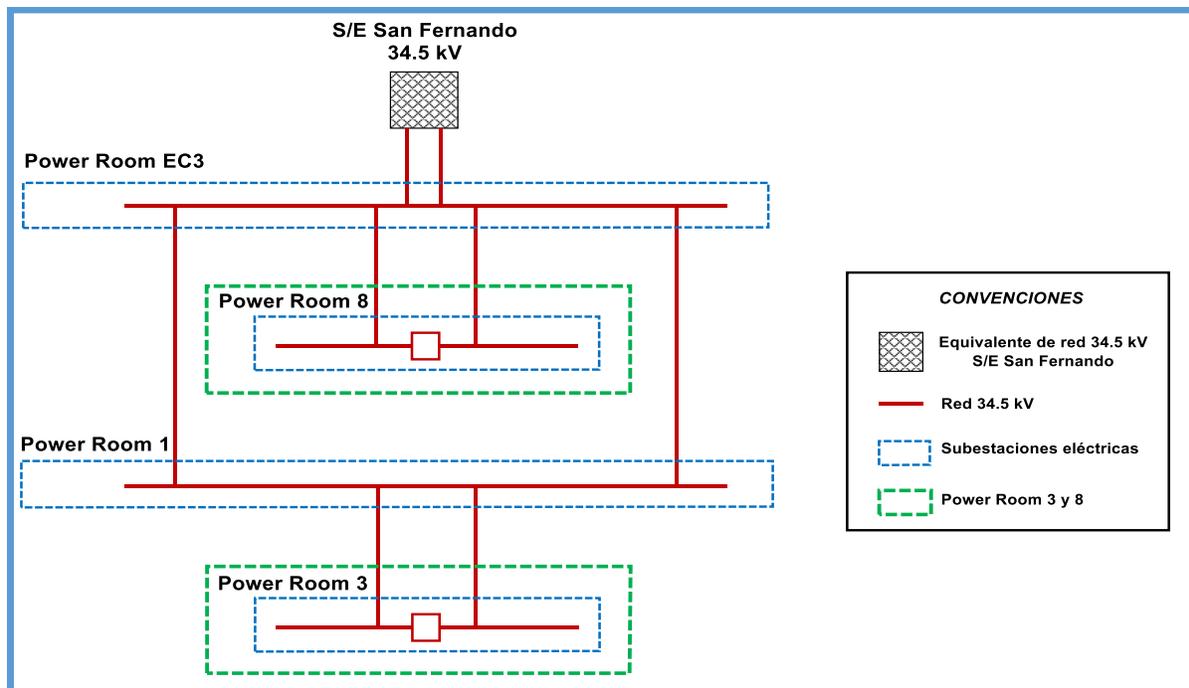


Figura 41 Esquema de interconexión Power Room 3 y 8

5.5.3 Descripción del sistema eléctrico:

El proyecto se puede considerar como dos sistemas eléctricos principales: Power Room 8 y Power Room 3. La zona del Power Room 8 define el sistema eléctrico que alimenta a las bombas principales, y la zona del Power Room 3 define el sistema eléctrico que alimenta a las bombas booster. Tanto para las bombas principales como para las bombas booster se tendrá una configuración de 4+1 (4 bombas en operación y 1 bomba en “Stand By”) de acuerdo a la filosofía de operación de procesos. Las bombas que estarán en modo Stand By para los sistemas de bombas principales y booster serán las bombas C. El sistema, en la fase 1, tendrá una capacidad de bombeo de agua de 600 KBWPD (Mil barriles de agua por día).

Para satisfacer la necesidad de energía eléctrica del proyecto se cuenta con 2 líneas a 34.5KV, cada una con capacidad de 40 MVA, provenientes de la subestación San Fernando las cuales llegan al Power Room EC3. El Power Room EC3 alimenta mediante dos líneas subterráneas el Power Room 8, sistema eléctrico de las bombas principales. Así mismo, el Power Room EC3 alimenta mediante dos líneas al Power Room 1. El Power Room 3, sistema eléctrico de las bombas booster, se alimenta mediante dos líneas subterráneas provenientes del Power Room 1. Un diagrama general del sistema eléctrico de 34.5 kV anteriormente descrito se muestra en la figura 41.

5.5.4 Bombas principales – power room 8:

El sistema eléctrico de las bombas principales, en la fase 1, contará con dos transformadores 20/26 MVA 34.5/6.9 kV que serán los encargados de suministrar energía a 5 bombas de 6000 HP que tendrán una configuración de 4 en servicio y 1 en Stand By. El control de las bombas principales se realizará mediante variadores de frecuencia (VFD). Los transformadores de servicios auxiliares del Power Room 8 tendrán una potencia de 300 kVA suficientes para suplir la demanda de los sistemas auxiliares a 480 VAC del Power Room 8.

El esquema general del Power Room 8 se ilustra en la Figura 42.

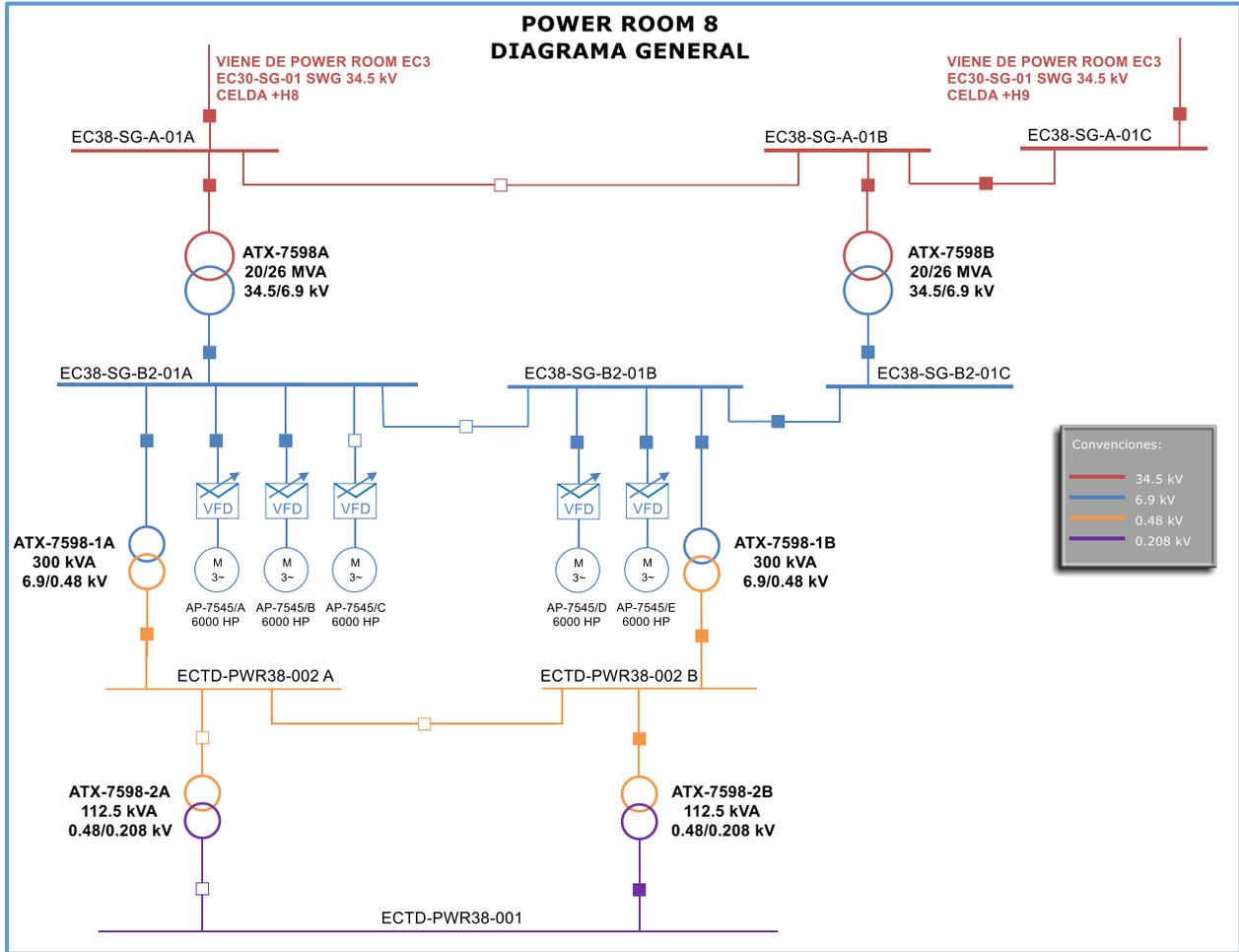


Figura 42 Diagrama general Power Room 8

5.5.5 Bombas booster – power room 3:

El sistema eléctrico de las bombas booster, en la fase 1, contará con dos transformadores 7.5 MVA 34.5/4.16 kV los cuales suministrarán energía a 5 bombas de 600 HP en una configuración de 4 en servicio y 1 en Stand By. El arranque de las bombas booster se realizará mediante arrancadores suaves. En condiciones normales de operación uno de los transformadores principales de 7.5 MVA asumirá la carga del sistema de bombas booster y el otro transformador estará en “Stand By”. Los transformadores de servicios auxiliares del Power Room 3 tendrán una potencia de 630 kVA. suficientes para suplir la demanda de los sistemas auxiliares a 480 VAC del Power Room 3 y del sistema de bombas booster.

El esquema general del Power Room 3 se ilustra en la figura 43.

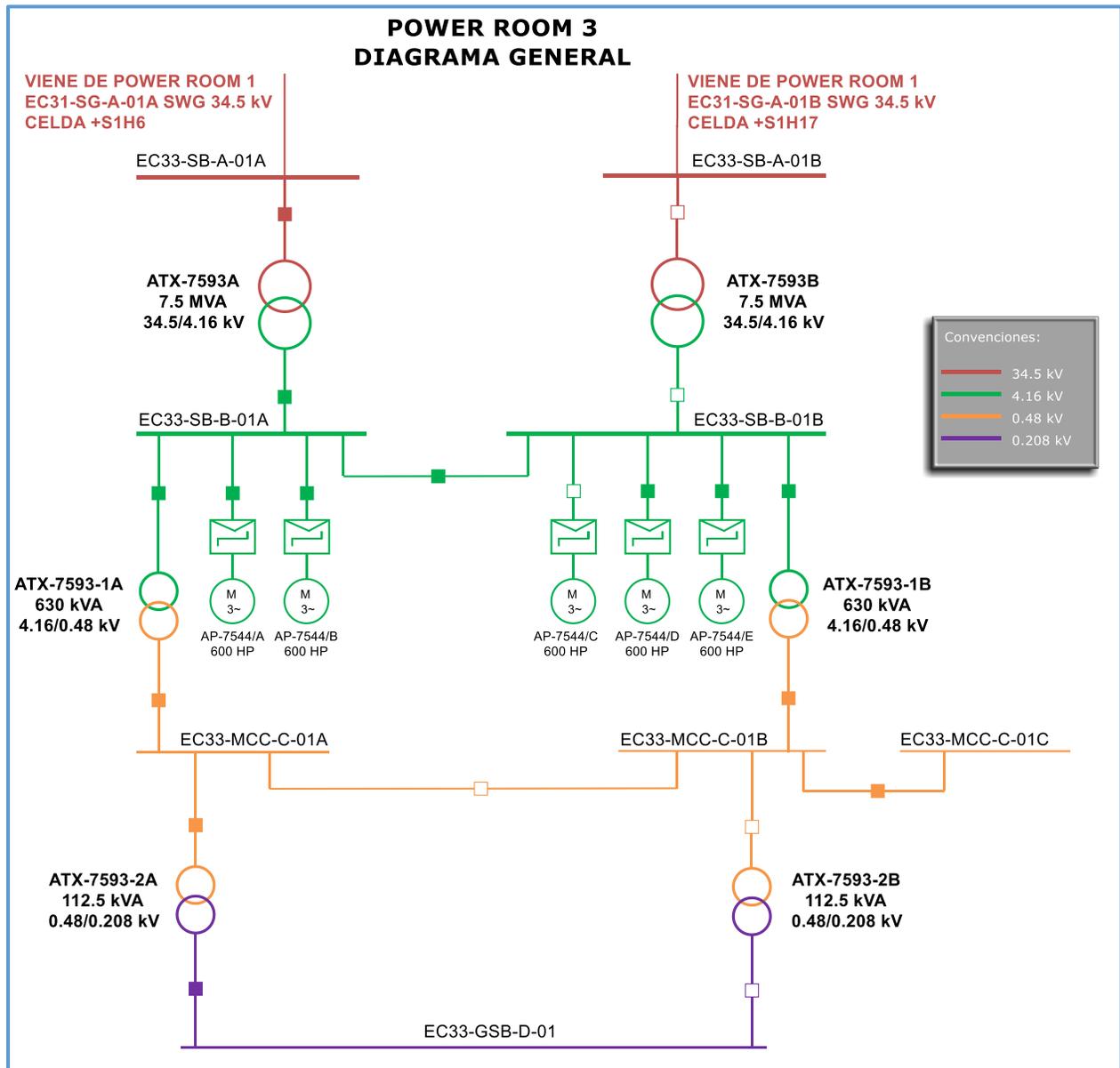


Figura 43 Diagrama general Power Room 3.

5.6 Modelamiento del sistema:

Para el presente estudio de flujo de carga se utilizó el software ETAP.

A continuación, se describe el modelamiento de los elementos del sistema eléctrico, así mismo, en el Anexo 1 se pueden encontrar los parámetros del flujo de carga de los elementos modelados en el software:

5.6.1 Datos de entrada equivalente de red:

Tabla 14: Parámetros para el modelamiento del modelo de red. (Software ETAP).

<u>Power Grid Input Data</u>							
Power Grid ID	Connected Bus ID	Rating		% Impedance 100 MVA Base			Grounding Type
		MVASC	kV	R	X"	R/X"	
San Fernando 34.5 kV	S/E San Fernando	1155.079	34.500	1.47096	8.53154	0.17	Wye - Solid
Total Connected Power Grids (= 1): 1155.079 MVA							

5.6.2 Datos de entrada de los transformadores:

Los modelos de los transformadores se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15: Parámetros de entrada de los transformadores

<u>2-Winding Transformer Input Data</u>														
Transformer		Rating					Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
ID	Phase	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z1	X1/R1	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
ATX-7591A	3-Phase	5.000	34.500	4.160	7.15	8.50	0	0	0	-2.500	0	7.1500	Dyn	0.000
ATX-7591B	3-Phase	5.000	34.500	4.160	7.15	8.50	0	0	0	-2.500	0	7.1500	Dyn	0.000
ATX-7593-1A	3-Phase	0.630	4.160	0.480	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7593-1B	3-Phase	0.630	4.160	0.480	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7593-2A	3-Phase	0.113	0.480	0.208	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7593A	3-Phase	7.500	34.500	4.160	7.28	13.00	0	0	0	-2.500	0	7.2800	Dyn	0.000
ATX-7598-1A	3-Phase	0.300	6.900	0.480	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7598-1B	3-Phase	0.300	6.900	0.480	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7598-2B	3-Phase	0.113	0.480	0.208	4.00	1.50	0	0	0	-2.500	0	4.0000	Dyn	0.000
ATX-7598A	3-Phase	26.000	34.500	6.900	8.07	22.00	0	0	0	-2.500	0	8.0700	Dyn	0.000
ATX-7598B	3-Phase	26.000	34.500	6.900	8.07	22.00	0	0	0	-2.500	0	8.0700	Dyn	0.000

5.6.3 Modelado de los alimentadores:

Para este análisis de flujo de potencia se consideraron las longitudes y calibres de los conductores de acuerdo al listado de cables y conductores eléctricos del proyecto.

5.6.4 Modelado de motores de inducción:

Las corrientes nominales, factores de potencia y eficiencias de los motores de las bombas booster y principales fueron tomados de las tablas entregadas por el proveedor.

A continuación, se presenta en la tabla 16 el resumen de los datos típicos de los motores modelados:

Tabla 16: Parámetros de los motores de 6000HP para bombas principales y de 600 HP para bombas booster.

<u>Induction Machine Input Data</u>															
Induction Machine			Connected Bus		Rating					Pos. Seq. Imp. (Motor Base)			Grounding		
ID	Type	Qty	ID	HP/kW	kVA	kV	Amp	PF	% R	% X"	R/X"	Conn.	Type	Amp	MW/PP
AP-7544/A	Motor	1	AP-7544/A.	600.00	529.31	4.000	76.40	89.00	2.99	16.40	0.18	Wye	Open		0.22
AP-7544/B	Motor	1	AP-7544/B.	600.00	529.32	4.000	76.40	89.00	2.99	16.40	0.18	Wye	Open		0.22
AP-7544/D	Motor	1	AP-7544/D.	600.00	529.31	4.000	76.40	89.00	2.99	16.40	0.18	Wye	Open		0.22
AP-7544/E	Motor	1	AP-7544/E.	600.00	529.31	4.000	76.40	89.00	2.99	16.40	0.18	Wye	Open		0.22
AP-7545/A	Motor	1	AP-7545/A.	6000.00	5149.91	6.600	450.50	90.00	1.46	15.32	0.10	Wye	Open		4.47
AP-7545/B	Motor	1	AP-7545/B.	6000.00	5149.91	6.600	450.50	90.00	1.46	15.32	0.10	Wye	Open		4.47
AP-7545/D	Motor	1	AP-7545/D.	6000.00	5149.91	6.600	450.50	90.00	1.46	15.32	0.10	Wye	Open		4.47
AP-7545/E	Motor	1	AP-7545/E.	6000.00	5149.91	6.600	450.50	90.00	1.46	15.32	0.10	Wye	Open		4.47

5.7 Generalidades del estudio de flujos de potencia:

Con el fin de observar el perfil de tensión en las barras, la distribución de flujos de potencia activa y reactiva y cargabilidad de los elementos a través de la red, se simulan flujos de carga bajo condiciones normales de operación y bajo contingencia para cada uno de los escenarios de operación planteados. Por medio del análisis de flujo de potencia se pueden simular condiciones operativas que generen alertas sobre posibles sobrecargas o niveles bajos de tensión.

Debido a que la distribución de la carga en las barras, y posiblemente la red, puede variar considerablemente durante diferentes periodos de tiempo es necesario obtener varias soluciones de flujos de potencia que representen diversas condiciones del sistema como carga pico, carga promedio, condiciones mínimas de carga o condiciones de contingencia. Estas soluciones serán usadas para determinar los modos de operación óptimos del sistema.

En este estudio se analizan primero un escenario de operación normal, dos escenarios de contingencia ante indisponibilidad de una red de alimentación a 34.5 kV y dos escenarios de

contingencia o mantenimiento de un transformador de media tensión. Para cada escenario se presentan los estados de operación de los elementos del sistema. Estos escenarios de análisis son tomados del documento “Filosofía de operación y control eléctrico” y se muestran a continuación en la Tabla 17.

Tabla 17 : Escenarios de análisis en el estudio de flujos de potencia discriminados por bombas principales y bombas booster.

Escenario de análisis	Descripción	
	Bombas Principales – Power Room 8	Bombas Booster – Power Room 3
Operación Normal	Alimentación desde Power Room EC3 por ambos circuitos	Alimentación por medio del transformador principal ATX-7593A
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	Alimentación desde Power Room EC3 - Solo circuito N°1 (Circuito N° 2 indisponible)	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	Alimentación desde Power Room EC3 - Solo circuito N°2 (Circuito N°1 indisponible)	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598A Transformador ATX-7598B Fuera de servicio	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598B Transformador ATX-7598A Fuera de servicio	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B

5.7.1 Bombas Principales:

En la Tabla 18 se presentan los escenarios de análisis para las bombas principales, y en la Figura 50 se ilustran los interruptores y elementos principales a tener en cuenta para examinar cada escenario de análisis.

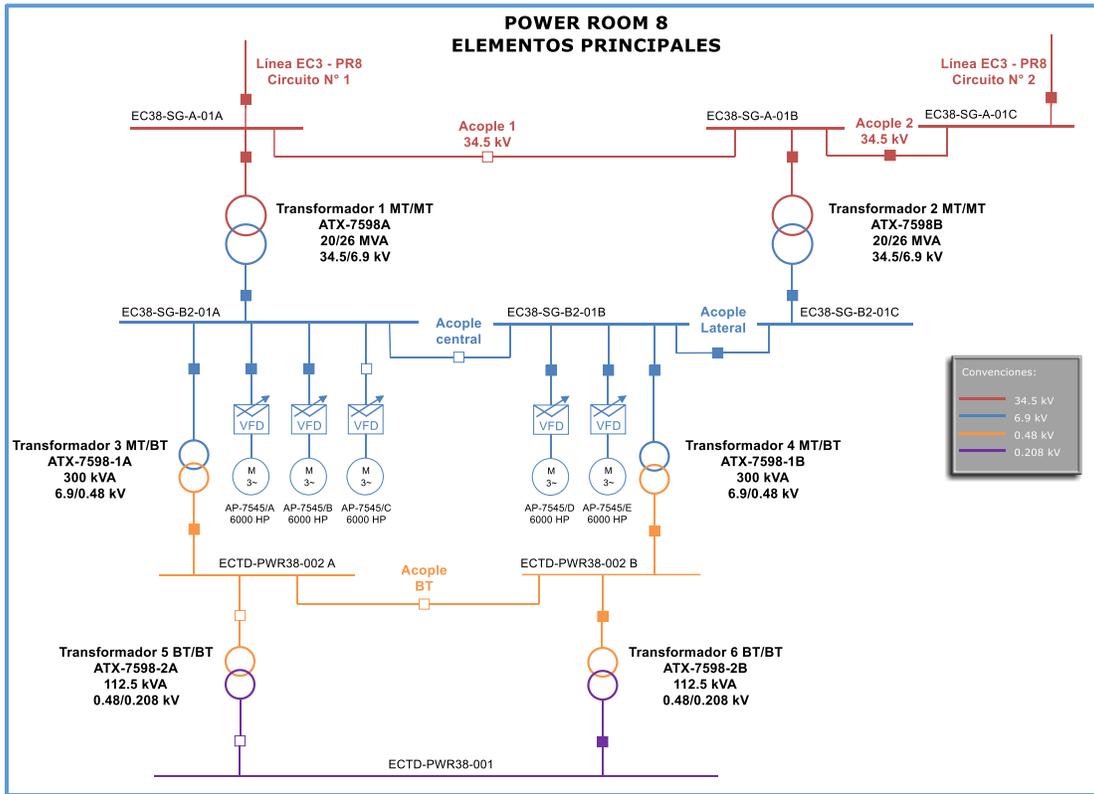


Figura 44 Elementos principales del Power Room 8 en los escenarios de análisis de las bombas principales.

Tabla 18 Escenarios de análisis bombas principales.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																			
		Switchgear 34.5 kV						Switchgear 6.9 kV						0.48 kV		0.208 kV					
		Línea EC3-PR8 Circuito N° 1	Línea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B
Operación Normal ¹	Alimentación desde Power Room EC3 por ambos circuitos	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X		X
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	Alimentación desde Power Room EC3 Solo circuito N°1 (Circuito N°2 indisponible)	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X		X
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	Alimentación desde Power Room EC3 Solo circuito N°2 (Circuito N°1 indisponible)		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X		X
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598A Transformador ATX-7598B Fuera de servicio	X	X		X	X		X		X	X		X		X	X		X		X	
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598B Transformador ATX-7598A Fuera de servicio	X	X		X		X	X	X		X		X	X		X	X		X		X

5.7.2 Bombas Booster:

En la Tabla 19 se presentan los escenarios de operación para las bombas booster, y en la figura 45 se ilustran los elementos principales a tener en cuenta para examinar cada escenario de análisis.

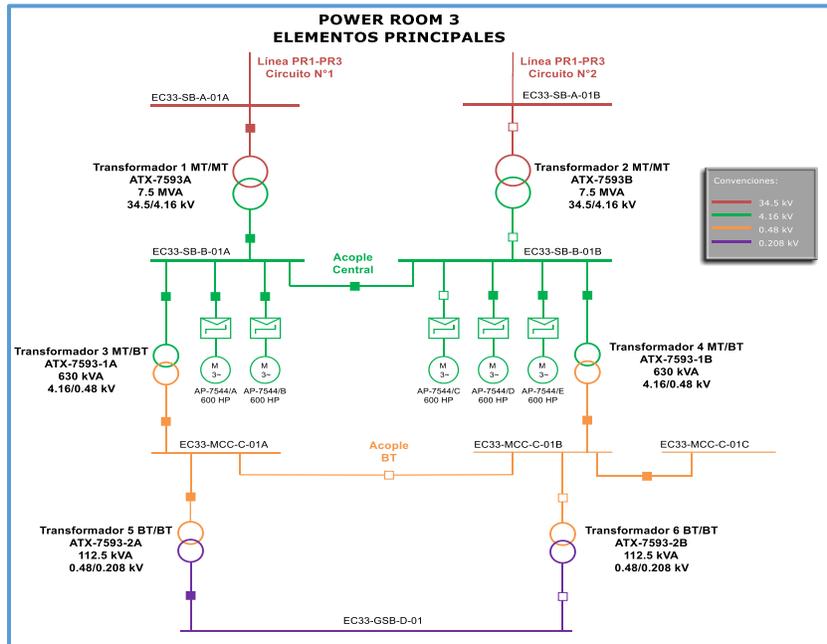


Figura 45: Elementos principales del Power Room 3 en los escenarios de análisis de las bombas booster.

Tabla 19 Escenarios de análisis bombas booster.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV				0.48 kV			0.208 kV					
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B
Operación Normal ²	Alimentación por medio del transformador principal ATX-7593A	X		X		X	X	X		X	X		X	X	X		X	
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2		X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2		X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B		X		X	X	X		X	X		X	X		X		X	
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B		X		X	X	X		X		X		X		X		X	

A continuación, se ilustran los diferentes escenarios de análisis gráficamente:

Operación normal - Bombas Principales Power Room 8:

Tabla 20 Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “operación normal”.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																			
		Switchgear 34.5 kV						Switchgear 6.9 kV				0.48 kV		0.208 kV							
		Línea EC3-PR8 Circuito N° 1	Línea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/BT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/BT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/BT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/BT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7598-2B
Operación Normal	Alimentación desde Power Room EC3 por ambos circuitos	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X			X

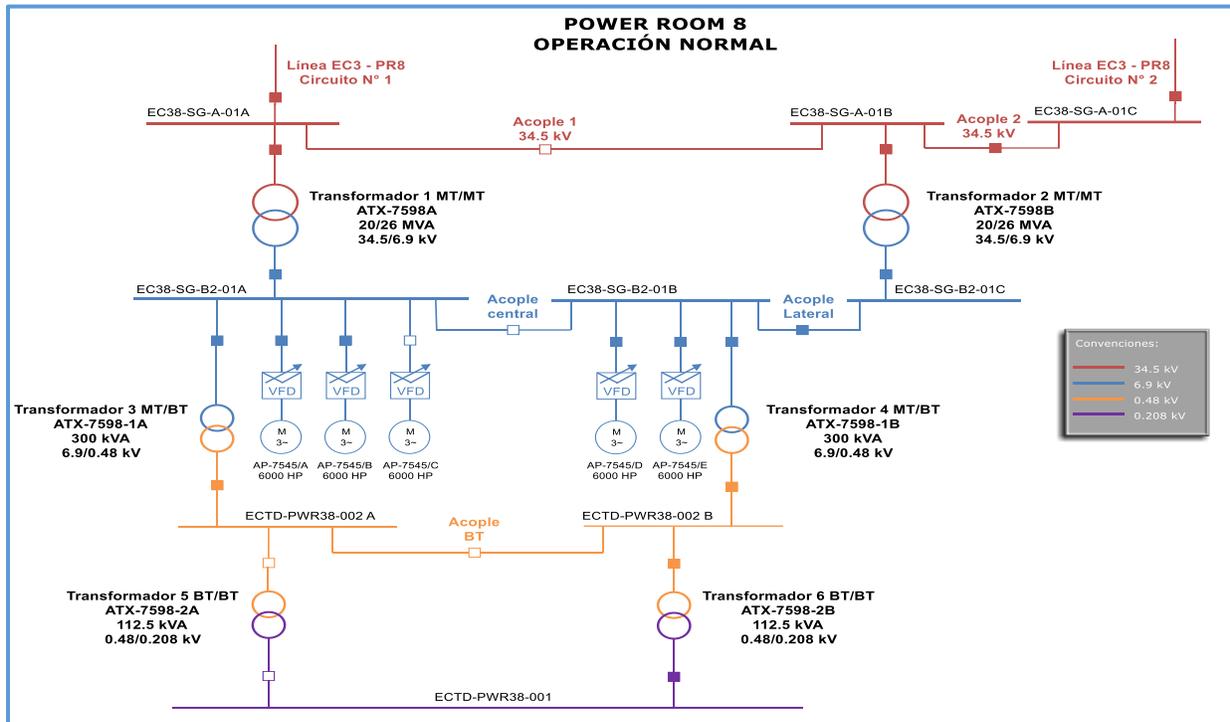


Figura 46 Escenario de operación normal bombas Principales Power Room 8.

Operación normal – Bombas Booster Power Room 3:

Tabla 21 Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “operación normal”.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV				0.48 kV		0.208 kV						
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B
Operación Normal	Alimentación por medio del transformador principal ATX-7593A	X		X		X	X	X		X	X		X	X	X		X	

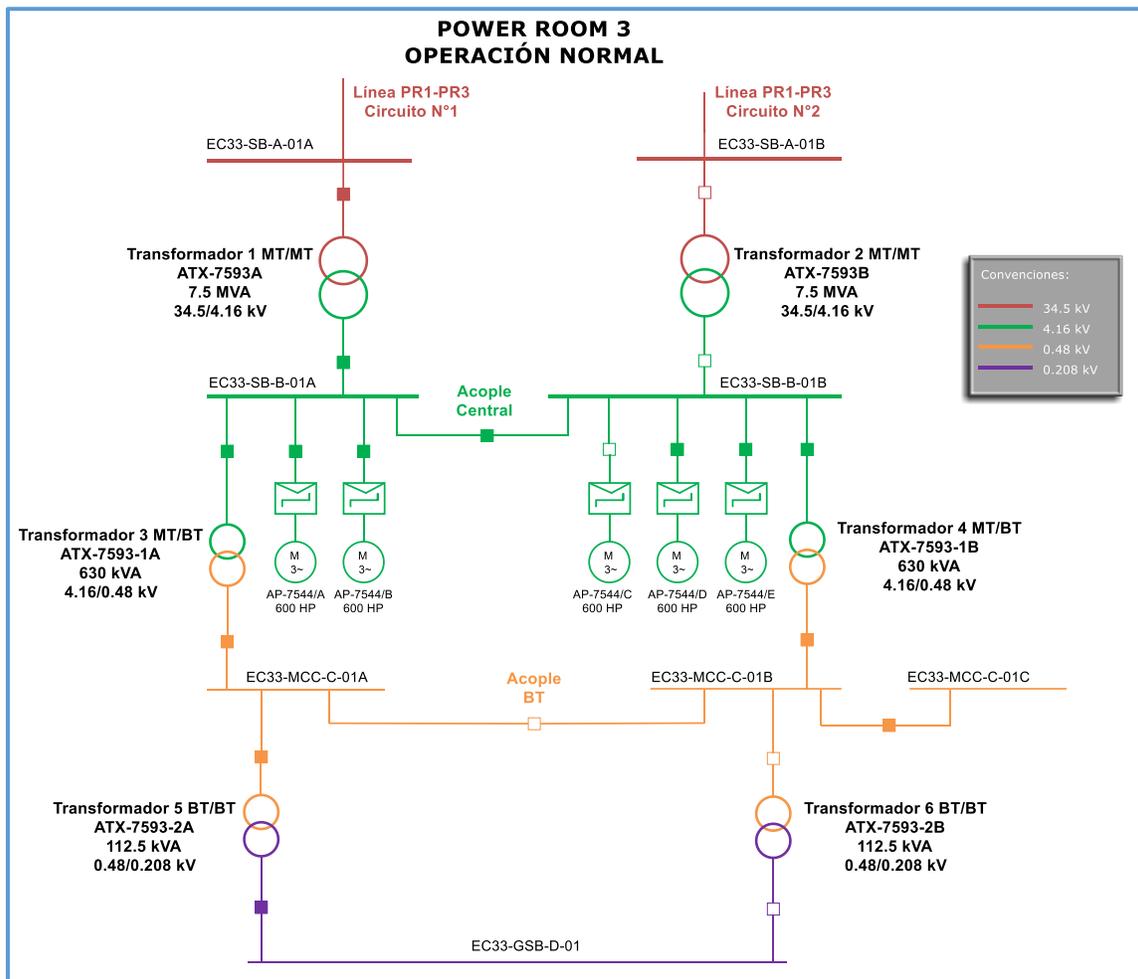


Figura 47: Escenario de operación normal Bombas Booster Power Room 3.

- Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1 – Bombas Principales Power Room 8:

Tabla 22: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1”.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																			
		Switchgear 34.5 kV						Switchgear 6.9 kV						0.48 kV		0.208 kV					
		Línea EC3-PR8 Circuito N° 1	Línea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/BT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/BT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/BT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/BT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7598-2B
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	Alimentación desde Power Room EC3 Solo circuito N°1 (Circuito N°2 indisponible)	X		X		X	X	X		X	X	X	X			X	X		X		X

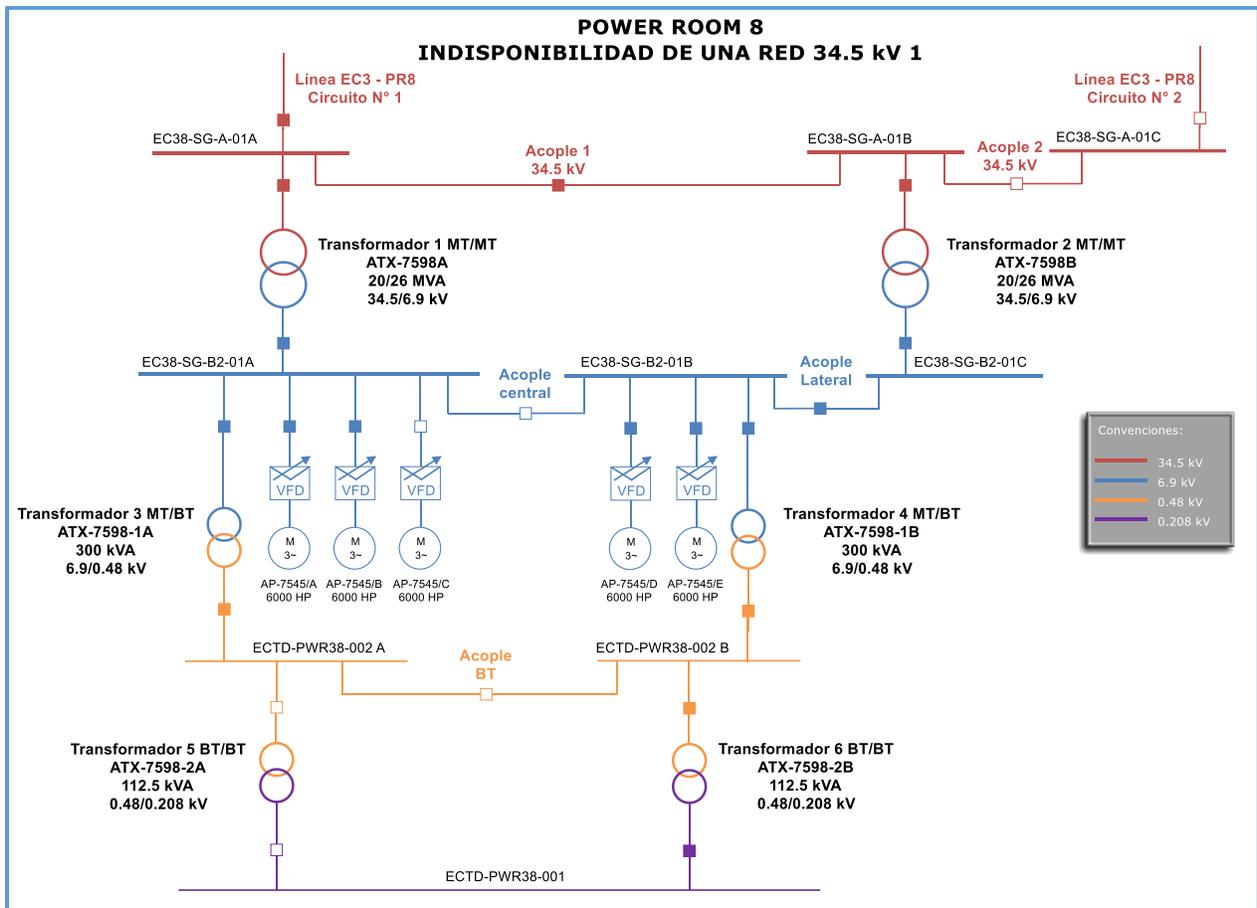


Figura 48: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1 Bombas Principales Power Room 8.

-Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1 – Bombas Booster Power Room 3:

Tabla 23: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis “Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1”.

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV				0.48 kV		0.208 kV						
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X		

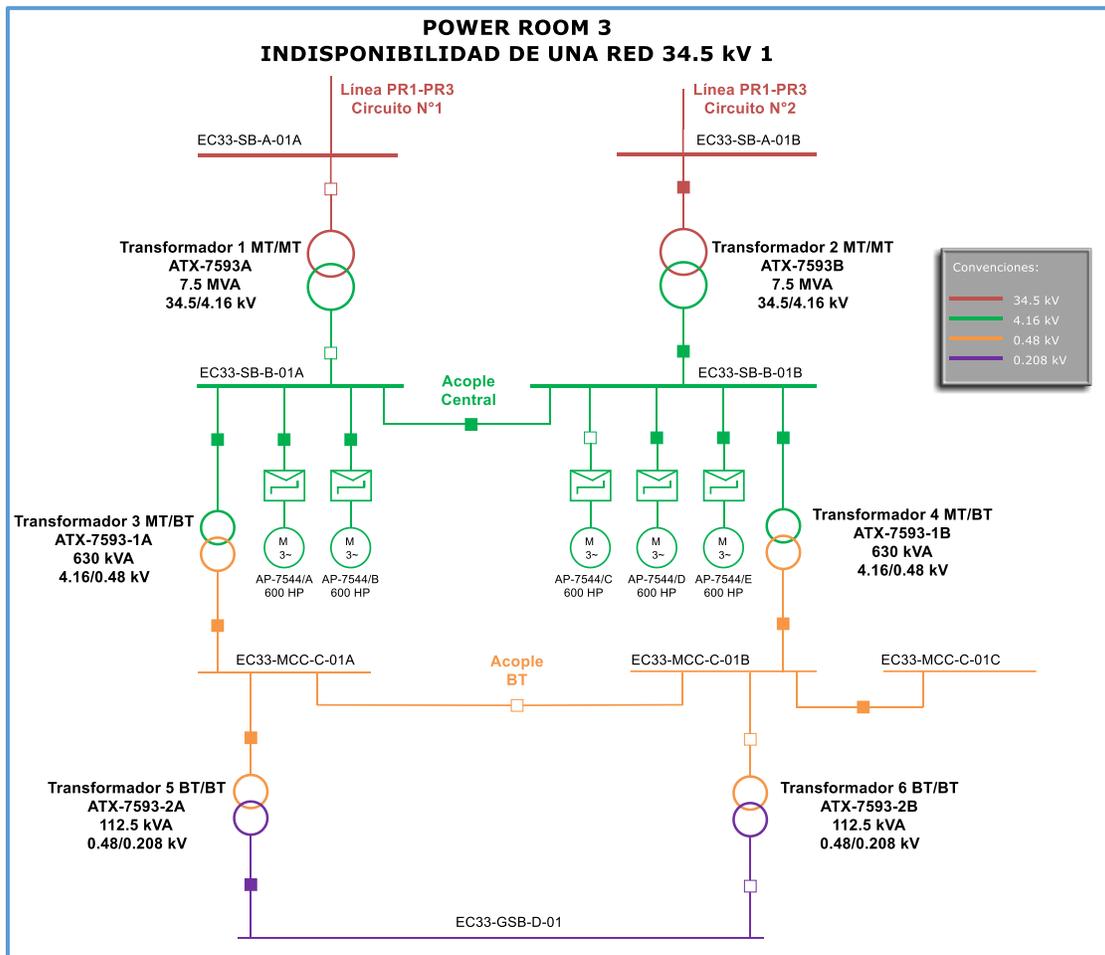


Figura 49: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1

Bombas Booster Power Room 3.

- Disponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2 – Bombas Principales Power Room 8:

Tabla 24: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis "Disponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																					
		Switchgear 34.5 kV						Switchgear 6.9 kV				0.48 kV		0.208 kV									
		Línea EC3-PR8 Circuito N° 1	Línea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B		
Disponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	Alimentación desde Power Room EC3 Solo circuito N°2 (Circuito N°1 indisponible)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X			X		X

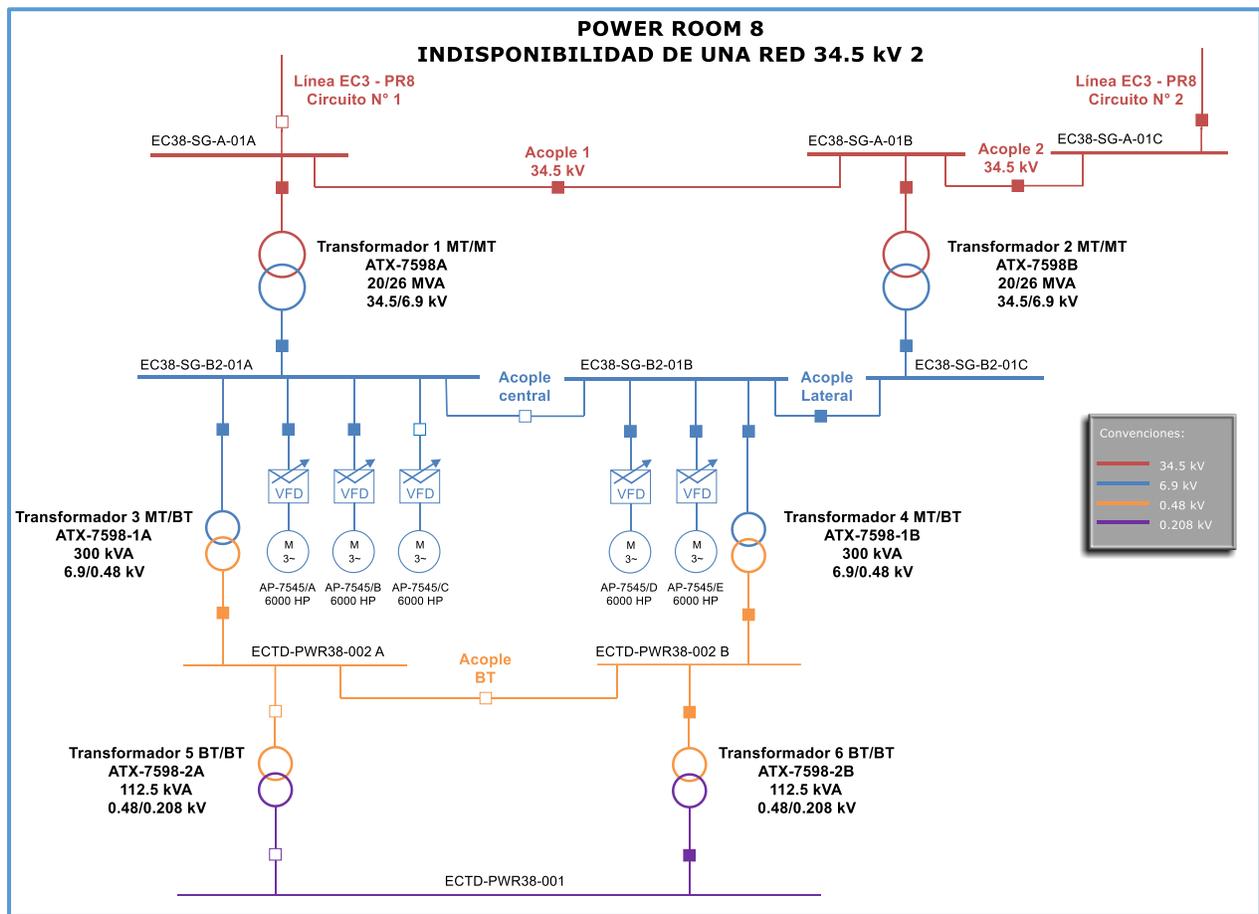


Figura 50: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2 Bombas Principales Power Room 8.

-Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2 - Bombas Booster Power Room 3:

Tabla 25: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis "Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV				0.48 kV				0.208 kV				
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/BT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/BT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/BT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/BT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7593-2B
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	Alimentación desde el Power Room 1 Solo circuito N°2		X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	

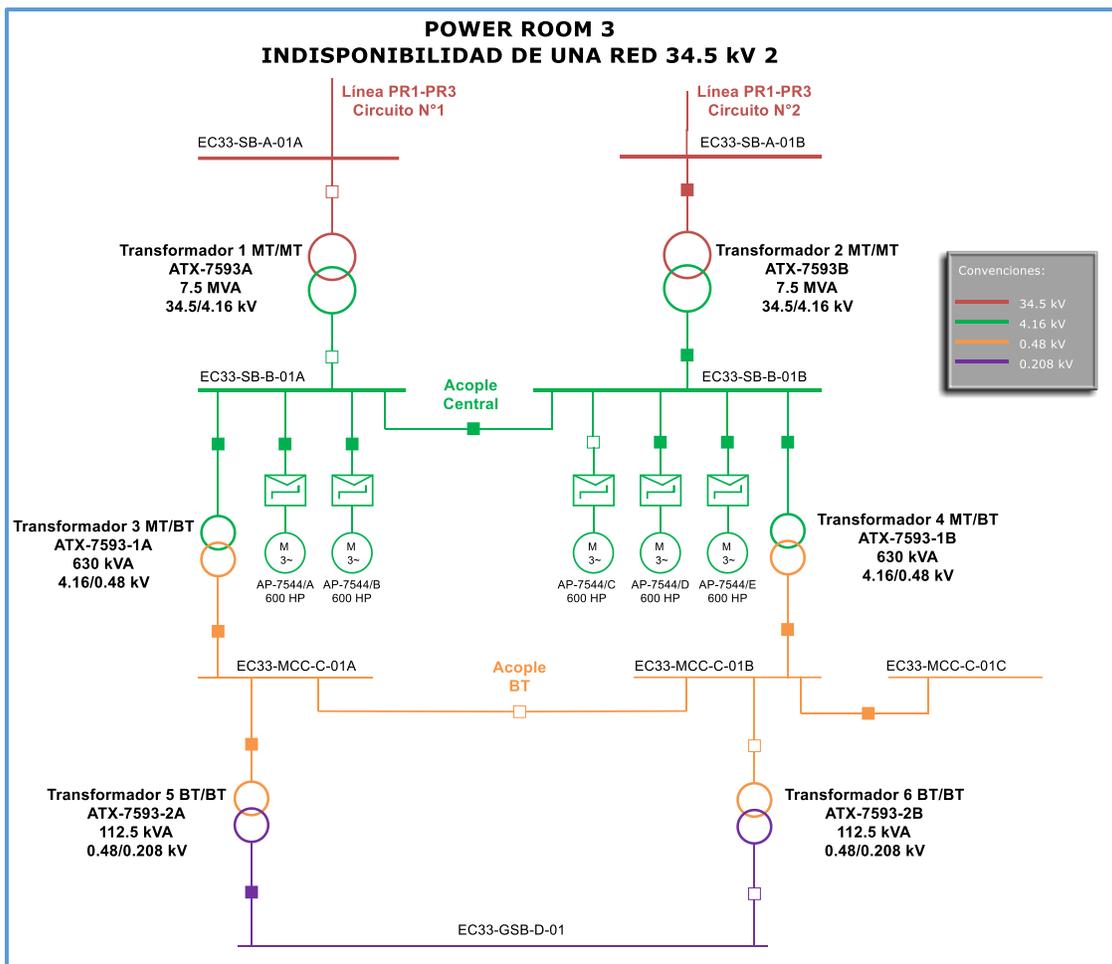


Figura 51: Escenario de análisis indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2 Bombas Booster Power Room 3.

-Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A - Bombas Principales Power Room 8:

Tabla 26: Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis "Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX 7593A".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																				
		Switchgear 34.5 kV						Switchgear 6.9 kV				0.48 kV										
		Linea EC3-PR8 Circuito N° 1	Linea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	
Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598A Transformador ATX-7598B Fuera de servicio	X	X		X	X		X		X	X			X		X		X			X	

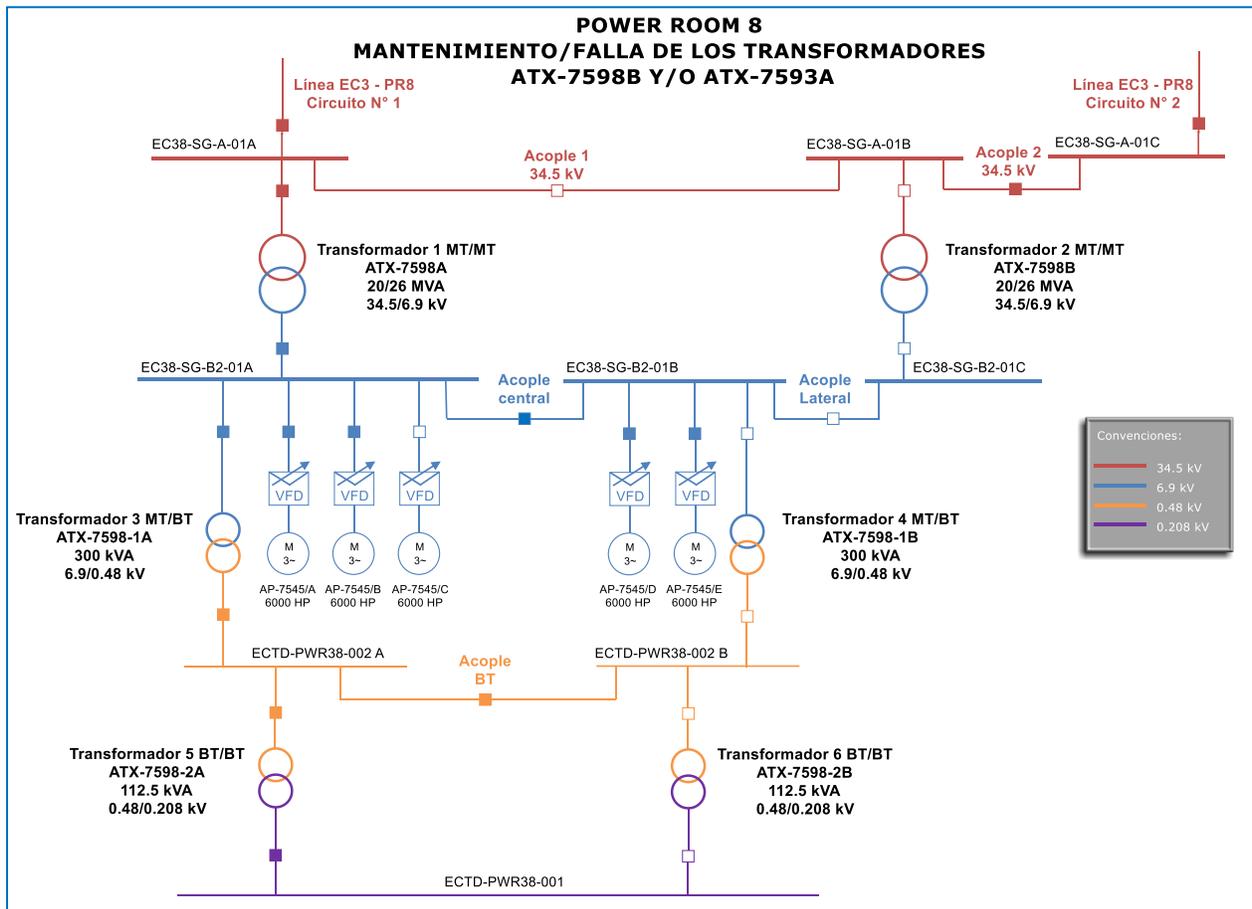


Figura 52: Escenario de análisis mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593^a Bombas Principales Power Room 8.

-Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A - Bombas Booster Power Room 3:

Tabla 27: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis "Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV				0.48 kV		0.208 kV						
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/BT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/BT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/BT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/BT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/BT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/BT ATX-7593-2B
Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B		X		X	X	X		X	X		X	X			X		X

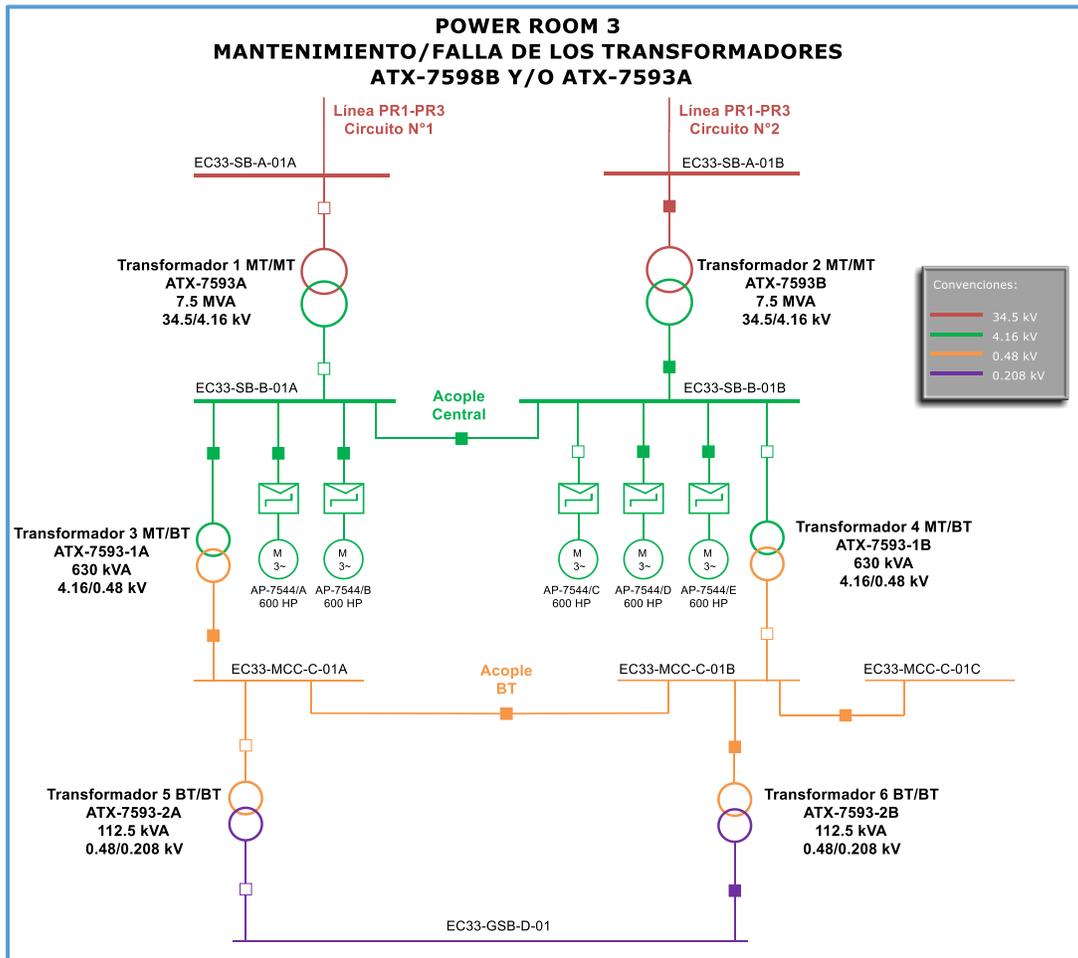


Figura 53: Escenario de análisis mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A Bombas Booster Power Room 3.

-Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A - Bombas Principales Power Room 8:

Tabla 28 Posición de los interruptores del Power Room 8 para el escenario de análisis "Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX 7593A".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																				
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 6.9 kV				0.48 kV				0.208 kV								
		Línea EC3-PR8 Circuito N° 1	Línea EC3-PR8 Circuito N° 2	Acople 1 34.5 kV	Acople 2 34.5 kV	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Bombas	Acople lateral	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7598A	Transformador 2 MT/MT ATX-7598B	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7598-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7598-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7598-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7598-2B	
Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador ATX-7598B Transformador ATX-7598A Fuera de servicio	X	X		X		X	X	X	X		X		X	X		X	X		X		X

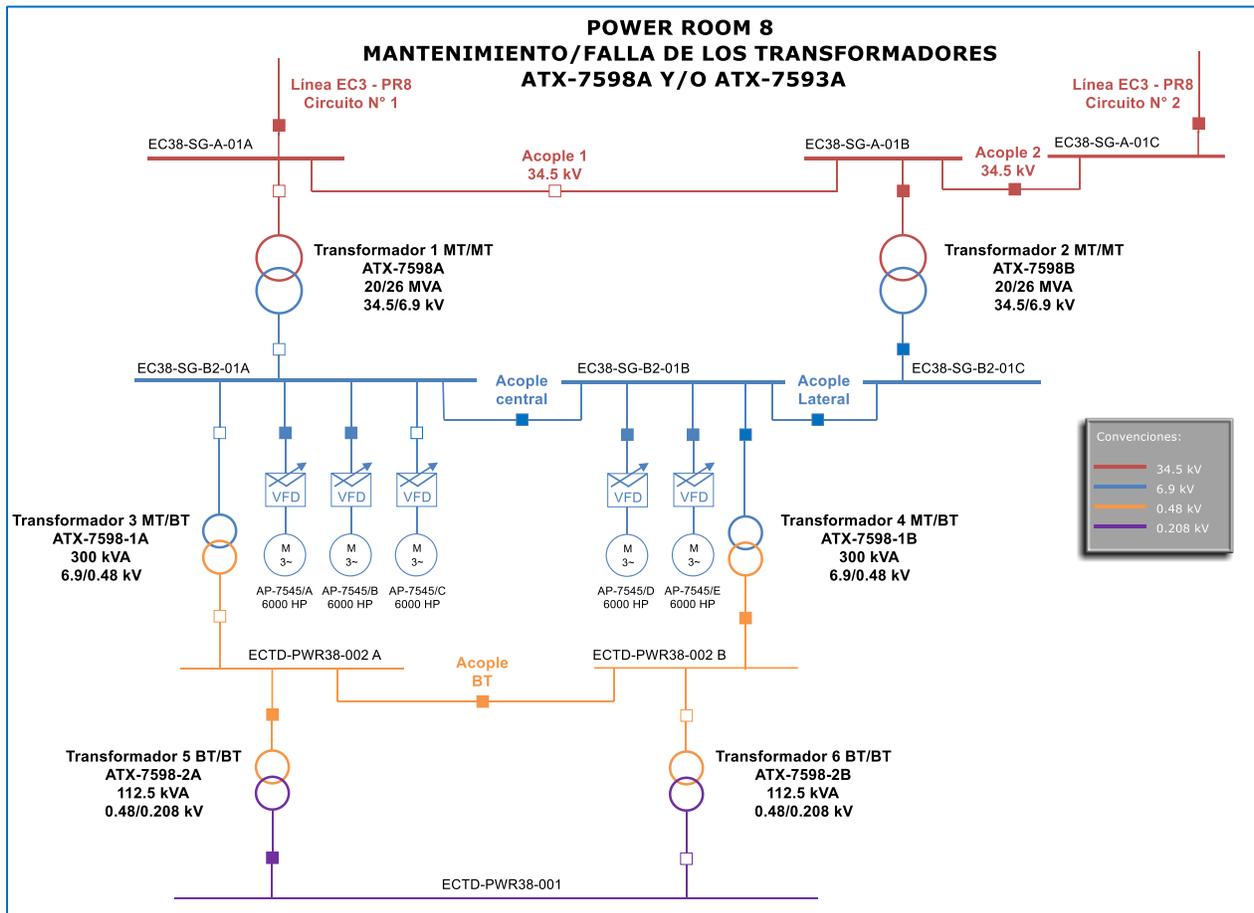


Figura 54: Escenario de mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A Bombas Principales Power Room 8.

- Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A - Bombas Booster Power Room 3:

Tabla 29: Posición de los interruptores del Power Room 3 para el escenario de análisis "Mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX 7593A".

Escenario de análisis	Descripción	Posición de los interruptores																
		Switchgear 34.5 kV				Switchgear 4.16 kV						0.48 kV				0.208 kV		
		Línea PR1-PR3 Circuito N° 1	Línea PR1-PR3 Circuito N° 2	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593B	Bombas	Acople Central	Transformador 1 MT/MT ATX-7593A	Transformador 2 MT/MT ATX-7593A	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Acople BT	Transformador 3 MT/MT ATX-7593-1A	Transformador 4 MT/MT ATX-7593-1B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B	Transformador 5 BT/MT ATX-7593-2A	Transformador 6 BT/MT ATX-7593-2B
Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	Alimentación por medio del transformador secundario ATX-7593B		X		X	X	X		X		X	X		X		X		X

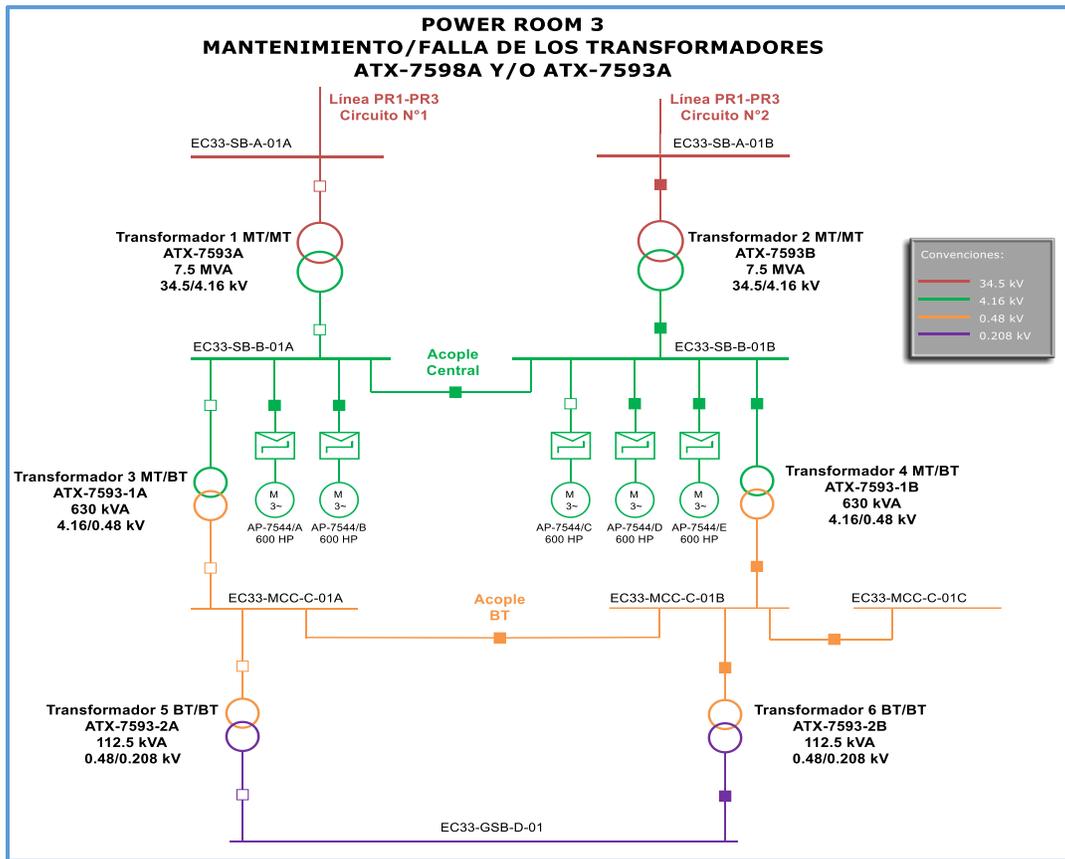


Figura 55: Escenario de mantenimiento o falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A Bombas Booster Power Room 3.

5.8 Análisis de resultados:

En este documento se detallan algunos de los resultados del flujo de potencia, tales como cargabilidad de algunas de las líneas del proyecto, flujos de potencia, factor de potencia y corriente en las líneas para los escenarios de análisis y topologías estudiadas. Los escenarios analizados se presentan en las Tablas 18 y 19.

5.9 Topologías analizadas:

Se analizan flujos de carga para los escenarios presentados en las tablas 18 y 19, para la fase 1 (600 KBWPD) y fase 2 (1200 KBWPD) del proyecto. Para los casos en los que se determina la cargabilidad de las líneas 34.5 Kv San Fernando - Power Room EC3, además de simular los Power Room 3 y 8, se estimaron potencias para las cargas del Power Room 1, proyecto que también se alimenta del Power Room EC3 y que influye en la cargabilidad de las líneas 34.5 kV S/E San Fernando – EC3.

A continuación, se presentan los resultados de cargabilidad de transformadores y líneas para la fase 1 del proyecto.

5.9.1 Cargabilidad de transformadores y líneas:

En la Tabla 30 se presentan los resultados de flujo, factor de potencia y cargabilidad de los transformadores para cada escenario de análisis.

Tabla 30 Resultados de los transformadores para cada escenario de análisis.

Transformador	Relación	Potencia ONAN/ONAF	Escenarios de análisis																			
			Operación Normal				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A			
			Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP
ATX-7598A	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8626	94,09	35,3	-2,5	8626	94,09	35,3	-2,5	8626	94,09	35,3	-2,5	17282	93,17	71,3	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598B	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8636	94,13	35,3	-2,5	8636	94,13	35,3	-2,5	8636	94,13	35,3	-2,5	0	0	0	-2,5	17282	93,17	71,3	-2,5
ATX-7598-1A	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	87,555	89,87	32,5	-2,5	87,531	89,87	32,5	-2,5	87,53	89,87	32,5	-2,5	178	92,25	64,2	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598-1B	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	95,894	94,79	33,7	-2,5	95,854	94,79	33,7	-2,5	95,853	94,79	33,7	-2,5	0	0	0	-2,5	178	92,25	64,2	-2,5
ATX-7598-2A	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	74,197	95,94	68,4	-2,5	74,236	95,94	68,5	-2,5
ATX-7598-2B	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	78,072	95,96	72	-2,5	78,039	95,96	72	-2,5	78,038	95,96	72	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593A	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	1974	87,8	30	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593B	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	0	0	0	-2,5	1974	87,8	30	-2,5	1974	87,8	30	-2,5	1972	87,75	30	-2,5	1972	87,75	30	-2,5
ATX-7593-1A	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	171	90,34	30,1	-2,5	171	90,34	30	-2,5	171	90,34	30	-2,5	304	86,34	56	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-1B	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	136	81,83	26,3	-2,5	136	81,83	26,3	-2,5	136	81,83	26,3	-2,5	0	0	0	-2,5	304	86,35	56	-2,5
ATX-7593-2A	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	71,21	95,07	66,3	-2,5	71,204	95,07	66,3	-2,5	71,204	95,07	66,3	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-2B	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	69,498	95,07	64,7	-2,5	69,534	95,07	64,7	-2,5

De los resultados anteriores se puede observar que la cargabilidad en estado normal de los transformadores ATX-7598A y ATX-7598B (20/26 MVA) es de 35,3% en operación normal y, en estado de contingencia donde solo un transformador asume toda la carga de 6.9 Kv, se tendrá una cargabilidad del 71,3%.

En la filosofía de operación se plantea que en el sistema de bombas booster solo un transformador de 7.5 MVA asuma la carga de 4.16 Kv, ya que si operan los dos transformadores la cargabilidad de estos sería muy baja [D37]. Si opera solo un transformador 7.5 MVA 34.5/4.16 Kv la cargabilidad de este transformador será del 30,1%.

A continuación, en la Tabla 31 se presentan los resultados de flujo, cargabilidad y caída de tensión de los conductores para cada escenario de análisis.

Tabla 31 Resultados de conductores para cada escenario analizado

TAG	Longitud	Calibre conductor AWG o kcmil	Ampacidad	Escenarios de análisis														
				Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
				Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión
				[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]
CDF-EC3-1	4000 m	636	669,4	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	352,3	52,6	1,64	352,3	52,6	1,64
CDF-EC3-2	4000 m	636	669,4	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	352,3	52,6	1,64	352,3	52,6	1,64
EC30-SG-01H8/CELDAH1PWR8	570 m	3 - 1/C 500	1135	156	13,7	0,02	312,1	27,5	0,04	0	0	0	315,7	27,8	0,04	0	0	0
EC30-SG-01H9/CELDAH7PWR8	580 m	3 - 1/C 500	1135	156,1	13,8	0,02	0	0	0	312,1	27,5	0,04	0	0	0	315,7	27,8	0,04
CELDAH2/PWR8/ATX-7598A	40 m	2 - 1/C 350	616	156	25,3	0	156	25,3	0	156	25,3	0	315,7	51,3	0,01	0	0	0
CELDAH4/PWR8/ATX-7598B	45 m	2 - 1/C 350	616	156,1	25,3	0	156,1	25,3	0	156,1	25,3	0	0	0	0	315,7	51,3	0,01
CELDAH6/PWR8/ATX-7598C	45 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L2/VFD-7545A	115 m	2 - 1/C 350	616	376,1	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	380,7	61,8	0,09	380,7	61,8	0,09
CELDA+S8L4/VFD-7545B	115 m	2 - 1/C 350	616	376,1	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	380,7	61,8	0,09	380,7	61,8	0,09
CELDA+S8L5/VFD-7545C	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L10/VFD-7545D	130 m	2 - 1/C 350	616	376,2	61,1	0,1	376,3	61,1	0,1	376,3	61,1	0,1	380,8	61,8	0,1	380,8	61,8	0,1
CELDA+S8L11/VFD-7545E	145 m	2 - 1/C 350	616	376,2	61,1	0,11	376,3	61,1	0,11	376,3	61,1	0,11	380,8	61,8	0,11	380,8	61,8	0,11
CELDA+S8L17/VFD-7545F	115 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L18/VFD-7545G	115 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L19/VFD-7545H	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L20/VFD-7545I	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L21/VFD-7545J	145 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545A/AP-7545A	60 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04
VFD-7545B/AP-7545B	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545C/AP-7545C	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545D/AP-7545D	85 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545E/AP-7545E	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545F/AP-7545F	60 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545G/AP-7545G	80 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545H/AP-7545H	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545I/AP-7545I	85 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545J/AP-7545J	80 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L1/ATX-7598-1A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	8,164	5,4	0	8,164	5,4	0	8,164	5,4	0	16,34	10,9	0,01	0	0	0
CELDA+S8L12/ATX-7598-1B	55 m	1 - 1/C 1/0	150	8,478	5,7	0,01	8,476	5,7	0,01	8,476	5,7	0,01	0	0	0	16,34	10,9	0,01

TAG	Longitud	Calibre conductor AWG o kcmil	Ampacidad	Escenarios de análisis															
				Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A			
				Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	
				[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	
CELDA+S8L16/ATX-7598-1C	40 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L22/ATX-7598-1D	55 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7598-1A/ECTD-PWR38002	50 m	2 - 1/C 4/0	452	114,4	25,3	0,24	114,4	25,3	0,24	114,4	25,3	0,24	229	50,7	0,48	0	0	0	0
ATX-7598-1B/ECTD-PWR38002	45 m	2 - 1/C 4/0	452	118,8	26,3	0,23	118,8	26,3	0,23	118,8	26,3	0,23	0	0	0	229	50,7	0,44	0
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2A	40 m	1 - 1/C 2/0	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,81	55,9	0,49	94,83	55,9	0,49	0
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2B	37 m	1 - 1/C 2/0	169	97,19	57,3	0,46	97,18	57,3	0,46	97,17	57,3	0,46	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7598-2A/ECTD-PWR38001	40 m	3 - 1/C 4/0	678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213,3	31,4	0,55	213,4	31,4	0,55	0
ATX-7598-2B/ECTD-PWR38001	37 m	3 - 1/C 4/0	678	218,7	32,2	0,52	218,6	32,2	0,52	218,6	32,2	0,52	0	0	0	0	0	0	0
ECTDPWR38001/EC38DPTE01	20 m	1 - 1/C 2	113	31,69	28	0,34	31,68	28	0,34	31,68	28	0,34	30,87	27,3	0,33	30,88	27,3	0,33	0
ECTDPWR38001/EC38DP02	30 m	1 - 3/C 6	65	38,71	34,2	1,55	38,7	34,2	1,55	38,7	34,2	1,55	37,71	33,3	1,51	37,72	33,3	1,51	0
ECTDPWR38001/ECVFDPTI01	130 m	1 - 1/C 4/0	226	45,18	20	1,11	45,17	20	1,11	45,17	20	1,11	44,3	19,6	1,09	44,31	19,6	1,09	0
ECTDPWR38001/ECVFDPTI02	130 m	1 - 1/C 4/0	226	18,87	8,3	0,42	18,87	8,3	0,42	18,87	8,3	0,42	18,39	8,1	0,4	18,39	8,1	0,4	0
EC31-SG-01H6/CELDAH1PWR3	650 m	1 - 1/C 1/0	150	38,26	25,5	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC31-SG-01H17/CELDAH3PWR3	660 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	38,26	25,5	0,06	38,26	25,5	0,06	38,25	25,5	0,06	38,25	25,5	0,06	0
CELDA+S3H2/PWR3/ATX-7593A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	38,26	25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3H4/PWR3/ATX-7593B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-A/CELDAS3M5	30 m	4 - 1/C 500	1514	309,3	20,4	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-B/CELDAS3M9	40 m	4 - 1/C 500	1514	0	0	0	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02	0
CELDA+S3M2/SS-7544A	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,07	43,4	0,03	65,07	43,4	0,03	0
CELDA+S3M3/SS-7544B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	0
CELDA+S3M11/SS-7544C	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M12/SS-7544D	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	0
CELDA+S3M13/SS-7544E	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,05	43,4	0,03	65,05	43,4	0,03	0
CELDA+S3M14/SS-7544F	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M15/SS-7544G	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M16/SS-7544H	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M17/SS-7544I	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M18/SS-7544J	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544A/AP-7544A	220 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,27	65,04	43,4	0,27	65,04	43,4	0,27	65,07	43,4	0,27	65,07	43,4	0,27	0
SS-7544B/AP-7544B	215 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,26	65,04	43,4	0,26	65,04	43,4	0,26	65,06	43,4	0,26	65,06	43,4	0,26	0
SS-7544C/AP-7544C	210 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544D/AP-7544D	205 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,25	65,03	43,4	0,25	65,03	43,4	0,25	65,06	43,4	0,25	65,06	43,4	0,25	0
SS-7544E/AP-7544E	200 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,24	65,03	43,4	0,24	65,03	43,4	0,24	65,05	43,4	0,24	65,05	43,4	0,24	0
SS-7544F/AP-7544F	220 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544G/AP-7544G	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544H/AP-7544H	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544I/AP-7544I	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544J/AP-7544J	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M4/ATX-7593-1A	35 m	1 - 1/C 1/0	150	26,36	17,6	0,02	26,36	17,6	0,02	26,36	17,6	0,02	49,12	32,7	0,03	0	0	0	0
CELDA+S3M10/ATX-7593-1B	30 m	1 - 1/C 1/0	150	23,06	15,4	0,01	23,06	15,4	0,01	23,06	15,4	0,01	0	0	0	49,12	32,7	0,03	0
ATX-7593-1A/EC33-MCC-C-01	40 m	3 - 1/C 500	1122	222,8	19,9	0,14	222,8	19,9	0,14	222,8	19,9	0,14	415,1	37	0,28	0	0	0	0
ATX-7593-1B/EC33-MCC-C-01	37 m	3 - 1/C 500	1122	194,9	17,4	0,13	194,9	17,4	0,13	194,9	17,4	0,13	0	0	0	415,1	37	0,26	0
EC33-MCC-C-01/ATX-7593-2A	43 m	1 - 1/C 2/0	169	89,58	52,8	0,5	89,57	52,8	0,5	89,57	52,8	0,5	0	0	0	0	0	0	0
EC33-MCC-C-01/ATX-7593-2B	47 m	1 - 1/C 2/0	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,47	52,1	0,54	88,5	52,1	0,54	0
EC33-MCC-C01/EC33CCMV-F-01	215 m	2 - 1/C 350	609	96,76	15,9	0,67	96,76	15,9	0,67	96,76	15,9	0,67	97,67	16	0,68	97,65	16	0,68	0
ATX-7593-2A/EC33-GSB-D-01	43 m	3 - 1/C 4/0	678	201,6	29,7	0,56	201,5	29,7	0,56	201,5	29,7	0,56	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-2B/EC33-GSB-D-01	47 m	3 - 1/C 4/0	678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199,1	29,4	0,61	199,1	29,4	0,61	0
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-01	27 m	1 - 1/C 2	113	54,52	48,2	0,78	54,52	48,2	0,78	54,52	48,2	0,78	53,85	47,6	0,77	53,87	47,6	0,77	0
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-02	27 m	1 - 1/C 2	113	31,38	27,7	0,45	31,38	27,7	0,45	31,38	27,7	0,45	30,99	27,4	0,44	31	27,4	0,44	0
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-05	27 m	1 - 1/C 2	113	59,91	53	0,86	59,91	53	0,86	59,91	53	0,86	59,17	52,3	0,85	59,19	52,3	0,85	0
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-06	27 m	1 - 1/C 2	113	9,833	8,7	0,14	9,833	8,7	0,14	9,833	8,7	0,14	9,712	8,6	0,14	9,714	8,6	0,14	0

En la Tabla 31 se puede observar que la cargabilidad de las líneas del proyecto están por debajo de sus capacidades nominales y cumplen con los niveles de regulación de tensión establecidos.

En la tabla 32 se presentan los resultados de tensión y cargabilidad de las barras principales del sistema eléctrico en estudio.

Tabla 32 Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada caso analizado.

Barra	Tensión Nominal [kV]	Corriente Nominal [A]	Escenarios de operación														
			Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
			Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga
			[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[A]	[%]	[A]
EC30-SG-01	34,5	2000	98,4	701,3	35,1	98,4	701,3	35,1	98,4	701,3	35,1	98,36	704,9	35,2	98,36	704,9	35,2
EC38-SG-A-01A	34,5	2000	98,38	156	7,8	98,36	312,1	15,6	98,35	156	7,8	98,32	315,7	15,8	98,36	0	0
EC38-SG-A-01B	34,5	2000	98,38	156,1	7,8	98,36	156,1	7,8	98,35	312,1	15,6	98,36	0	0	98,32	315,8	15,8
EC38-SG-A-01C	34,5	2000	98,38	156,1	7,8	0	0	0	98,35	312,1	15,6	98,36	0	0	98,32	315,8	15,8
EC33-SB-A-01A	34,5	1250	98,34	38,26	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC33-SB-A-01B	34,5	1250	0	0	0	98,34	38,26	3,1	98,34	38,26	3,1	98,31	38,25	3,1	98,31	38,43	3,1
EC38-SG-B2-01A	6,9	2500	99,86	760,3	30,4	99,83	760,5	30,4	99,83	760,5	30,4	98,66	1539	61,6	98,66	761,4	30,5
EC38-SG-B2-01B	6,9	2500	99,86	760,9	30,4	99,84	761	30,4	99,84	761,1	30,4	98,66	761,5	30,5	98,66	1539	61,6
EC38-SG-B2-01C	6,9	2500	99,86	760,9	30,4	99,84	761	30,4	99,84	761,1	30,4	0	0	0	98,66	1539	61,6
EC33-SB-B-01A	4,16	1250	99,68	309,3	24,7	99,68	156,4	12,5	99,68	156,4	12,5	99,65	179,2	14,3	99,66	130,1	10,4
EC33-SB-B-01B	4,16	1250	99,68	152,9	12,2	99,68	309,3	24,7	99,68	309,3	24,7	99,65	309,3	24,7	99,66	310,7	24,9
ECTD-PWR38-002-A	0,48	800	101,08	114,4	14,3	101,06	114,4	14,3	101,06	114,4	14,3	98,6	229	28,6	98,63	209,6	26,2
ECTD-PWR38-002-B	0,48	800	101,15	118,8	14,9	101,13	118,8	14,8	101,12	118,8	14,8	98,6	21,31	2,7	98,63	230,8	28,9
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,48	1200	101,07	222,8	18,6	101,07	222,8	18,6	101,07	222,8	18,6	99,92	415,1	34,6	99,96	135,5	11,3
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,48	1200	101,14	194,9	16,2	101,14	194,9	16,2	101,14	194,9	16,2	99,92	282	23,5	99,96	427	35,6
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,48	1200	101,14	141,1	11,8	101,14	141,1	11,8	101,14	141,1	11,8	99,92	142,6	11,9	99,96	148,4	12,4
EC33-CCM-VF-01	0,48	600	100,47	96,76	16,1	100,47	96,76	16,1	100,47	96,76	16,1	99,25	97,67	16,3	99,31	96,2	16
EC33-TBS-SH-01	0,48	100	100,39	12,04	12	100,38	12,04	12	100,38	12,04	12	99,16	11,89	11,9	99,23	11,9	11,9
ECTD-PWR38-001	0,208	600	100,62	218,7	36,4	100,6	218,6	36,4	100,6	218,6	36,4	98,01	213,3	35,6	98,04	213,4	35,6
EC38-DP-TE-01	0,208	100	100,29	31,69	31,7	100,27	31,68	31,7	100,27	31,68	31,7	97,69	30,87	30,9	97,71	30,88	30,9
EC38-DP-02	0,208	100	99,07	38,71	38,7	99,05	38,7	38,7	99,05	38,7	38,7	96,5	37,71	37,7	96,52	37,72	37,7
ECVFD-DP-TI-01	0,208	100	99,51	45,18	45,2	99,49	45,17	45,2	99,49	45,17	45,2	96,92	44,3	44,3	96,95	44,31	44,3
ECVFD-DP-TI-02	0,208	100	100,21	18,87	18,9	100,19	18,87	18,9	100,19	18,87	18,9	97,61	18,39	18,4	97,63	18,39	18,4
TB-UPS-001	0,208	100	99,05	47,57	47,6	99,03	47,56	47,6	99,03	47,56	47,6	96,62	46,41	46,4	96,65	46,42	46,4
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	100	98,24	31,84	31,8	98,22	31,83	31,8	98,22	31,83	31,8	95,83	31,06	31,1	95,85	31,07	31,1
EC33-GSB-D-01	0,208	600	100,58	201,6	33,6	100,58	201,5	33,6	100,58	201,5	33,6	99,35	199,1	33,2	99,39	199,1	33,2
EC33-DP-01	0,208	200	99,81	54,52	27,3	99,8	54,52	27,3	99,8	54,52	27,3	98,58	53,85	26,9	98,62	53,87	26,9
EC33-DP-02	0,208	200	100,14	31,38	15,7	100,13	31,38	15,7	100,13	31,38	15,7	98,9	30,99	15,5	98,94	31	15,5
EC33-DP-05	0,208	200	99,73	59,91	30	99,72	59,91	30	99,72	59,91	30	98,5	59,17	29,6	98,54	59,2	29,6
EC33-DP-06	0,208	200	100,45	9,833	4,9	100,44	9,833	4,9	100,44	9,833	4,9	99,21	9,712	4,9	99,25	9,716	4,9
EC33-DP-UPS-01	0,208	200	99,67	30,07	15	99,66	30,07	15	99,66	30,07	15	98,54	29,73	14,9	98,58	29,74	14,9
EC33-DP-UPS-02	0,208	100	500,95	12,23	12,2	500,94	12,23	12,2	500,94	12,23	12,2	99,79	12,09	12,1	99,82	12,09	12,1

Se puede observar que los niveles de tensión y cargabilidad de las barras, bajo estados de operación normal y bajo contingencia, para cada uno de los escenarios planteados cumplen con los niveles establecidos.

Capítulo 6: Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

6.1 Conclusiones del circuito Industrial de la IEEE.

En este estudio se realizó el cálculo de flujo de carga para los nodos principales del circuito del sistema industrial de la Norma IEEE, que contiene diferentes escenarios y cargas desarrollando su modelado en el software ETAP, estudiando tensiones, corrientes, potencias y verificando en cada uno de los escenarios las diferentes caídas de tensión que se presentan en los nodos del circuito en los escenarios de la tabla 33.

Tabla 33 Escenarios de análisis del estudio de Flujo de Carga de la Norma IEEE

Escenario de análisis
Operación Normal
Operación CoGenOff
Operación FeederOut

- Se debe tener en cuenta que algunos parámetros de los equipos no estaban escritos en la norma por esta razón se colocaron valores consultados en catálogos de los equipos para esta clase de máquinas y se dan variaciones en las respuestas de los flujos de carga y cortocircuitos con respecto a la norma.
- Se ajustaron los Tap's de los transformadores para mejorar las caídas de tensión presentadas en algunos nodos del circuito. Ya que la tensión se debe mantener dentro del 90% y el 100% en operación Normal. (Norma IEC).
- Se clasificaron los diferentes nodos del circuito y se realizó el flujo de carga, para así determinar porque la caída de tensión puede ser más significativa en un nodo que otro.
- En el estudio de cortocircuito realizado al sistema industrial de la Norma IEEE Std 3002.3TM-2018 , se verificaron las corrientes de cortocircuito que aportan cada uno de los equipos al sistema siendo las más significativas las corrientes de cortocircuito de los generadores (ver figura 31).
- Se verifico que al colocar una resistencia de puesta a tierra en los transformadores del sistema industrial de la IEEE Std 3002.3TM-2018, que disminuye el nivel cortocircuito monofásico y el cortocircuito de línea-línea a tierra.

- En el análisis de cortocircuito del sistema IEEE Std 3002.3™-2018, las corrientes trifásicas simétricas (I''_k) se utilizan para el dimensionamiento de los equipos, ya que se obtienen las capacidades de cortocircuito (figura 32).
- Se recomienda realizar actualizaciones del estudio de cortocircuito si se realizan ampliaciones de carga en los sistemas industriales.
- En el estudio de Arranque de algunos motores del circuito industrial se verifico la corriente de arranque y el tiempo que tarda el motor en estabilizarse y así mismo determinar qué tipo de protección necesita y que con qué tipo de cables se debe alimentar el motor.

6.2 Conclusiones del circuito bombas de Inyección:

En este estudio se realizó el cálculo de flujo de carga para los Power Room 3 y 8 de la planta de inyección de agua Castilla 3. Se determinaron tensiones, corrientes, cargabilidad y flujos de potencia en todos los nodos del sistema eléctrico para 5 escenarios de análisis discriminados así:

Tabla 34 Escenarios de análisis del estudio flujo de carga

Escenario de análisis
Operación Normal
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1
Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A
Escenario de mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A

En la Tabla 34 se presentan los 5 escenarios de análisis del estudio, donde se analiza un escenario en estado de operación normal del sistema, dos escenarios en estado de indisponibilidad de una de las redes de alimentación a 34,5 KV tanto para el Power Room 3 como para el Power Room 8, partiendo del estado de operación normal previo, y los 2 últimos escenarios de análisis corresponden a un estado de mantenimiento o falla de alguno de los transformadores de media tensión. Este sistema, en estado

estacionario y bajo distintos estados de operación, cumple con las exigencias del análisis de flujos de carga.

- El sistema eléctrico del Power Room 8 que corresponde a las bombas principales, representa el 44% de la demanda eléctrica de la estación Castilla 3. El uso de variadores de frecuencia se asigna por configuración del proceso y como consecuencia, se reduce la corriente de arranque de los motores. El factor de potencia del sistema se encuentra dentro de valores normativos. Se recomienda realizar estudios de calidad de la energía cuando el sistema eléctrico esté operativo para confirmar los parámetros eléctricos normalizados.
- Es necesario tener en cuenta las posiciones de los TAP's de los transformadores de los Power Room 3 y 8 para regular la caída de tensión, es decir, aumentar la tensión en las barras aguas abajo de los transformadores debido a la caída de tensión que se produce en las líneas provenientes de la S/E San Fernando hasta el Power Room EC3.
- El factor de potencia total del sistema es de 0,93 por unidad, se cumple con los estándares de ingeniería.
- Se recomienda mantener tensionadas y alternadas en operación las líneas de entrada a 34.5 kV de los Power Room 3 y 8, en caso de que no tengan un uso continuo como en el caso del Power Room 3, debido a que los conductores se pueden dañar por no usarlos frecuentemente.
- Según los resultados obtenidos en el estudio de cortocircuito, para los escenarios propuestos las corrientes de falla en todos los puntos del sistema están por debajo de las capacidades de cortocircuito de los equipos, como las barras de los switchgear, tanto para el Power Room 3 como para el Power Room 8, garantizando que los equipos cuenten con la capacidad necesaria para soportar e interrumpir la corriente de falla.
- La impedancia limitadora de puesta a tierra limita el cortocircuito en la barra de 6.9 kV EC38-SG-B2-01 del Power Room 8 de un valor de 22.32 kA a un valor de 0.44 kA. Se

recomienda un buen mantenimiento de estos dispositivos ya que limitan la falla monofásica que es la más probable en el sistema.

- El proveedor de puesta a punto de los Power Room 3 y 8 debe garantizar que los interruptores cumplan con los frame requeridos con base en este estudio de cortocircuito.

6.3 Trabajos Futuros

- Realizar de forma más detallada el análisis de armónicos y transitorios de cada uno de los motores que existen en la industria, con programas de modelado que se utilicen en la industria por su confiabilidad.
- Realizar un programa que me determine la localización de una falla que se presente en un sistema industrial, en una línea de distribución o en el sistema de transmisión nacional.
- Desarrollar un programa que se conecte con el ETAP para que me solucione la selectividad de las protecciones en forma automática en un circuito industrial.

Bibliografía

- [1] E. J. A. Duran, "Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica Por :," 2010.
- [2] V. A. Gómez, R. A. Peña, and C. Hernández, "Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica Identification and Location of Distribution Systems Failures Through Service Quality Meters of Electric Power," vol. 23, no. 2, pp. 109–116, 2012.
- [3] IEEE Std 3002,2TM-2018, IEEE Recommended practice for conducting Load-Flow Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems.
- [4] IEEE Std 3002,3TM-2018, IEEE Recommended practice for conducting Short-circuit Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems.
- [5] IEC 60909-0:2001, Short-circuits currents in Three-Phase A.C. Systems-Part 0: Calculation of Currents.
- [6] IEC 60909-0-4:2001, Short-circuits currents in Three-Phase A.C. Systems.
- [7] IEC 60909-1: 2001-07, Short-circuits currents in Three-Phase A.C. Systems. Part 1: Factors for the Calculation of Short-Circuit Currents According to IEC 60909-0.
- [8] IEC 60909-2: 2008-11, Short-circuits currents in Three-Phase A.C. Systems. Part 2: Data of Electrical Equipment for Short- Circuit Current Calculations.
- [9] IEC 60909-3: 2003-09, Short-circuits Currents in Three-Phase A.C. Systems. Part 3: Currents During Two Separate Simultaneous Line-to-Earth Short-Circuits and Partial Short-Circuit Currents Flowing Through Earth.
- [10] IEC 60909-4: 2000-07, Short-circuits currents in Three-Phase A.C. Systems. Part 4: Examples for the Calculation of Short-Circuit Currents.

- [11] IEEE Std 551TM-2006, IEEE Recommended practice for Calculating Short-circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Violet BookTM).
- [12] Nasser. D. Tleis “Power systems Modelling and Fault Analysis,”pp. 109–116, 2008.
- [13] J. Lewis, Blackburn: Symmetrical Components of Power Systems Engineering. Marce Dekker Inc 1993
- [14] Jurgen. Schlabach: Short Circuit Currents. Published by the Institution and Technology, London, United Kingdom. First Published (2005)
- [15] Ismail Kasikci: Short Circuits In power Systems. Second Edition, 2018 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr, 12, 69469 Weinheim, Germany.
- [16] Gustavo L ferro. Corrientes de Corto circuito en sistemas trifasicos de corriente alterna. 2015, Universidad Nacional de mar del plata. Departamento de Ingenieria Electrica.
- [17] IEC 60050: 1978, International electrotechnical Vocabulary – chapter 131: Electric and magnetic circuits.
- [18] Benoit de Metz- Noblat, Cuaderno tecnico numero 18 Schneider Electric, Analisis de la redes trifasicas en regimen perturbado con la ayuda de las componentes simetricas.
- [19] <https://distribucion.webnode.com.co/topologias-de-las-redes-de-distribucion/>.
- [20] Sistema Eolicos Pequeños. Departamento de Energia EE.UU. 2007. EE.UU : s.n., Septiembre de 2007, Enegia Eficiencia y Energia Renovable.
- [21] W. S. J.J. Grainger, “Análisis de Sistemas de Potencia”. McGraw-Hill, Inc, 1996.
- [22] S. J. Chapman, “Maquinas Electricas”. McGraw Hill Mexico, 2012.
- [23] Solannlly Briced Mendieta Yepes. Manual para el uso de las herramientas basicas del software ETAP. 2015, Universidad de la Salle, Bogota. Facultad de Ingenieria Electrica.

[24] Gustavo Adolfo Gomez Ramirez. Medicion de impedancia de secuencia cero en transformadores de potencia, Ingeniería 25 (2): 99-108, ISSN: 2215-2652; 2015. San José, Costa Rica.

[25] <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar-y-como-funciona.html>.

[26] https://es.wikipedia.org/wiki/Red_el%C3%A9ctrica

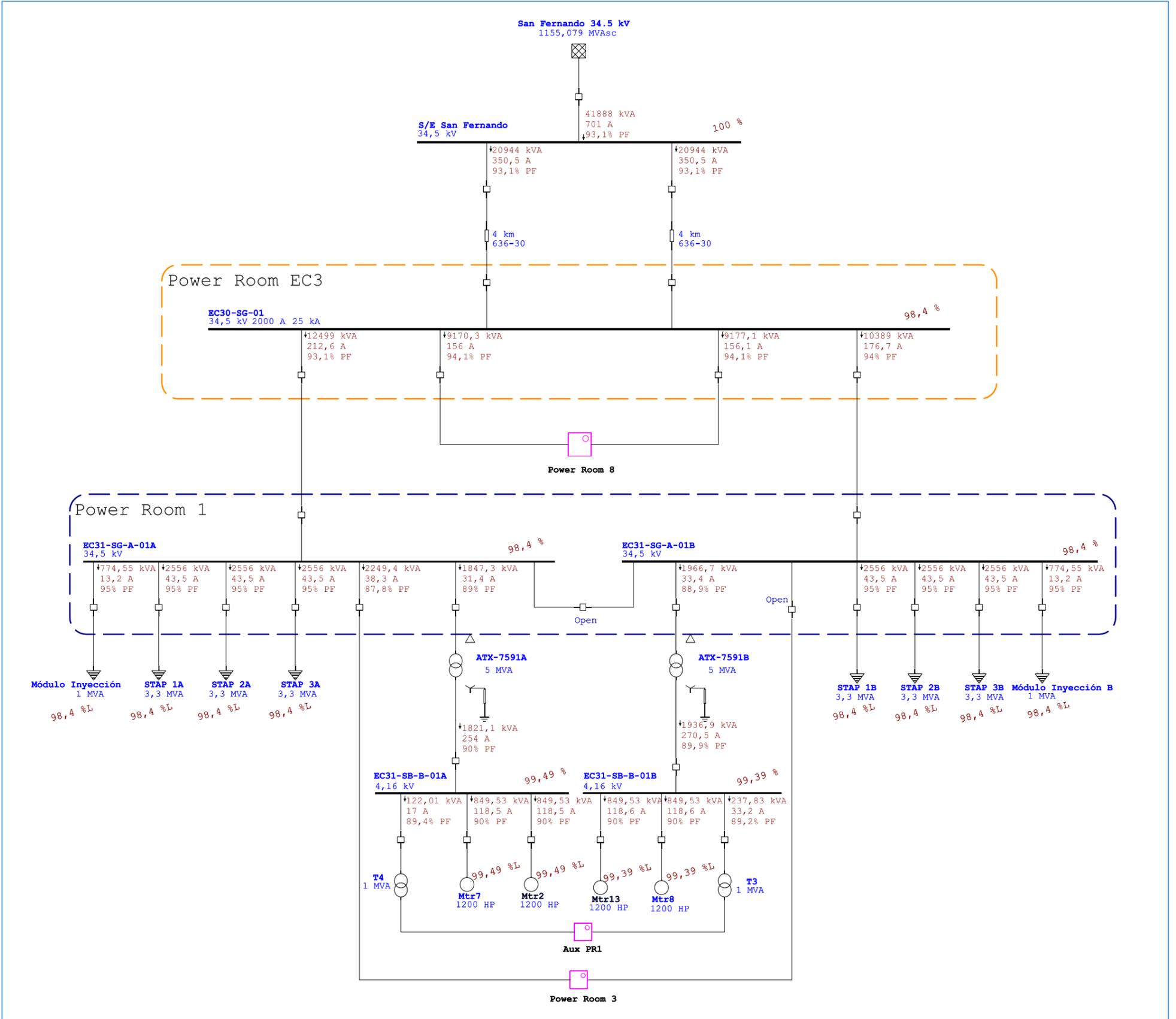
Anexos del sistema de Inyeccion bombas de agua

Anexos de flujos de carga para los diferentes escenarios:

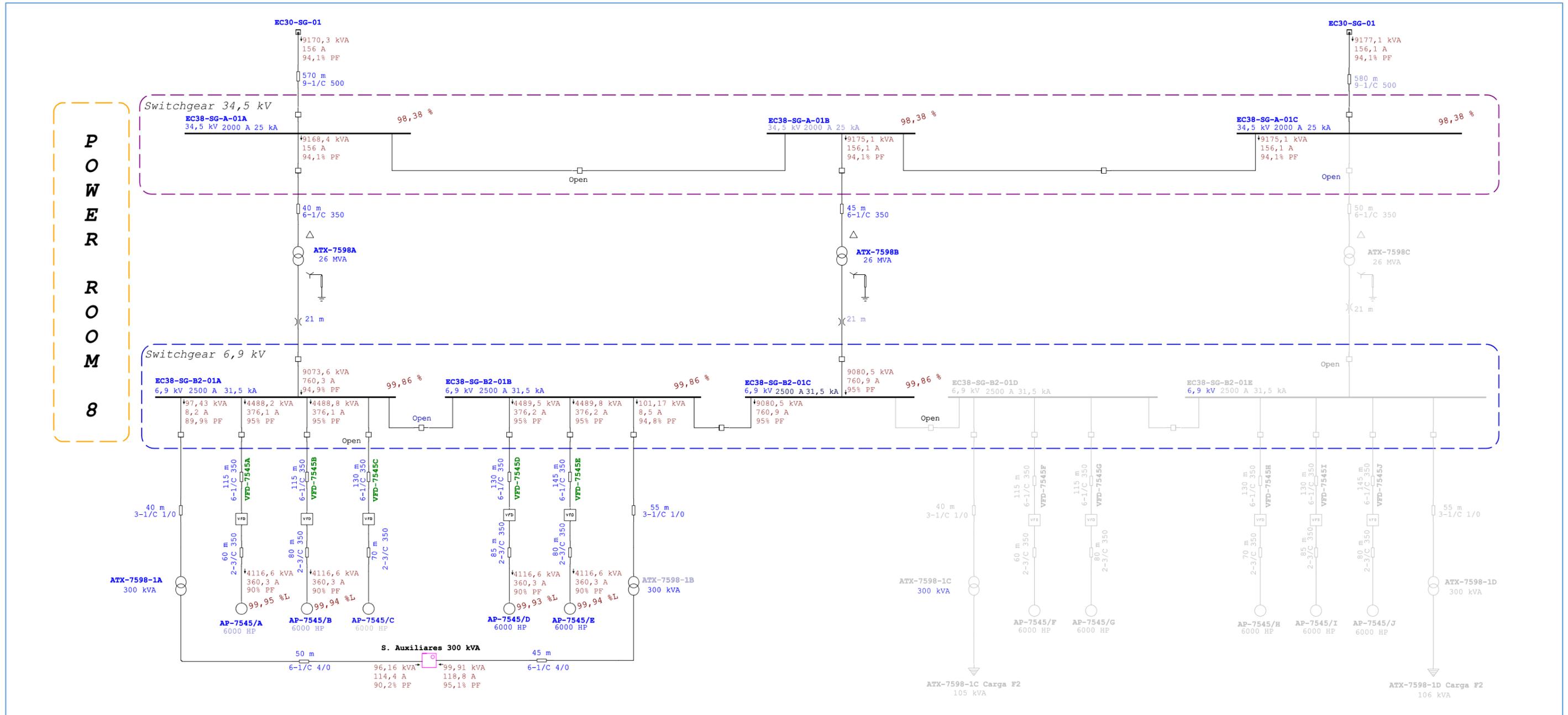
Fase del proyecto	Escenarios de análisis	ÍTEM
1. FASE 1	Operación Normal	1.1
	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	1.2
	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	1.3
	Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	1.4
	Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	1.5
2. FASE 2	Operación Normal	2.1
	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1	2.2
	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2	2.3
	Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A	2.4
	Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A	2.5

1.1. FASE 1 – ESCENARIO DE OPERACIÓN NORMAL

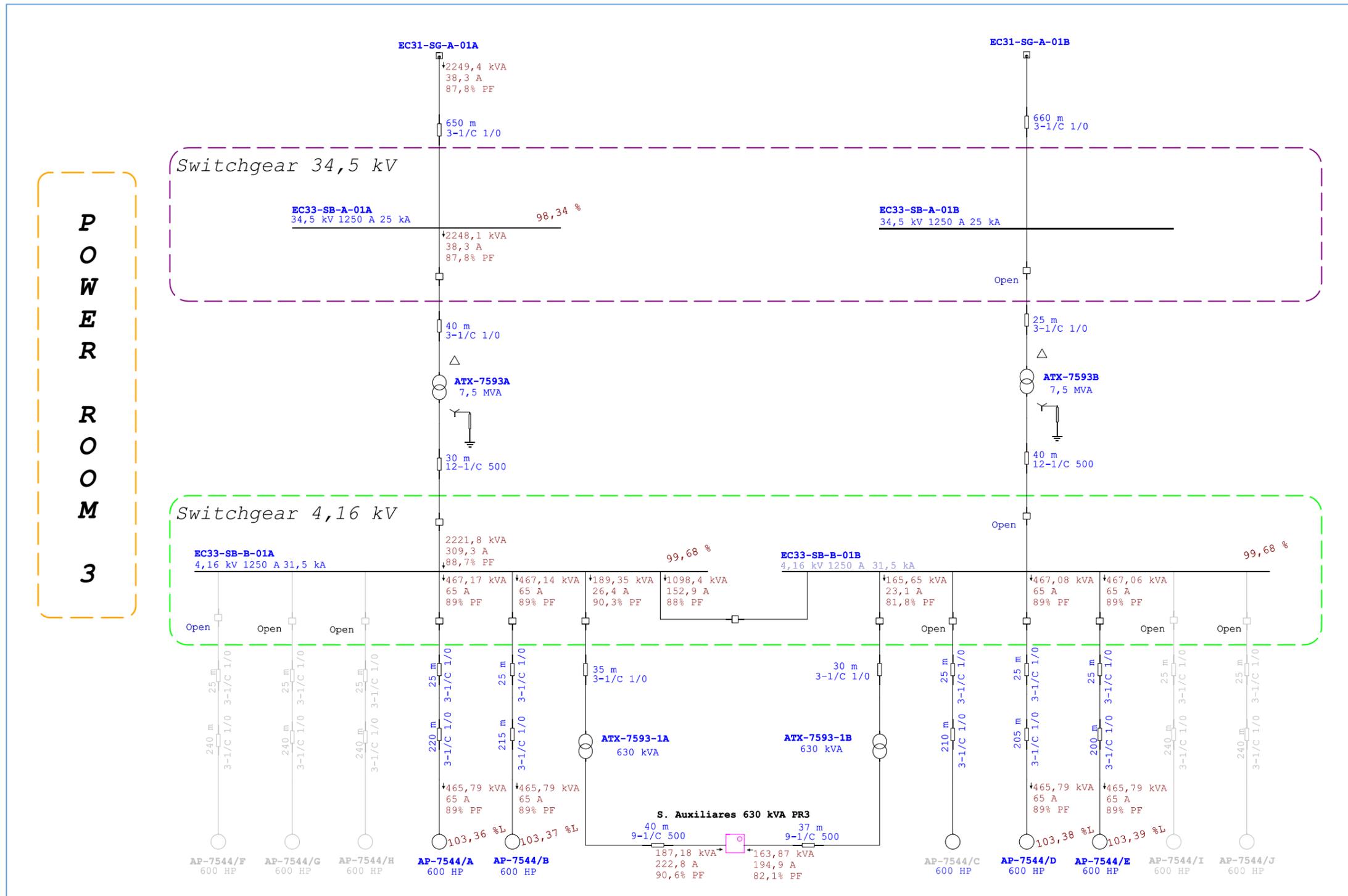
Red 34.5 kV
CDF-EC3



POWER ROOM 8

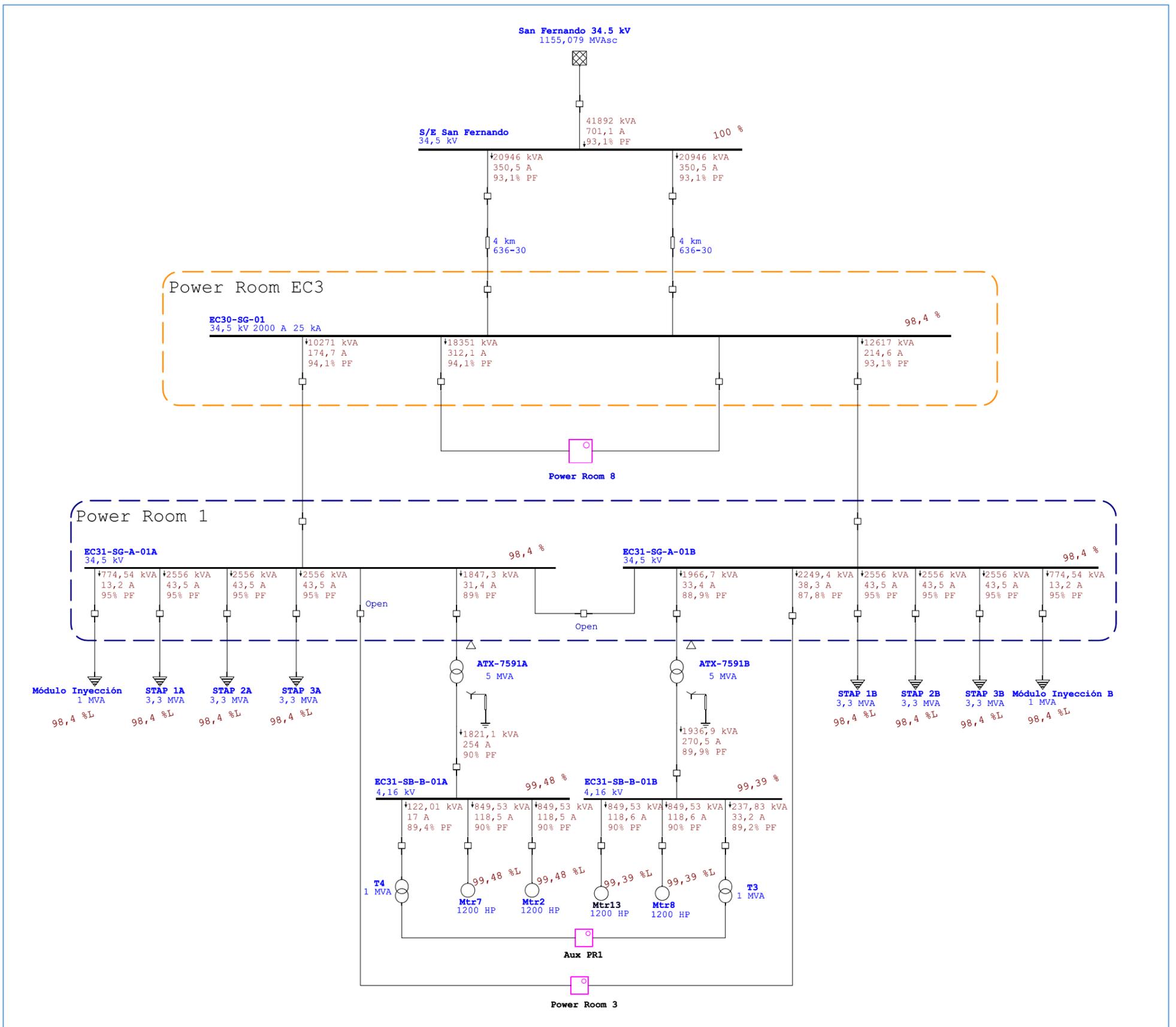


POWER ROOM 3

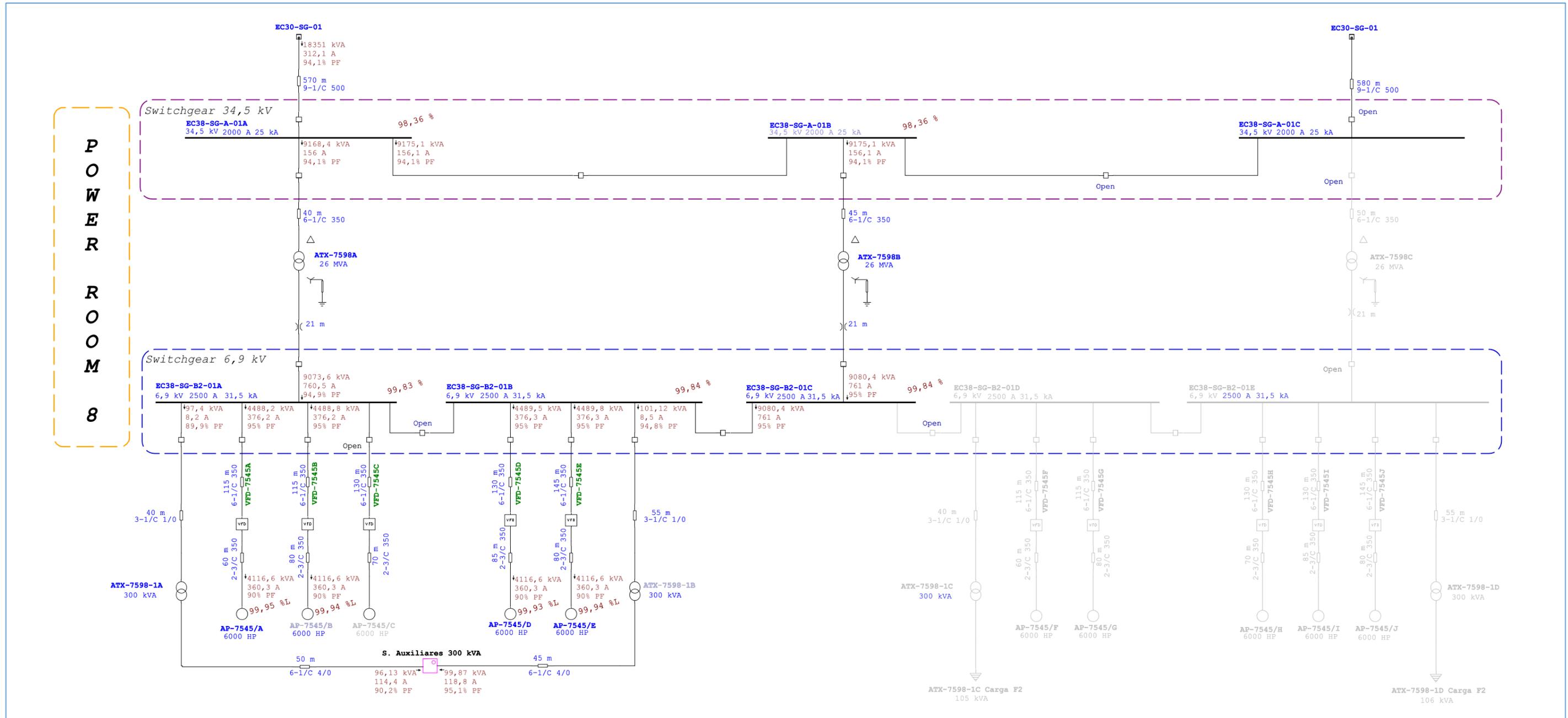


1.2. FASE 1 – INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 1

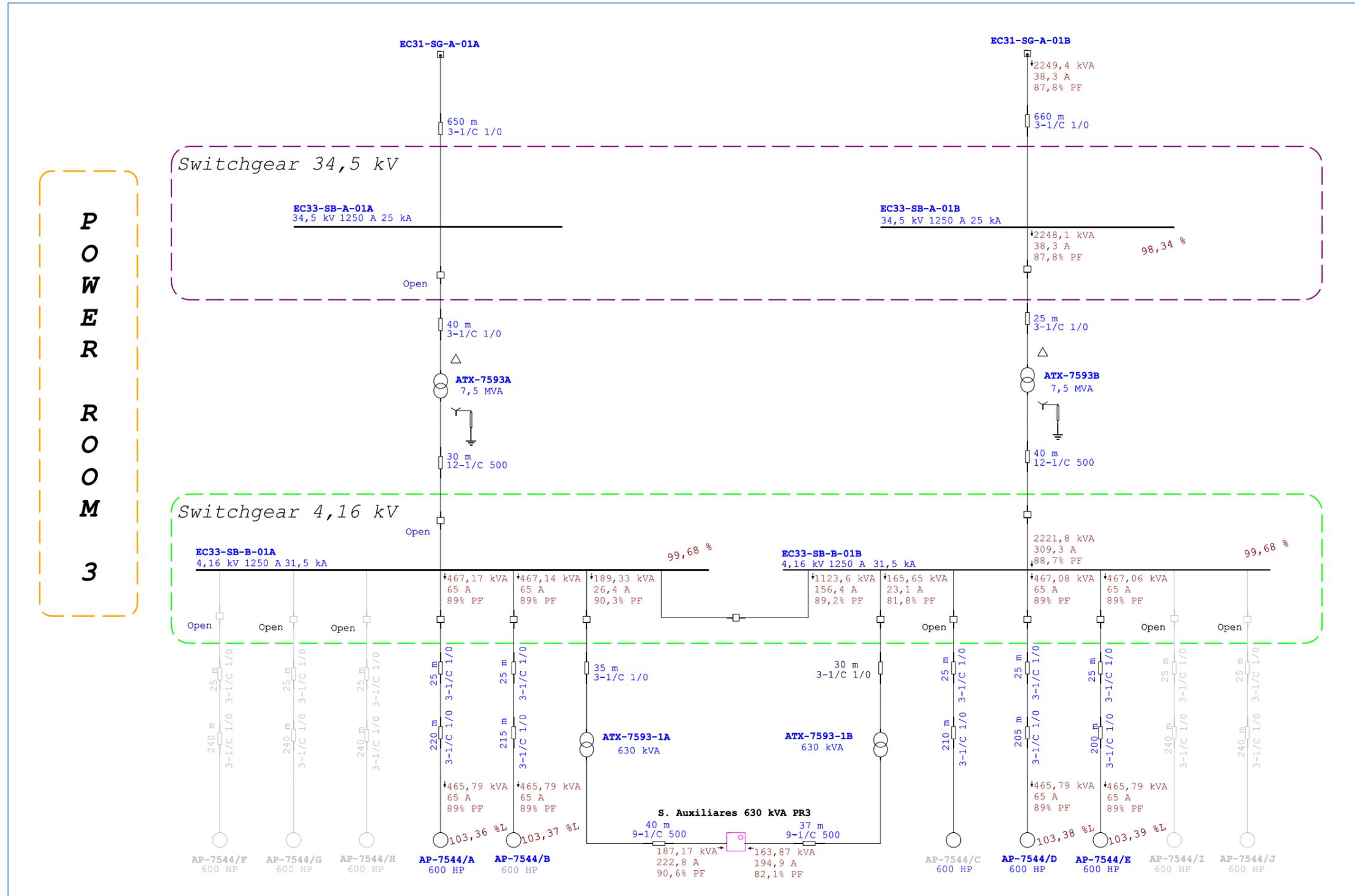
Red 34.5 kV
CDF-EC3



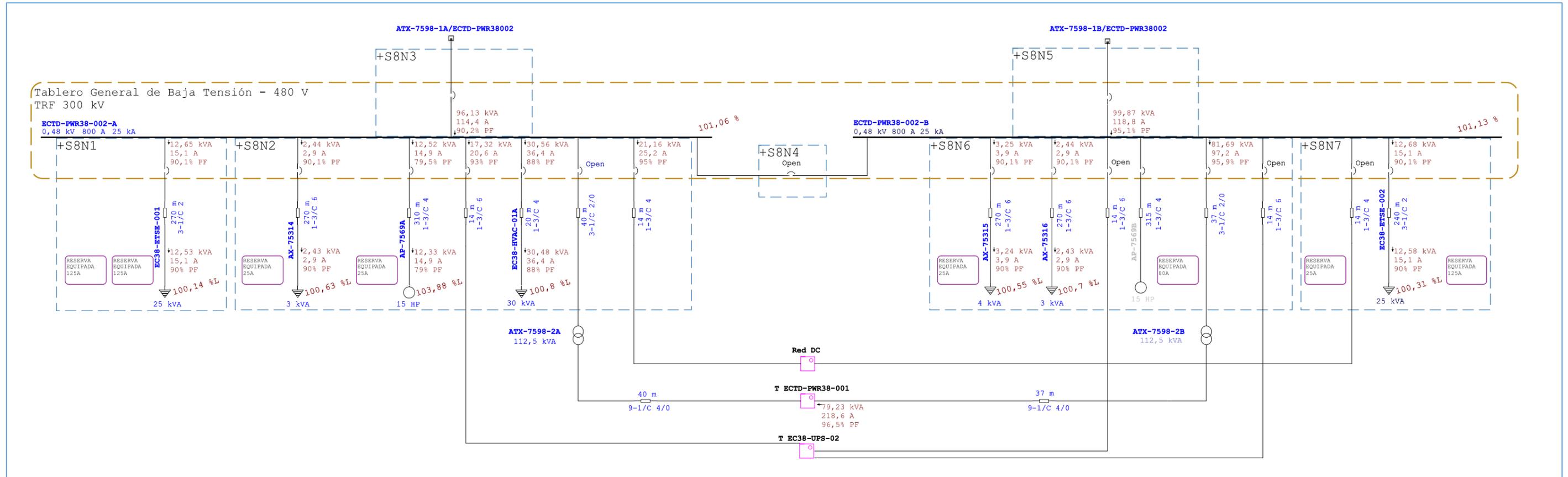
POWER ROOM 8



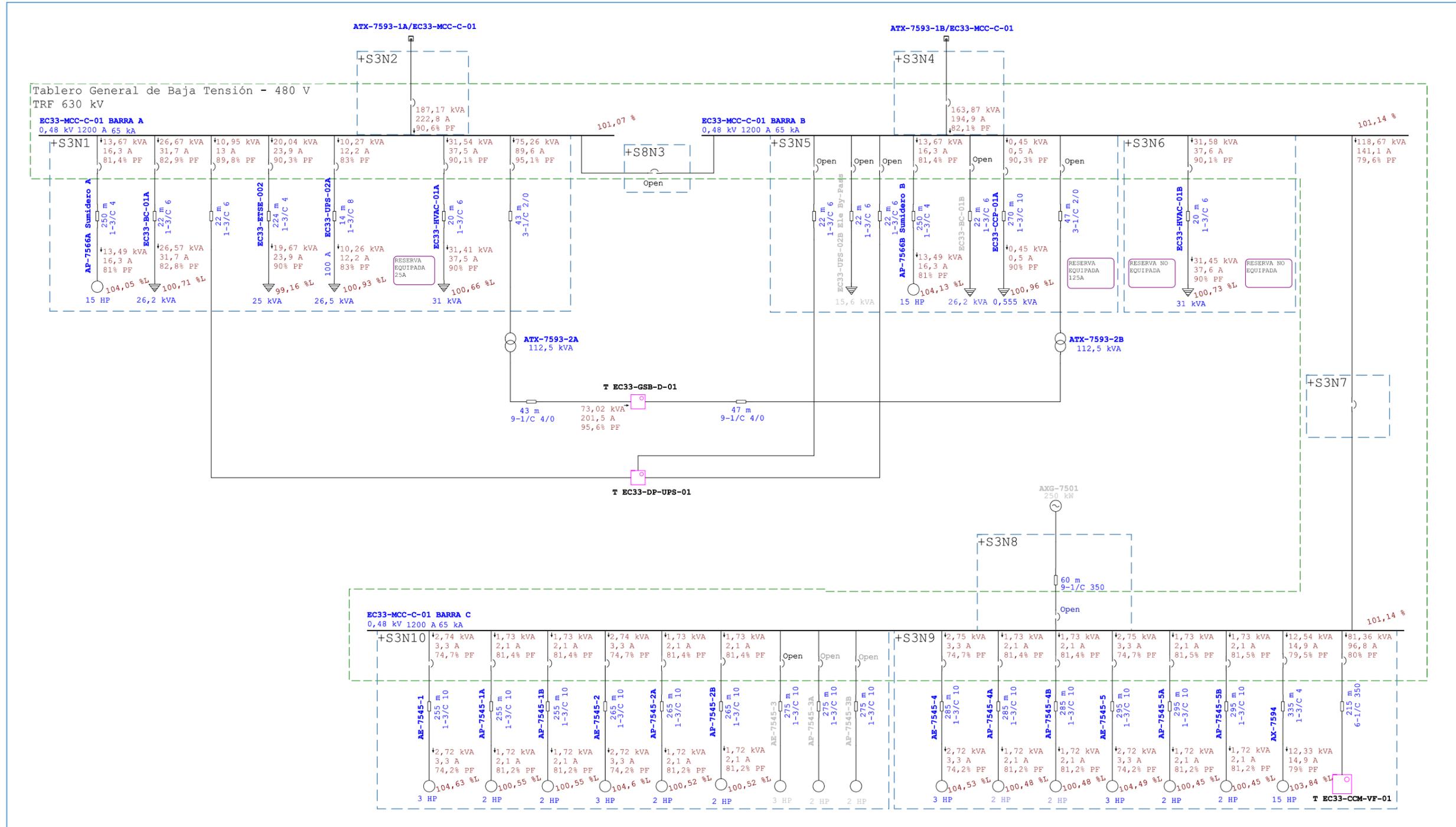
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC ECTD-PWR38-002

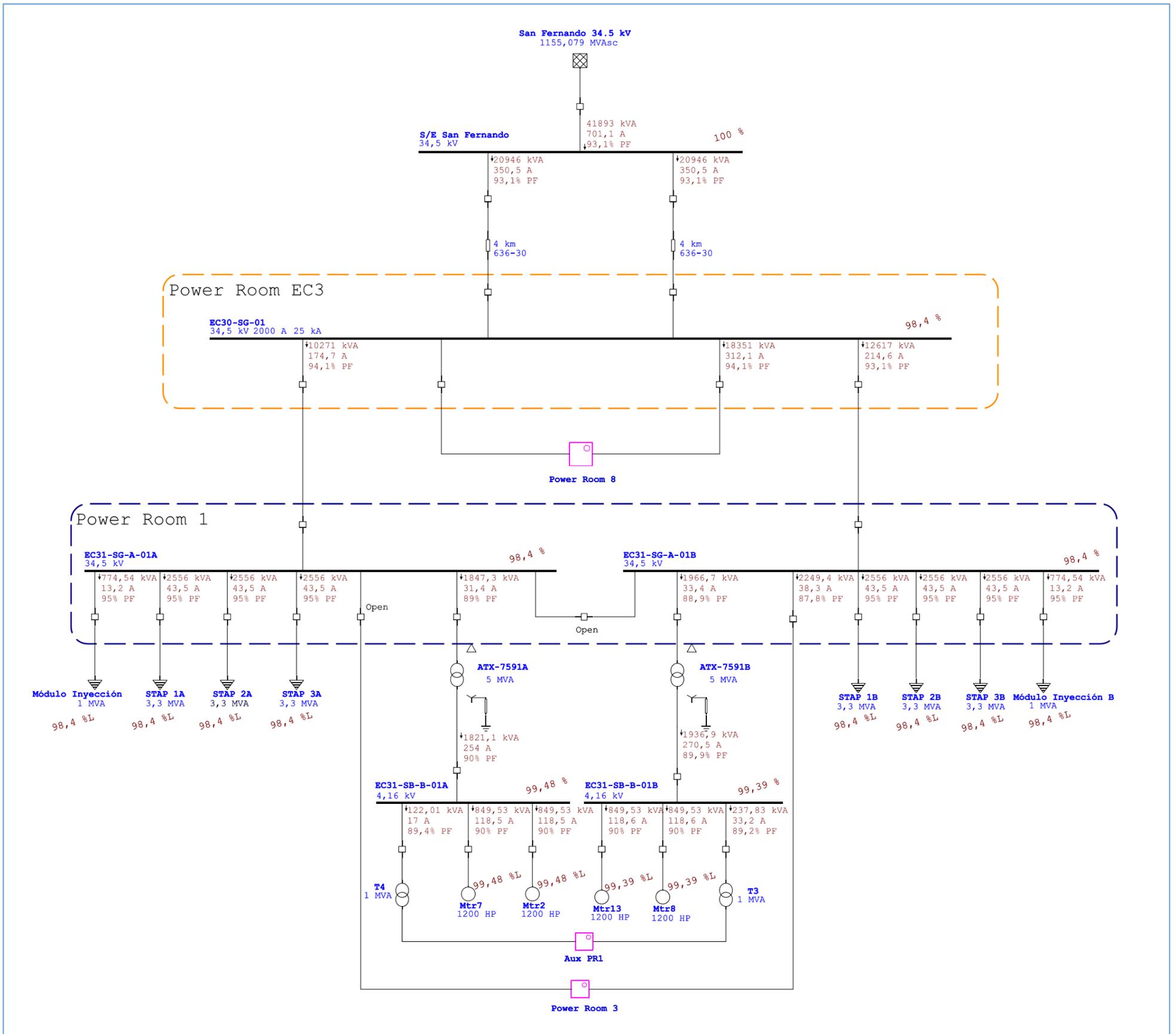


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

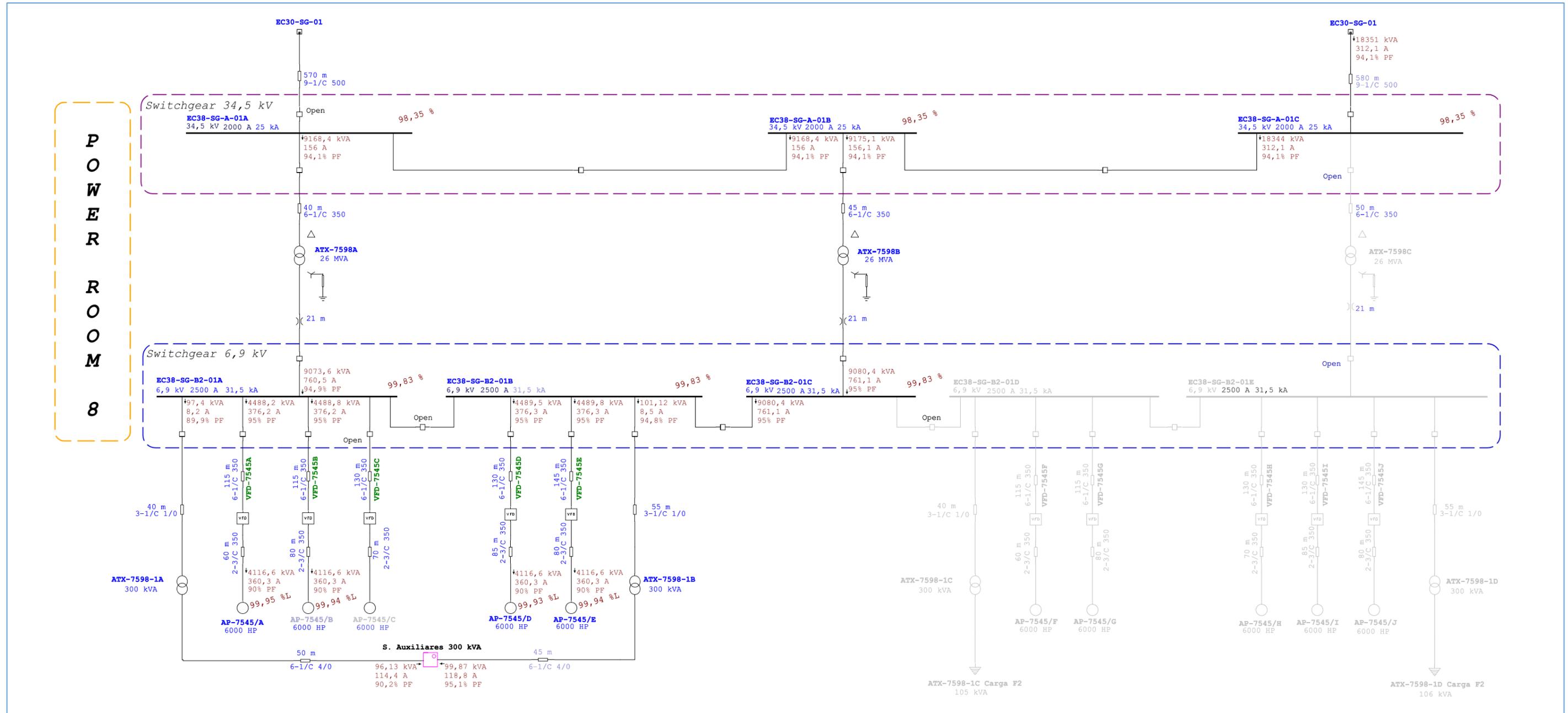


1.3. FASE 1 – INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 2

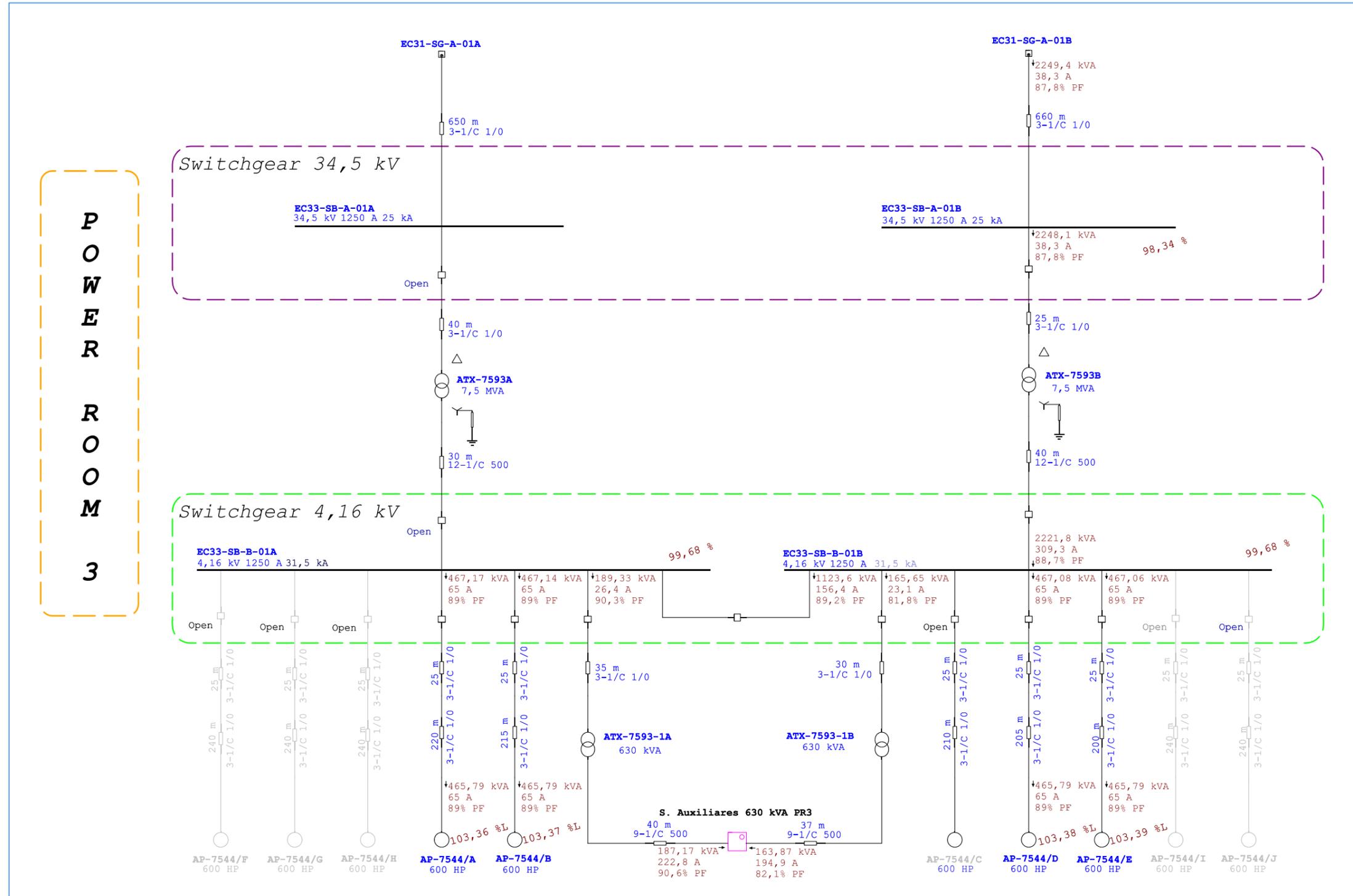
Red 34.5 kV
CDF-EC3



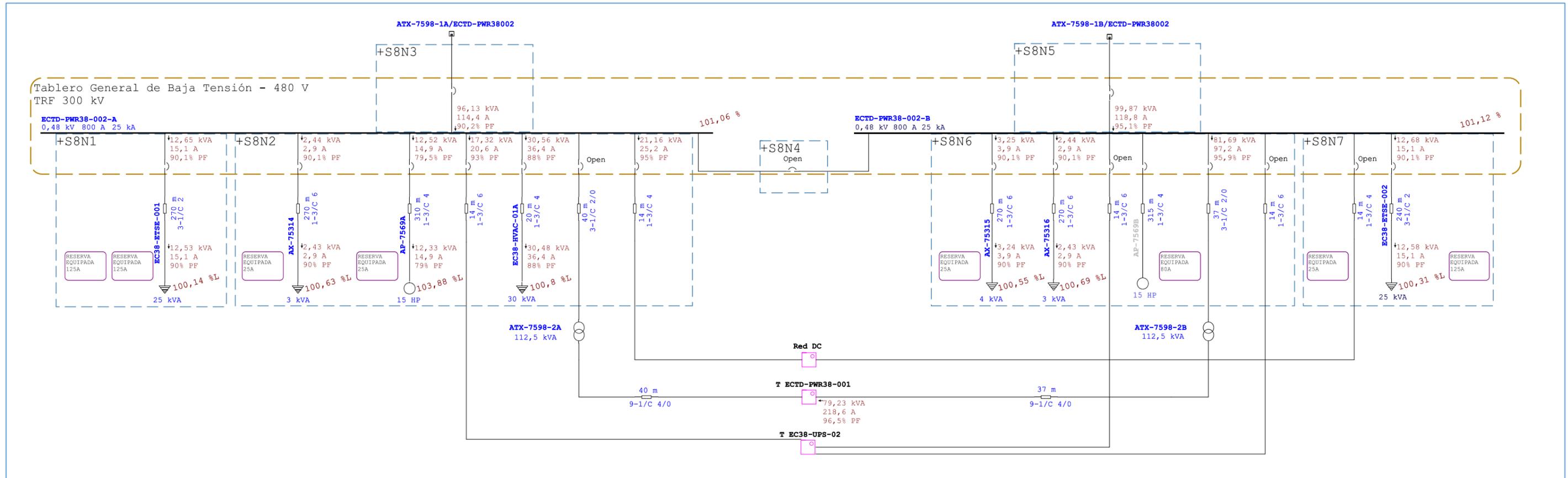
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

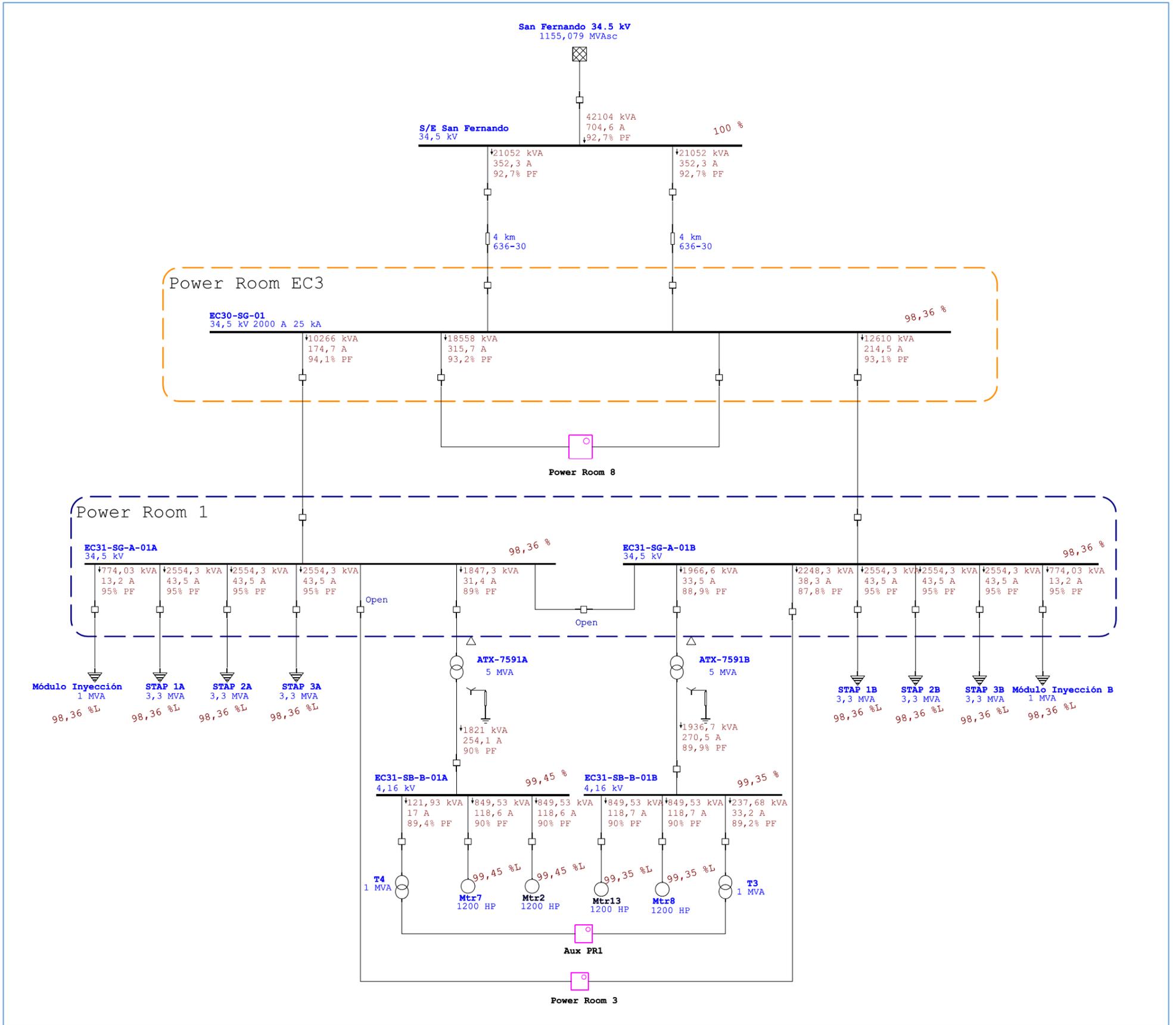


POWER ROOM 8 480 VAC ECTD-PWR38-002

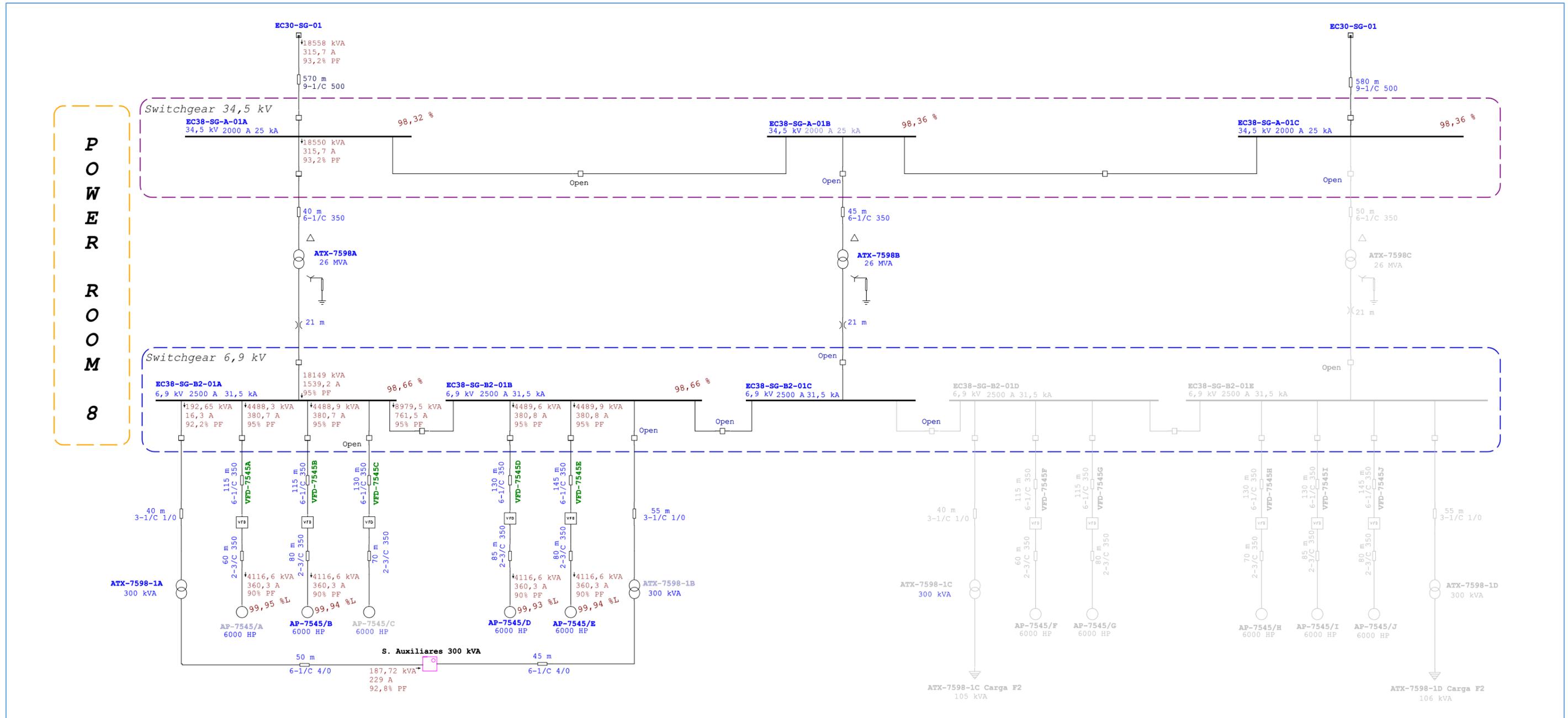


1.4. FASE 1 – MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES ATX-7598B Y/O ATX-7593A

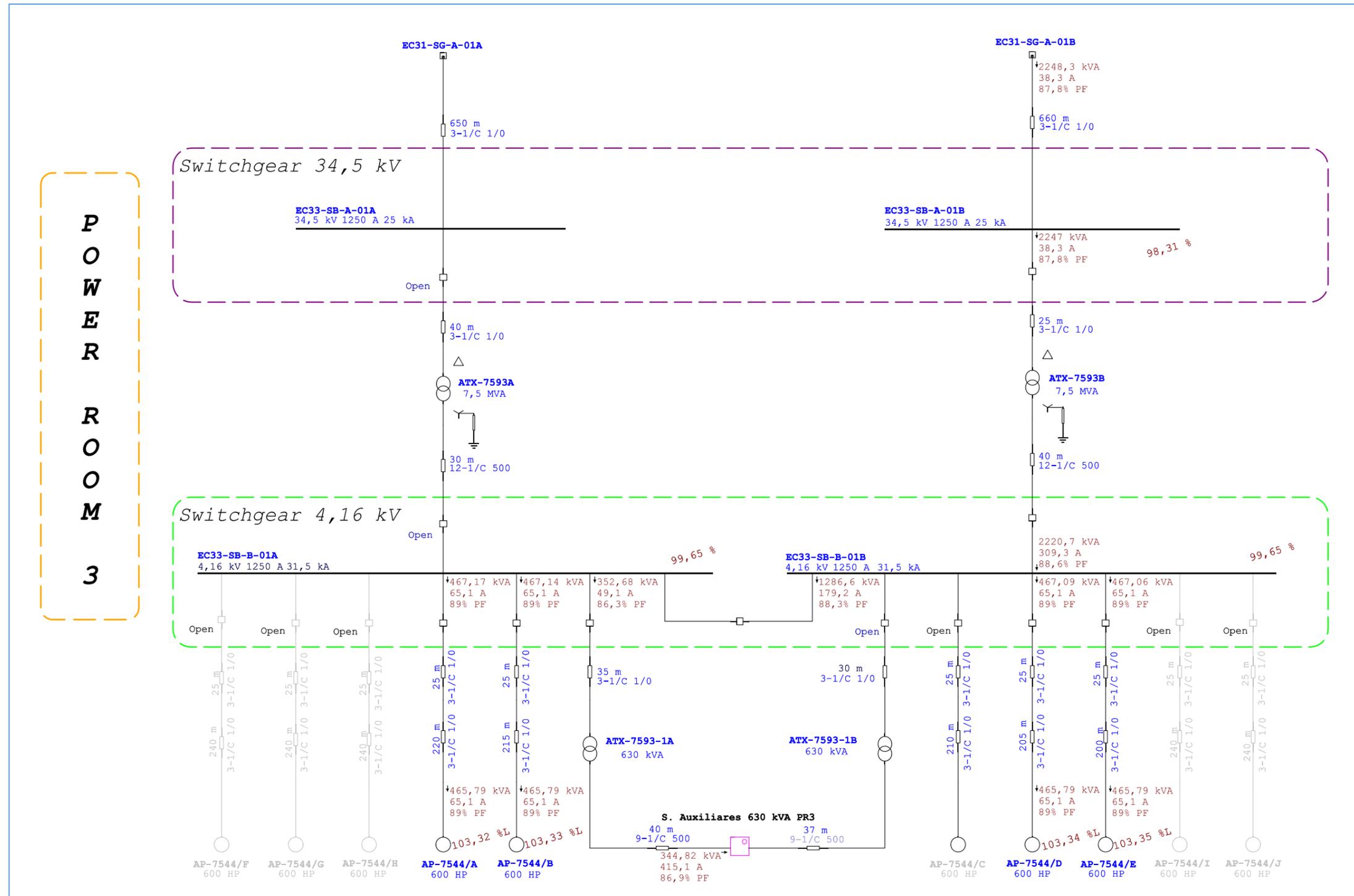
Red 34.5 kV
CDF-EC3



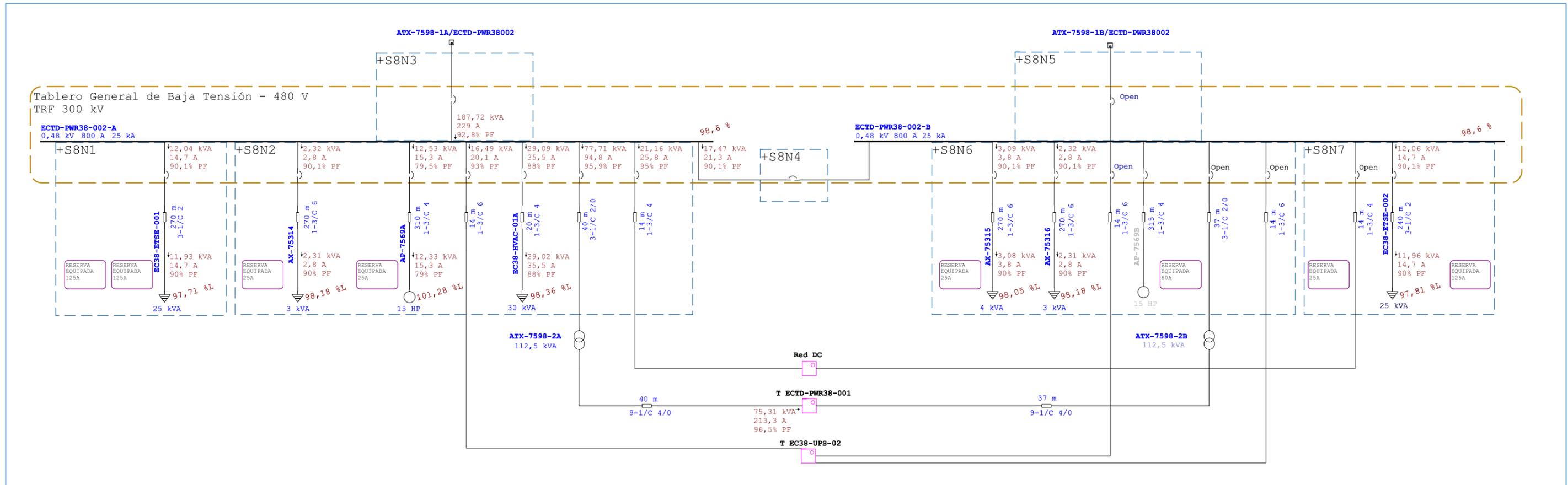
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

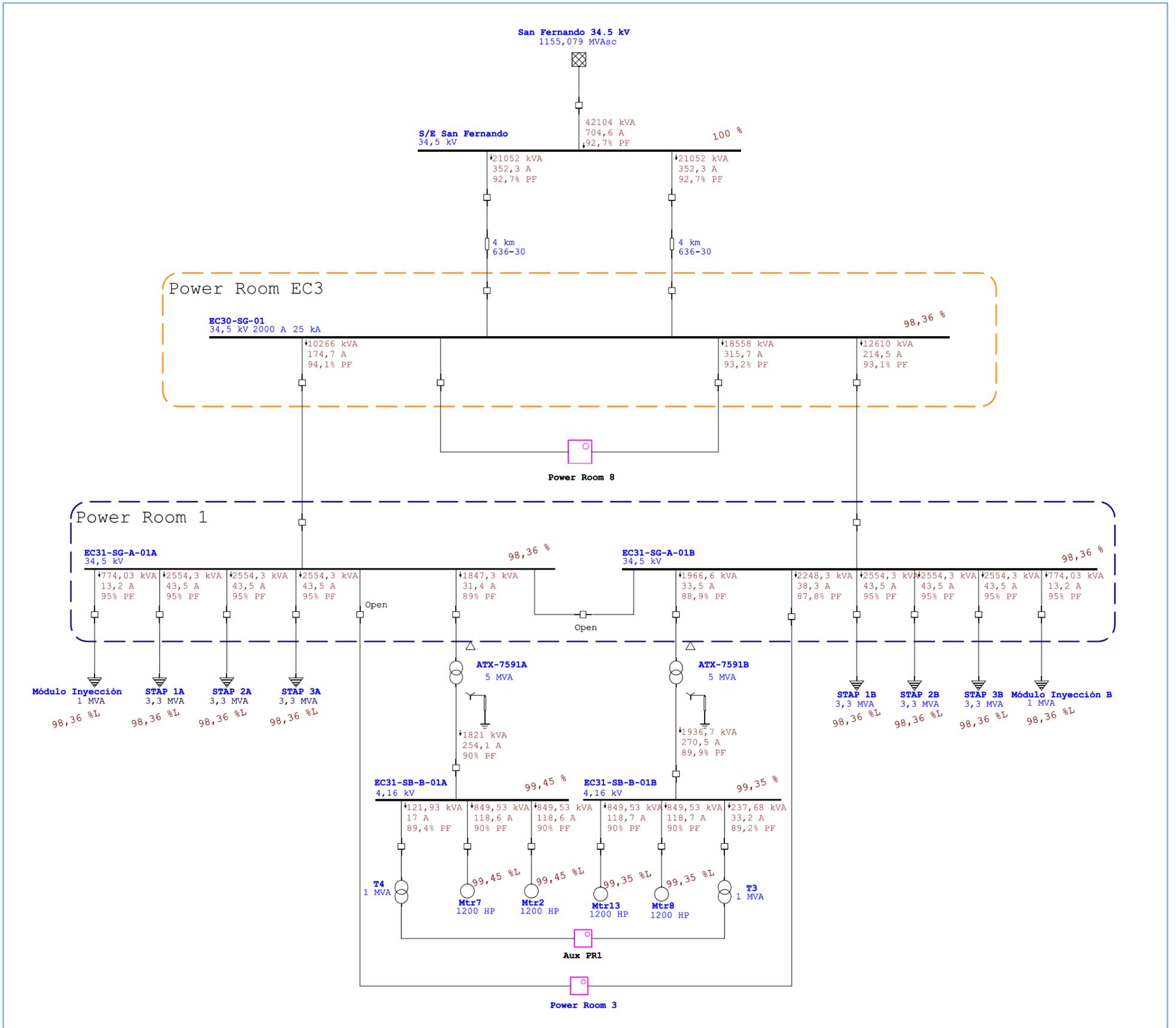


POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

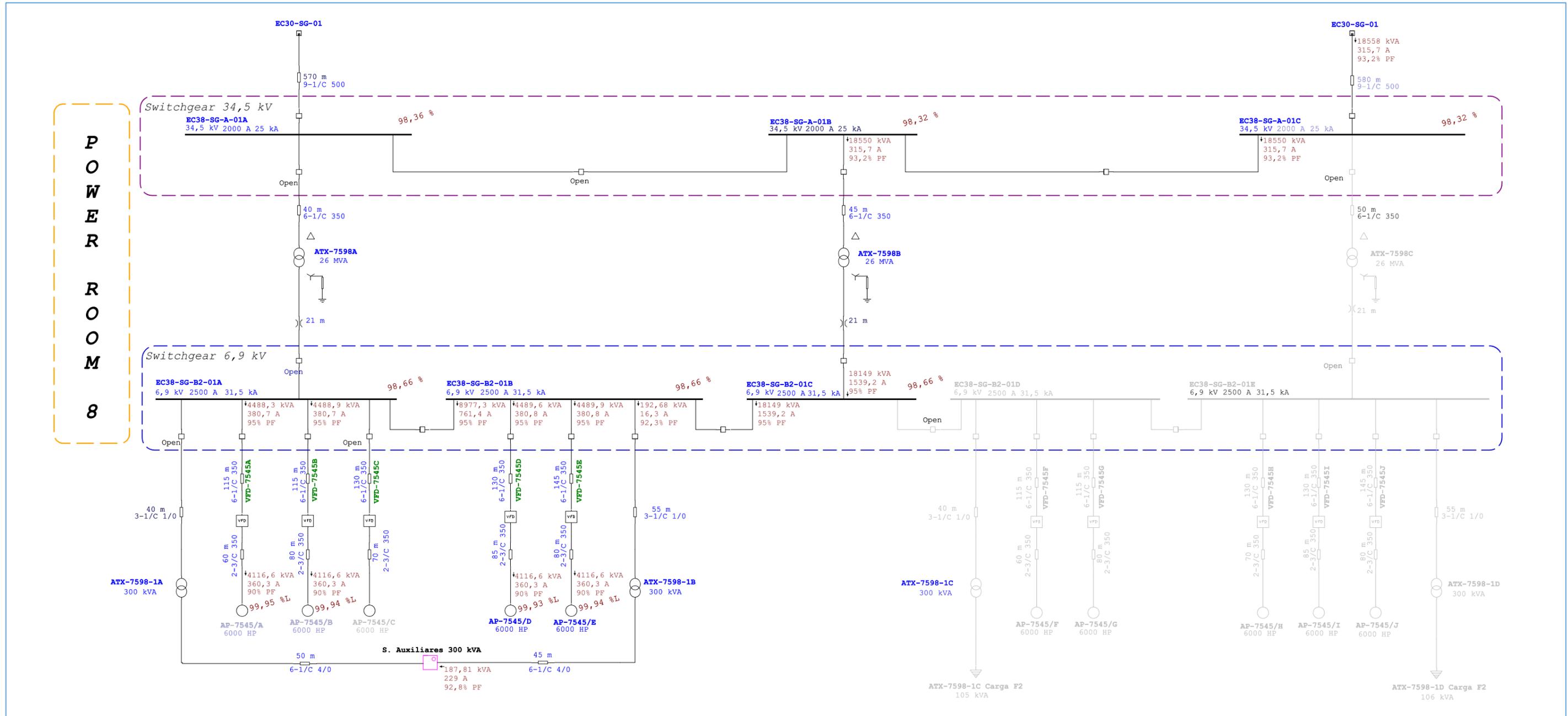


1.5. FASE 1 – MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES ATX-7598A Y/O ATX-7593A

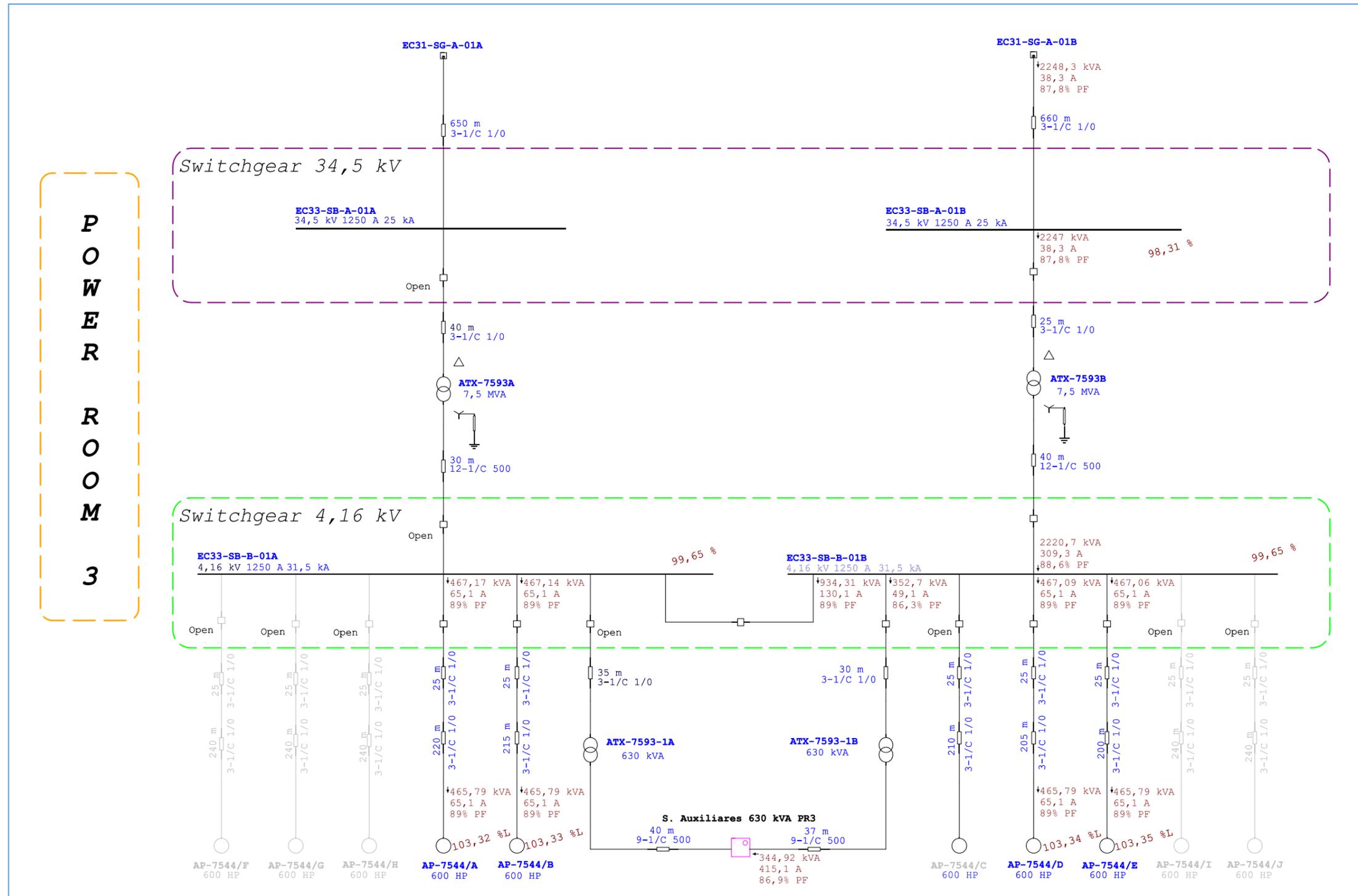
Red 34.5 kV
CDF-EC3



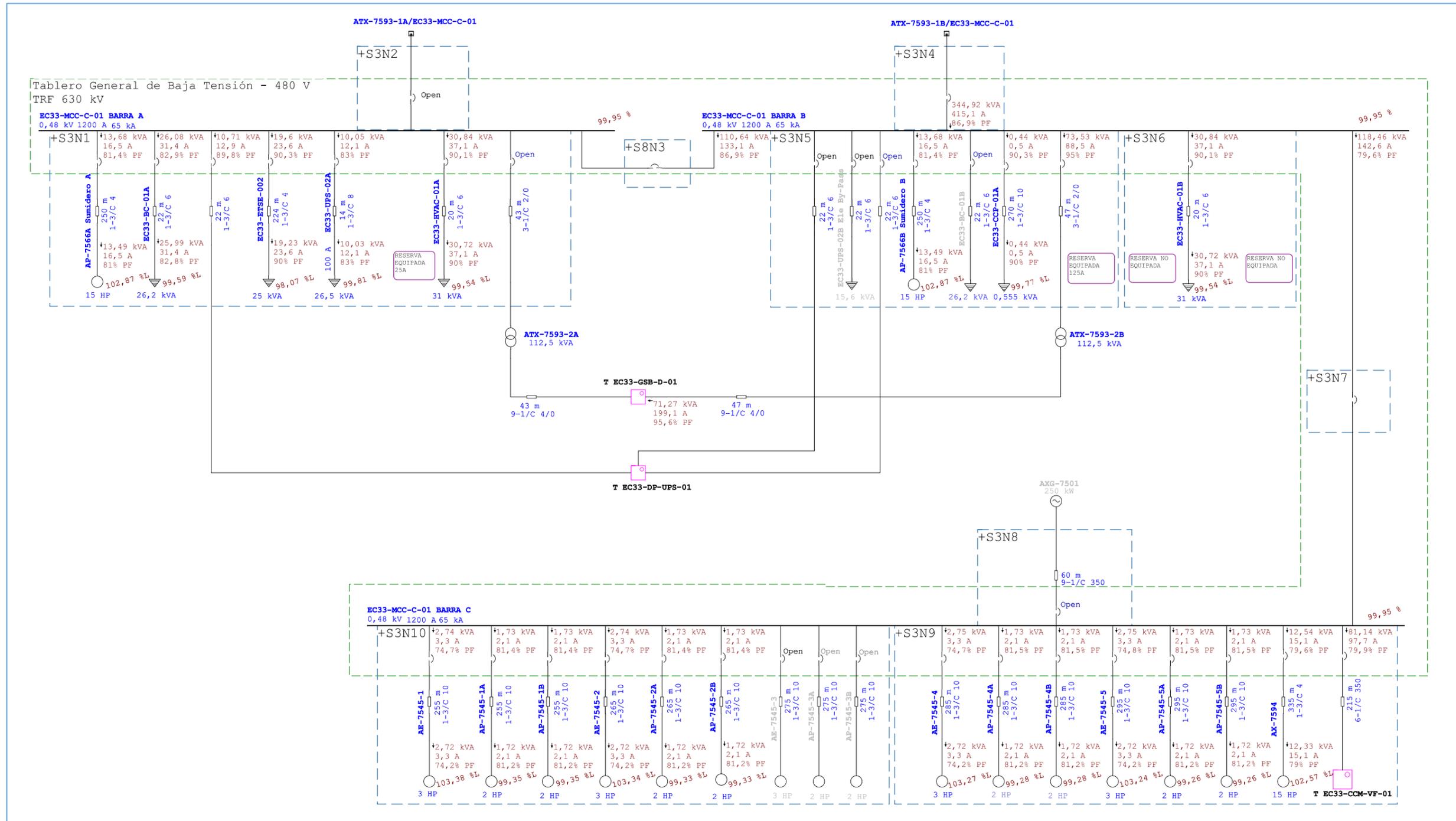
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



**TABLAS DE RESULTADOS DE FLUJO DE CARGA PROYECTO
FASE 1**

Tabla 35. Resultados de los transformadores para cada escenario analizado.

Transformador	Relación	Potencia ONAN/ONAF	Escenarios de análisis																			
			Operación Normal				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A			
			Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP
ATX-7598A	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8626	94,09	35,3	-2,5	8626	94,09	35,3	-2,5	8626	94,09	35,3	-2,5	17282	93,17	71,3	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598B	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8636	94,13	35,3	-2,5	8636	94,13	35,3	-2,5	8636	94,13	35,3	-2,5	0	0	0	-2,5	17282	93,17	71,3	-2,5
ATX-7598-1A	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	87,555	89,87	32,5	-2,5	87,531	89,87	32,5	-2,5	87,53	89,87	32,5	-2,5	178	92,25	64,2	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598-1B	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	95,894	94,79	33,7	-2,5	95,854	94,79	33,7	-2,5	95,853	94,79	33,7	-2,5	0	0	0	-2,5	178	92,25	64,2	-2,5
ATX-7598-2A	0,48 / 0,208 kV	112.5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	74,197	95,94	68,4	-2,5	74,236	95,94	68,5	-2,5
ATX-7598-2B	0,48 / 0,208 kV	112.5 kVA	78,072	95,96	72	-2,5	78,039	95,96	72	-2,5	78,038	95,96	72	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593A	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	1974	87,8	30	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593B	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	0	0	0	-2,5	1974	87,8	30	-2,5	1974	87,8	30	-2,5	1972	87,75	30	-2,5	1972	87,75	30	-2,5
ATX-7593-1A	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	171	90,34	30,1	-2,5	171	90,34	30	-2,5	171	90,34	30	-2,5	304	86,34	56	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-1B	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	136	81,83	26,3	-2,5	136	81,83	26,3	-2,5	136	81,83	26,3	-2,5	0	0	0	-2,5	304	86,35	56	-2,5
ATX-7593-2A	0,48 / 0,208 kV	112.5 kVA	71,21	95,07	66,3	-2,5	71,204	95,07	66,3	-2,5	71,204	95,07	66,3	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-2B	0,48 / 0,208 kV	112.5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	69,498	95,07	64,7	-2,5	69,534	95,07	64,7	-2,5

Tabla 36. Resultados de conductores para cada escenario analizado.

TAG	Longitud	Calibre conductor AWG o kcmil	Ampacidad	Escenarios de análisis														
				Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
				Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión
				[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]
CDF-EC3-1	4000 m	636	669,4	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	352,3	52,6	1,64	352,3	52,6	1,64
CDF-EC3-2	4000 m	636	669,4	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	350,5	52,4	1,6	352,3	52,6	1,64	352,3	52,6	1,64
EC30-SG-01H8/CELDAH1PWR8	570 m	3 - 1/C 500	1135	156	13,7	0,02	312,1	27,5	0,04	0	0	0	315,7	27,8	0,04	0	0	0
EC30-SG-01H9/CELDAH7PWR8	580 m	3 - 1/C 500	1135	156,1	13,8	0,02	0	0	0	312,1	27,5	0,04	0	0	0	315,7	27,8	0,04
CELDAH2/PWR8/ATX-7598A	40 m	2 - 1/C 350	616	156	25,3	0	156	25,3	0	156	25,3	0	315,7	51,3	0,01	0	0	0
CELDAH4/PWR8/ATX-7598B	45 m	2 - 1/C 350	616	156,1	25,3	0	156,1	25,3	0	156,1	25,3	0	0	0	0	315,7	51,3	0,01
CELDAH6/PWR8/ATX-7598C	45 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L2/VFD-7545A	115 m	2 - 1/C 350	616	376,1	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	380,7	61,8	0,09	380,7	61,8	0,09
CELDA+S8L4/VFD-7545B	115 m	2 - 1/C 350	616	376,1	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	376,2	61,1	0,08	380,7	61,8	0,09	380,7	61,8	0,09
CELDA+S8L5/VFD-7545C	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L10/VFD-7545D	130 m	2 - 1/C 350	616	376,2	61,1	0,1	376,3	61,1	0,1	376,3	61,1	0,1	380,8	61,8	0,1	380,8	61,8	0,1
CELDA+S8L11/VFD-7545E	145 m	2 - 1/C 350	616	376,2	61,1	0,11	376,3	61,1	0,11	376,3	61,1	0,11	380,8	61,8	0,11	380,8	61,8	0,11
CELDA+S8L17/VFD-7545F	115 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L18/VFD-7545G	115 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L19/VFD-7545H	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L20/VFD-7545I	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L21/VFD-7545J	145 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545A/AP-7545A	60 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04
VFD-7545B/AP-7545B	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545C/AP-7545C	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545D/AP-7545D	85 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545E/AP-7545E	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545F/AP-7545F	60 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545G/AP-7545G	80 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545H/AP-7545H	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545I/AP-7545I	85 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545J/AP-7545J	80 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L1/ATX-7598-1A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	8,164	5,4	0	8,164	5,4	0	8,164	5,4	0	16,34	10,9	0,01	0	0	0
CELDA+S8L12/ATX-7598-1B	55 m	1 - 1/C 1/0	150	8,478	5,7	0,01	8,476	5,7	0,01	8,476	5,7	0,01	0	0	0	16,34	10,9	0,01
CELDA+S8L16/ATX-7598-1C	40 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S8L22/ATX-7598-1D	55 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7598-1A/ECTD-PWR38002	50 m	2 - 1/C 4/0	452	114,4	25,3	0,24	114,4	25,3	0,24	114,4	25,3	0,24	229	50,7	0,48	0	0	0
ATX-7598-1B/ECTD-PWR38002	45 m	2 - 1/C 4/0	452	118,8	26,3	0,23	118,8	26,3	0,23	118,8	26,3	0,23	0	0	0	229	50,7	0,44
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2A	40 m	1 - 1/C 2/0	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,81	55,9	0,49	94,83	55,9	0,49
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2B	37 m	1 - 1/C 2/0	169	97,19	57,3	0,46	97,18	57,3	0,46	97,17	57,3	0,46	0	0	0	0	0	0
ATX-7598-2A/ECTD-PWR38001	40 m	3 - 1/C 4/0	678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213,3	31,4	0,55	213,4	31,4	0,55
ATX-7598-2B/ECTD-PWR38001	37 m	3 - 1/C 4/0	678	218,7	32,2	0,52	218,6	32,2	0,52	218,6	32,2	0,52	0	0	0	0	0	0
ECTDPWR38001/EC38DPTE01	20 m	1 - 1/C 2	113	31,69	28	0,34	31,68	28	0,34	31,68	28	0,34	30,87	27,3	0,33	30,88	27,3	0,33
ECTDPWR38001/EC38DP02	30 m	1 - 3/C 6	65	38,71	34,2	1,55	38,7	34,2	1,55	38,7	34,2	1,55	37,71	33,3	1,51	37,72	33,3	1,51
ECTDPWR38001/ECVFDPTI01	130 m	1 - 1/C 4/0	226	45,18	20	1,11	45,17	20	1,11	45,17	20	1,11	44,3	19,6	1,09	44,31	19,6	1,09
ECTDPWR38001/ECVFDPTI02	130 m	1 - 1/C 4/0	226	18,87	8,3	0,42	18,87	8,3	0,42	18,87	8,3	0,42	18,39	8,1	0,4	18,39	8,1	0,4
EC31-SG-01H6/CELDAH1PWR3	650 m	1 - 1/C 1/0	150	38,26	25,5	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC31-SG-01H17/CELDAH3PWR3	660 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	38,26	25,5	0,06	38,26	25,5	0,06	38,25	25,5	0,06	38,25	25,5	0,06
CELDA+S3H2/PWR3/ATX-7593A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	38,26	25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3H4/PWR3/ATX-7593B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-A/CELDAS3M5	30 m	4 - 1/C 500	1514	309,3	20,4	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-B/CELDAS3M9	40 m	4 - 1/C 500	1514	0	0	0	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02	309,3	20,4	0,02
CELDA+S3M2/SS-7544A	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,07	43,4	0,03	65,07	43,4	0,03
CELDA+S3M3/SS-7544B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,04	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03
CELDA+S3M11/SS-7544C	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M12/SS-7544D	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03	65,06	43,4	0,03
CELDA+S3M13/SS-7544E	25 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,03	43,4	0,03	65,05	43,4	0,03	65,05	43,4	0,03

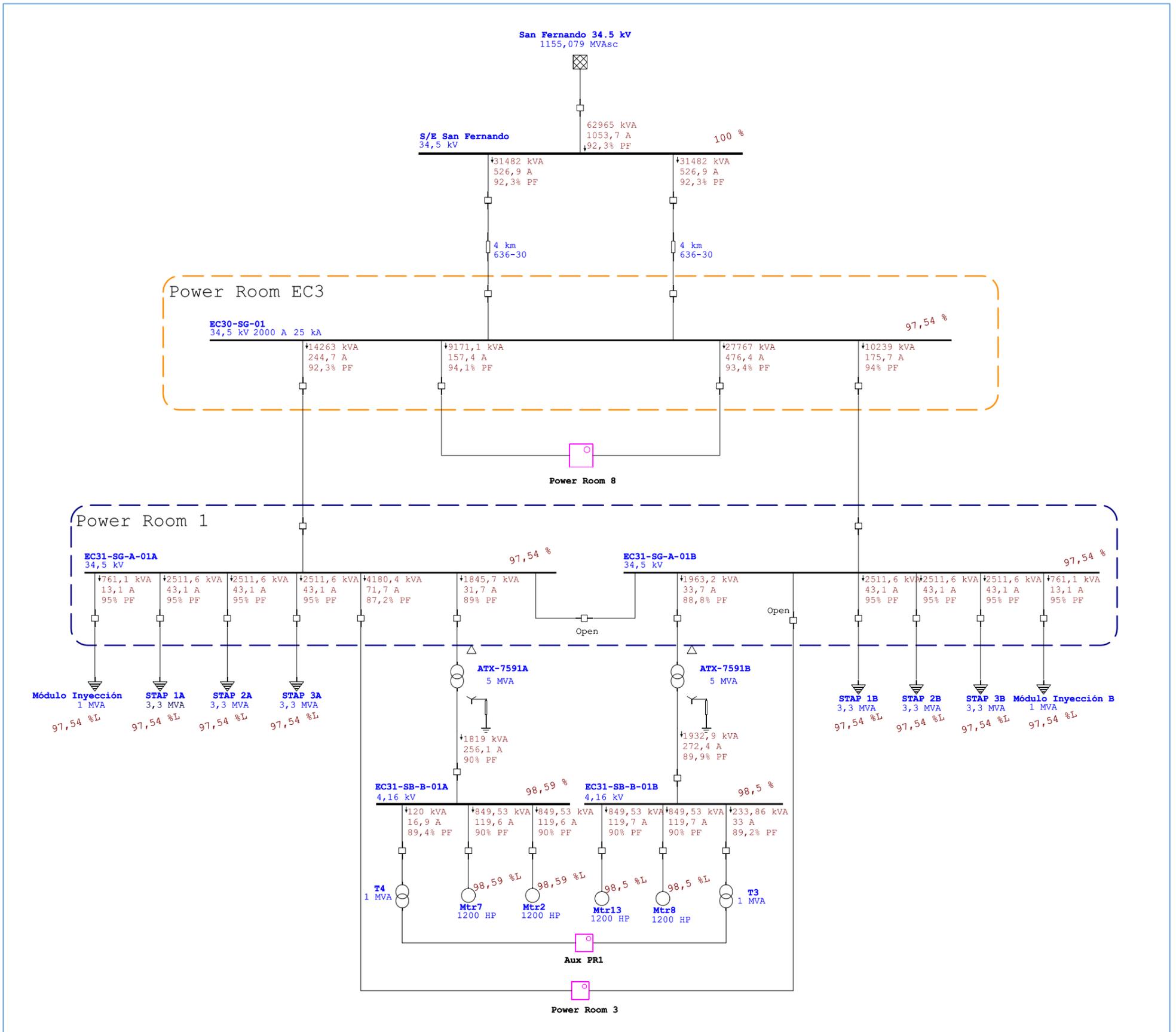
TAG	Longitud	Calibre conductor AWG o kcmil	Ampacidad	Escenarios de análisis															
				Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A			
				Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	Flujo	Carga	Caída de tensión	
				[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	
CELDA+S3M14/SS-7544F	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M15/SS-7544G	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M16/SS-7544H	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M17/SS-7544I	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M18/SS-7544J	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544A/AP-7544A	220 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,27	65,04	43,4	0,27	65,04	43,4	0,27	65,07	43,4	0,27	65,07	43,4	0,27	0,27
SS-7544B/AP-7544B	215 m	1 - 1/C 1/0	150	65,04	43,4	0,26	65,04	43,4	0,26	65,04	43,4	0,26	65,06	43,4	0,26	65,06	43,4	0,26	0,26
SS-7544C/AP-7544C	210 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544D/AP-7544D	205 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,25	65,03	43,4	0,25	65,03	43,4	0,25	65,06	43,4	0,25	65,06	43,4	0,25	0,25
SS-7544E/AP-7544E	200 m	1 - 1/C 1/0	150	65,03	43,4	0,24	65,03	43,4	0,24	65,03	43,4	0,24	65,05	43,4	0,24	65,05	43,4	0,24	0,24
SS-7544F/AP-7544F	220 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544G/AP-7544G	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544H/AP-7544H	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544I/AP-7544I	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS-7544J/AP-7544J	240 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M4/ATX-7593-1A	35 m	1 - 1/C 1/0	150	26,36	17,6	0,02	26,36	17,6	0,02	26,36	17,6	0,02	49,12	32,7	0,03	0	0	0	0
CELDA+S3M10/ATX-7593-1B	30 m	1 - 1/C 1/0	150	23,06	15,4	0,01	23,06	15,4	0,01	23,06	15,4	0,01	0	0	0	49,12	32,7	0,03	0,03
ATX-7593-1A/EC33-MCC-C-01	40 m	3 - 1/C 500	1122	222,8	19,9	0,14	222,8	19,9	0,14	222,8	19,9	0,14	415,1	37	0,28	0	0	0	0
ATX-7593-1B/EC33-MCC-C-01	37 m	3 - 1/C 500	1122	194,9	17,4	0,13	194,9	17,4	0,13	194,9	17,4	0,13	0	0	0	415,1	37	0,26	0,26
EC33-MCC-C-01/ATX-7593-2A	43 m	1 - 1/C 2/0	169	89,58	52,8	0,5	89,57	52,8	0,5	89,57	52,8	0,5	0	0	0	0	0	0	0
EC33-MCC-C-01/ATX-7593-2B	47 m	1 - 1/C 2/0	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,47	52,1	0,54	88,5	52,1	0,54	0,54
EC33-MCC-C01/EC33CCMVF-01	215 m	2 - 1/C 350	609	96,76	15,9	0,67	96,76	15,9	0,67	96,76	15,9	0,67	97,67	16	0,68	97,65	16	0,68	0,68
ATX-7593-2A/EC33-GSB-D-01	43 m	3 - 1/C 4/0	678	201,6	29,7	0,56	201,5	29,7	0,56	201,5	29,7	0,56	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-2B/EC33-GSB-D-01	47 m	3 - 1/C 4/0	678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199,1	29,4	0,61	199,1	29,4	0,61	0,61
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-01	27 m	1 - 1/C 2	113	54,52	48,2	0,78	54,52	48,2	0,78	54,52	48,2	0,78	53,85	47,6	0,77	53,87	47,6	0,77	0,77
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-02	27 m	1 - 1/C 2	113	31,38	27,7	0,45	31,38	27,7	0,45	31,38	27,7	0,45	30,99	27,4	0,44	31	27,4	0,44	0,44
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-05	27 m	1 - 1/C 2	113	59,91	53	0,86	59,91	53	0,86	59,91	53	0,86	59,17	52,3	0,85	59,19	52,3	0,85	0,85
EC33-GSB-D-01/EC33-DP-06	27 m	1 - 1/C 2	113	9,833	8,7	0,14	9,833	8,7	0,14	9,833	8,7	0,14	9,712	8,6	0,14	9,714	8,6	0,14	0,14

Tabla 37. Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada escenario analizado.

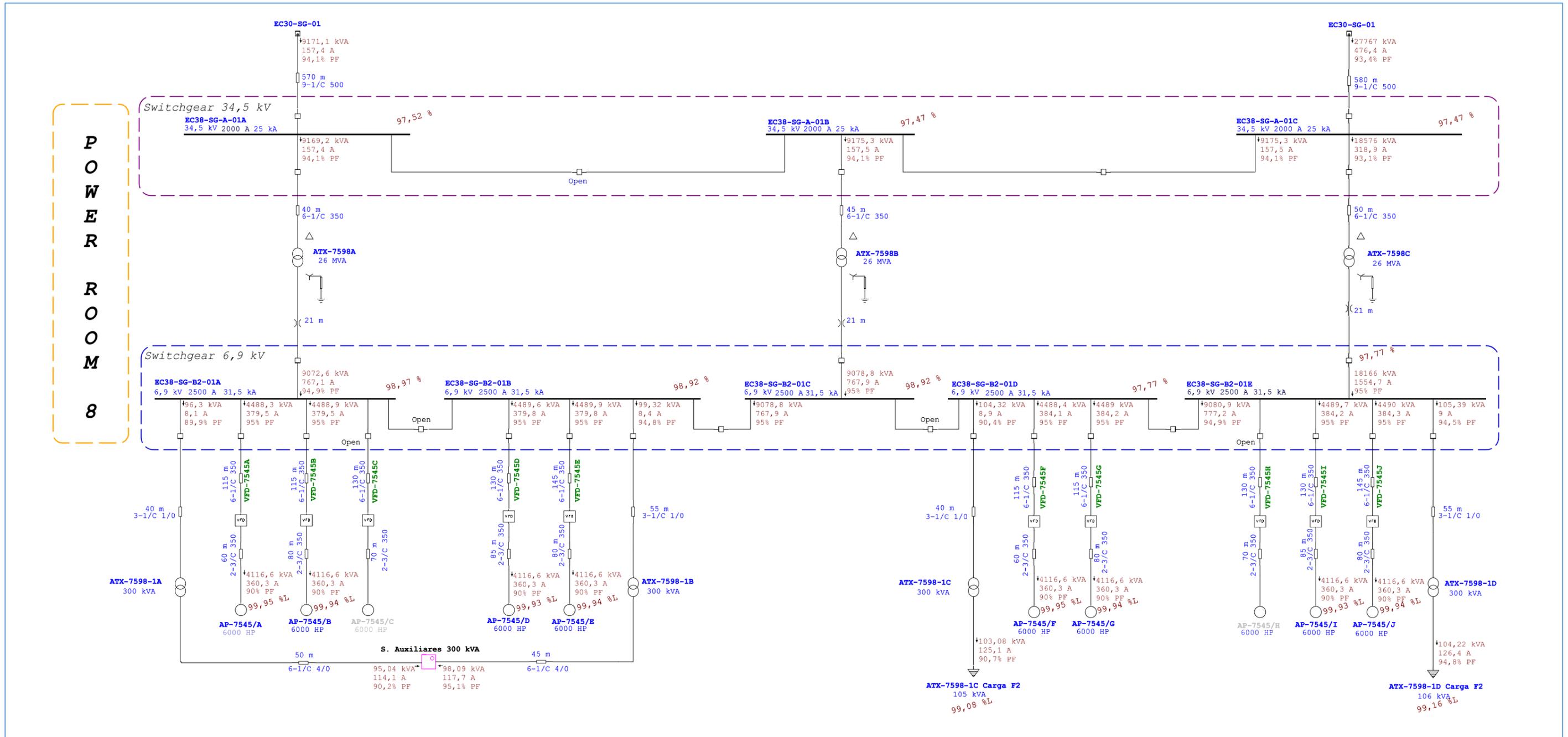
Barra	Tensión Nominal [kV]	Corriente Nominal [A]	Escenarios de análisis														
			Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
			Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga	Tensión		Carga
			[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[A]	[%]	[A]	[%]	[A]	[%]
EC30-SG-01	34,5	2000	98,4	701,3	35,1	98,4	701,3	35,1	98,4	701,3	35,1	98,36	704,9	35,2	98,36	704,9	35,2
EC38-SG-A-01A	34,5	2000	98,38	156	7,8	98,36	312,1	15,6	98,35	156	7,8	98,32	315,7	15,8	98,36	0	0
EC38-SG-A-01B	34,5	2000	98,38	156,1	7,8	98,36	156,1	7,8	98,35	312,1	15,6	98,36	0	0	98,32	315,8	15,8
EC38-SG-A-01C	34,5	2000	98,38	156,1	7,8	0	0	0	98,35	312,1	15,6	98,36	0	0	98,32	315,8	15,8
EC33-SB-A-01A	34,5	1250	98,34	38,26	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC33-SB-A-01B	34,5	1250	0	0	0	98,34	38,26	3,1	98,34	38,26	3,1	98,31	38,25	3,1	98,31	38,43	3,1
EC38-SG-B2-01A	6,9	2500	99,86	760,3	30,4	99,83	760,5	30,4	99,83	760,5	30,4	98,66	1539	61,6	98,66	761,4	30,5
EC38-SG-B2-01B	6,9	2500	99,86	760,9	30,4	99,84	761	30,4	99,84	761,1	30,4	98,66	761,5	30,5	98,66	1539	61,6
EC38-SG-B2-01C	6,9	2500	99,86	760,9	30,4	99,84	761	30,4	99,84	761,1	30,4	0	0	0	98,66	1539	61,6
EC33-SB-B-01A	4,16	1250	99,68	309,3	24,7	99,68	156,4	12,5	99,68	156,4	12,5	99,65	179,2	14,3	99,66	130,1	10,4
EC33-SB-B-01B	4,16	1250	99,68	152,9	12,2	99,68	309,3	24,7	99,68	309,3	24,7	99,65	309,3	24,7	99,66	310,7	24,9
ECTD-PWR38-002-A	0,48	800	101,08	114,4	14,3	101,06	114,4	14,3	101,06	114,4	14,3	98,6	229	28,6	98,63	209,6	26,2
ECTD-PWR38-002-B	0,48	800	101,15	118,8	14,9	101,13	118,8	14,8	101,12	118,8	14,8	98,6	21,31	2,7	98,63	230,8	28,9
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,48	1200	101,07	222,8	18,6	101,07	222,8	18,6	101,07	222,8	18,6	99,92	415,1	34,6	99,96	135,5	11,3
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,48	1200	101,14	194,9	16,2	101,14	194,9	16,2	101,14	194,9	16,2	99,92	282	23,5	99,96	427	35,6
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,48	1200	101,14	141,1	11,8	101,14	141,1	11,8	101,14	141,1	11,8	99,92	142,6	11,9	99,96	148,4	12,4
EC33-CCM-VF-01	0,48	600	100,47	96,76	16,1	100,47	96,76	16,1	100,47	96,76	16,1	99,25	97,67	16,3	99,31	96,2	16
EC33-TBS-SH-01	0,48	100	100,39	12,04	12	100,38	12,04	12	100,38	12,04	12	99,16	11,89	11,9	99,23	11,9	11,9
ECTD-PWR38-001	0,208	600	100,62	218,7	36,4	100,6	218,6	36,4	100,6	218,6	36,4	98,01	213,3	35,6	98,04	213,4	35,6
EC38-DP-TE-01	0,208	100	100,29	31,69	31,7	100,27	31,68	31,7	100,27	31,68	31,7	97,69	30,87	30,9	97,71	30,88	30,9
EC38-DP-02	0,208	100	99,07	38,71	38,7	99,05	38,7	38,7	99,05	38,7	38,7	96,5	37,71	37,7	96,52	37,72	37,7
ECVFD-DP-TI-01	0,208	100	99,51	45,18	45,2	99,49	45,17	45,2	99,49	45,17	45,2	96,92	44,3	44,3	96,95	44,31	44,3
ECVFD-DP-TI-02	0,208	100	100,21	18,87	18,9	100,19	18,87	18,9	100,19	18,87	18,9	97,61	18,39	18,4	97,63	18,39	18,4
TB-UPS-001	0,208	100	99,05	47,57	47,6	99,03	47,56	47,6	99,03	47,56	47,6	96,62	46,41	46,4	96,65	46,42	46,4
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	100	98,24	31,84	31,8	98,22	31,83	31,8	98,22	31,83	31,8	95,83	31,06	31,1	95,85	31,07	31,1
EC33-GSB-D-01	0,208	600	100,58	201,6	33,6	100,58	201,5	33,6	100,58	201,5	33,6	99,35	199,1	33,2	99,39	199,1	33,2
EC33-DP-01	0,208	200	99,81	54,52	27,3	99,8	54,52	27,3	99,8	54,52	27,3	98,58	53,85	26,9	98,62	53,87	26,9
EC33-DP-02	0,208	200	100,14	31,38	15,7	100,13	31,38	15,7	100,13	31,38	15,7	98,9	30,99	15,5	98,94	31	15,5
EC33-DP-05	0,208	200	99,73	59,91	30	99,72	59,91	30	99,72	59,91	30	98,5	59,17	29,6	98,54	59,2	29,6
EC33-DP-06	0,208	200	100,45	9,833	4,9	100,44	9,833	4,9	100,44	9,833	4,9	99,21	9,712	4,9	99,25	9,716	4,9
EC33-DP-UPS-01	0,208	200	99,67	30,07	15	99,66	30,07	15	99,66	30,07	15	98,54	29,73	14,9	98,58	29,74	14,9
EC33-DP-UPS-02	0,208	100	500,95	12,23	12,2	500,94	12,23	12,2	500,94	12,23	12,2	99,79	12,09	12,1	99,82	12,09	12,1

2.1. FASE 2 – ESCENARIO DE OPERACIÓN NORMAL

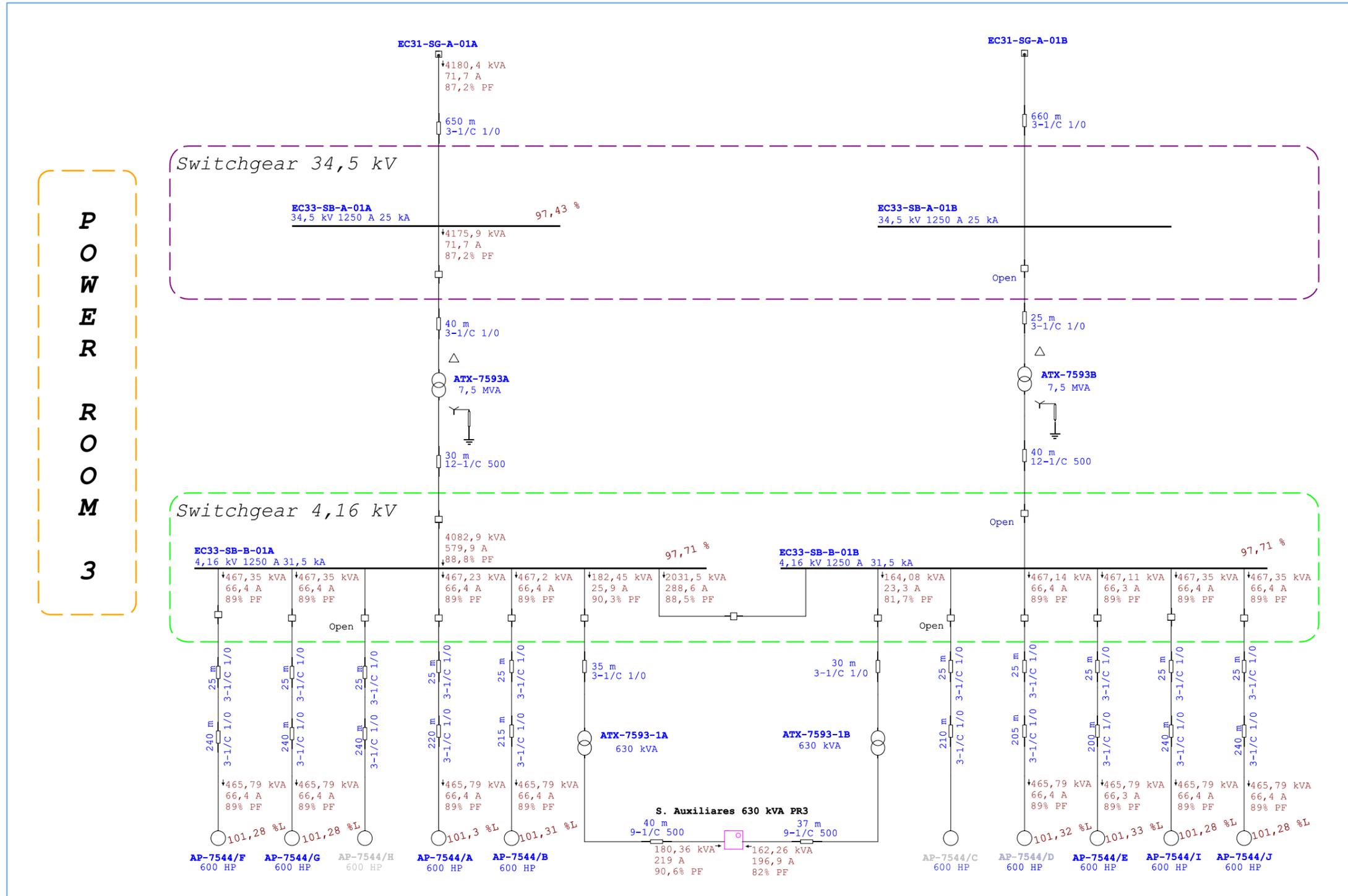
Red 34.5 kV
CDF-EC3



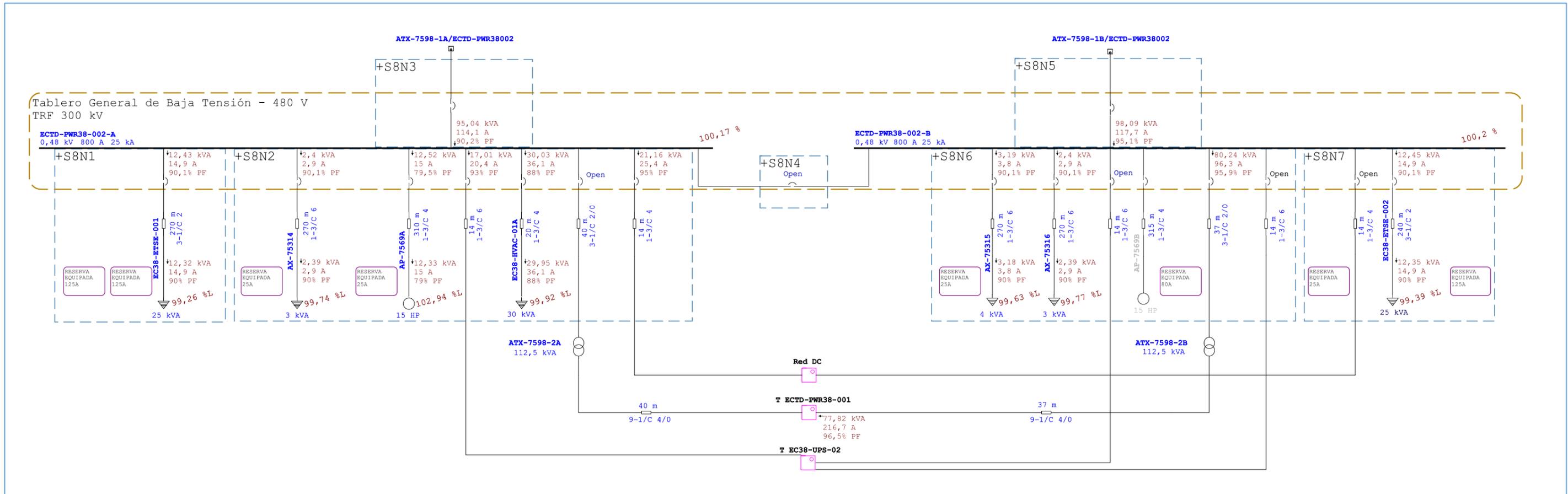
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

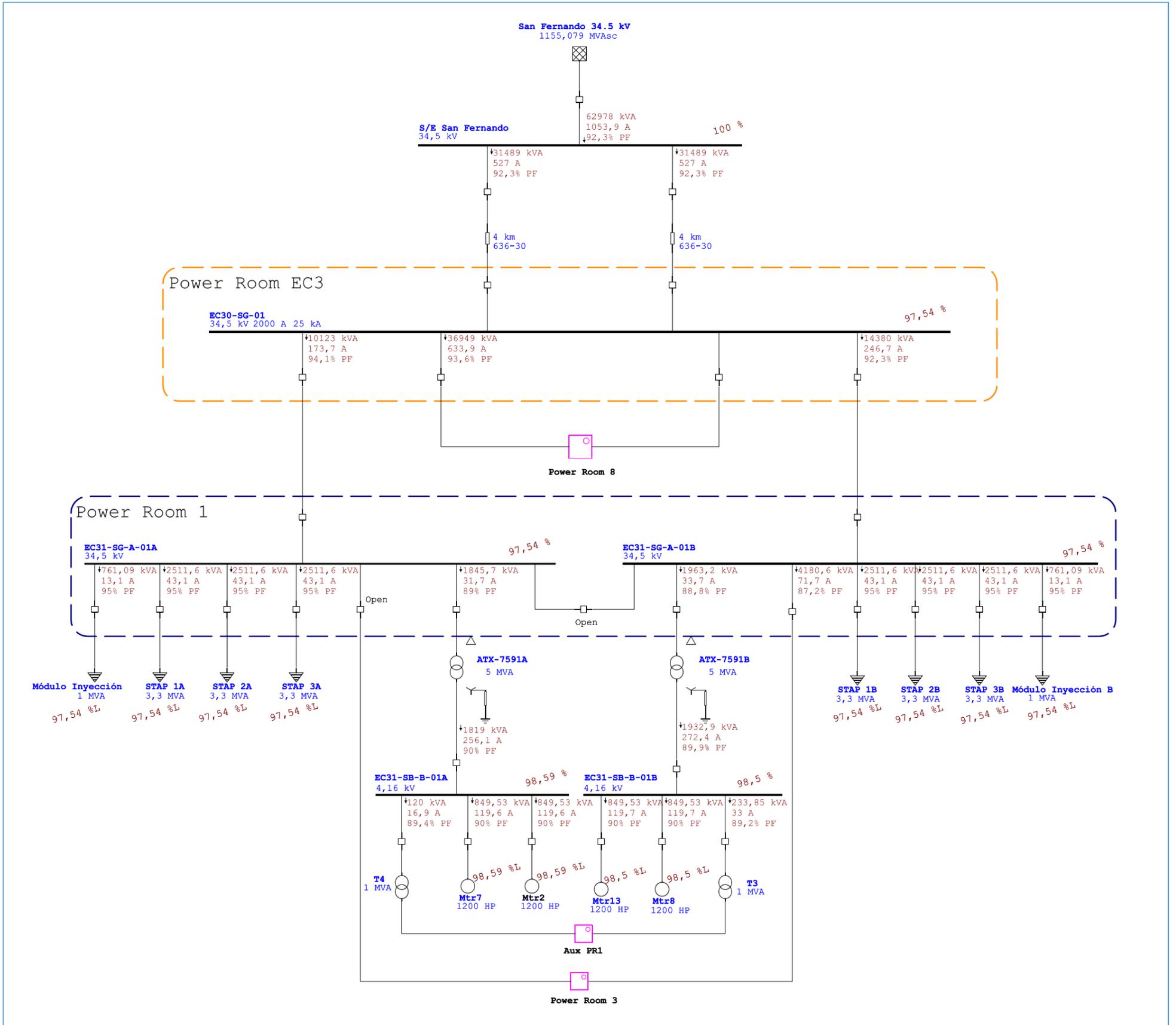


POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

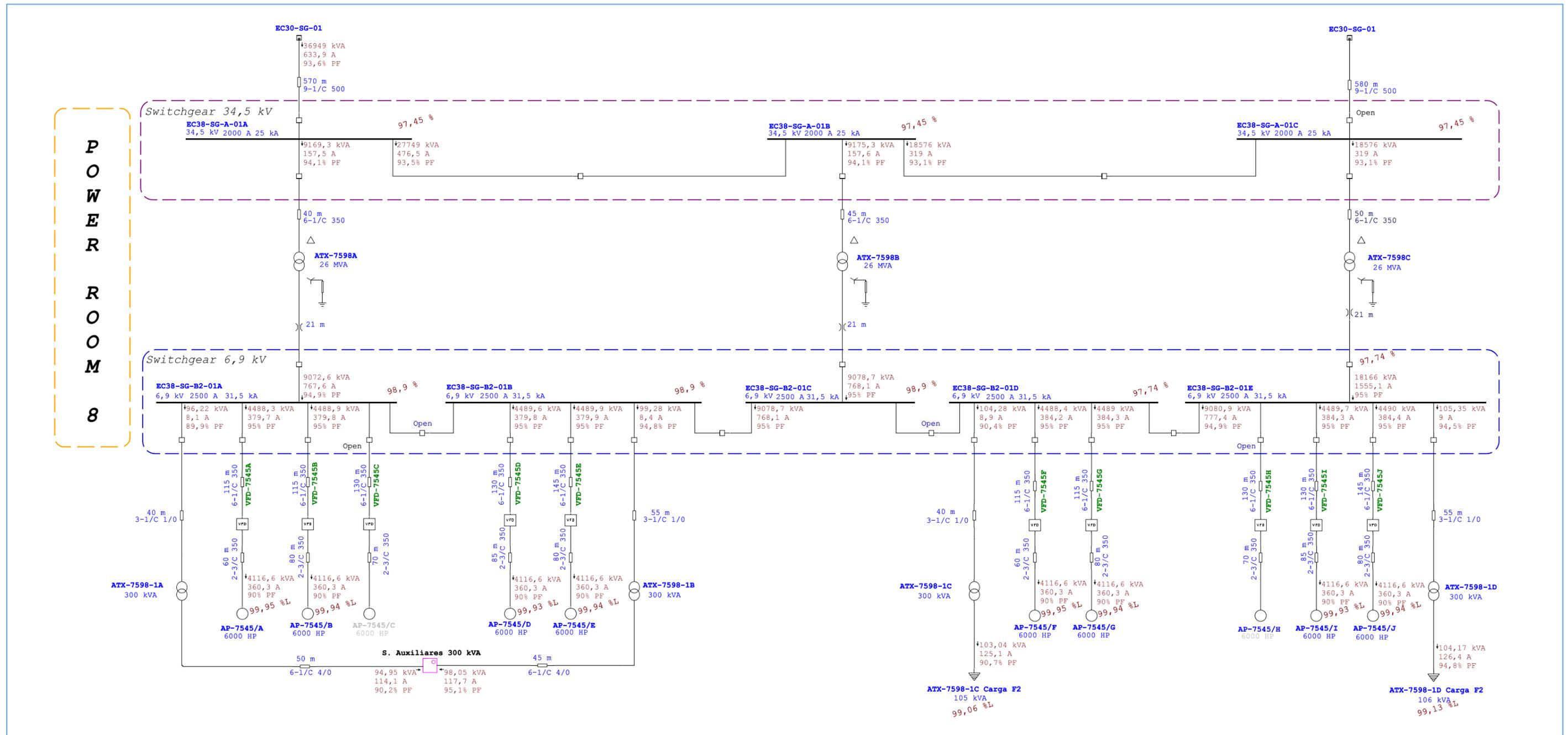


2.2. FASE 2 – INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 1

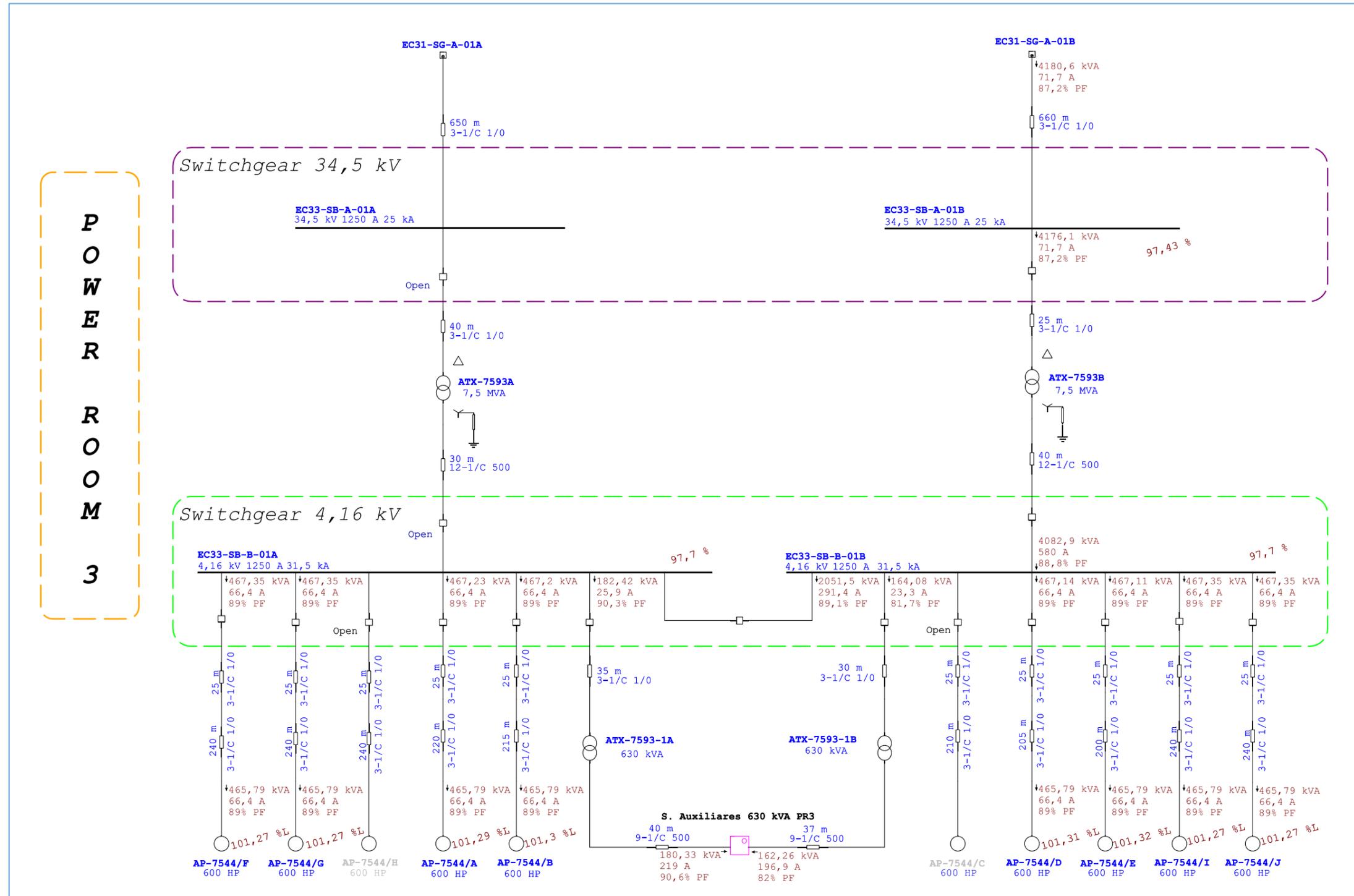
Red 34.5 kV
CDF-EC3



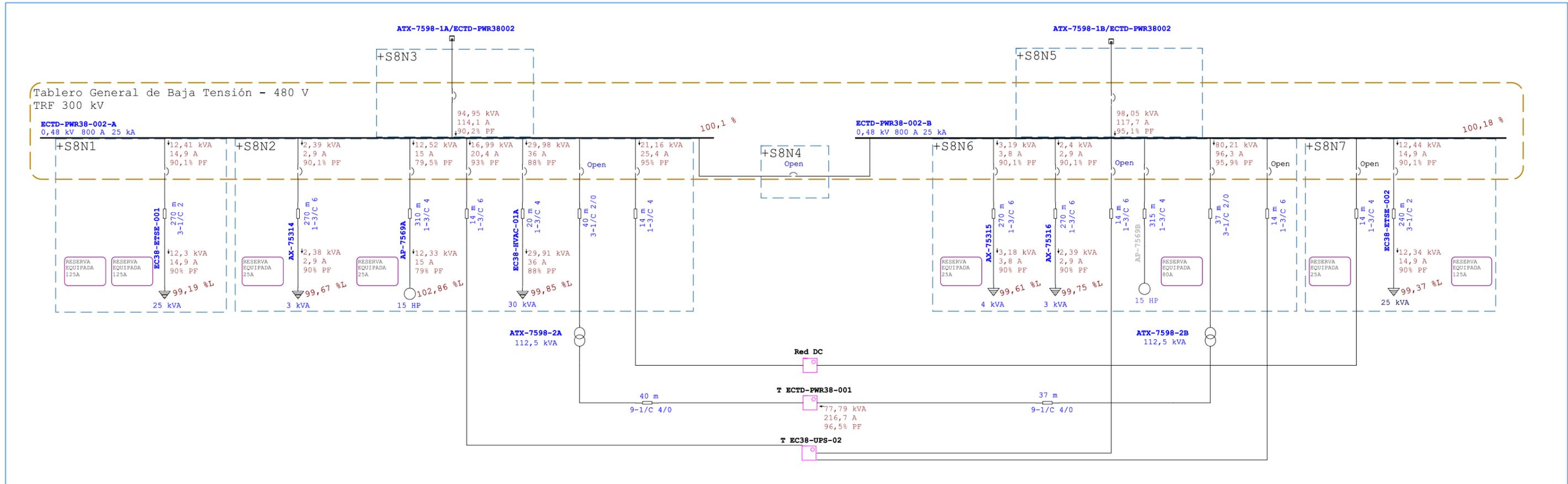
POWER ROOM 8



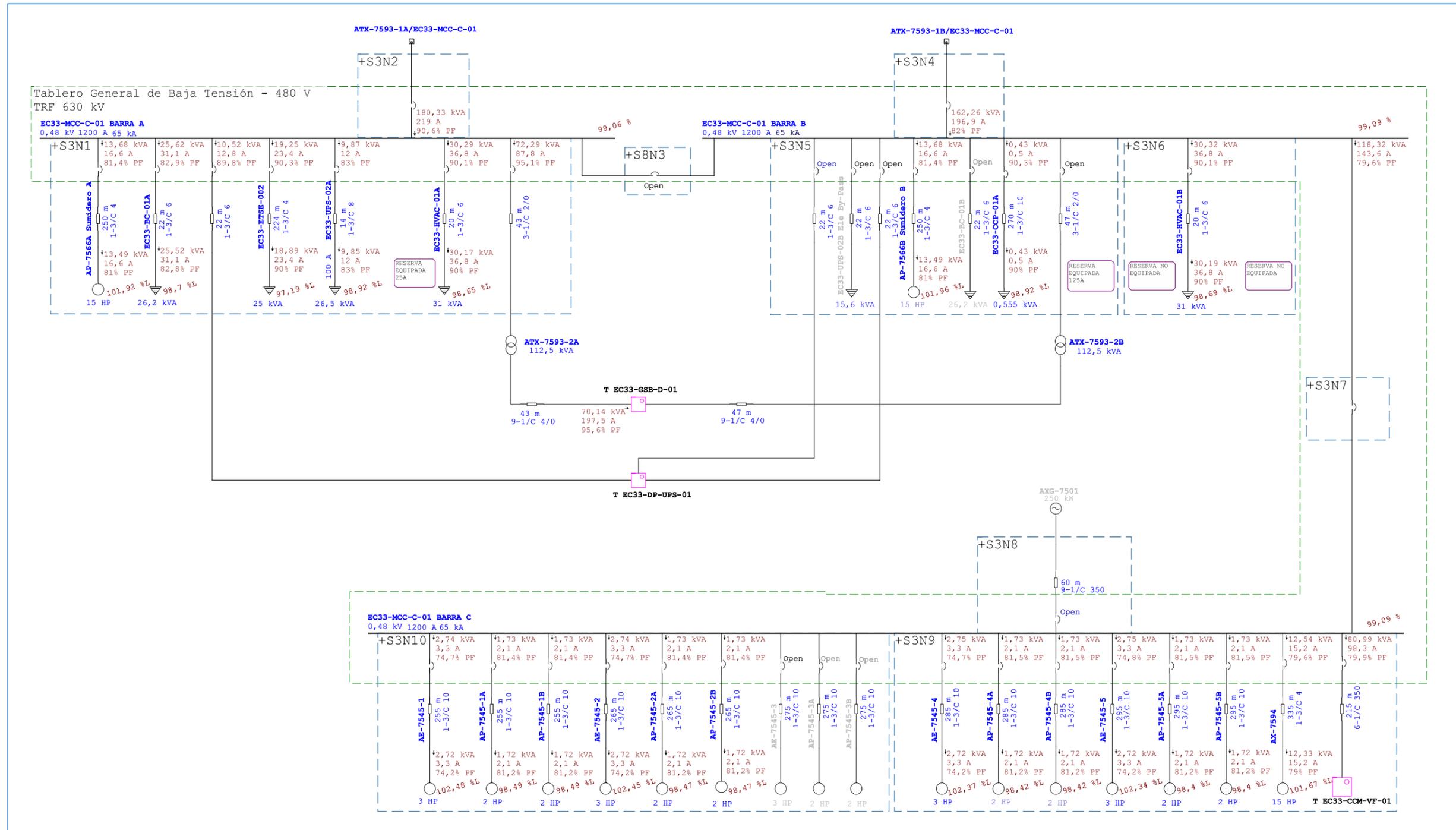
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC ECTD-PWR38-002

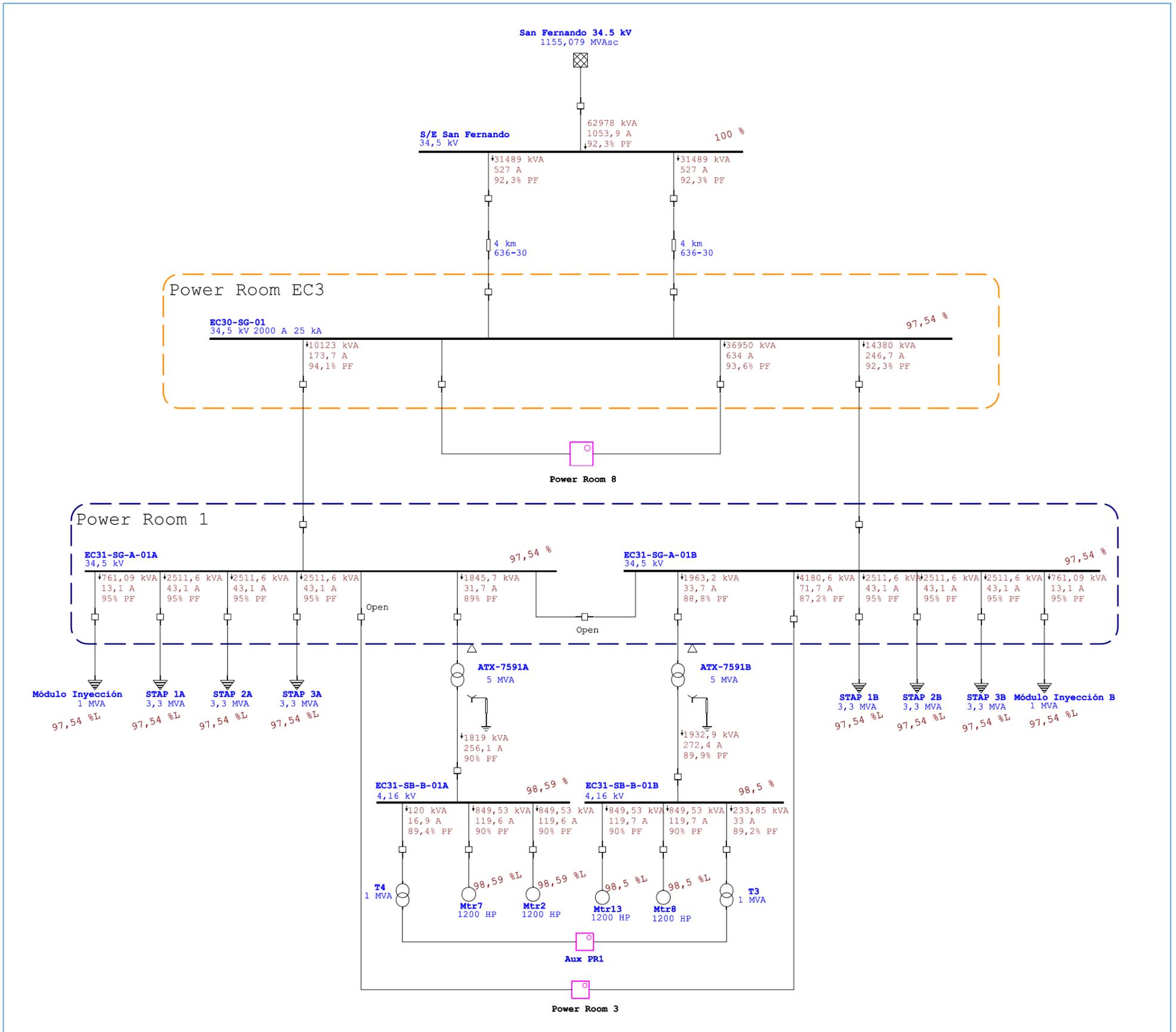


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

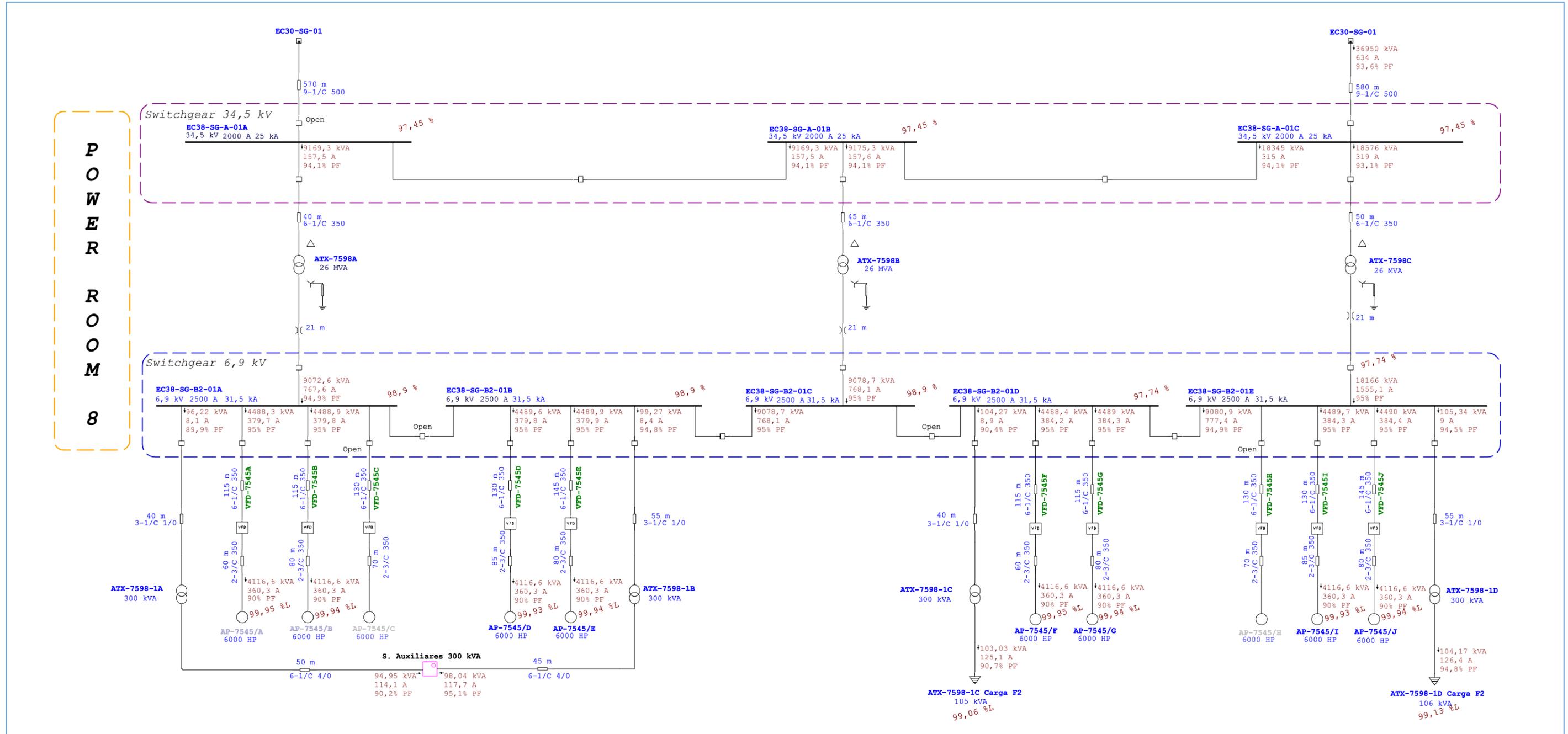


2.3. FASE 2 – INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 2

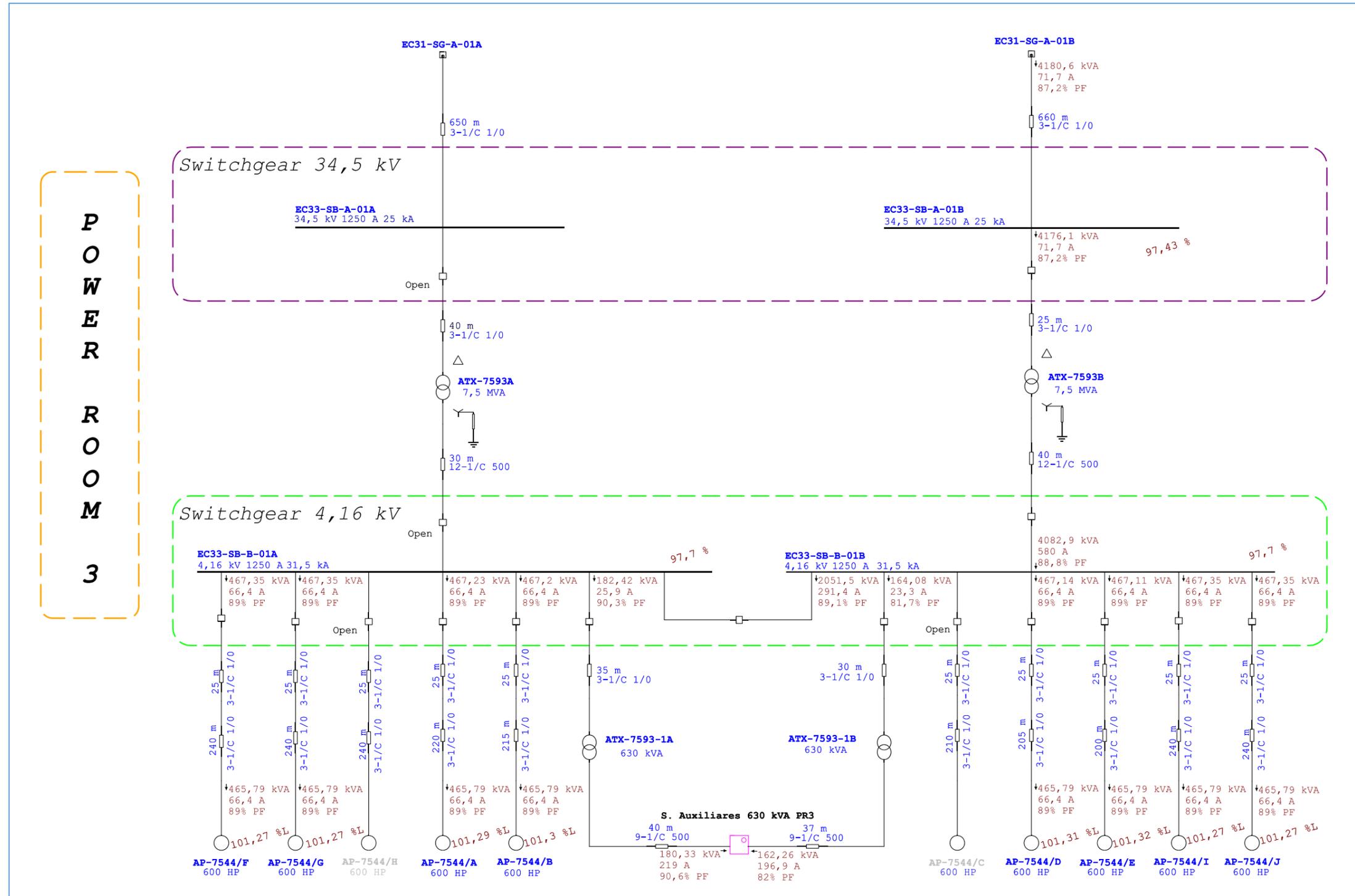
Red 34.5 kV
CDF-EC3



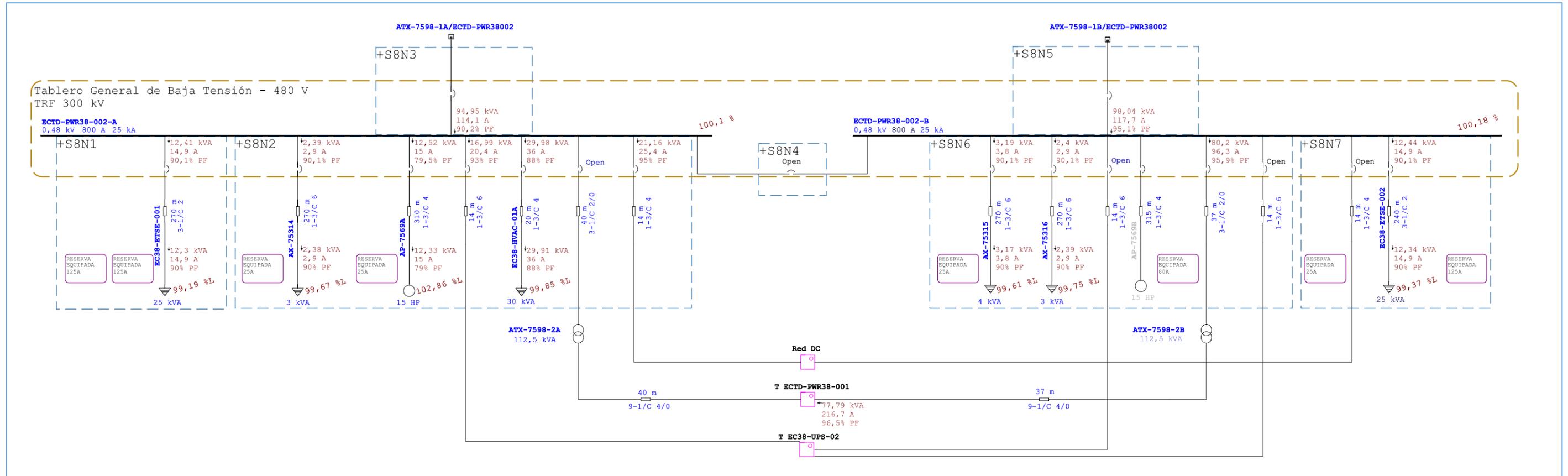
POWER ROOM 8



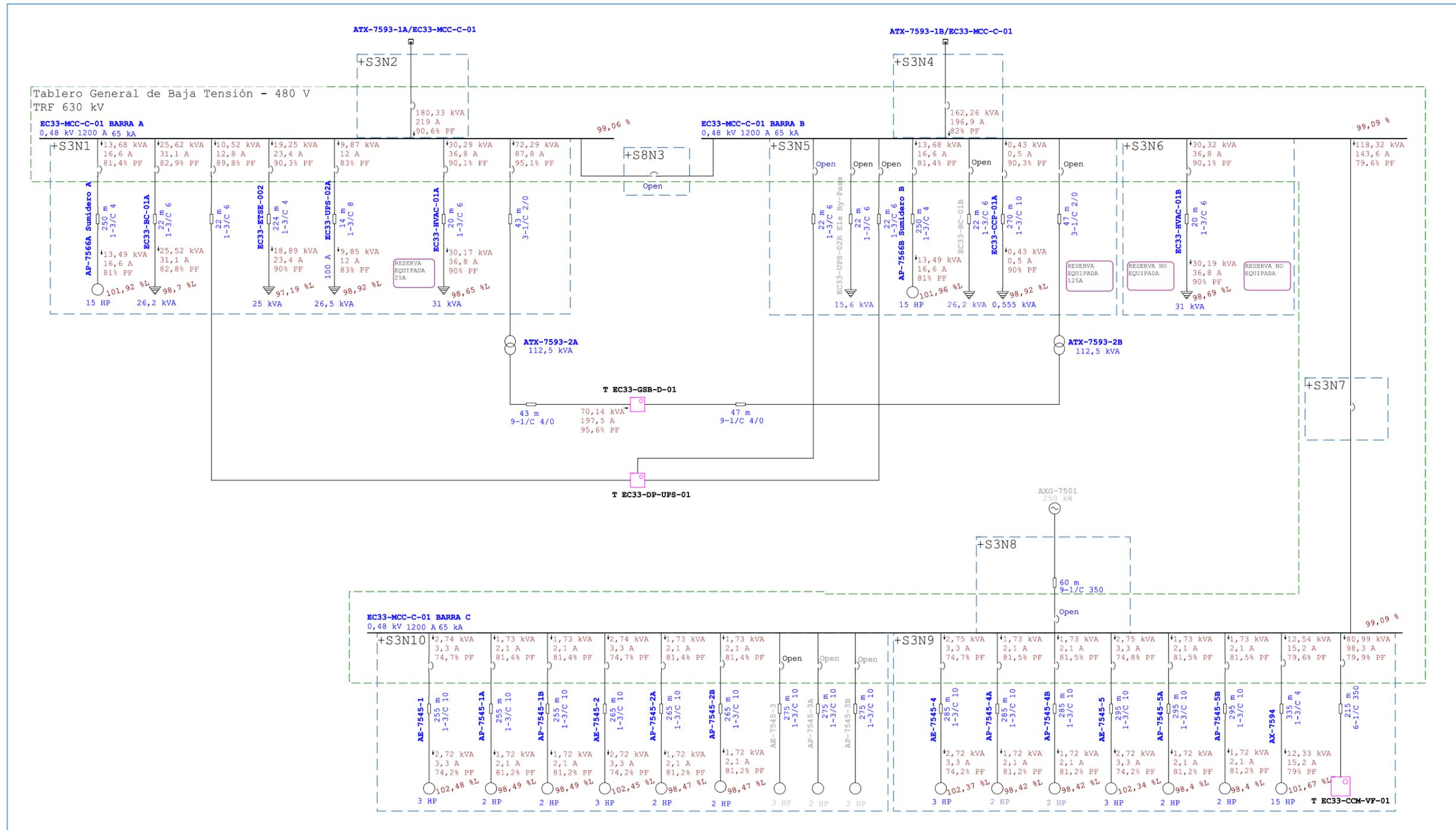
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

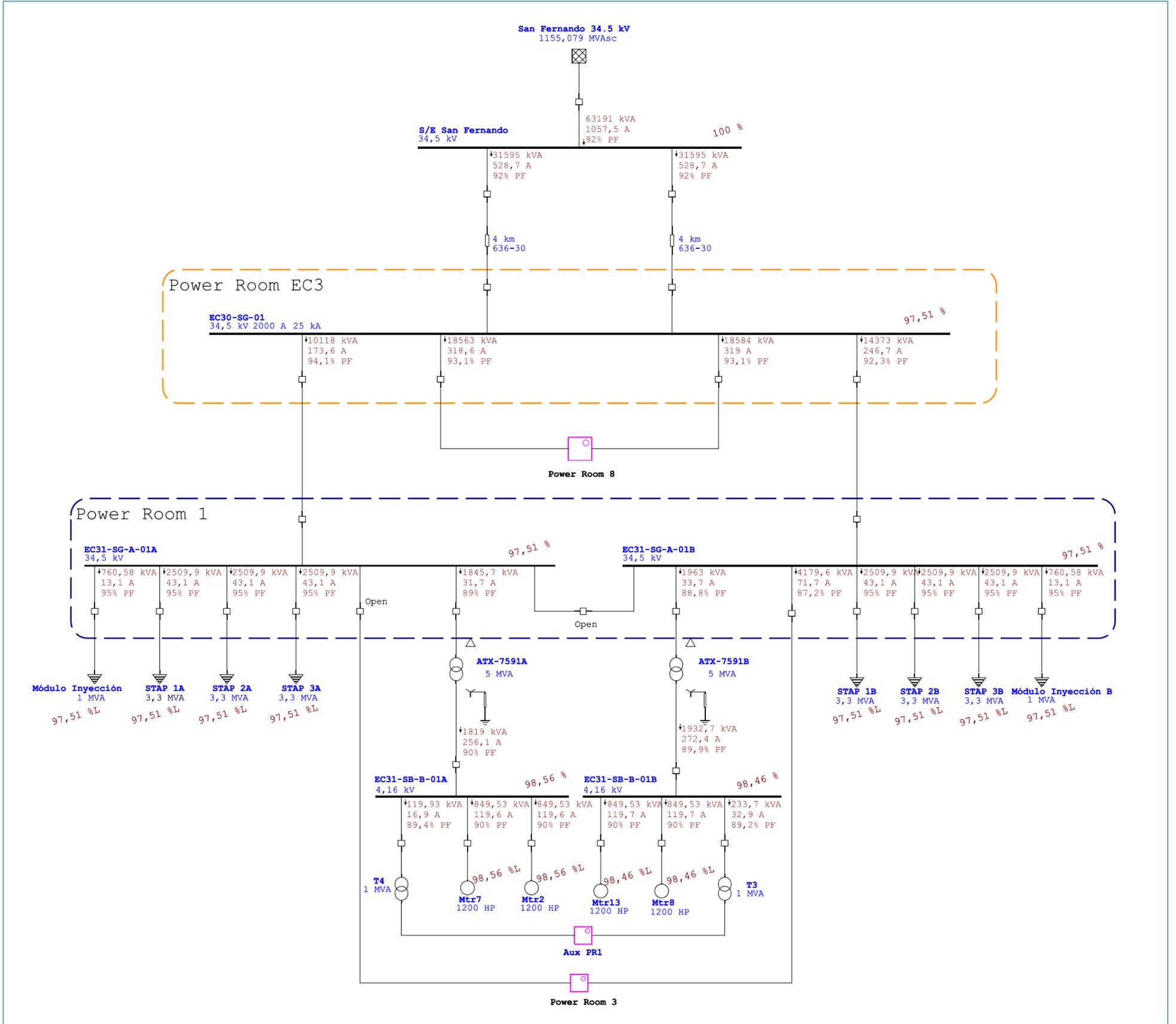


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

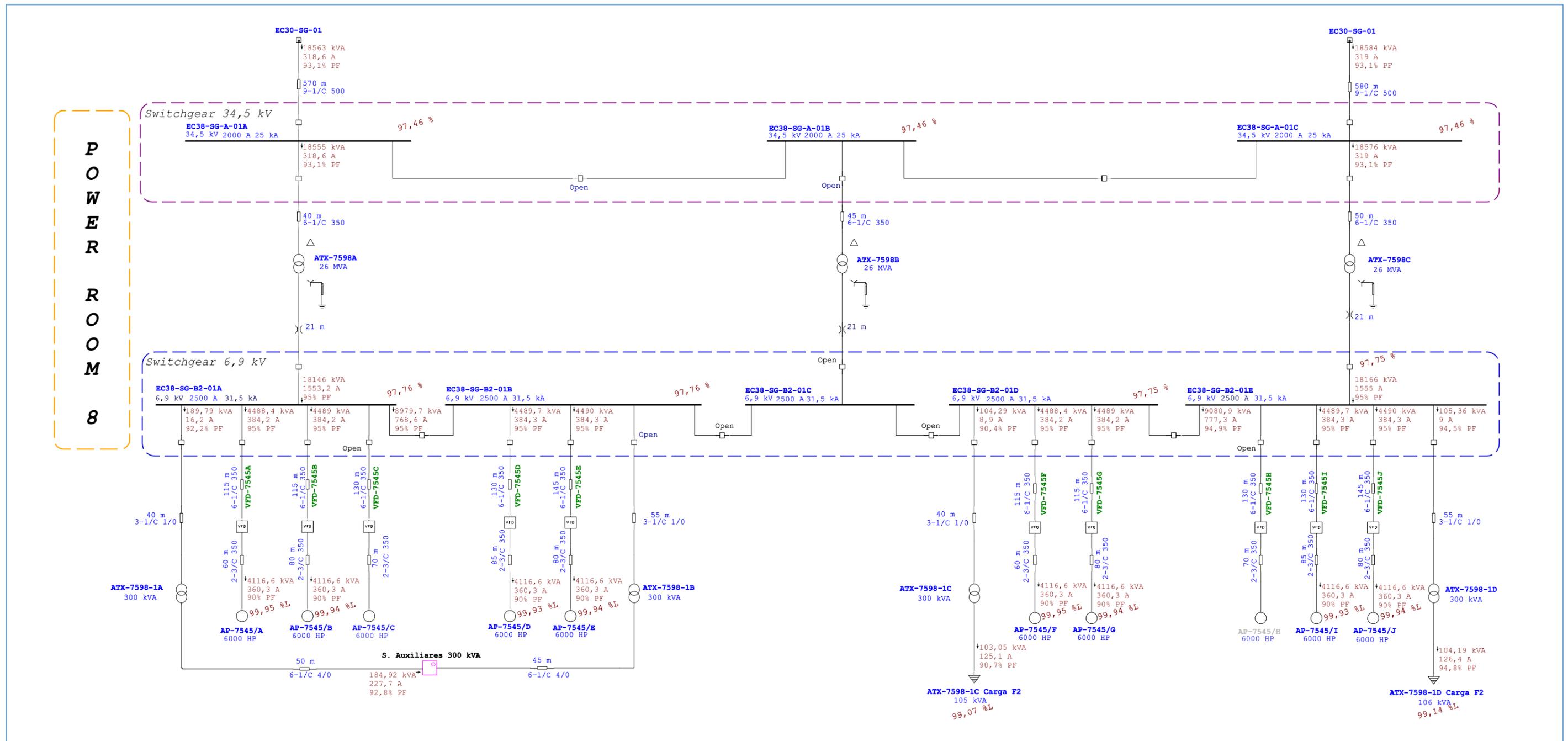


2.4. FASE 2 – MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES ATX-7598B Y/O ATX-7593A

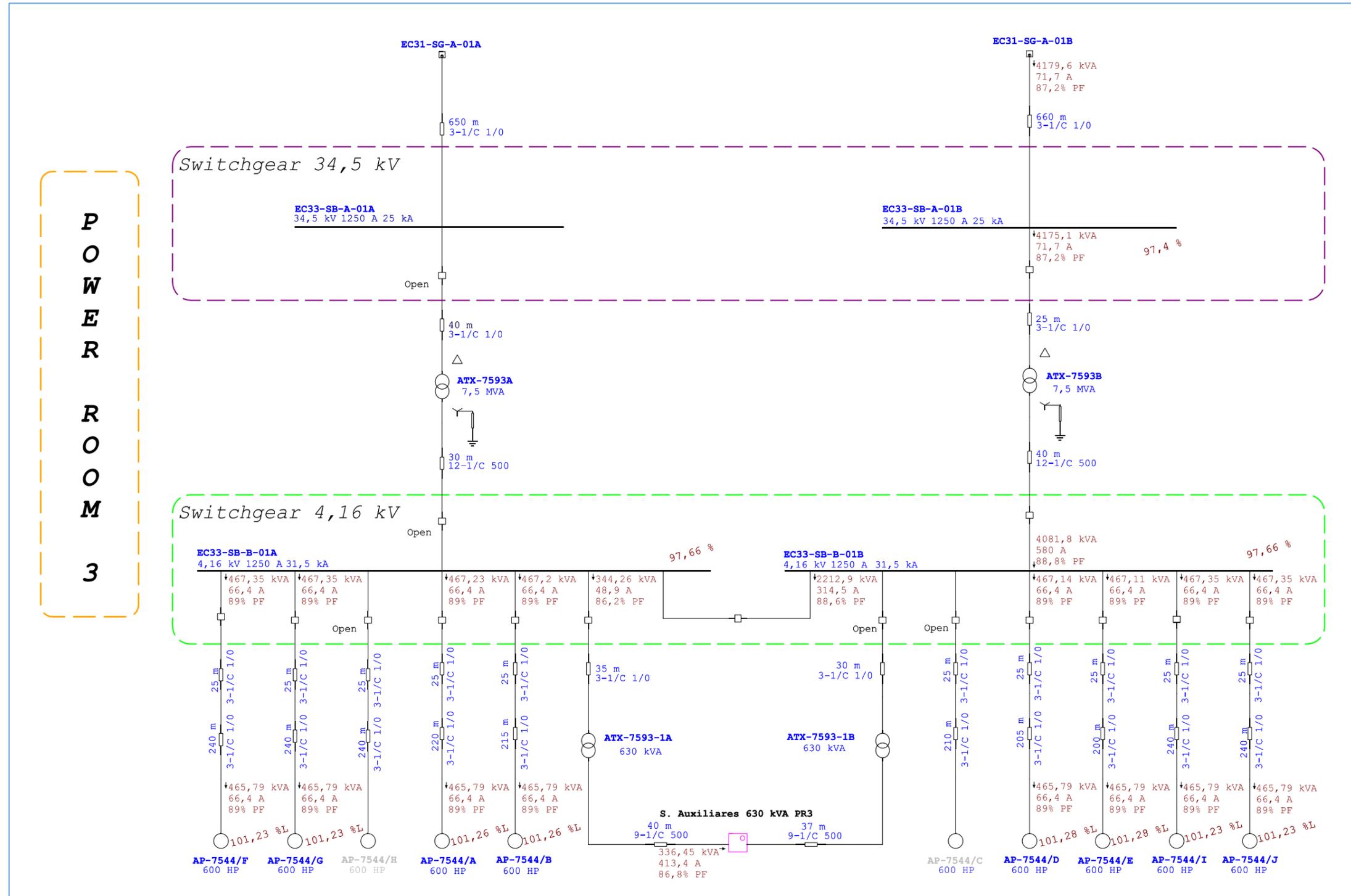
Red 34.5 kV
CDF-EC3



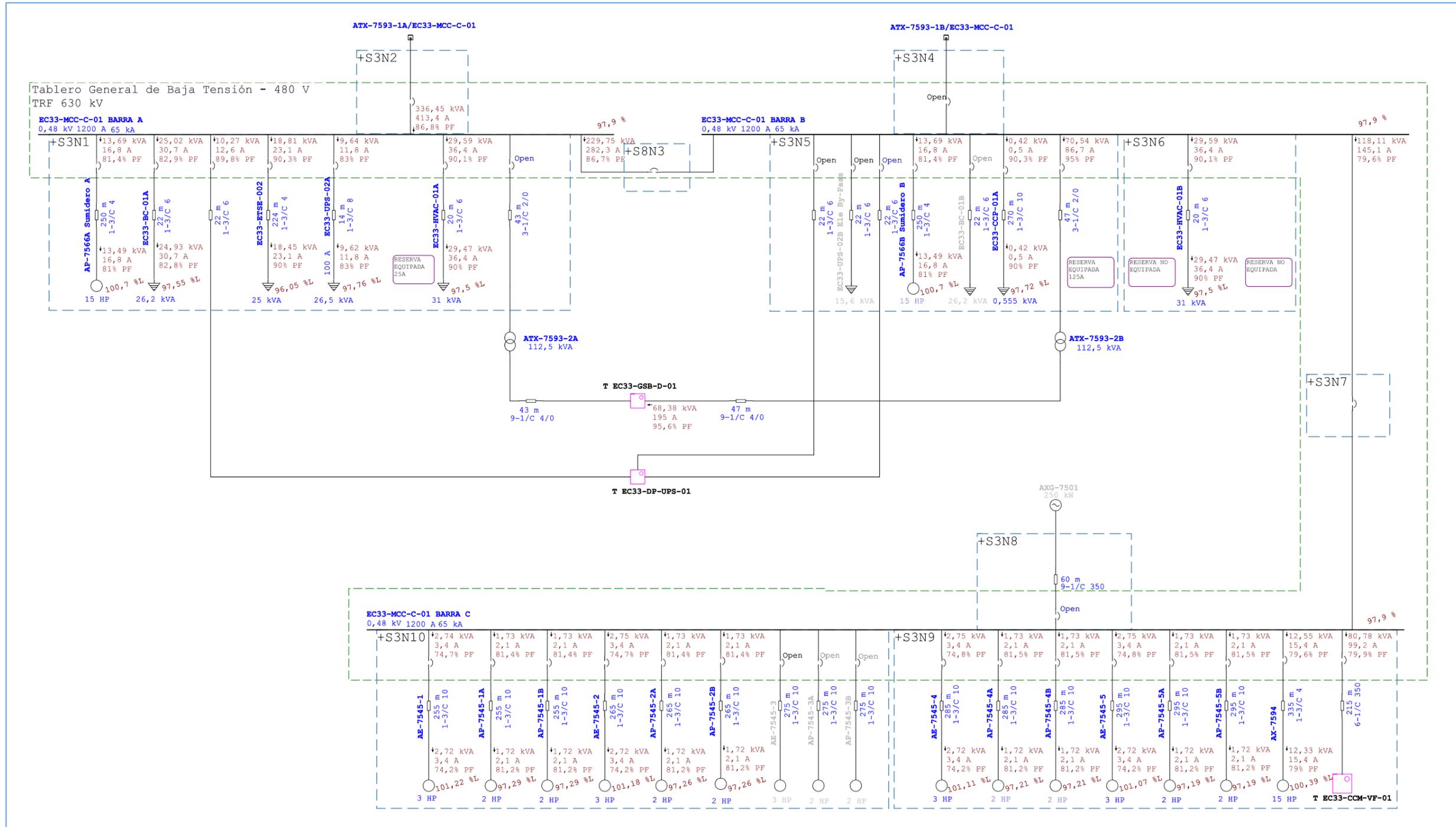
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

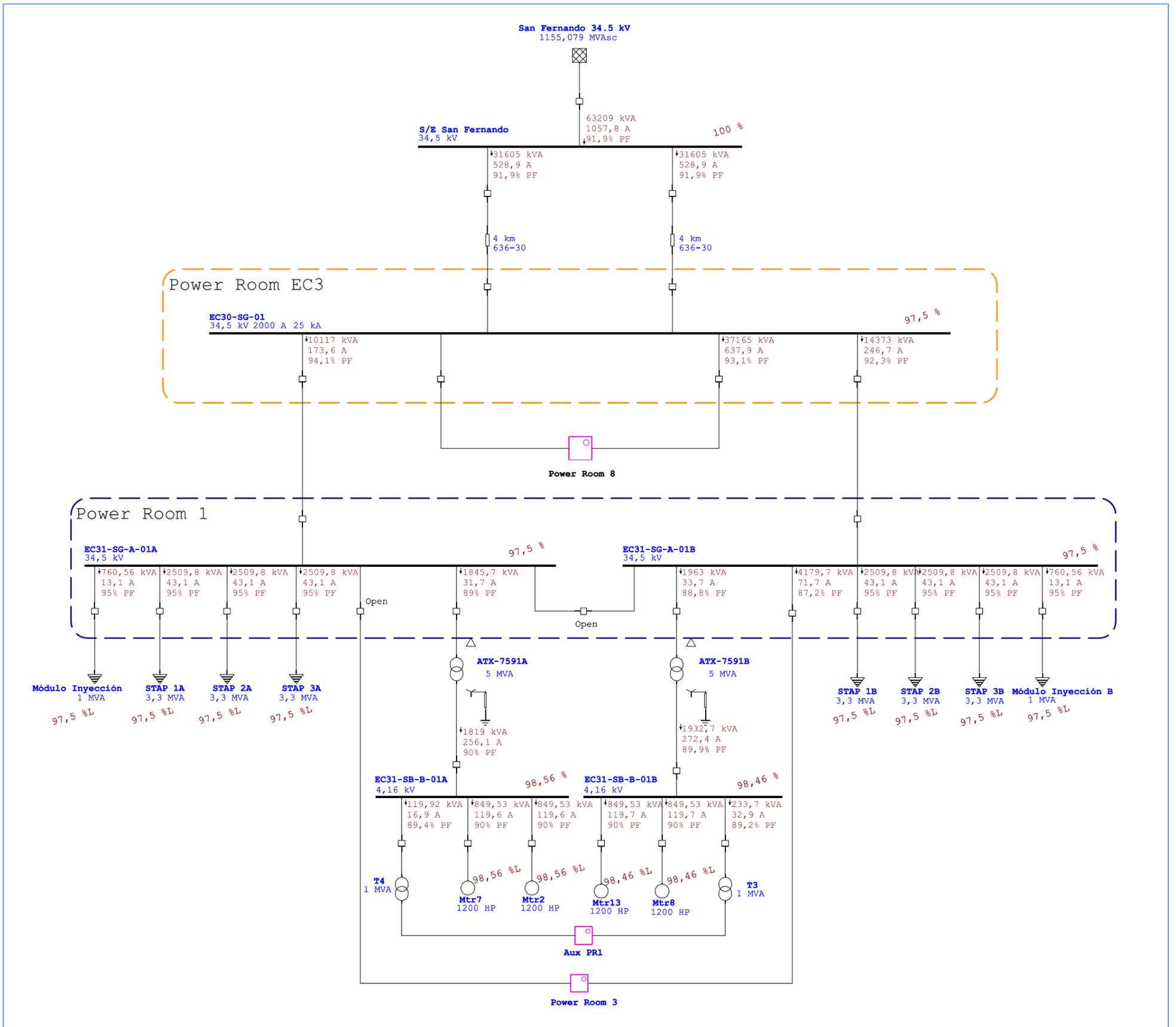


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

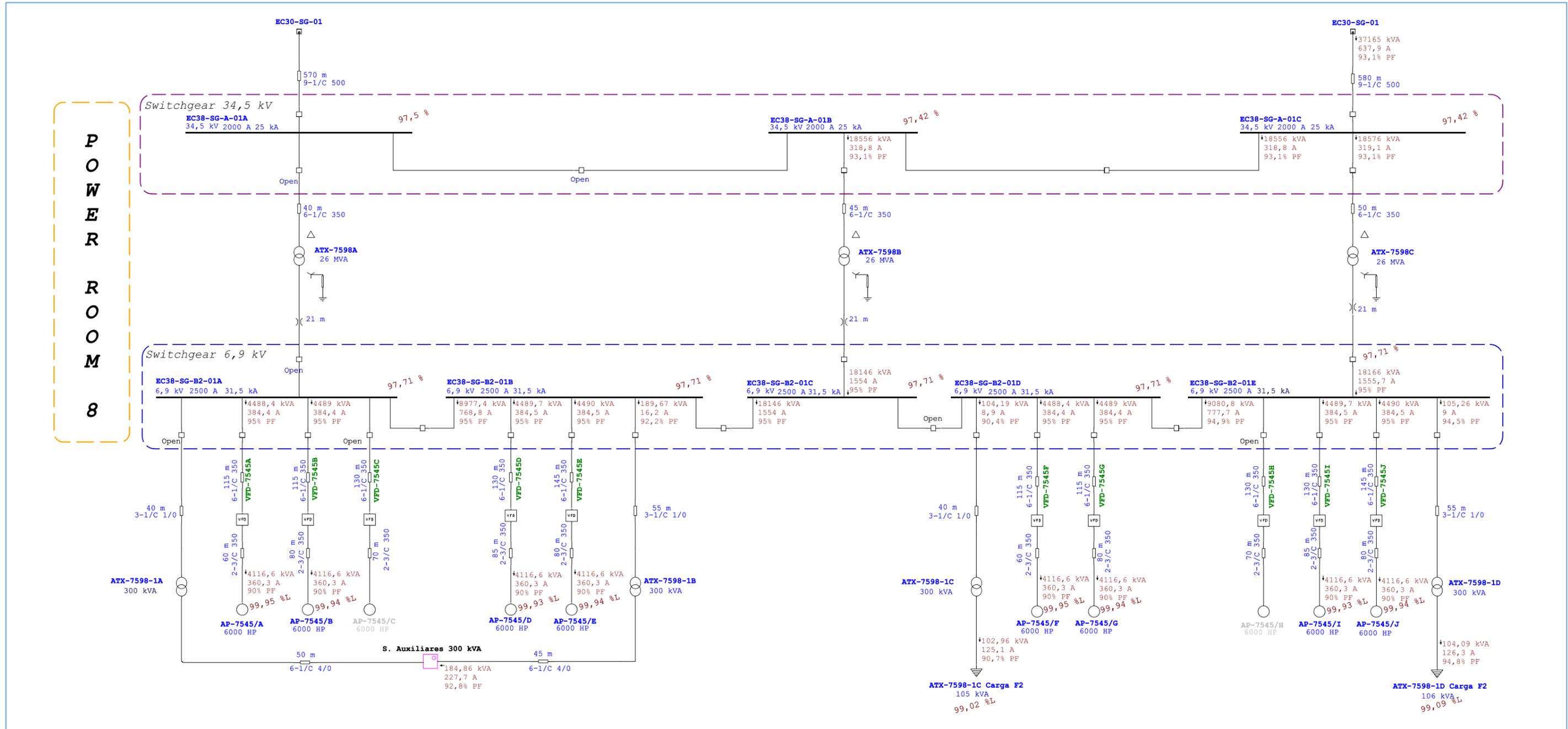


2.5. FASE 2 – MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES ATX-7598A Y/O ATX-7593A

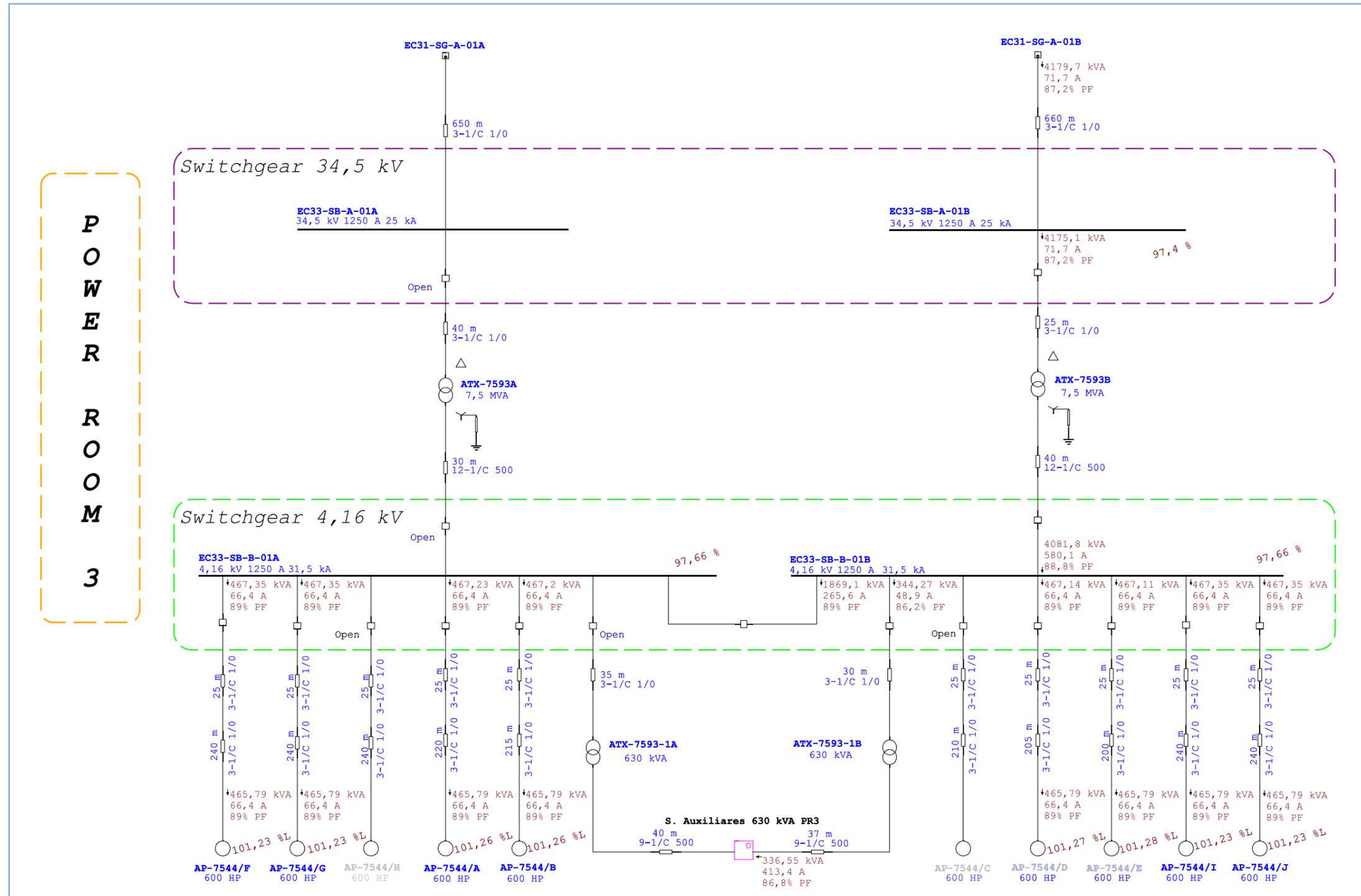
Red 34.5 kV
CDF-EC3



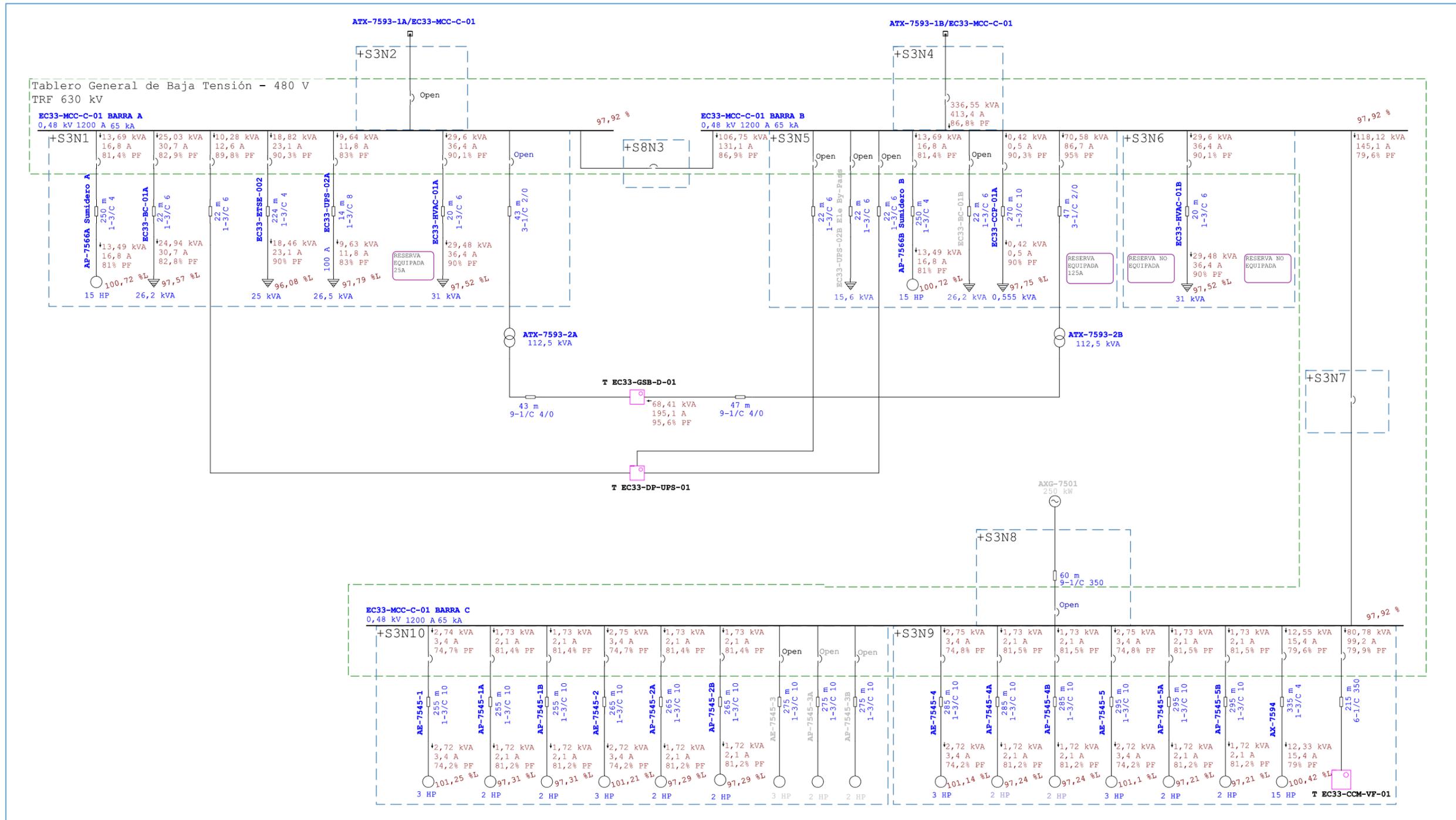
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



**TABLAS DE RESULTADOS DE FLUJO DE CARGA PROYECTO
FASE 2**

Tabla 38. Resultados de los transformadores para cada escenario analizado.

Transformador	Relación	Potencia ONANONAF	Escenarios de análisis																			
			Operación Normal				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1				Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A				Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A			
			Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP	Flujo kW	PF %	Carga %	TAP
ATX-7598A	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8626	94,07	35,3	-2,5	8625	94,07	35,3	-2,5	8625	94,07	35,3	-2,5	17280	93,13	71,4	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598B	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	8635	94,12	35,3	-2,5	8635	94,11	35,3	-2,5	8635	94,11	35,3	-2,5	0	0	0	-2,5	17280	93,13	71,4	-2,5
ATX-7598C	34,5 / 6,9 kV	20000/26000 kVA	17289	93,13	71,4	-2,5	17289	93,13	71,4	-2,5	17289	93,13	71,4	-2,5	17289	93,13	71,4	-2,5	17289	93,13	71,4	-2,5
ATX-7598-1A	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	86,541	89,87	32,1	-2,5	86,466	89,87	32,1	-2,5	86,464	89,87	32,1	-2,5	175	92,23	63,3	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7598-1B	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	94,14	94,78	33,1	-2,5	94,1	94,78	33,1	-2,5	94,097	94,78	33,1	-2,5	0	0	0	-2,5	175	92,24	63,2	-2,5
ATX-7598-1C	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	89,645	90,39	33,1	-2,5	89,605	90,39	33	-2,5	89,602	90,39	33	-2,5	89,621	90,39	33	-2,5	89,534	90,39	33	-2,5
ATX-7598-1D	6,9 / 0,48 kV	300 kVA	94,702	94,52	33,4	-2,5	94,66	94,52	33,4	-2,5	94,657	94,52	33,4	-2,5	94,677	94,52	33,4	-2,5	94,585	94,52	33,4	-2,5
ATX-7598-2A	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	72,863	95,94	67,2	-2,5	72,833	95,94	67,2	-2,5
ATX-7598-2B	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	76,649	95,95	70,7	-2,5	76,617	95,95	70,7	-2,5	76,614	95,95	70,7	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593A	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	3640	87,18	55,7	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593B	34,5 / 4,16 kV	7500 kVA	0	0	0	-2,5	3640	87,18	55,7	-2,5	3640	87,18	55,7	-2,5	3638	87,15	55,7	-2,5	3638	87,15	55,7	-2,5
ATX-7593-1A	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	165	90,32	29	-2,5	165	90,32	29	-2,5	165	90,32	29	-2,5	297	86,22	54,6	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-1B	4,16 / 0,48 kV	630 kVA	134	81,73	26	-2,5	134	81,73	26	-2,5	134	81,73	26	-2,5	0	0	0	-2,5	297	86,23	54,6	-2,5
ATX-7593-2A	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	68,409	95,07	63,7	-2,5	68,398	95,07	63,7	-2,5	68,398	95,07	63,7	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5
ATX-7593-2B	0,48 / 0,208 kV	112,5 kVA	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	0	0	0	-2,5	66,71	95,07	62,1	-2,5	66,743	95,07	62,1	-2,5

Tabla 39. Resultados de conductores para cada escenario analizado.

TAG	Longitud	Calibre conductor AWG o kcmil	Ampacidad	Escenarios de análisis														
				Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
				Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión	Flujo	Carga	Caida de tensión
				[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]	[A]	[%]	[%]
CDF-EC3-1	4000 m	636	669,4	526,8	78,7	2,46	526,9	78,7	2,46	526,9	78,7	2,46	528,6	79	2,49	528,8	79	2,5
CDF-EC3-2	4000 m	636	669,4	526,8	78,7	2,46	526,9	78,7	2,46	526,9	78,7	2,46	528,6	79	2,49	528,8	79	2,5
EC30-SG-01H8/CELDAH1PWR8	570 m	3 - 1/C 500	1135	157,3	13,9	0,02	633,8	55,8	0,08	0	0	0	318,6	28,1	0,04	0	0	0
EC30-SG-01H9/CELDAH7PWR8	580 m	3 - 1/C 500	1135	476,2	42	0,06	0	0	0	633,8	55,8	0,09	318,8	28,1	0,04	637,7	56,2	0,09
CELDAH2/PWR8/ATX-7598A	40 m	2 - 1/C 350	616	157,3	25,5	0	157,5	25,6	0	157,5	25,6	0	318,6	51,7	0,01	0	0	0
CELDAH4/PWR8/ATX-7598B	45 m	2 - 1/C 350	616	157,5	25,6	0	157,6	25,6	0	157,6	25,6	0	0	0	0	318,8	51,7	0,01
CELDAH6/PWR8/ATX-7598C	45 m	2 - 1/C 350	616	318,7	51,7	0,01	318,8	51,8	0,01	318,8	51,8	0,01	318,8	51,7	0,01	318,9	51,8	0,01
CELDA+SBL2/VFD-7545A	115 m	2 - 1/C 350	616	379,5	61,6	0,09	379,7	61,6	0,09	379,7	61,6	0,09	384,2	62,4	0,09	384,4	62,4	0,09
CELDA+SBL4/VFD-7545B	115 m	2 - 1/C 350	616	379,5	61,6	0,09	379,8	61,7	0,09	379,8	61,7	0,09	384,2	62,4	0,09	384,4	62,4	0,09
CELDA+SBL5/VFD-7545C	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+SBL10/VFD-7545D	130 m	2 - 1/C 350	616	379,8	61,6	0,1	379,8	61,7	0,1	379,8	61,7	0,1	384,3	62,4	0,1	384,5	62,4	0,1
CELDA+SBL11/VFD-7545E	145 m	2 - 1/C 350	616	379,8	61,7	0,11	379,9	61,7	0,11	379,9	61,7	0,11	384,3	62,4	0,11	384,5	62,4	0,11
CELDA+SBL17/VFD-7545F	115 m	2 - 1/C 350	616	384,1	62,4	0,09	384,2	62,4	0,09	384,2	62,4	0,09	384,2	62,4	0,09	384,4	62,4	0,09
CELDA+SBL18/VFD-7545G	115 m	2 - 1/C 350	616	384,2	62,4	0,09	384,3	62,4	0,09	384,3	62,4	0,09	384,2	62,4	0,09	384,4	62,4	0,09
CELDA+SBL19/VFD-7545H	130 m	2 - 1/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+SBL20/VFD-7545I	130 m	2 - 1/C 350	616	384,2	62,4	0,1	384,3	62,4	0,1	384,3	62,4	0,1	384,3	62,4	0,1	384,5	62,4	0,1
CELDA+SBL21/VFD-7545J	145 m	2 - 1/C 350	616	384,3	62,4	0,11	384,4	62,4	0,11	384,4	62,4	0,11	384,3	62,4	0,11	384,5	62,4	0,11
VFD-7545A/AP-7545A	60 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04
VFD-7545B/AP-7545B	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545C/AP-7545C	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545D/AP-7545D	85 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545E/AP-7545E	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545F/AP-7545F	60 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04	360,3	58,5	0,04
VFD-7545G/AP-7545G	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545H/AP-7545H	70 m	2 - 3/C 350	616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VFD-7545I/AP-7545I	85 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
VFD-7545J/AP-7545J	80 m	2 - 3/C 350	616	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06	360,3	58,5	0,06
CELDA+SBL1/ATX-7598-1A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	8,142	5,4	0	8,141	5,4	0	8,141	5,4	0	16,25	10,8	0,01	0	0	0
CELDA+SBL12/ATX-7598-1B	55 m	1 - 1/C 1/0	150	8,402	5,6	0,01	8,4	5,6	0,01	8,4	5,6	0,01	0	0	0	16,24	10,8	0,01
CELDA+SBL16/ATX-7598-1C	40 m	1 - 1/C 1/0	150	8,488	5,7	0	8,486	5,7	0	8,486	5,7	0	8,487	5,7	0	8,483	5,7	0
CELDA+SBL22/ATX-7598-1D	55 m	1 - 1/C 1/0	150	8,575	5,7	0,01	8,573	5,7	0,01	8,573	5,7	0,01	8,574	5,7	0,01	8,57	5,7	0,01
ATX-7598-1A/ECTD-PWR38002	50 m	2 - 1/C 4/0	452	114,1	25,2	0,24	114,1	25,2	0,24	114,1	25,2	0,24	227,7	50,4	0,47	0	0	0
ATX-7598-1B/ECTD-PWR38002	45 m	2 - 1/C 4/0	452	117,8	26,1	0,22	117,7	26	0,22	117,7	26	0,22	0	0	0	227,7	50,4	0,44
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2A	40 m	1 - 1/C 2/0	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93,98	55,4	0,48	93,96	55,4	0,48
ECTD-PWR38002/ATX-7598-2B	37 m	1 - 1/C 2/0	169	96,33	56,8	0,46	96,31	56,8	0,46	96,31	56,8	0,46	0	0	0	0	0	0
ATX-7598-2A/ECTD-PWR38001	40 m	3 - 1/C 4/0	678	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211,4	31,2	0,54	211,4	31,2	0,54
ATX-7598-2B/ECTD-PWR38001	37 m	3 - 1/C 4/0	678	216,7	31,9	0,52	216,7	31,9	0,52	216,7	31,9	0,52	0	0	0	0	0	0
ECTDPWR38001/EC38DPT01	20 m	1 - 1/C 2	113	31,39	27,8	0,33	31,39	27,8	0,33	31,39	27,8	0,33	30,58	27	0,32	30,58	27	0,32
ECTDPWR38001/EC38DP02	30 m	1 - 3/C 6	65	38,35	33,9	1,54	38,34	33,9	1,54	38,34	33,9	1,54	37,36	33	1,5	37,35	33	1,5
ECTDPWR38001/ECVFDPT101	130 m	1 - 1/C 4/0	226	44,86	19,8	1,1	44,85	19,8	1,1	44,85	19,8	1,1	44	19,4	1,08	43,99	19,4	1,08
ECTDPWR38001/ECVFDPT102	130 m	1 - 1/C 4/0	226	18,7	8,3	0,41	18,69	8,3	0,41	18,69	8,3	0,41	18,21	8,1	0,4	18,21	8,1	0,4
EC31-SG-01H6/CELDAH1PWR3	650 m	1 - 1/C 1/0	150	71,72	47,8	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC31-SG-01H7/CELDAH3PWR3	660 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	71,73	47,8	0,11	71,73	47,8	0,11	71,73	47,8	0,11	71,74	47,8	0,11
CELDA+S3H2/PWR3/ATX-7593A	40 m	1 - 1/C 1/0	150	71,72	47,8	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3H4/PWR3/ATX-7593B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	71,9	47,9	0,01	71,9	47,9	0,01	71,9	47,9	0,01	71,9	47,9	0,01
ATX-7593-A/CELDAS3M5	30 m	4 - 1/C 500	1514	579,9	38,3	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATX-7593-B/CELDAS3M9	40 m	4 - 1/C 500	1514	0	0	0	580	38,3	0,03	580	38,3	0,03	580	38,3	0,03	580,1	38,3	0,03
CELDA+S3M2/SS-7544A	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,37	44,2	0,03	66,37	44,2	0,03	66,37	44,2	0,03	66,4	44,3	0,03	66,4	44,3	0,03
CELDA+S3M3/SS-7544B	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,36	44,2	0,03	66,37	44,2	0,03	66,37	44,2	0,03	66,39	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03
CELDA+S3M11/SS-7544C	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M12/SS-7544D	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,35	44,2	0,03	66,36	44,2	0,03	66,36	44,2	0,03	66,38	44,3	0,03	66,38	44,3	0,03
CELDA+S3M13/SS-7544E	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,35	44,2	0,03	66,35	44,2	0,03	66,35	44,2	0,03	66,38	44,3	0,03	66,38	44,3	0,03
CELDA+S3M14/SS-7544F	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,38	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03
CELDA+S3M15/SS-7544G	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,38	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03
CELDA+S3M16/SS-7544H	25 m	1 - 1/C 1/0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CELDA+S3M17/SS-7544I	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,38	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03
CELDA+S3M18/SS-7544J	25 m	1 - 1/C 1/0	150	66,38	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,39	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03	66,41	44,3	0,03
SS-7544A/AP-7544A	220 m	1 - 1/C 1/0	150	66,37	44,2	0,27	66,37	44,2	0,27	66,37	44,2</							

Tabla 40. Tensión y cargabilidad de las barras principales del proyecto para cada escenario analizado.

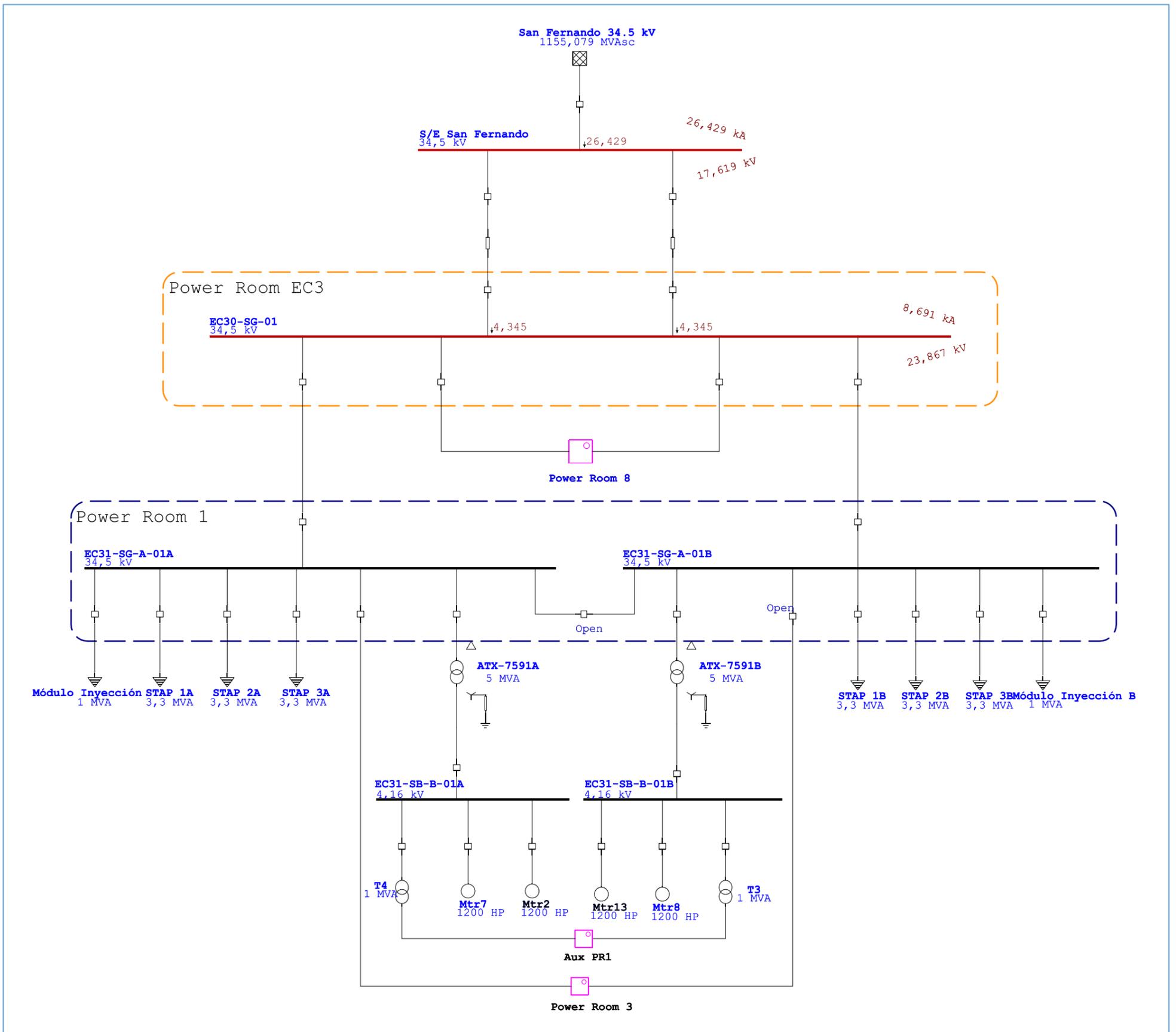
Barra	Tensión Nominal [kV]	Corriente Nominal [A]	Escenarios de análisis														
			Operación Normal			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598B y/o ATX-7593A			Mantenimiento / falla de los transformadores ATX-7598A y/o ATX-7593A		
			Tensión [%]	Carga [A]	Carga [%]	Tensión [%]	Carga [A]	Carga [%]	Tensión [%]	Carga [A]	Carga [%]	Tensión [%]	Carga [A]	Carga [%]	Tensión [%]	Carga [A]	Carga [%]
EC30-SG-01	34,5	2000	97,54	1054	52,7	97,54	1054	52,7	97,54	1054	52,7	97,51	1058	52,9	97,5	1058	52,9
EC38-SG-A-01A	34,5	2000	97,52	157,3	7,9	97,45	633,8	31,7	97,45	157,5	7,9	97,46	318,6	15,9	97,5	0	0
EC38-SG-A-01B	34,5	2000	97,47	157,5	7,9	97,45	476,3	23,8	97,45	315	15,8	97,46	0	0	97,42	318,8	15,9
EC38-SG-A-01C	34,5	2000	97,47	476,2	23,8	97,45	318,8	15,9	97,45	633,8	31,7	97,46	318,8	15,9	97,42	637,7	31,9
EC33-SB-A-01A	34,5	1250	97,43	71,72	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC33-SB-A-01B	34,5	1250	0	0	0	97,43	71,73	5,7	97,43	71,73	5,7	97,4	71,73	5,7	97,4	71,74	5,7
EC38-SG-B2-01A	6,9	2500	98,97	767,1	30,7	98,9	767,6	30,7	98,9	767,6	30,7	97,76	1553	62,1	97,71	768,8	30,8
EC38-SG-B2-01B	6,9	2500	98,92	767,9	30,7	98,9	768,1	30,7	98,9	768,1	30,7	97,76	768,6	30,7	97,71	1554	62,2
EC38-SG-B2-01C	6,9	2500	98,92	767,9	30,7	98,9	768,1	30,7	98,9	768,1	30,7	0	0	0	97,71	1554	62,2
EC33-SB-B-01A	4,16	1250	97,71	579,9	46,4	97,7	291,4	23,3	97,7	291,4	23,3	97,66	314,5	25,2	97,66	265,6	21,2
EC33-SB-B-01B	4,16	1250	97,71	288,6	23,1	97,7	580	46,4	97,7	580	46,4	97,66	580	46,4	97,66	580,1	46,4
ECTD-PWR38-002-A	0,48	800	100,17	114,1	14,3	100,1	114,1	14,3	100,1	114,1	14,3	97,69	227,7	28,5	97,67	206,6	25,8
ECTD-PWR38-002-B	0,48	800	100,2	117,8	14,7	100,18	117,7	14,7	100,18	117,7	14,7	97,69	21,12	2,6	97,67	227,7	28,5
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,48	1200	99,06	219	18,2	99,06	219	18,2	99,06	219	18,2	97,9	413,4	34,4	97,92	131,1	10,9
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,48	1200	99,1	196,9	16,4	99,1	196,9	16,4	99,1	196,9	16,4	97,9	282,3	23,5	97,92	413,4	34,5
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,48	1200	99,1	143,6	12	99,1	143,6	12	99,1	143,6	12	97,9	145,1	12,1	97,92	145,1	12,1
EC33-CCM-VF-01	0,48	600	98,42	98,3	16,4	98,41	98,31	16,4	98,41	98,31	16,4	97,21	99,25	16,5	97,23	99,23	16,5
EC33-TBS-SH-01	0,48	100	98,34	11,79	11,8	98,33	11,79	11,8	98,33	11,79	11,8	97,13	11,65	11,6	97,15	11,65	11,6
ECTD-PWR38-001	0,208	600	99,68	216,7	36,1	99,66	216,7	36,1	99,66	216,7	36,1	97,11	211,4	35,2	97,08	211,4	35,2
EC38-DP-TE-01	0,208	100	99,35	31,39	31,4	99,33	31,39	31,4	99,33	31,39	31,4	96,78	30,58	30,6	96,76	30,58	30,6
EC38-DP-02	0,208	100	98,14	38,35	38,3	98,12	38,34	38,3	98,12	38,34	38,3	95,61	37,36	37,4	95,58	37,35	37,4
ECVFD-DP-TI-01	0,208	100	98,58	44,86	44,9	98,56	44,85	44,9	98,56	44,85	44,9	96,02	44	44	96	43,99	44
ECVFD-DP-TI-02	0,208	100	99,27	18,7	18,7	99,25	18,69	18,7	99,25	18,69	18,7	96,71	18,21	18,2	96,68	18,21	18,2
TB-UPS-001	0,208	100	98,16	47,14	47,1	98,09	47,11	47,1	98,09	47,11	47,1	95,73	45,98	46	95,71	45,97	46
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	100	97,35	31,55	31,6	97,29	31,53	31,5	97,29	31,53	31,5	94,95	30,77	30,8	94,93	30,76	30,8
EC33-GSB-D-01	0,208	600	98,59	197,5	32,9	98,58	197,5	32,9	98,58	197,5	32,9	97,33	195	32,5	97,36	195,1	32,5
EC33-DP-01	0,208	200	97,82	53,44	26,7	97,82	53,44	26,7	97,82	53,44	26,7	96,58	52,76	26,4	96,6	52,77	26,4
EC33-DP-02	0,208	200	98,15	30,75	15,4	98,14	30,75	15,4	98,14	30,75	15,4	96,9	30,36	15,2	96,92	30,37	15,2
EC33-DP-05	0,208	200	97,75	58,72	29,4	97,74	58,72	29,4	97,74	58,72	29,4	96,5	57,98	29	96,53	57,99	29
EC33-DP-06	0,208	200	98,45	9,638	4,8	98,44	9,637	4,8	98,44	9,637	4,8	97,2	9,515	4,8	97,22	9,517	4,8
EC33-DP-UPS-01	0,208	200	97,69	29,47	14,7	97,68	29,47	14,7	97,68	29,47	14,7	96,54	29,12	14,6	96,56	29,13	14,6
EC33-DP-UPS-02	0,208	100	98,93	11,98	12	98,92	11,98	12	98,92	11,98	12	97,76	11,84	11,8	97,79	11,84	11,8

Anexos de cortocircuito para los diferentes escenarios:

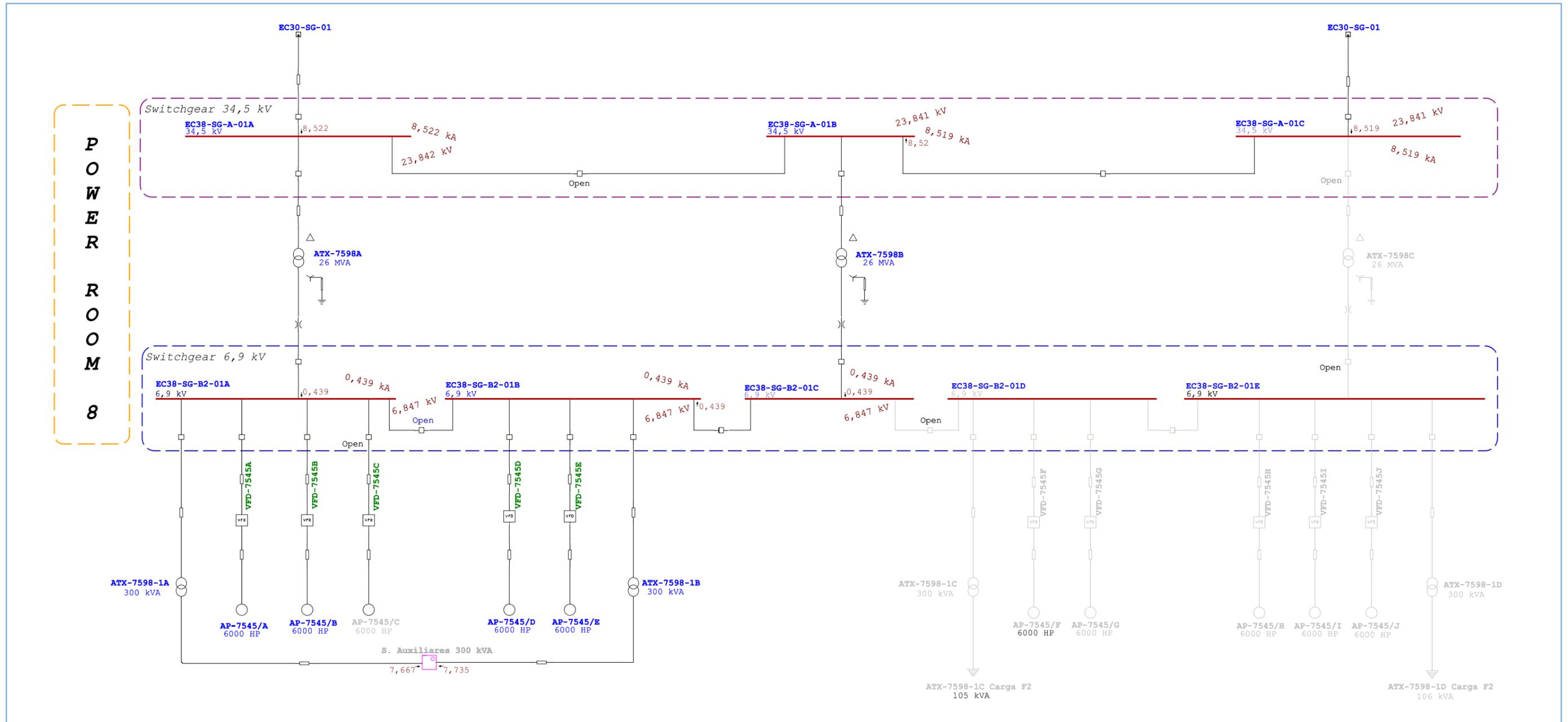
Fase del proyecto	Tipo de cortocircuito	Escenario de operación	ITEM	
1. FASE 1	Monofásico	Operación Normal	1.1	
	Trifásico	Operación Normal	1.2	
	Tablas resumen: Doble circuito - Fase 1 - Operación Normal			
	Monofásico	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	1.3	
	Trifásico	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	1.4	
	Tablas resumen: Doble circuito - Fase 1 - Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1			
	Monofásico	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	1.5	
	Trifásico	Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	1.6	
	Tablas resumen: Doble circuito - Fase 1 - Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2			
	Monofásico	Mantenimiento o falla de un transformador MV 1	1.7	
	Trifásico	Mantenimiento o falla de un transformador MV 1	1.8	
	Tablas resumen: Doble circuito - Fase 1 – Mantenimiento o falla de un transformador MV 1			
	Monofásico	Mantenimiento o falla de un transformador MV 2	1.9	
	Trifásico	Mantenimiento o falla de un transformador MV 2	1.10	
	Tablas resumen: Doble circuito - Fase 1 – Mantenimiento o falla de un transformador MV 2			
	2. FASE 2	Monofásico	Operación Normal	2.1
Trifásico		Operación Normal	2.2	
Tablas resumen: Doble circuito - Fase 2 - Operación Normal				
Monofásico		Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	2.3	
Trifásico		Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	2.4	
Tablas resumen: Doble circuito - Fase 2 - Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1				
Monofásico		Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	2.5	
Trifásico		Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV	2.6	
Tablas resumen: Doble circuito - Fase 2 - Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2				
Monofásico		Mantenimiento o falla de un transformador MV 1	2.7	
Trifásico		Mantenimiento o falla de un transformador MV 1	2.8	
Tablas resumen: Doble circuito - Fase 2 – Mantenimiento o falla de un transformador MV 1				
Monofásico		Mantenimiento o falla de un transformador MV 2	2.9	
Trifásico		Mantenimiento o falla de un transformador MV 2	2.10	
Tablas resumen: Doble circuito - Fase 2 – Mantenimiento o falla de un transformador MV 2				

**1.1. FASE 1 – ESCENARIO DE OPERACIÓN NORMAL
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

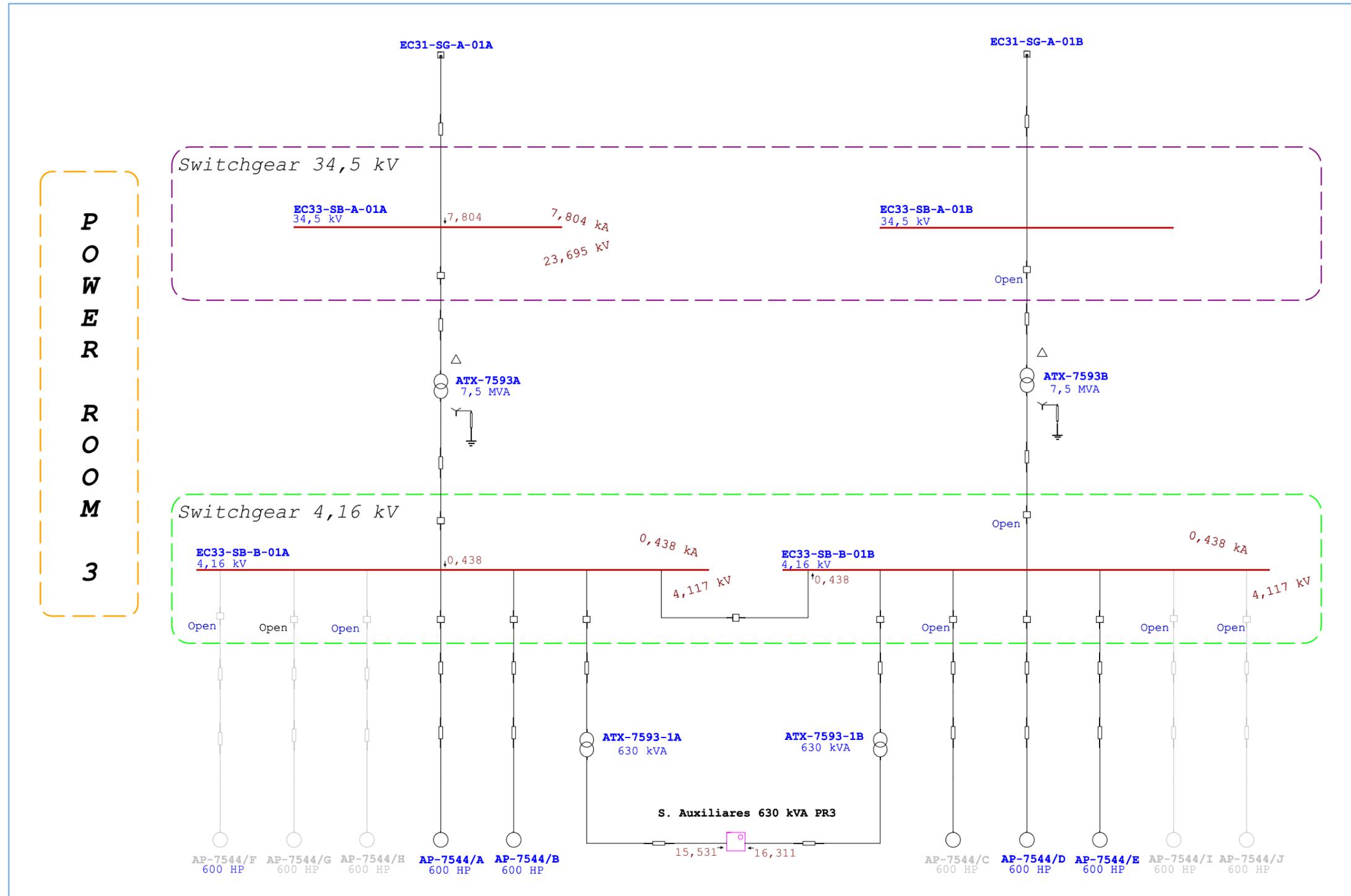
Red 34.5 kV
CDF-EC3



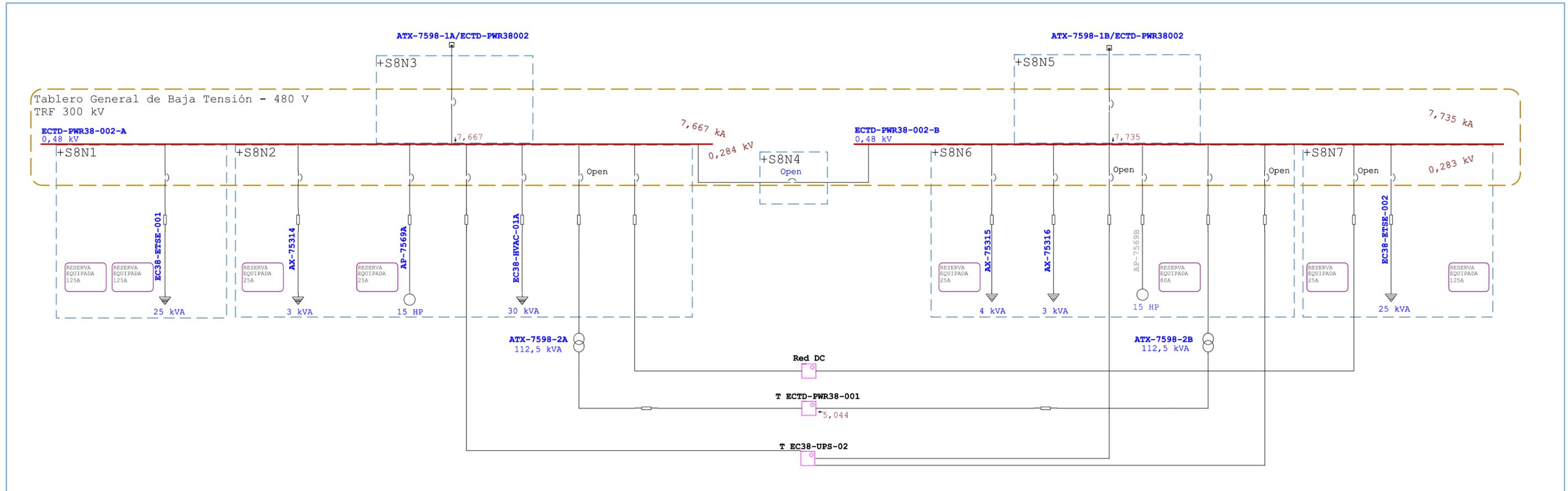
POWER ROOM 8



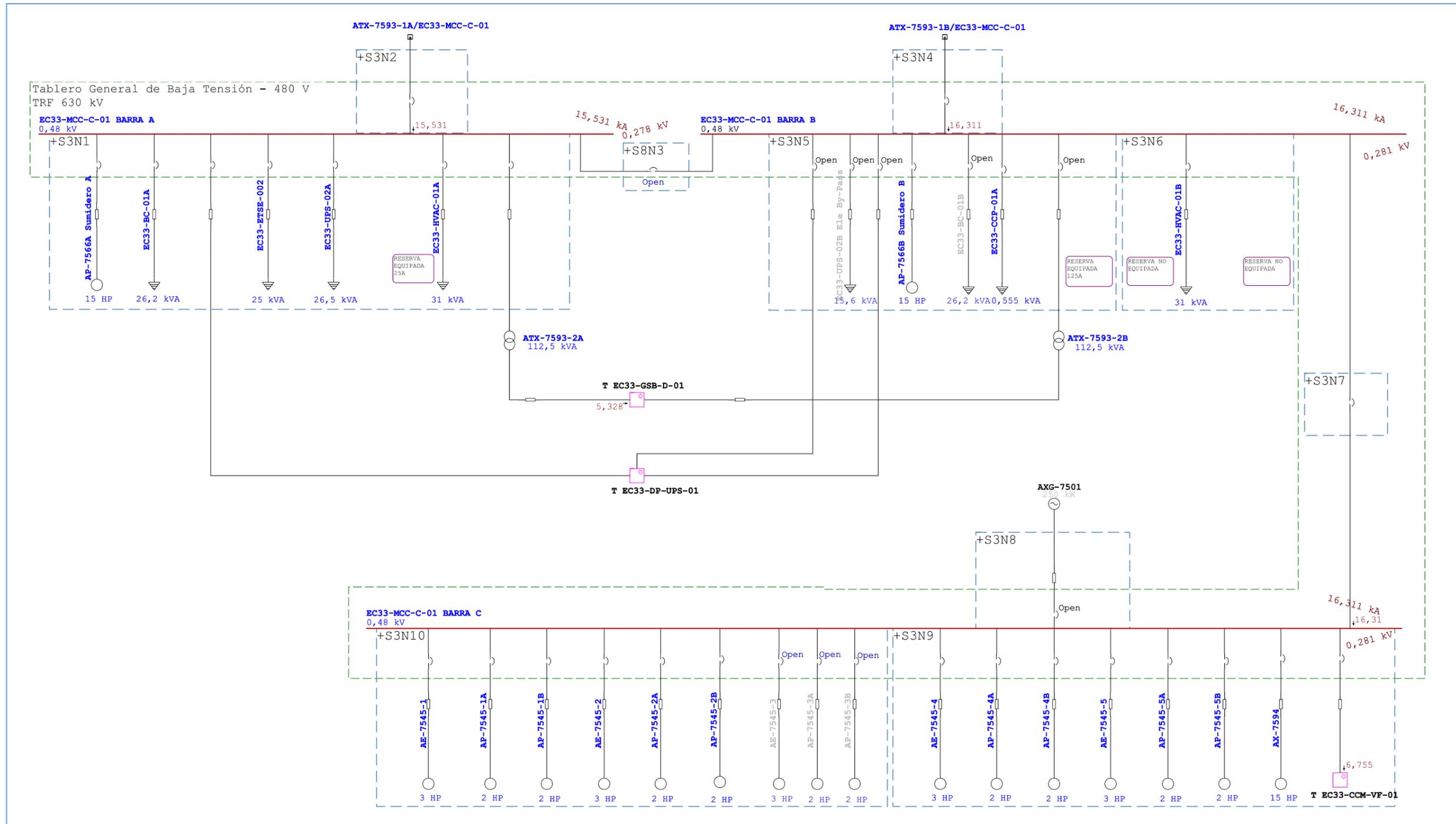
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

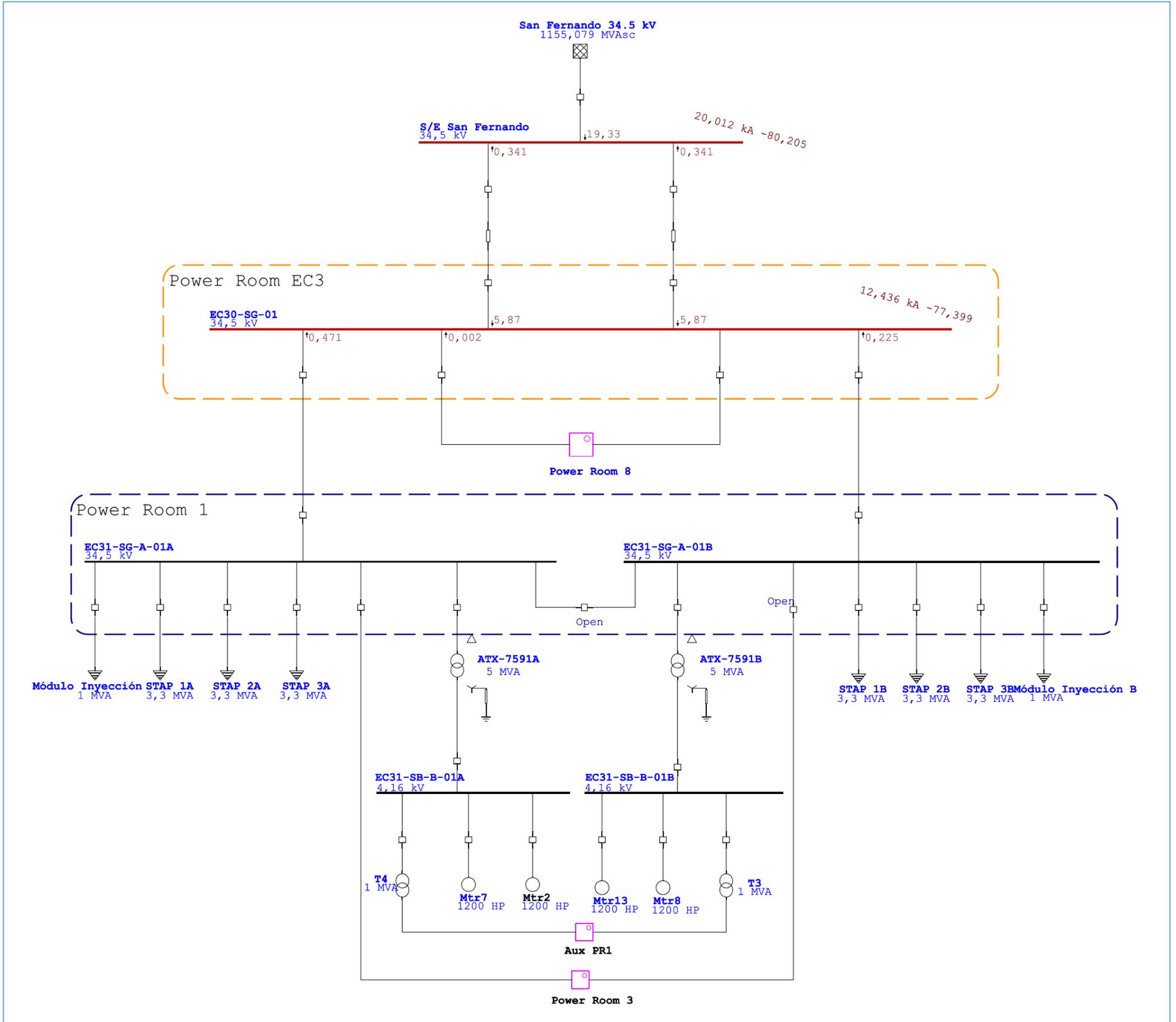


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

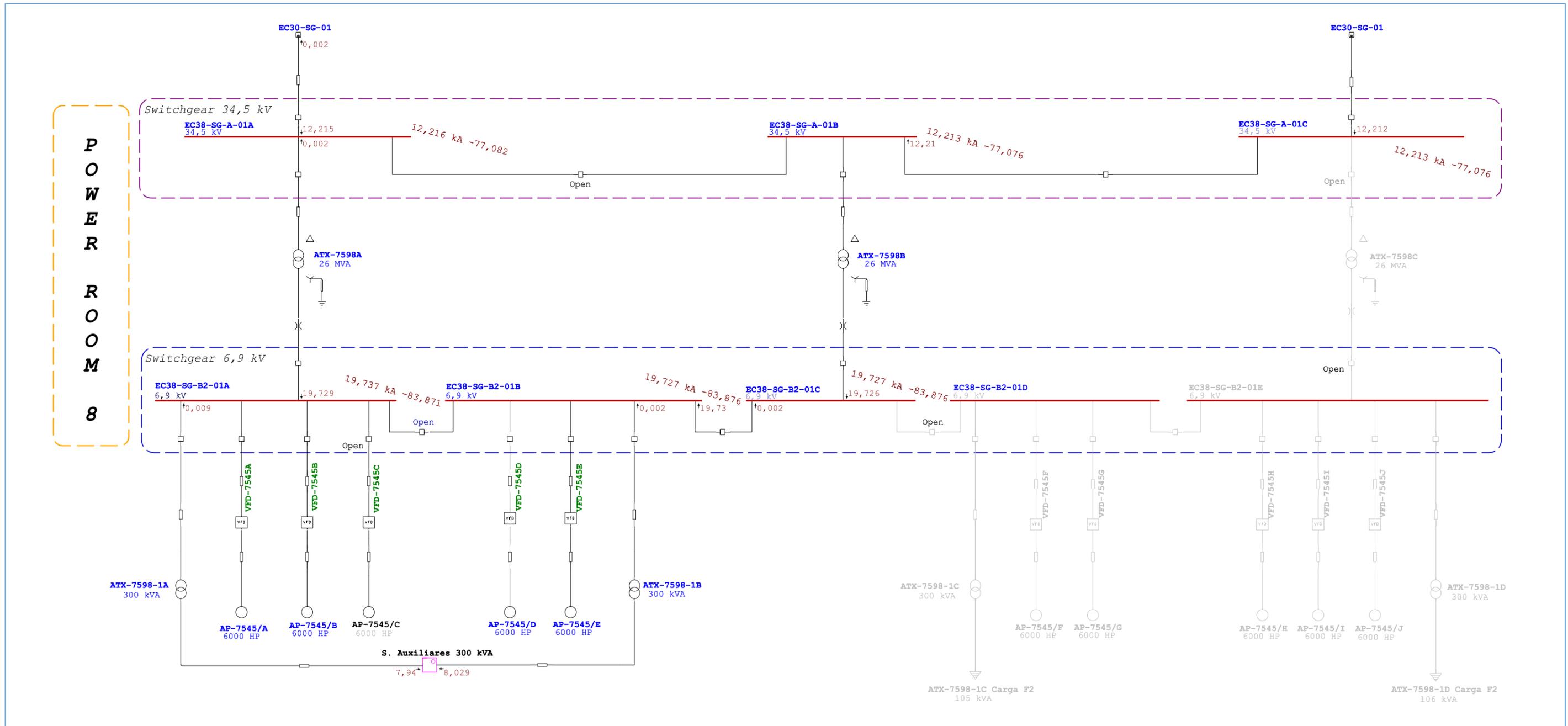


**1.2. FASE 1 – ESCENARIO DE OPERACIÓN NORMAL
CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

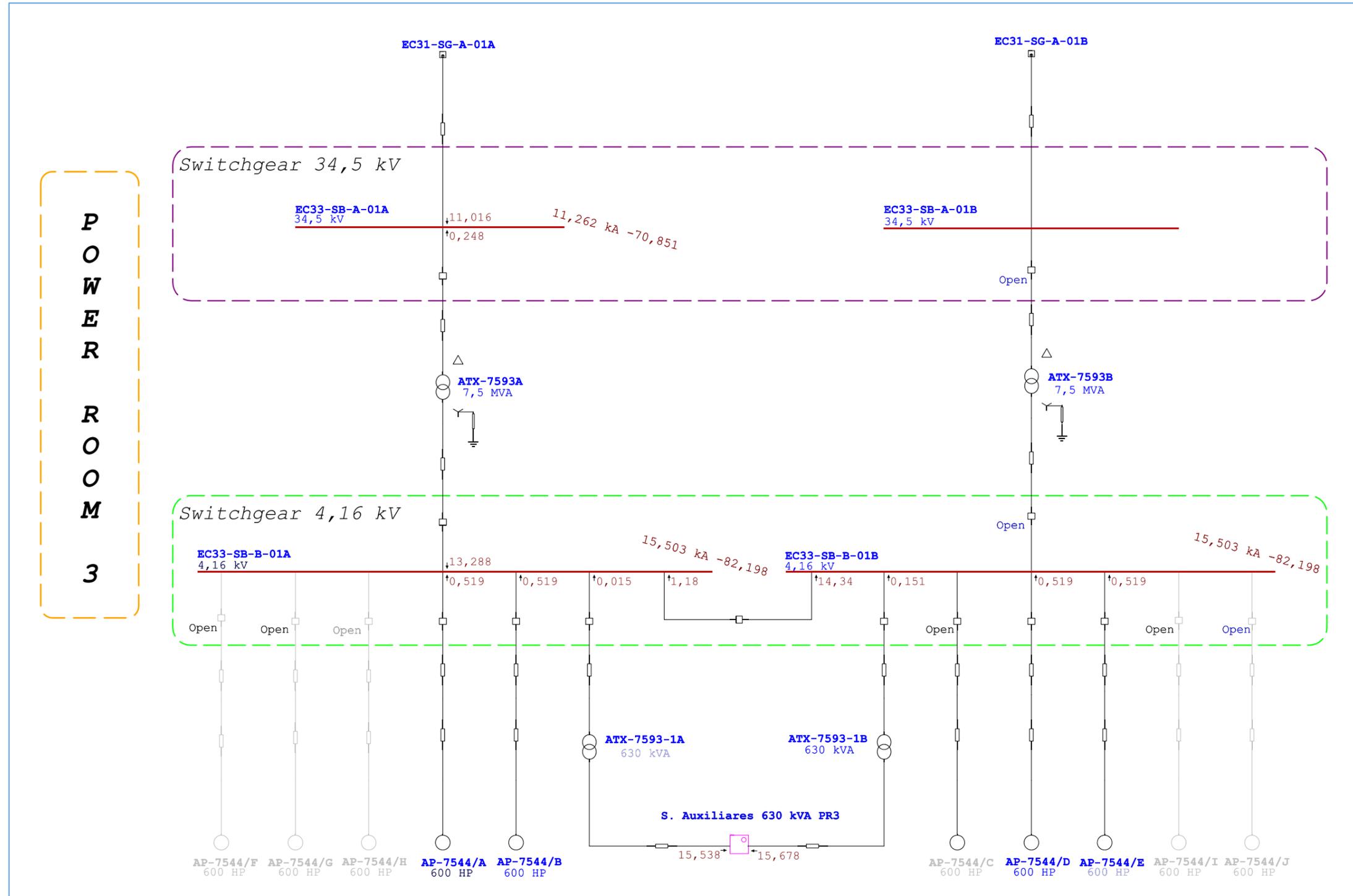
Red 34.5 kV
CDF-EC3



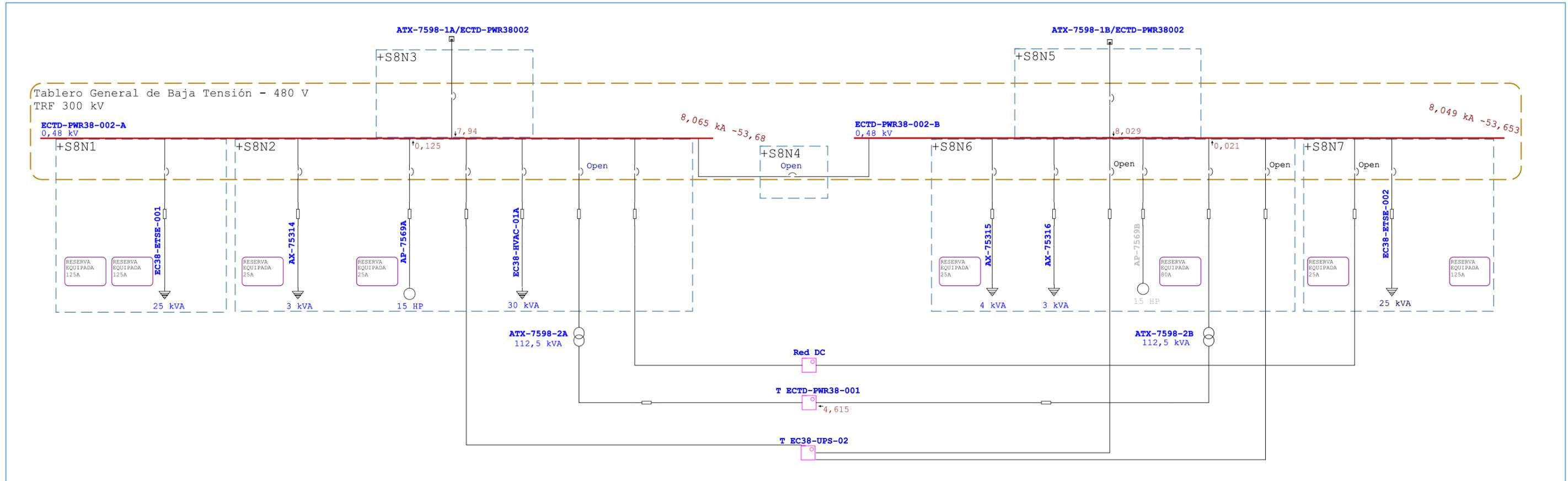
POWER ROOM 8



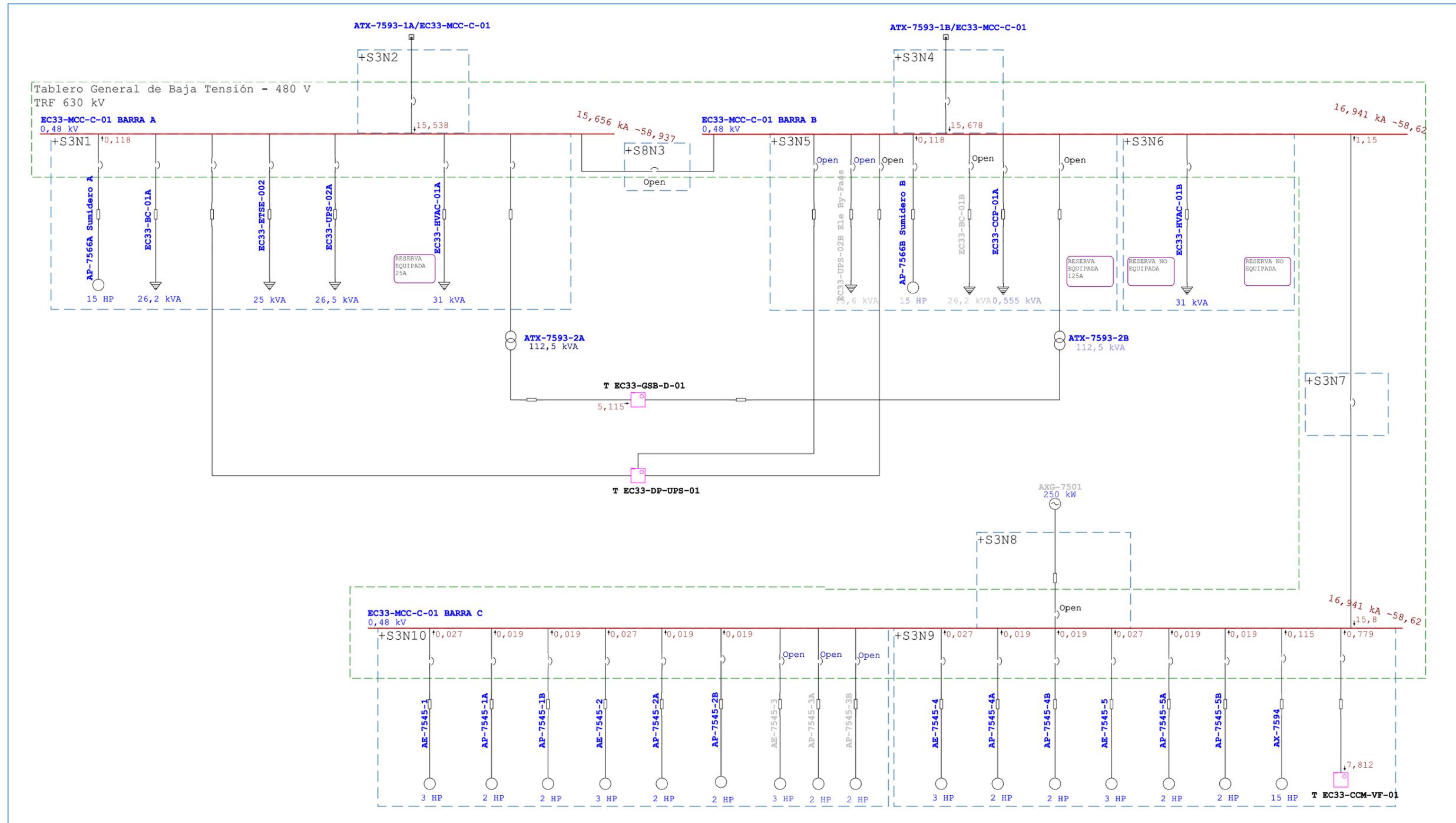
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 1. Resumen: Fase 1 – Operación normal

Informe Resumen de Cortocircuito

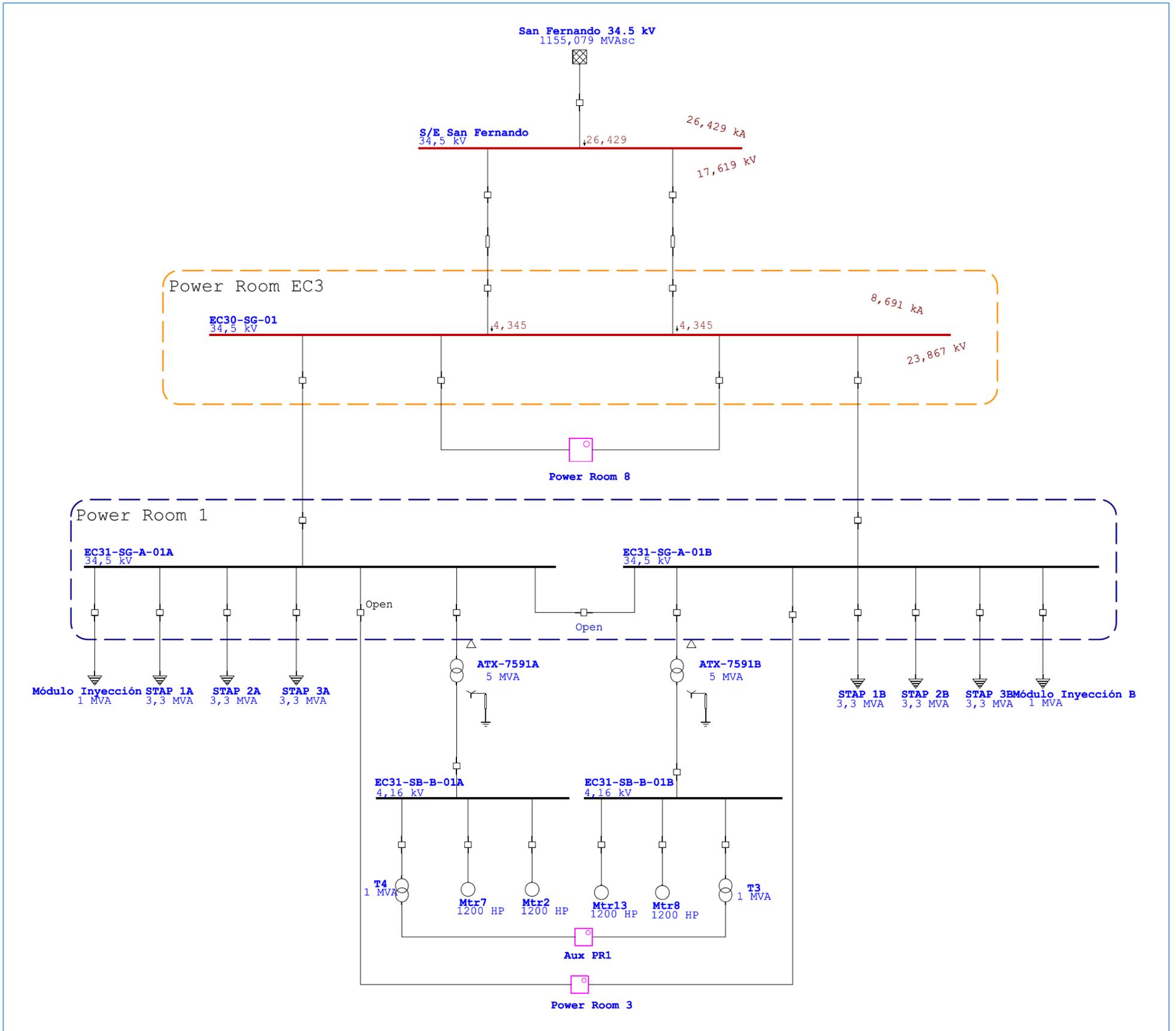
Barra		Falla Trifásica			Falla Línea-a-Tierra				Falla Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I"k	ip	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,436	26,774	11,739	8,691	18,711	8,691	8,691	10,764	23,174	10,764	10,764	11,443	24,637	11,443	11,443
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,633	13,670	7,634	6,755	10,697	6,755	6,755	7,294	11,551	7,294	7,294	8,077	12,791	8,077	8,077
EC33-DP-01	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-02	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-05	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-06	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,964	3,086	1,961	1,906	2,996	1,906	1,906	1,701	2,673	1,701	1,701	1,972	3,099	1,972	1,972
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,941	8,574	5,907	5,186	7,485	5,186	5,186	5,143	7,423	5,143	5,143	5,731	8,272	5,731	5,731
EC33-GSB-D-01	0,208	5,115	7,934	5,096	5,328	8,264	5,328	5,328	4,429	6,870	4,429	4,429	5,322	8,256	5,322	5,322
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,656	26,157	15,244	15,531	25,948	15,531	15,531	13,535	22,614	13,535	13,535	15,610	26,080	15,610	15,610
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	16,941	28,241	15,388	16,311	27,190	16,311	16,311	14,441	24,074	14,441	14,441	16,698	27,836	16,698	16,698
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	16,941	28,241	15,388	16,311	27,190	16,311	16,311	14,441	24,074	14,441	14,441	16,698	27,836	16,698	16,698
EC33-SB-A-01A	34,500	11,262	21,784	10,647	7,804	15,096	7,804	7,804	9,747	18,854	9,747	9,747	10,247	19,821	10,247	10,247
EC33-SB-B-01A	4,160	15,503	36,796	13,219	0,438	1,040	0,438	0,438	13,392	31,785	13,392	13,392	13,501	32,043	13,501	13,501
EC33-SB-B-01B	4,160	15,503	36,796	13,219	0,438	1,040	0,438	0,438	13,392	31,785	13,392	13,392	13,501	32,043	13,501	13,501
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,745	8,421	5,306	4,607	6,753	4,607	4,607	4,906	7,191	4,906	4,906	5,444	7,979	5,444	5,444
EC38-DP-02	0,208	1,789	2,582	1,784	1,612	2,326	1,612	1,612	1,549	2,235	1,549	1,549	1,741	2,512	1,741	1,741
EC38-DP-TE-01	0,208	3,314	4,887	3,292	2,803	4,133	2,803	2,803	2,866	4,226	2,866	2,866	3,296	4,860	3,296	3,296
EC38-SG-A-01A	34,500	12,216	26,151	11,543	8,522	18,242	8,522	8,522	10,574	22,635	10,574	10,574	11,220	24,017	11,220	11,220
EC38-SG-A-01B	34,500	12,213	26,140	11,540	8,519	18,234	8,519	8,519	10,571	22,625	10,571	10,571	11,216	24,006	11,216	11,216
EC38-SG-A-01C	34,500	12,213	26,140	11,540	8,519	18,234	8,519	8,519	10,571	22,625	10,571	10,571	11,216	24,006	11,216	11,216
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,737	48,312	19,351	0,439	1,075	0,439	0,439	17,088	41,829	17,088	17,088	17,198	42,096	17,198	17,198
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,727	48,287	19,348	0,439	1,075	0,439	0,439	17,081	41,809	17,081	17,081	17,190	42,076	17,190	17,190
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,727	48,287	19,348	0,439	1,075	0,439	0,439	17,081	41,809	17,081	17,081	17,190	42,076	17,190	17,190
ECTD-PWR38-001	0,208	4,660	7,249	4,614	5,044	7,846	5,044	5,044	4,027	6,264	4,027	4,027	4,965	7,723	4,965	4,965
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,065	12,866	7,935	7,667	12,231	7,667	7,667	6,962	11,106	6,962	6,962	7,886	12,580	7,886	7,886
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,049	12,838	8,024	7,735	12,337	7,735	7,735	6,967	11,112	6,967	6,967	7,905	12,608	7,905	7,905
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,205	3,281	2,159	1,926	2,866	1,926	1,926	1,900	2,827	1,900	1,900	2,156	3,208	2,156	2,156
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,169	3,226	2,159	1,912	2,844	1,912	1,912	1,876	2,791	1,876	1,876	2,132	3,171	2,132	2,132
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,308	1,995	1,306	1,221	1,863	1,221	1,221	1,132	1,728	1,132	1,132	1,296	1,977	1,296	1,296
S/E San Fernando	34,500	20,012	45,405	19,330	26,429	59,964	26,429	26,429	17,325	39,309	17,325	17,325	26,066	59,141	26,066	26,066
TB-UPS-001	0,208	1,911	3,037	1,908	2,008	3,192	2,008	2,008	1,654	2,629	1,654	1,654	1,994	3,169	1,994	1,994

Informe Resumen de la Z de Secuencia

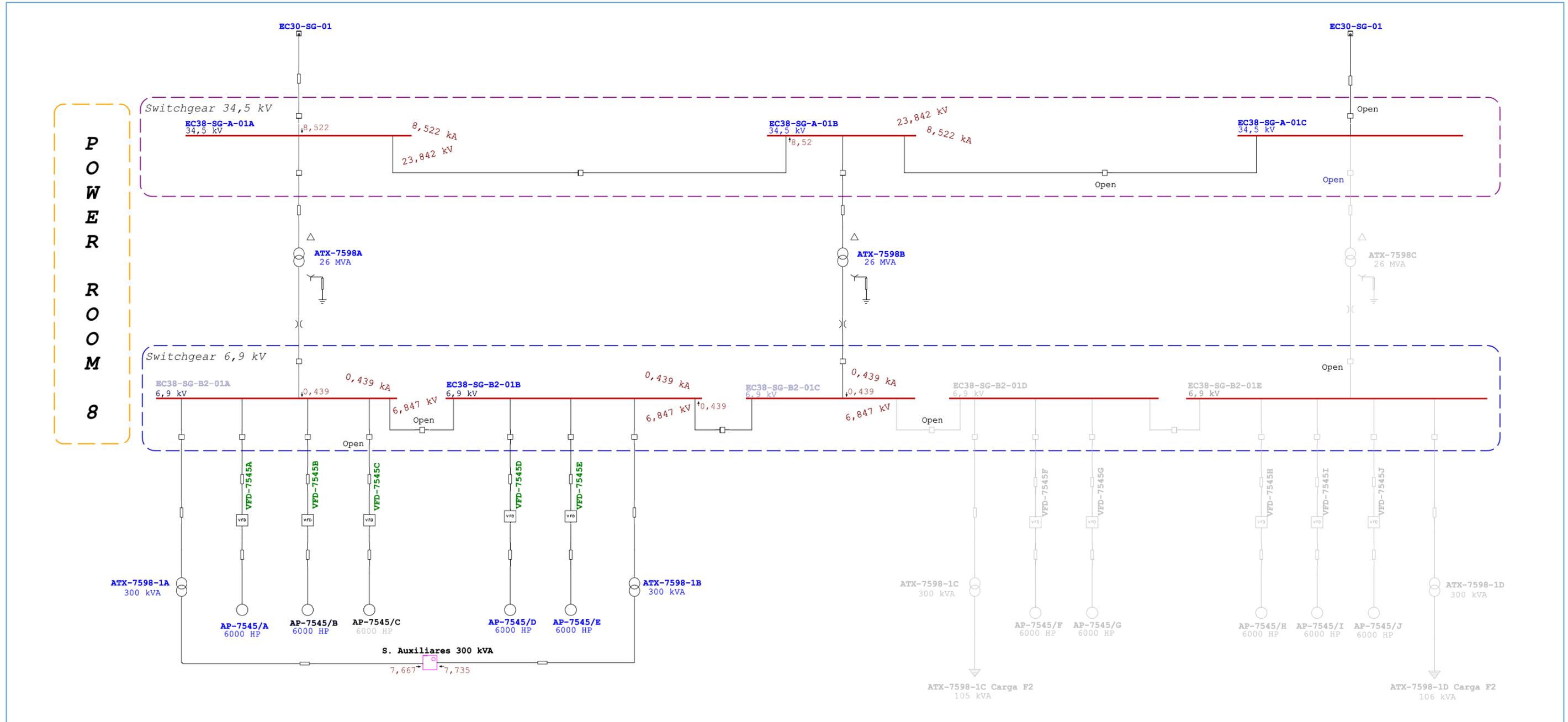
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,3844	1,7194	1,7619	0,3838	1,7216	1,7639	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0205	0,0268	0,0337	0,0210	0,0285	0,0354	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0398	0,0503	0,0642	0,0398	0,0504	0,0642	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0454	0,0183	0,0490	0,0454	0,0184	0,0490	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0160	0,0188	0,0247	0,0160	0,0188	0,0247	0,0130	0,0174	0,0217	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0096	0,0159	0,0186	0,0096	0,0160	0,0187	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0089	0,0147	0,0172	0,0090	0,0153	0,0177	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0089	0,0147	0,0172	0,0090	0,0153	0,0177	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01A	34,500	0,6382	1,8379	1,9456	0,6379	1,8405	1,9479	1,3900	4,3109	4,5294	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0231	0,1688	0,1704	0,0225	0,1698	0,1713	18,0289	0,1711	18,0297	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0231	0,1688	0,1704	0,0225	0,1698	0,1713	18,0289	0,1711	18,0297	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0409	0,0299	0,0506	0,0414	0,0316	0,0521	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0656	0,0258	0,0705	0,0656	0,0259	0,0705	0,0890	0,0295	0,0938	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0298	0,0237	0,0381	0,0298	0,0239	0,0382	0,0537	0,0259	0,0596	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,4010	1,7481	1,7935	0,4004	1,7503	1,7955	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,4012	1,7486	1,7941	0,4006	1,7508	1,7961	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,4012	1,7486	1,7941	0,4006	1,7508	1,7961	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0237	0,2208	0,2220	0,0236	0,2209	0,2221	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0237	0,2209	0,2221	0,0237	0,2210	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,0237	0,2209	0,2221	0,0237	0,2210	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0174	0,0208	0,0271	0,0174	0,0209	0,0272	0,0123	0,0167	0,0208	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0293	0,0363	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0362	0,0214	0,0292	0,0362	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0429	0,0378	0,0572	0,0432	0,0383	0,0578	0,0544	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0437	0,0383	0,0581	0,0438	0,0384	0,0583	0,0544	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0964	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1863	1,0789	1,0949	0,1860	1,0797	1,0956	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0528	0,0660	0,0395	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

**1.3. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN
34.5 kV 1 CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

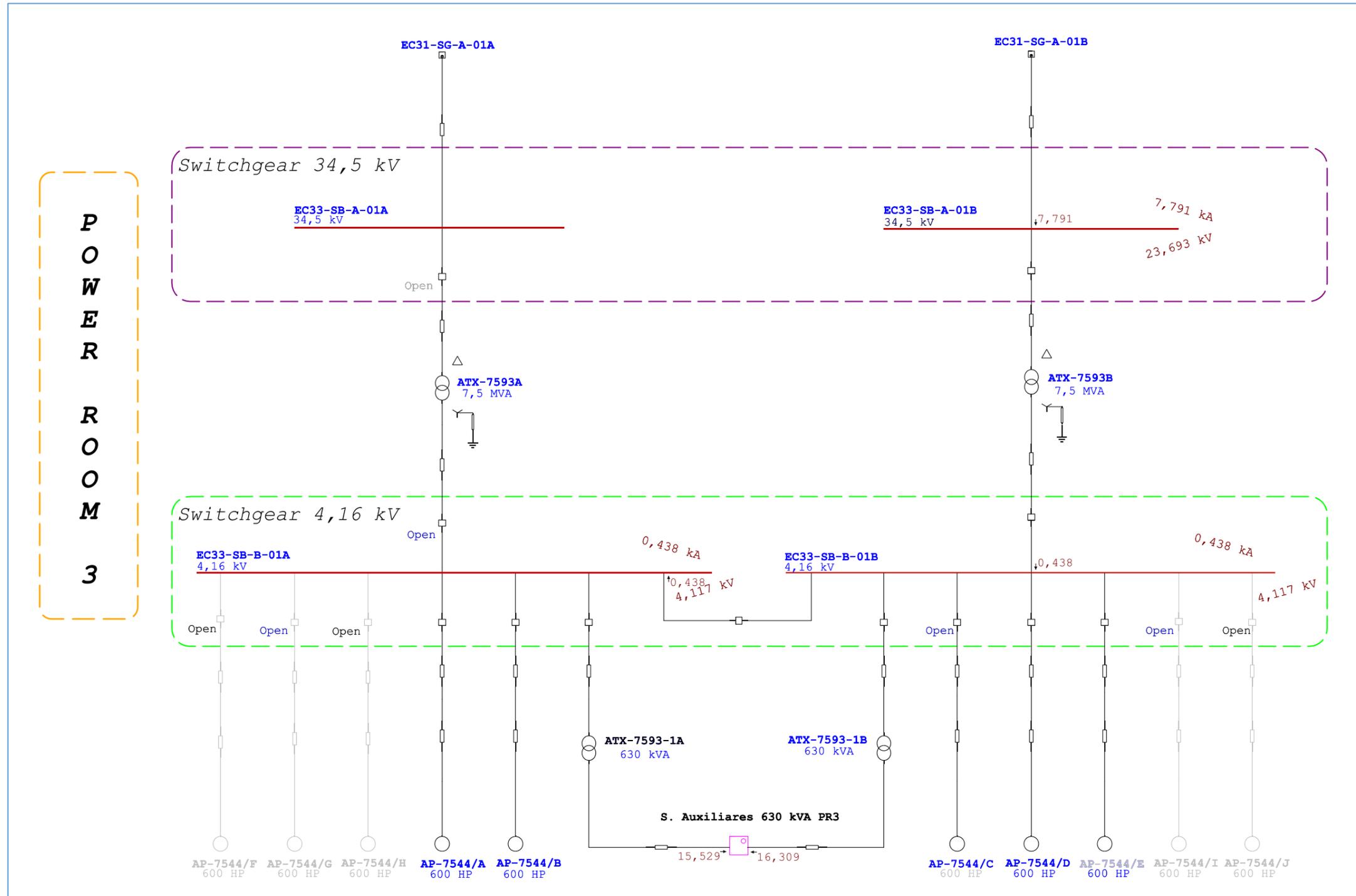
Red 34.5 kV
CDF-EC3



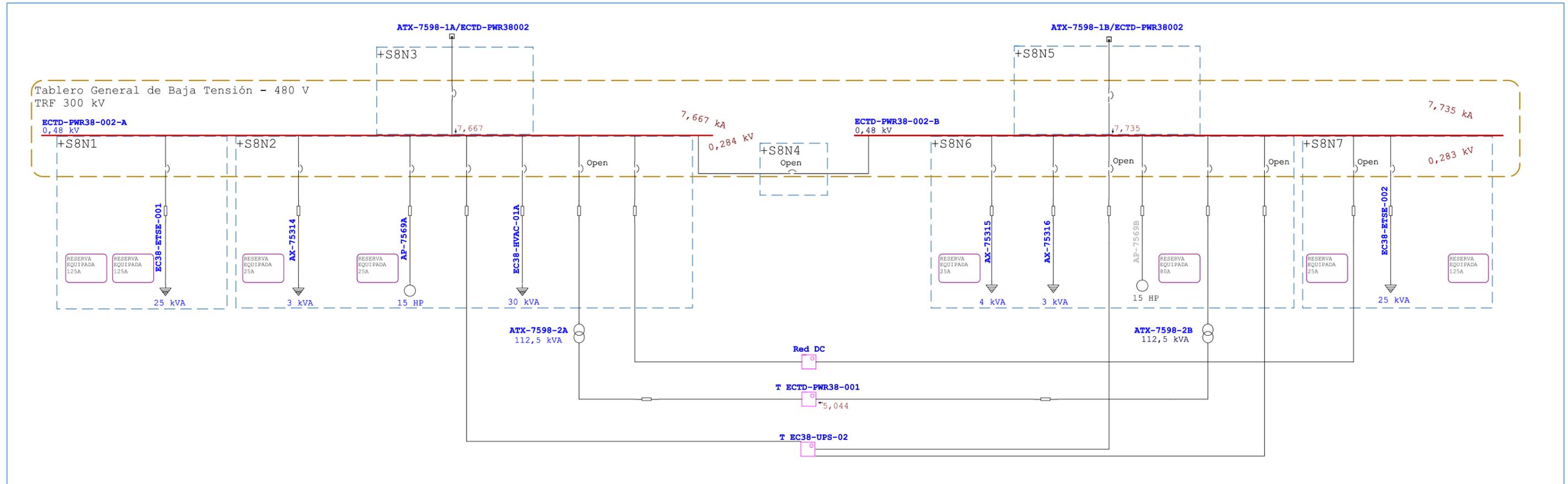
POWER ROOM 8



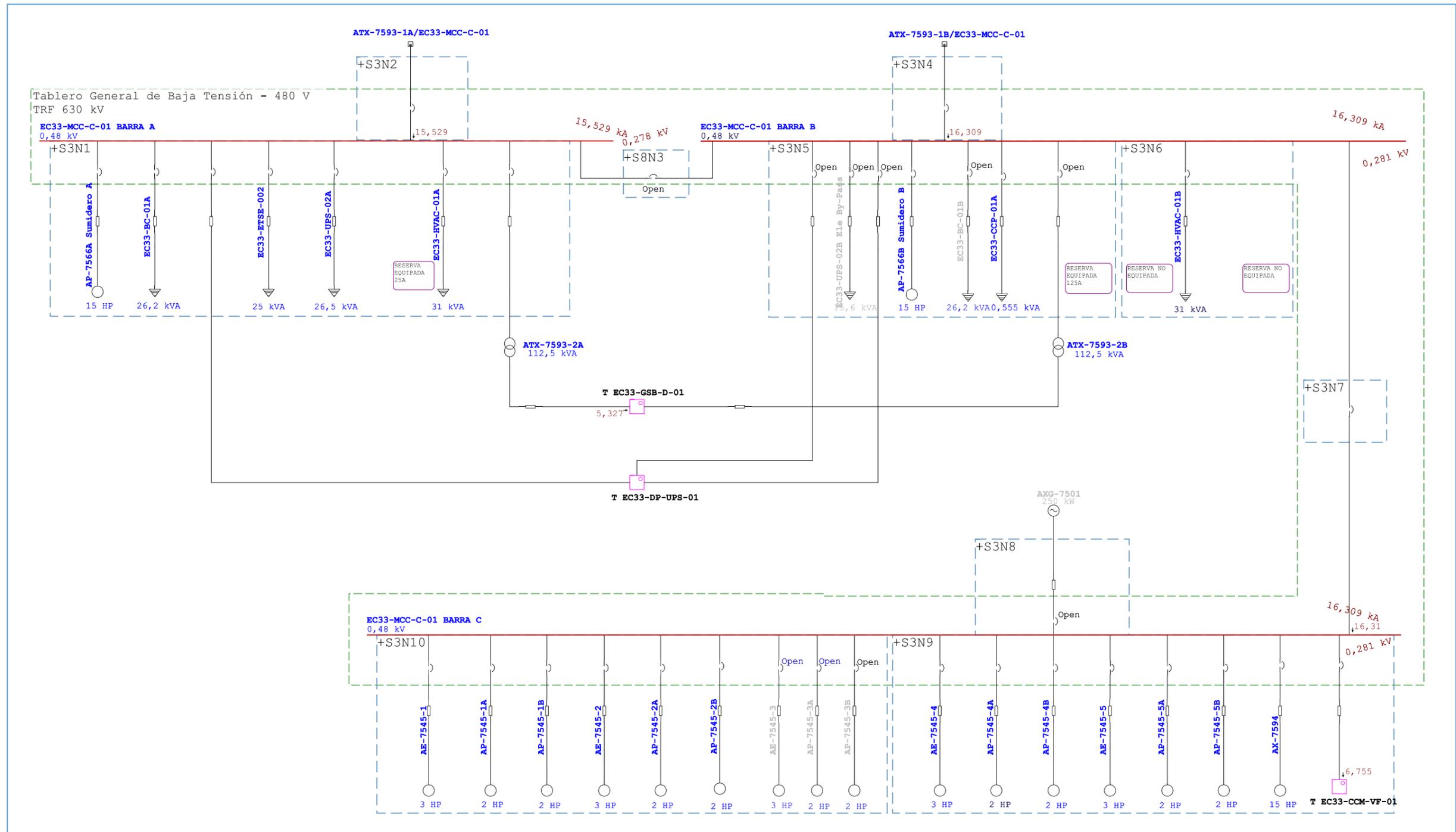
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

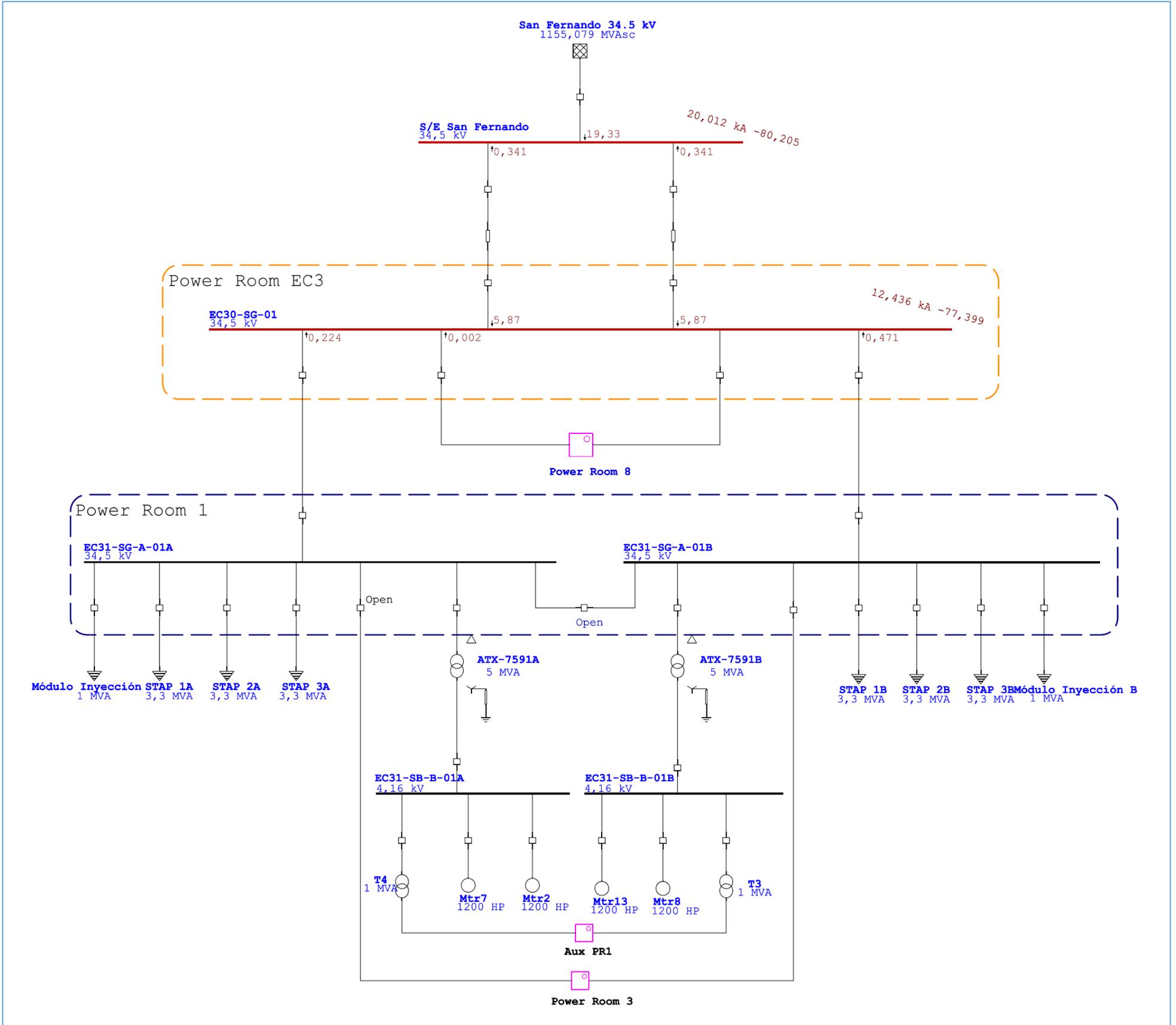


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

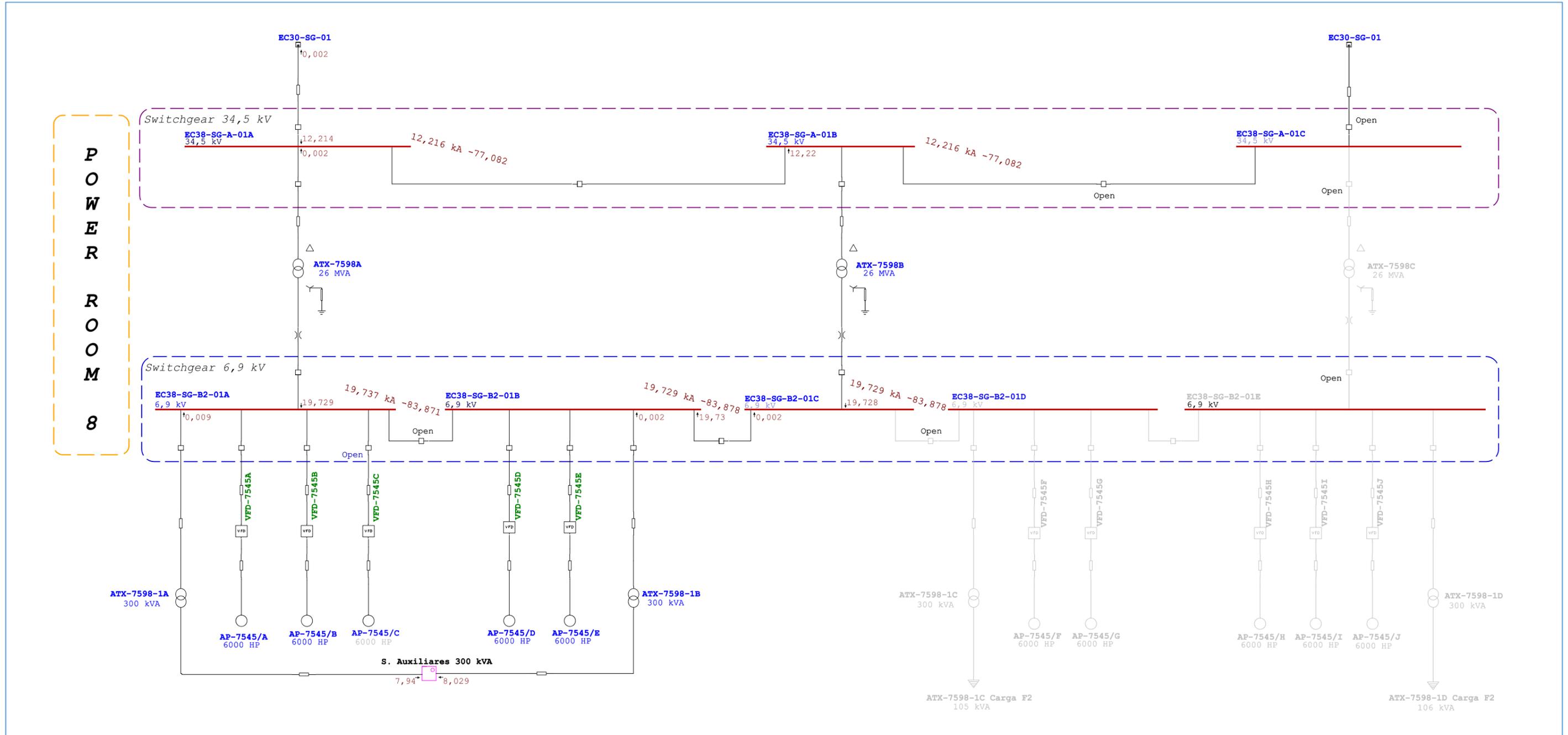


**1.4. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN
34.5 kV 1 CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

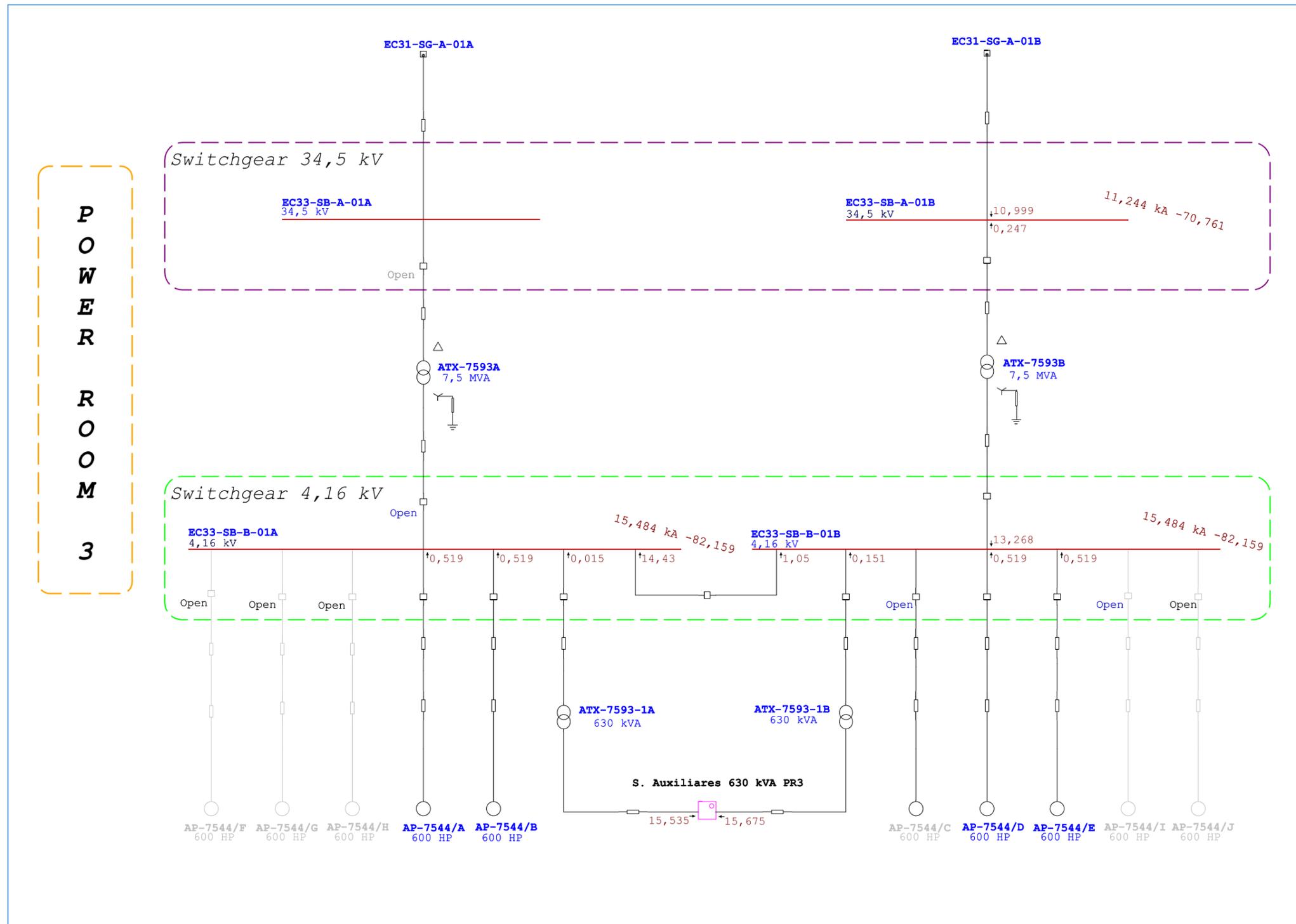
Red 34.5 kV CDF-EC3



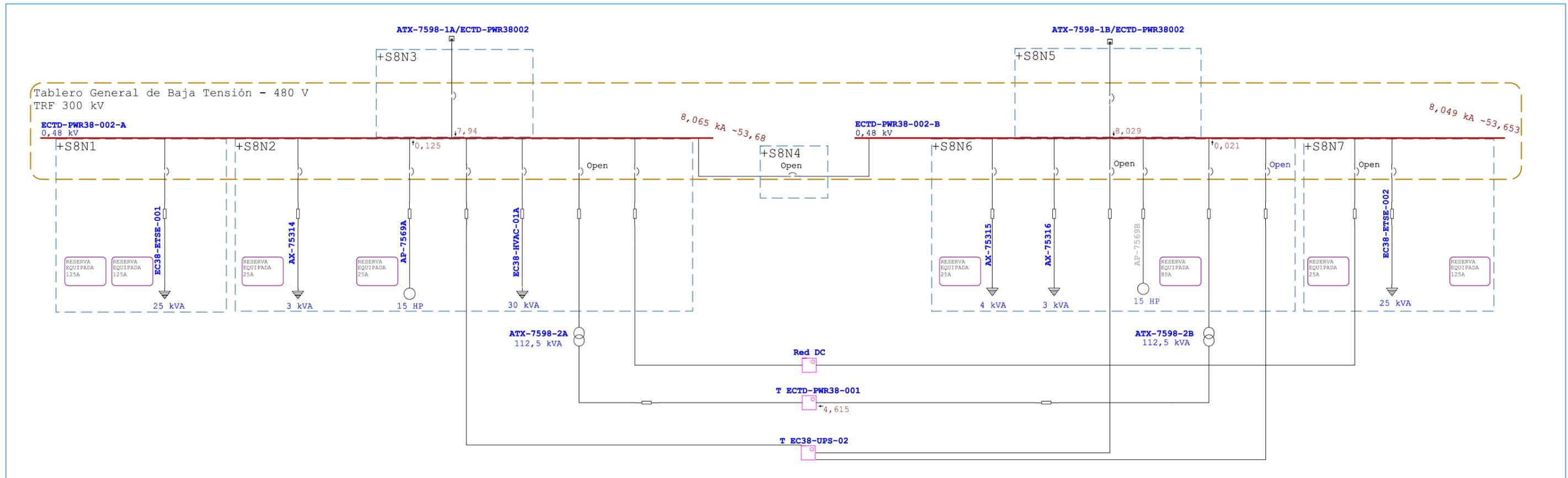
POWER ROOM 8



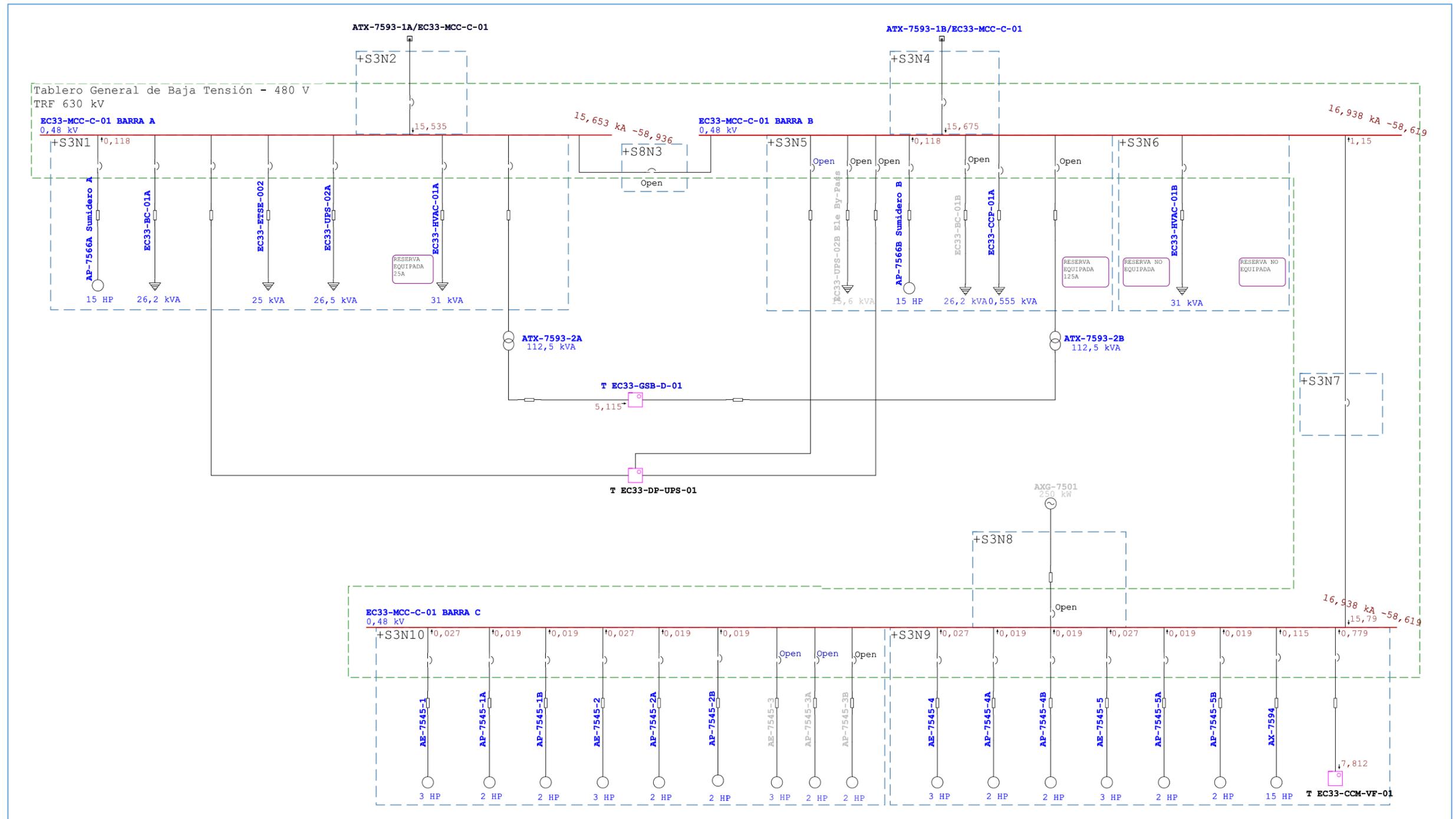
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 2. Resumen: Fase 1 – Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1

Informe Resumen de Cortocircuito

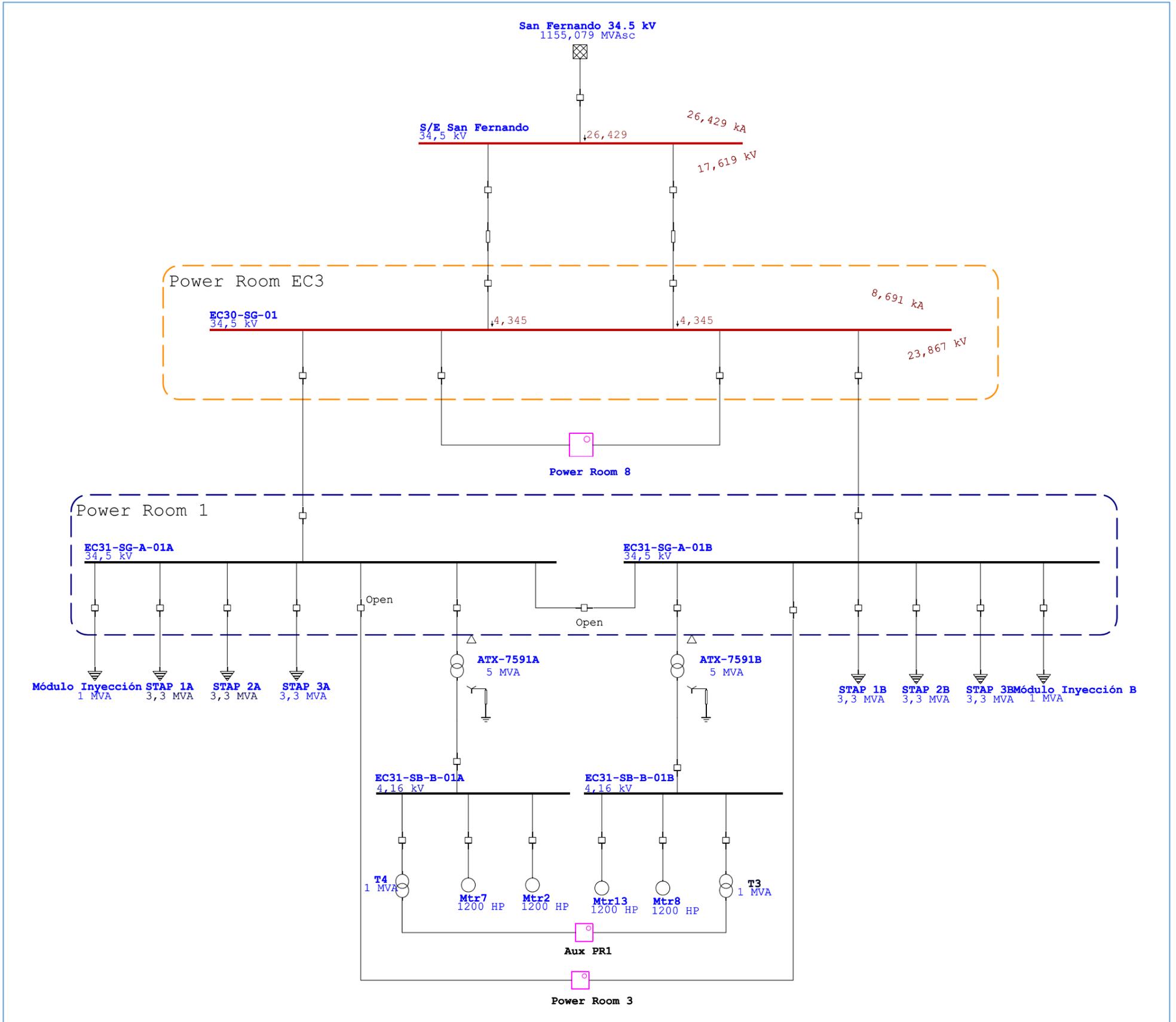
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I" k	ip	lk	I" k	ip	lb	lk	I" k	ip	lb	lk	I" k	ip	lb	lk
EC30-SG-01	34,500	12,436	26,774	11,739	8,691	18,711	8,691	8,691	10,764	23,173	10,764	10,764	11,443	24,637	11,443	11,443
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,632	13,669	7,633	6,755	10,697	6,755	6,755	7,294	11,550	7,294	7,294	8,077	12,790	8,077	8,077
EC33-DP-01	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-02	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-05	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-06	0,208	3,164	4,623	3,158	2,458	3,591	2,458	2,458	2,740	4,004	2,740	2,740	3,061	4,473	3,061	3,061
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,964	3,086	1,961	1,906	2,996	1,906	1,906	1,701	2,673	1,701	1,701	1,972	3,099	1,972	1,972
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,940	8,574	5,907	5,186	7,485	5,186	5,186	5,143	7,423	5,143	5,143	5,731	8,271	5,731	5,731
EC33-GSB-D-01	0,208	5,115	7,934	5,096	5,327	8,264	5,327	5,327	4,429	6,870	4,429	4,429	5,322	8,256	5,322	5,322
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,653	26,152	15,240	15,529	25,944	15,529	15,529	13,533	22,609	13,533	13,533	15,607	26,075	15,607	15,607
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	16,938	28,236	15,384	16,309	27,187	16,309	16,309	14,439	24,070	14,439	14,439	16,695	27,831	16,695	16,695
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	16,938	28,236	15,384	16,309	27,187	16,309	16,309	14,439	24,070	14,439	14,439	16,695	27,831	16,695	16,695
EC33-SB-A-01B	34,500	11,244	21,722	10,631	7,791	15,051	7,791	7,791	9,732	18,800	9,732	9,732	10,229	19,761	10,229	10,229
EC33-SB-B-01A	4,160	15,484	36,720	13,199	0,438	1,039	0,438	0,438	13,375	31,719	13,375	13,375	13,484	31,977	13,484	13,484
EC33-SB-B-01B	4,160	15,484	36,720	13,199	0,438	1,039	0,438	0,438	13,375	31,719	13,375	13,375	13,484	31,977	13,484	13,484
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,745	8,421	5,305	4,607	6,752	4,607	4,607	4,905	7,190	4,905	4,905	5,444	7,979	5,444	5,444
EC38-DP-02	0,208	1,789	2,582	1,784	1,612	2,326	1,612	1,612	1,549	2,235	1,549	1,549	1,741	2,512	1,741	1,741
EC38-DP-TE-01	0,208	3,314	4,887	3,292	2,803	4,133	2,803	2,803	2,866	4,226	2,866	2,866	3,296	4,860	3,296	3,296
EC38-SG-A-01A	34,500	12,216	26,151	11,543	8,522	18,242	8,522	8,522	10,574	22,635	10,574	10,574	11,220	24,017	11,220	11,220
EC38-SG-A-01B	34,500	12,216	26,151	11,543	8,522	18,242	8,522	8,522	10,574	22,635	10,574	10,574	11,220	24,017	11,220	11,220
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,737	48,312	19,351	0,439	1,075	0,439	0,439	17,088	41,829	17,088	17,088	17,198	42,096	17,198	17,198
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,729	48,294	19,350	0,439	1,075	0,439	0,439	17,083	41,816	17,083	17,083	17,192	42,083	17,192	17,192
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,729	48,294	19,350	0,439	1,075	0,439	0,439	17,083	41,816	17,083	17,083	17,192	42,083	17,192	17,192
ECTD-PWR38-001	0,208	4,660	7,249	4,614	5,044	7,846	5,044	5,044	4,027	6,264	4,027	4,027	4,965	7,723	4,965	4,965
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,065	12,866	7,935	7,667	12,231	7,667	7,667	6,962	11,106	6,962	6,962	7,886	12,580	7,886	7,886
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,049	12,838	8,024	7,735	12,337	7,735	7,735	6,967	11,112	6,967	6,967	7,905	12,608	7,905	7,905
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,205	3,281	2,159	1,926	2,866	1,926	1,926	1,900	2,827	1,900	1,900	2,156	3,208	2,156	2,156
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,169	3,226	2,159	1,912	2,844	1,912	1,912	1,876	2,791	1,876	1,876	2,132	3,171	2,132	2,132
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,308	1,995	1,306	1,221	1,863	1,221	1,221	1,132	1,728	1,132	1,132	1,296	1,977	1,296	1,296
S/E San Fernando	34,500	20,012	45,405	19,330	26,429	59,964	26,429	26,429	17,325	39,309	17,325	17,325	26,066	59,141	26,066	26,066
TB-UPS-001	0,208	1,911	3,037	1,908	2,008	3,192	2,008	2,008	1,654	2,629	1,654	1,654	1,994	3,169	1,994	1,994

Informe Resumen de la Z de Secuencia

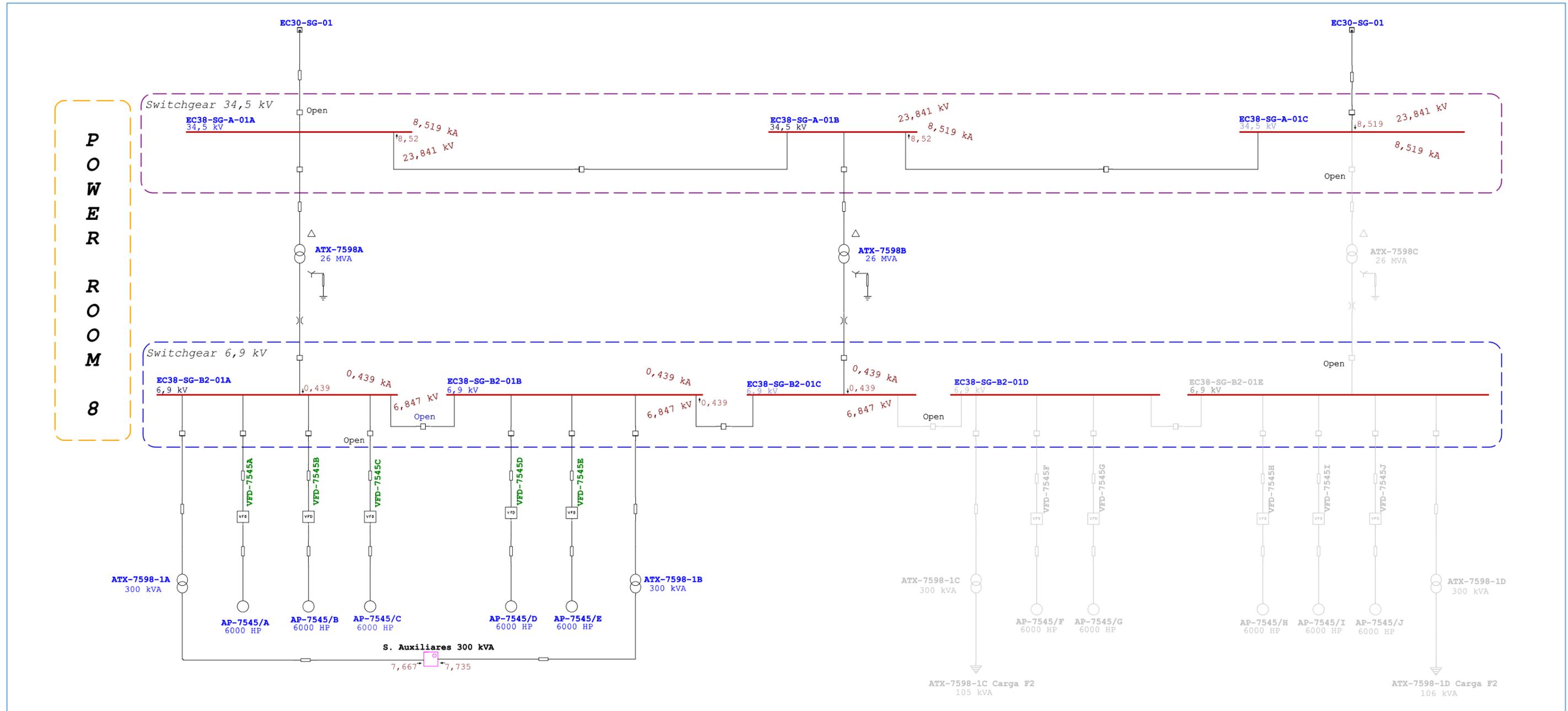
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Z	Resistencia	Reactancia	Z	Resistencia	Reactancia	Z	Resistencia	Reactancia	Z
EC30-SG-01	34,500	0,3844	1,7194	1,7619	0,3838	1,7216	1,7639	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0205	0,0268	0,0337	0,0210	0,0285	0,0354	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0327	0,0228	0,0399	0,0327	0,0228	0,0399	0,0688	0,0298	0,0750	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0398	0,0503	0,0642	0,0398	0,0504	0,0642	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0454	0,0183	0,0490	0,0454	0,0184	0,0490	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0160	0,0188	0,0247	0,0160	0,0188	0,0247	0,0130	0,0174	0,0217	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0096	0,0159	0,0186	0,0096	0,0160	0,0187	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0089	0,0147	0,0172	0,0090	0,0153	0,0177	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0089	0,0147	0,0172	0,0090	0,0153	0,0177	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,6421	1,8397	1,9486	0,6418	1,8423	1,9509	1,4021	4,3155	4,5375	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0233	0,1690	0,1706	0,0227	0,1700	0,1715	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0233	0,1690	0,1706	0,0227	0,1700	0,1715	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0409	0,0299	0,0507	0,0414	0,0316	0,0521	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0656	0,0258	0,0705	0,0656	0,0259	0,0705	0,0890	0,0295	0,0938	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0298	0,0237	0,0381	0,0298	0,0239	0,0382	0,0537	0,0259	0,0596	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,4010	1,7481	1,7935	0,4004	1,7503	1,7955	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,4010	1,7481	1,7935	0,4004	1,7503	1,7955	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0237	0,2208	0,2220	0,0236	0,2209	0,2221	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0237	0,2208	0,2221	0,0237	0,2209	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,0237	0,2208	0,2221	0,0237	0,2209	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0174	0,0208	0,0271	0,0174	0,0209	0,0272	0,0123	0,0167	0,0208	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0293	0,0363	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0362	0,0214	0,0292	0,0362	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0429	0,0378	0,0572	0,0432	0,0383	0,0578	0,0544	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0437	0,0383	0,0581	0,0438	0,0384	0,0583	0,0544	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0964	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1863	1,0789	1,0949	0,1860	1,0797	1,0956	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0528	0,0660	0,0395	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

**1.5. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN
34.5 KV 2 CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

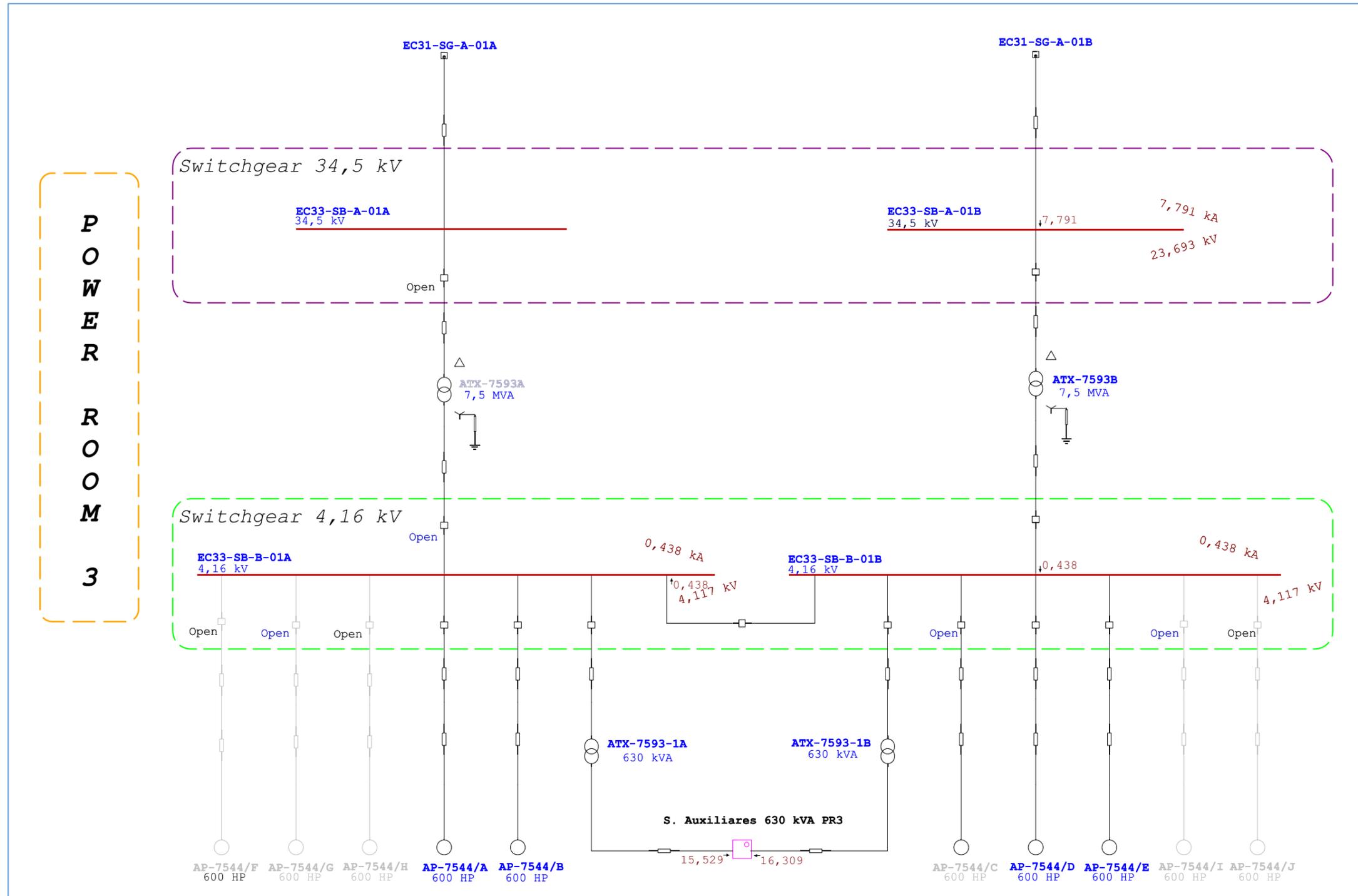
Red 34.5 kV CDF-EC3



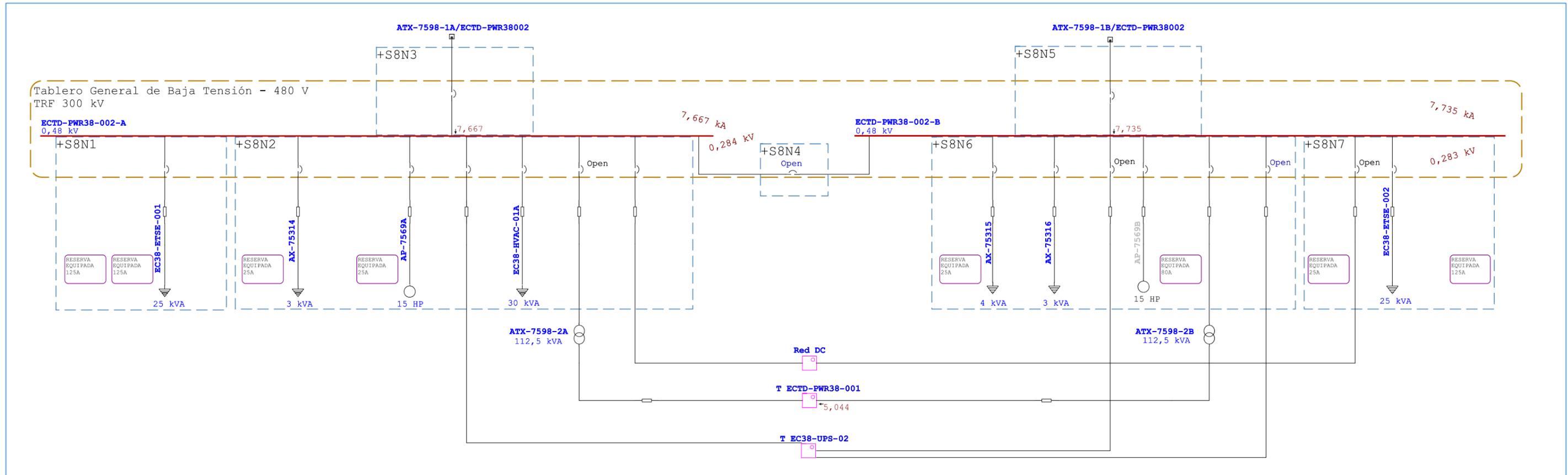
POWER ROOM 8



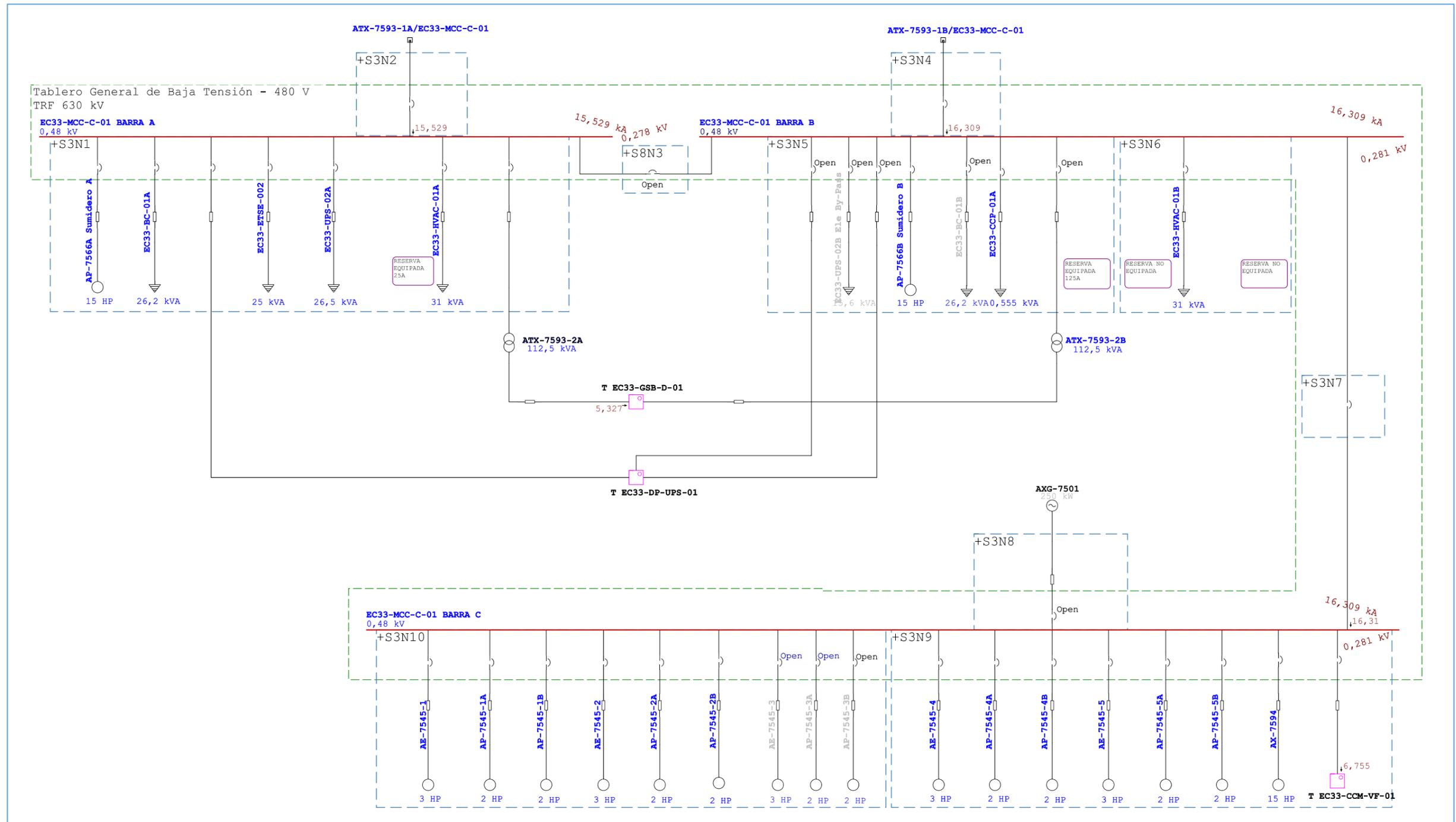
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

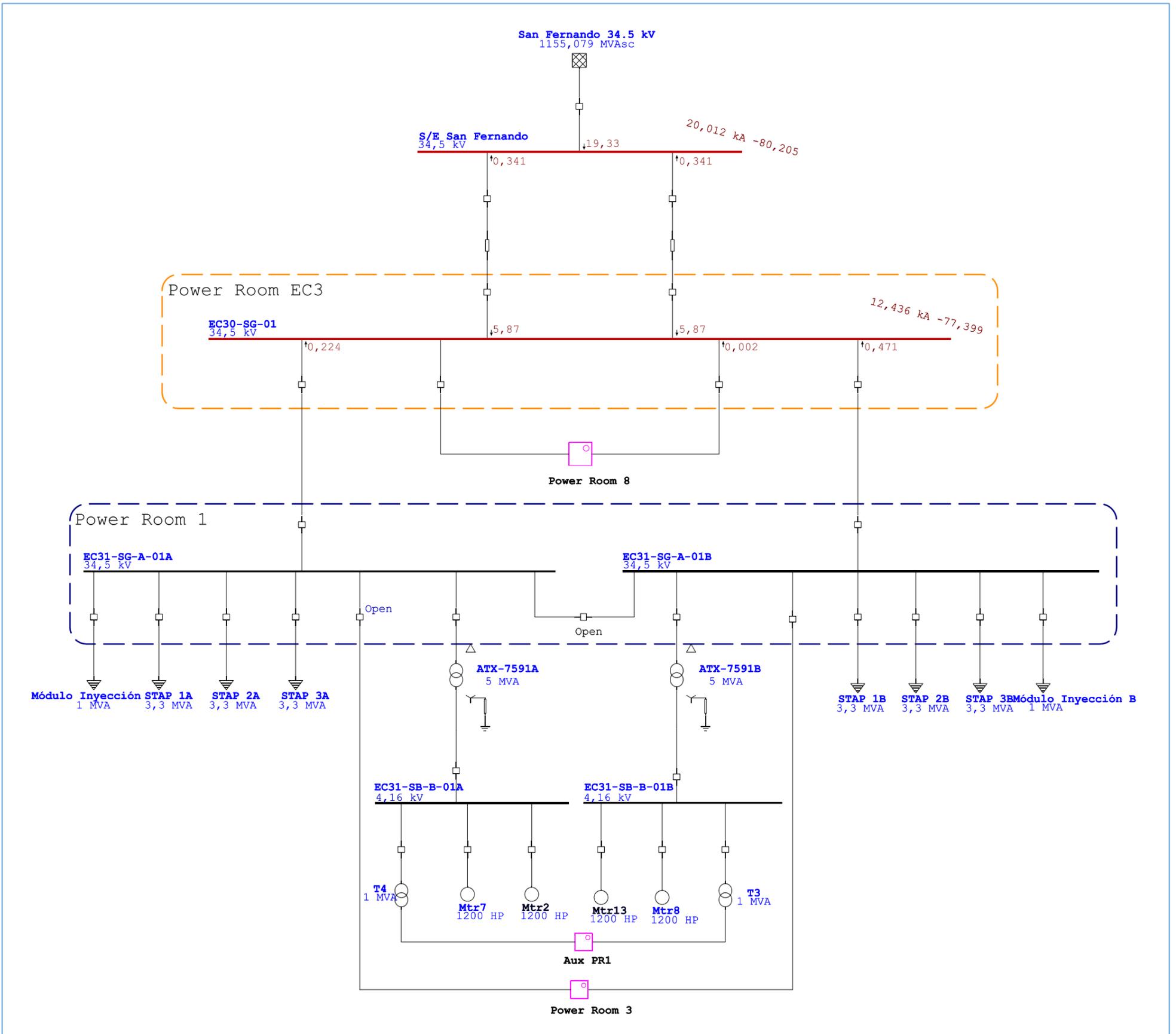


POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01

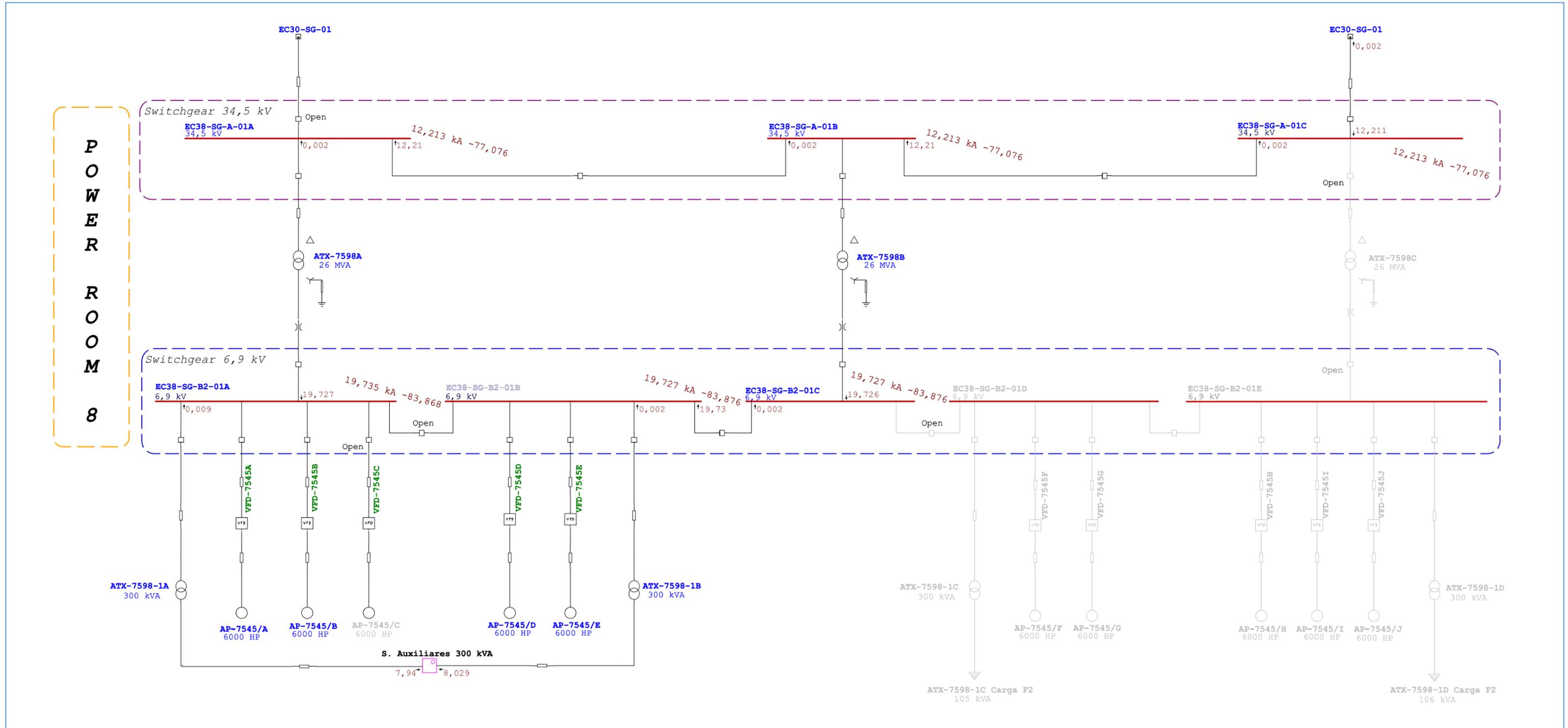


**1.6. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN
34.5 kV 2 CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

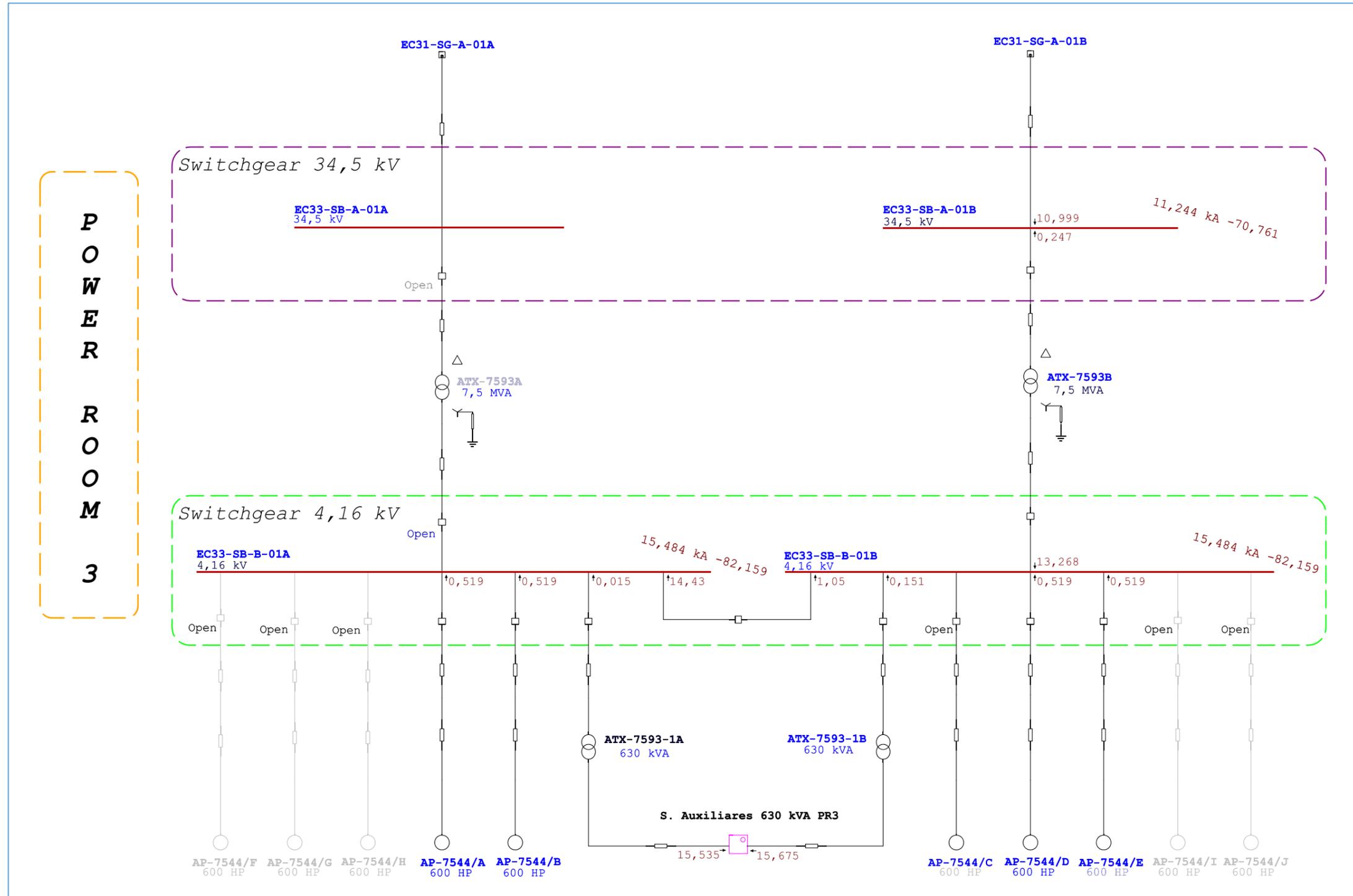
Red 34.5 kV CDF-EC3



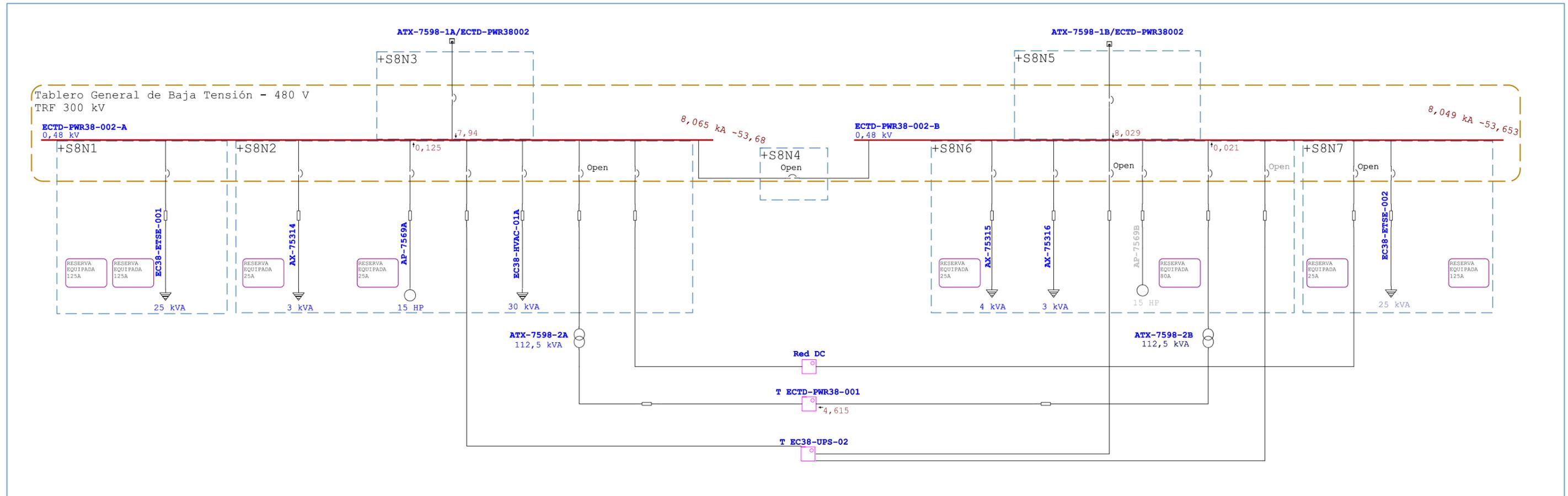
POWER ROOM 8



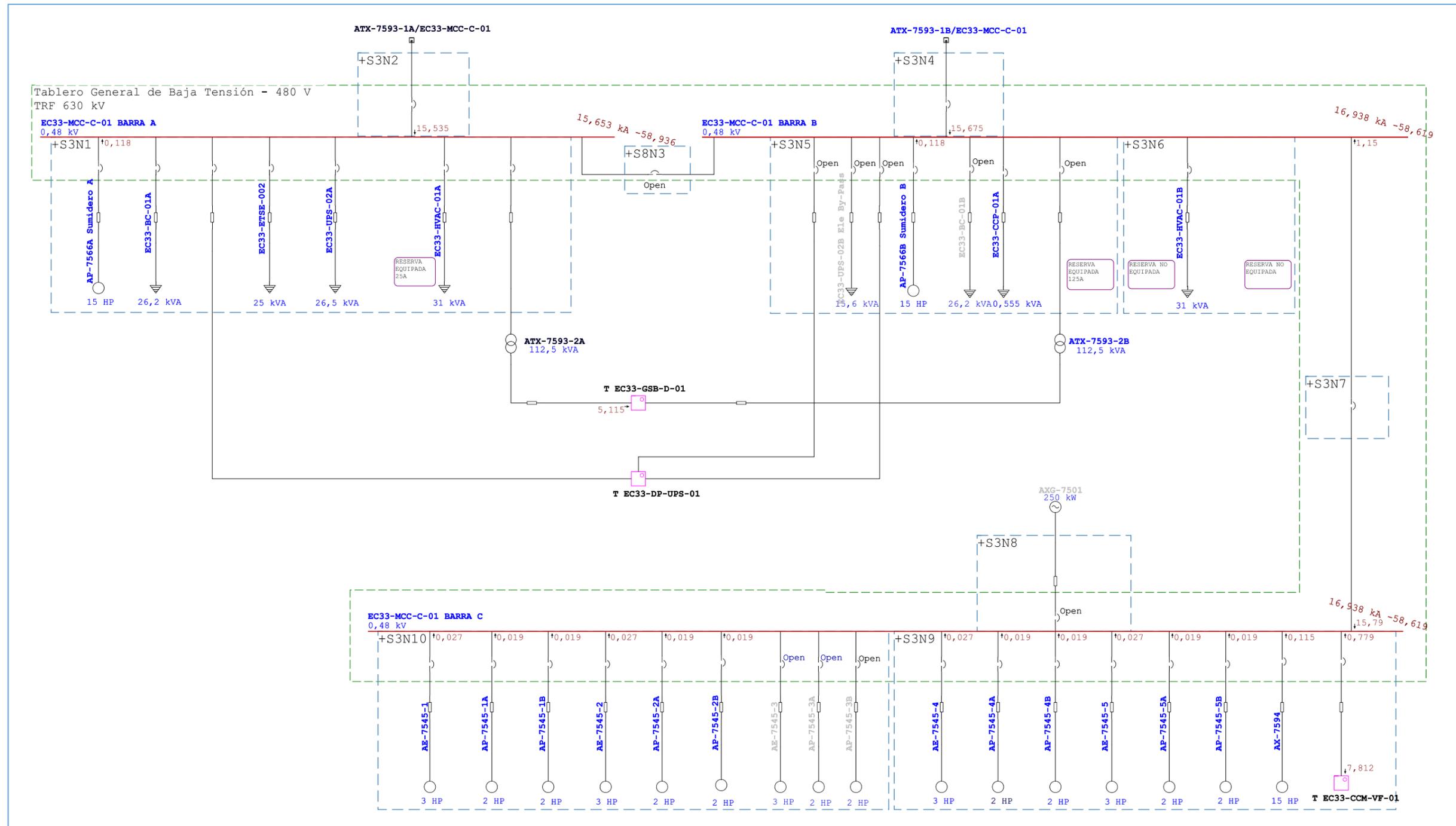
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01



Tablas 3. Resumen: Fase 1 – Disponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2

Informe Resumen de Cortocircuito

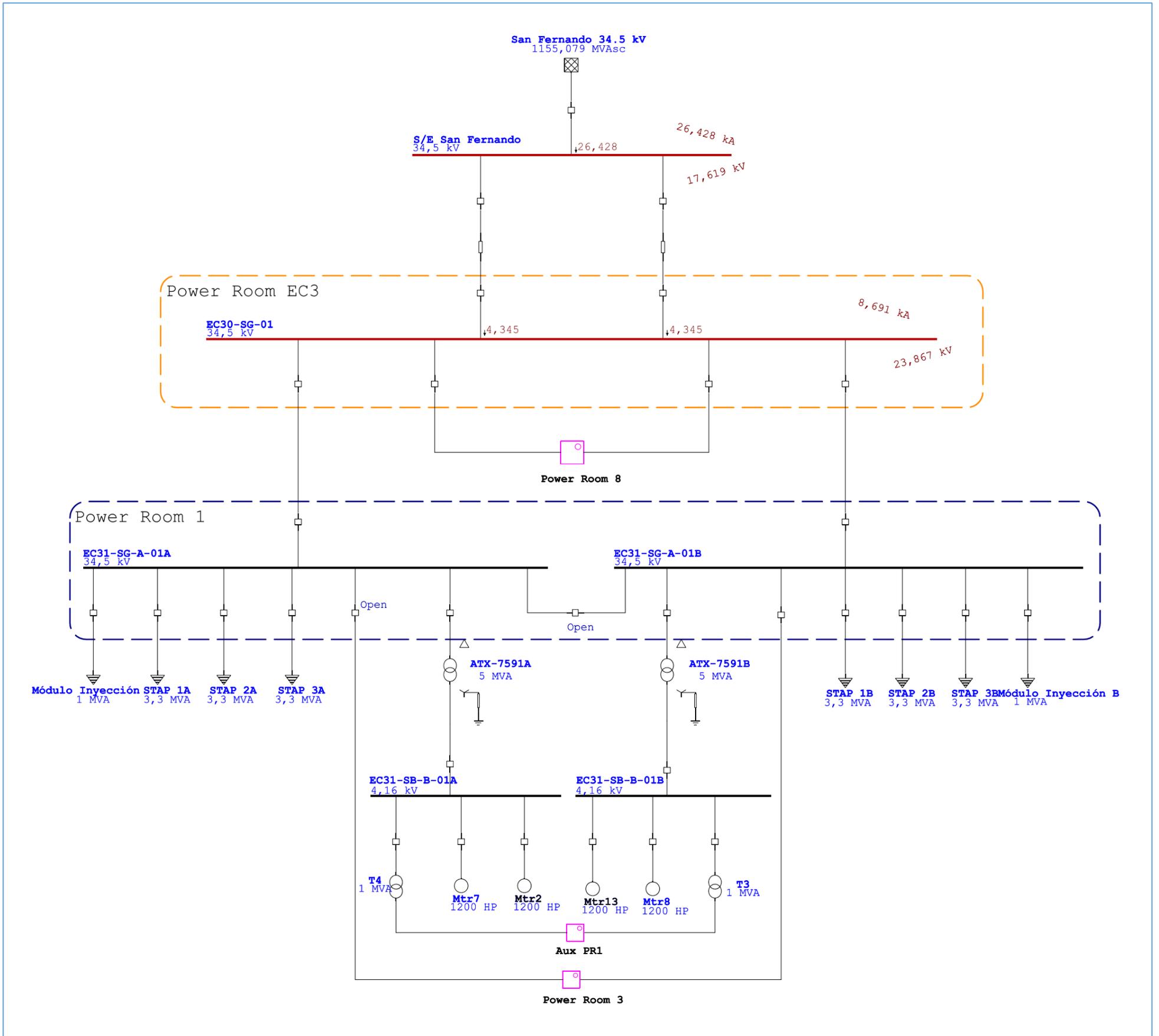
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	l"k	ip	lk	l"k	ip	lb	lk	l"k	ip	lb	lk	l"k	ip	lb	lk
EC30-SG-01	34,500	12,44	26,77	11,74	8,69	18,71	8,69	8,69	10,76	23,17	10,76	10,76	11,44	24,64	11,44	11,44
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,58	13,59	7,63	6,74	10,67	6,74	6,74	7,26	11,50	7,26	7,26	8,04	12,74	8,04	8,04
EC33-DP-01	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,74	4,01	2,74	2,74	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-02	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,74	4,01	2,74	2,74	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-05	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,74	4,01	2,74	2,74	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-06	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,74	4,01	2,74	2,74	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,96	3,09	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,70	2,67	1,70	1,70	1,97	3,10	1,97	1,97
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,94	8,57	5,91	5,19	7,48	5,19	5,19	5,14	7,42	5,14	5,14	5,73	8,27	5,73	5,73
EC33-GSB-D-01	0,208	5,13	7,95	5,11	5,34	8,29	5,34	5,34	4,44	6,89	4,44	4,44	5,34	8,28	5,34	5,34
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,65	26,13	15,24	15,53	25,93	15,52	15,52	13,52	22,59	13,52	13,52	15,60	26,06	15,60	15,60
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	16,94	28,07	15,38	16,31	27,11	16,31	16,25	14,36	23,96	14,36	14,36	16,61	27,71	16,61	16,61
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	16,94	28,07	15,38	16,31	27,11	16,31	16,25	14,36	23,96	14,36	14,36	16,61	27,71	16,61	16,61
EC33-SB-A-01B	34,500	11,24	21,72	10,63	7,79	15,05	7,79	7,79	9,73	18,80	9,73	9,73	10,23	19,76	10,23	10,23
EC33-SB-B-01A	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,48	31,96	13,48	13,48
EC33-SB-B-01B	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,48	31,96	13,48	13,48
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,72	8,39	5,31	4,60	6,74	4,60	4,60	4,89	7,17	4,89	4,89	5,43	7,96	5,43	5,43
EC38-DP-02	0,208	1,79	2,58	1,79	1,61	2,33	1,61	1,61	1,55	2,24	1,55	1,55	1,74	2,51	1,74	1,74
EC38-DP-TE-01	0,208	3,32	4,89	3,30	2,81	4,14	2,81	2,81	2,87	4,23	2,87	2,87	3,30	4,87	3,30	3,30
EC38-SG-A-01A	34,500	12,21	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-A-01B	34,500	12,21	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-A-01C	34,500	12,21	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,74	48,30	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,09	41,82	17,09	17,09	17,19	42,09	17,19	17,19
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,74	48,29	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,08	41,81	17,08	17,08	17,19	42,08	17,19	17,19
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,74	48,29	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,08	41,81	17,08	17,08	17,19	42,08	17,19	17,19
ECTD-PWR38-001	0,208	4,67	7,27	4,63	5,06	7,87	5,06	5,06	4,04	6,28	4,04	4,04	4,98	7,74	4,98	4,98
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,07	12,83	7,94	7,67	12,21	7,66	7,66	6,95	11,08	6,95	6,95	7,87	12,55	7,87	7,87
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,05	12,84	8,02	7,74	12,34	7,73	7,73	6,97	11,11	6,97	6,97	7,90	12,61	7,90	7,90
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,21	3,28	2,16	1,93	2,87	1,93	1,93	1,90	2,83	1,90	1,90	2,16	3,21	2,16	2,16
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,17	3,23	2,16	1,91	2,85	1,91	1,91	1,88	2,79	1,88	1,88	2,13	3,17	2,13	2,13
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	1,99	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,01	45,40	19,33	26,43	59,96	26,43	26,43	17,32	39,31	17,32	17,32	26,06	59,14	26,06	26,06
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

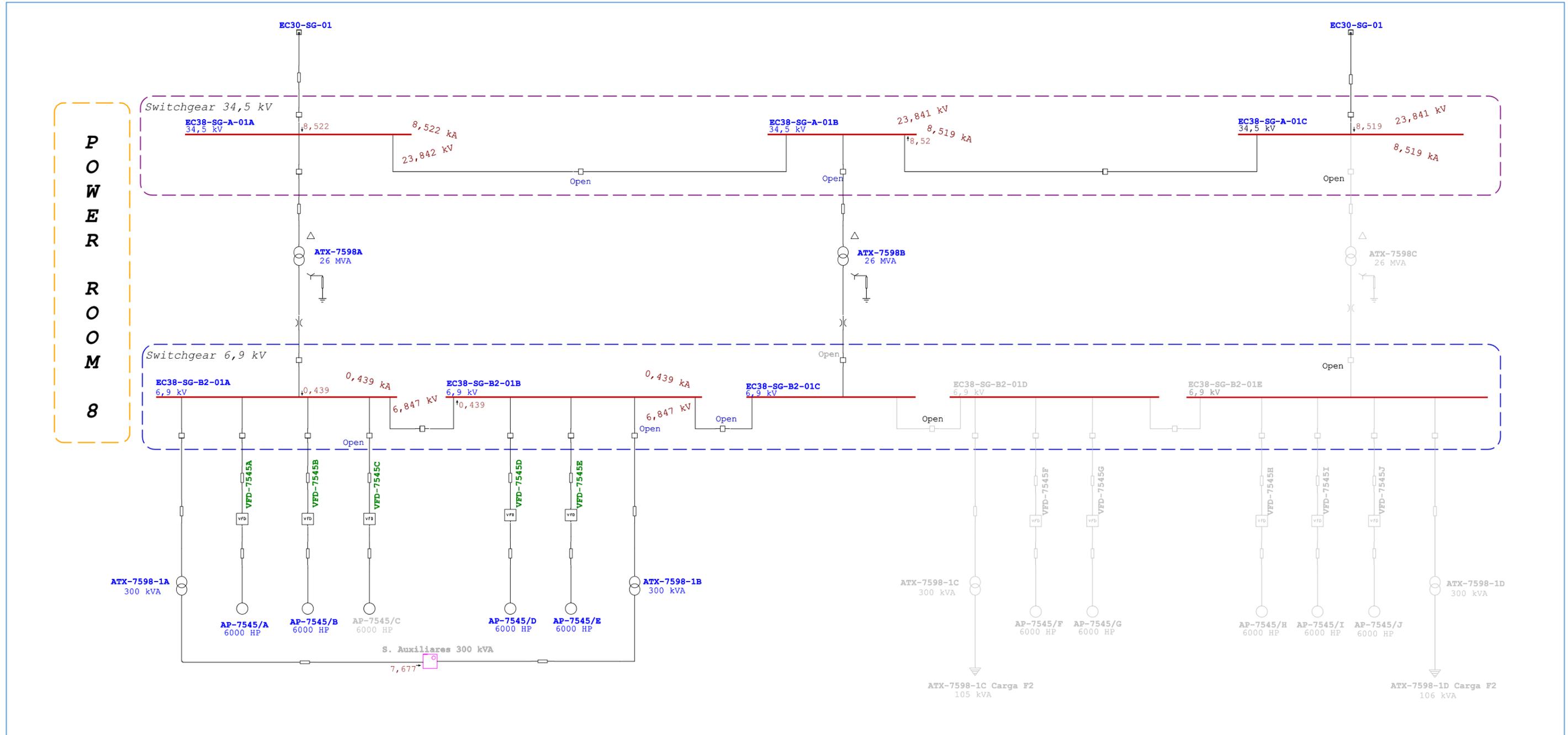
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,3843	1,7197	1,7621	0,3838	1,7218	1,7641	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0206	0,0270	0,0339	0,0211	0,0286	0,0355	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0228	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0228	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0228	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0228	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0398	0,0504	0,0642	0,0398	0,0504	0,0642	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0454	0,0183	0,0490	0,0454	0,0184	0,0490	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0159	0,0187	0,0246	0,0159	0,0188	0,0246	0,0129	0,0174	0,0217	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0096	0,0159	0,0186	0,0096	0,0160	0,0187	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0090	0,0148	0,0173	0,0090	0,0153	0,0178	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0090	0,0148	0,0173	0,0090	0,0153	0,0178	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,6421	1,8400	1,9488	0,6418	1,8425	1,9511	1,4021	4,3155	4,5375	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0232	0,1692	0,1708	0,0227	0,1701	0,1716	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0232	0,1692	0,1708	0,0227	0,1701	0,1716	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0410	0,0301	0,0508	0,0415	0,0317	0,0522	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0655	0,0257	0,0704	0,0656	0,0259	0,0705	0,0890	0,0294	0,0937	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0297	0,0237	0,0380	0,0297	0,0238	0,0381	0,0536	0,0259	0,0596	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,4012	1,7489	1,7943	0,4007	1,7510	1,7962	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,4012	1,7489	1,7943	0,4007	1,7510	1,7962	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,4012	1,7489	1,7943	0,4007	1,7510	1,7962	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0237	0,2208	0,2221	0,0237	0,2209	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0237	0,2209	0,2221	0,0237	0,2210	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,0237	0,2209	0,2221	0,0237	0,2210	0,2222	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0173	0,0207	0,0270	0,0173	0,0208	0,0271	0,0123	0,0167	0,0207	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0292	0,0362	0,0215	0,0294	0,0364	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0362	0,0214	0,0292	0,0362	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0429	0,0377	0,0571	0,0432	0,0383	0,0577	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0437	0,0383	0,0581	0,0437	0,0384	0,0582	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0965	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1862	1,0790	1,0950	0,1860	1,0798	1,0957	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0529	0,0660	0,0396	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

**1.7. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES ATX-7598B
Y/O ATX-7593A
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

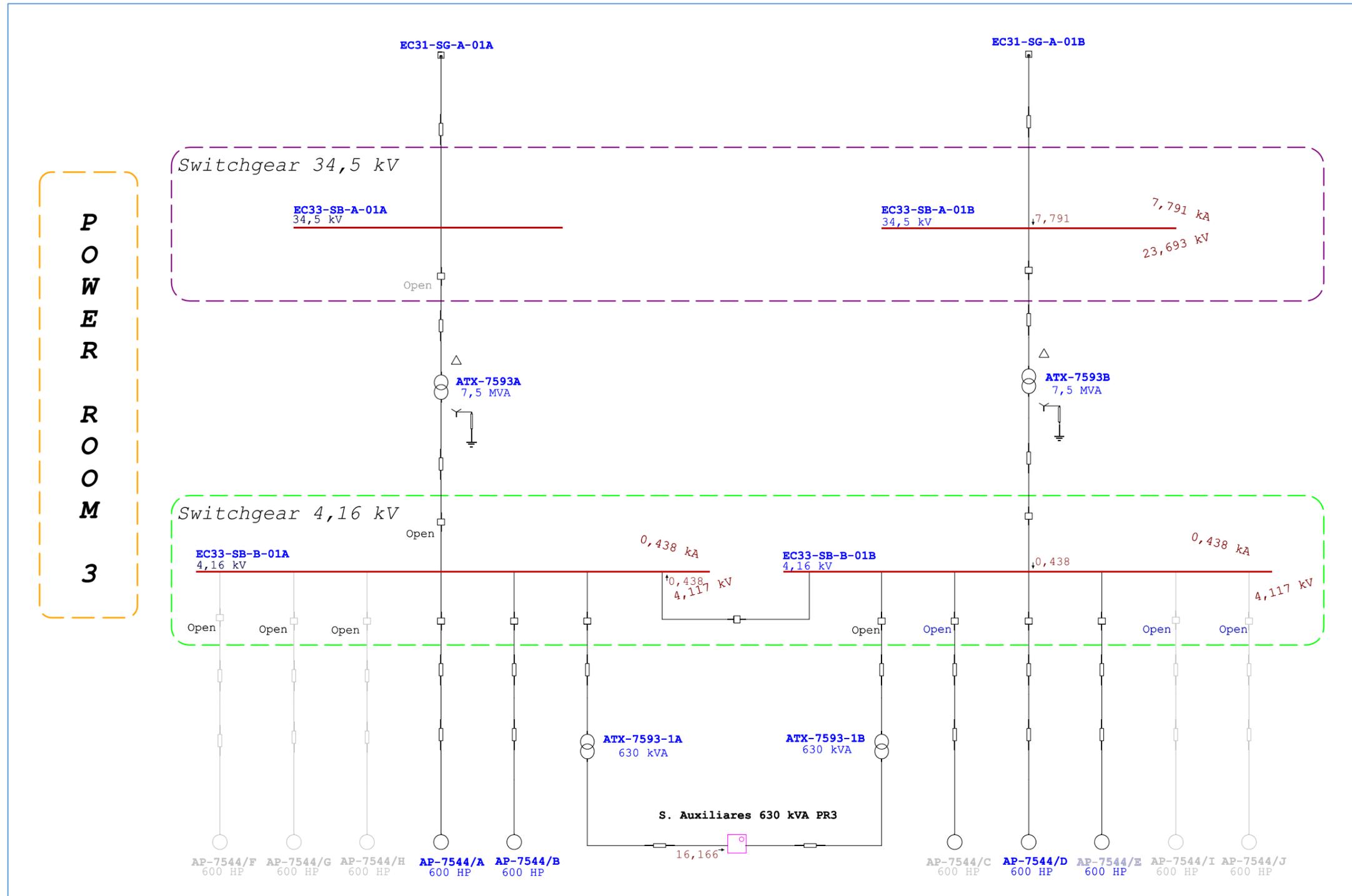
Red 34.5 kV CDF-EC3



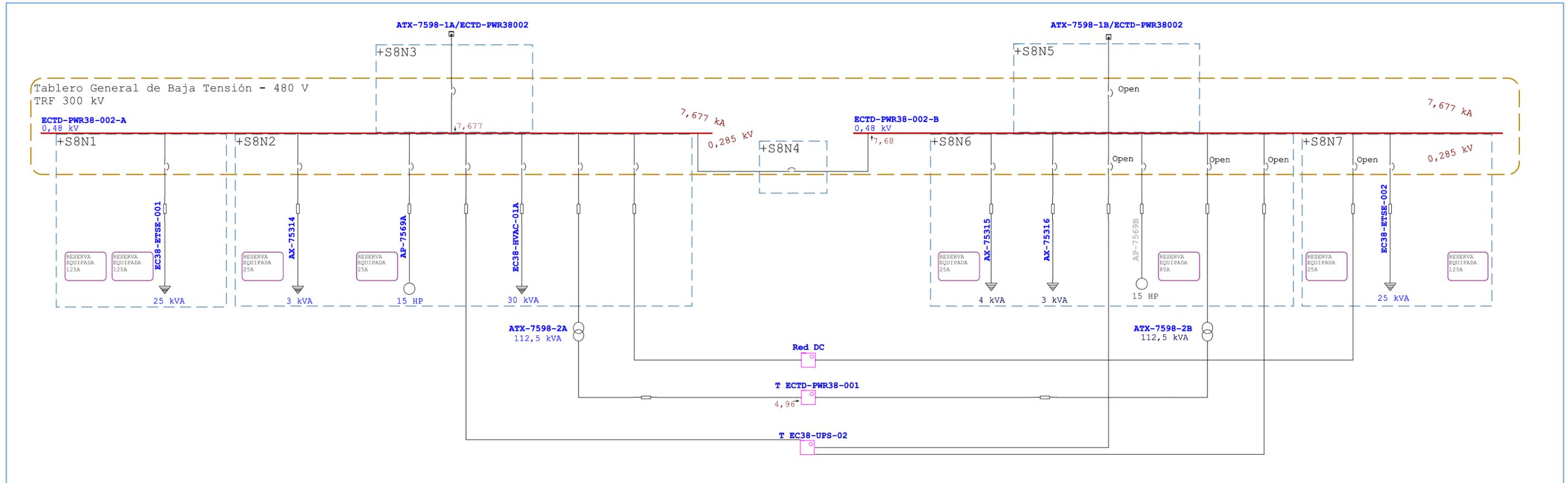
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

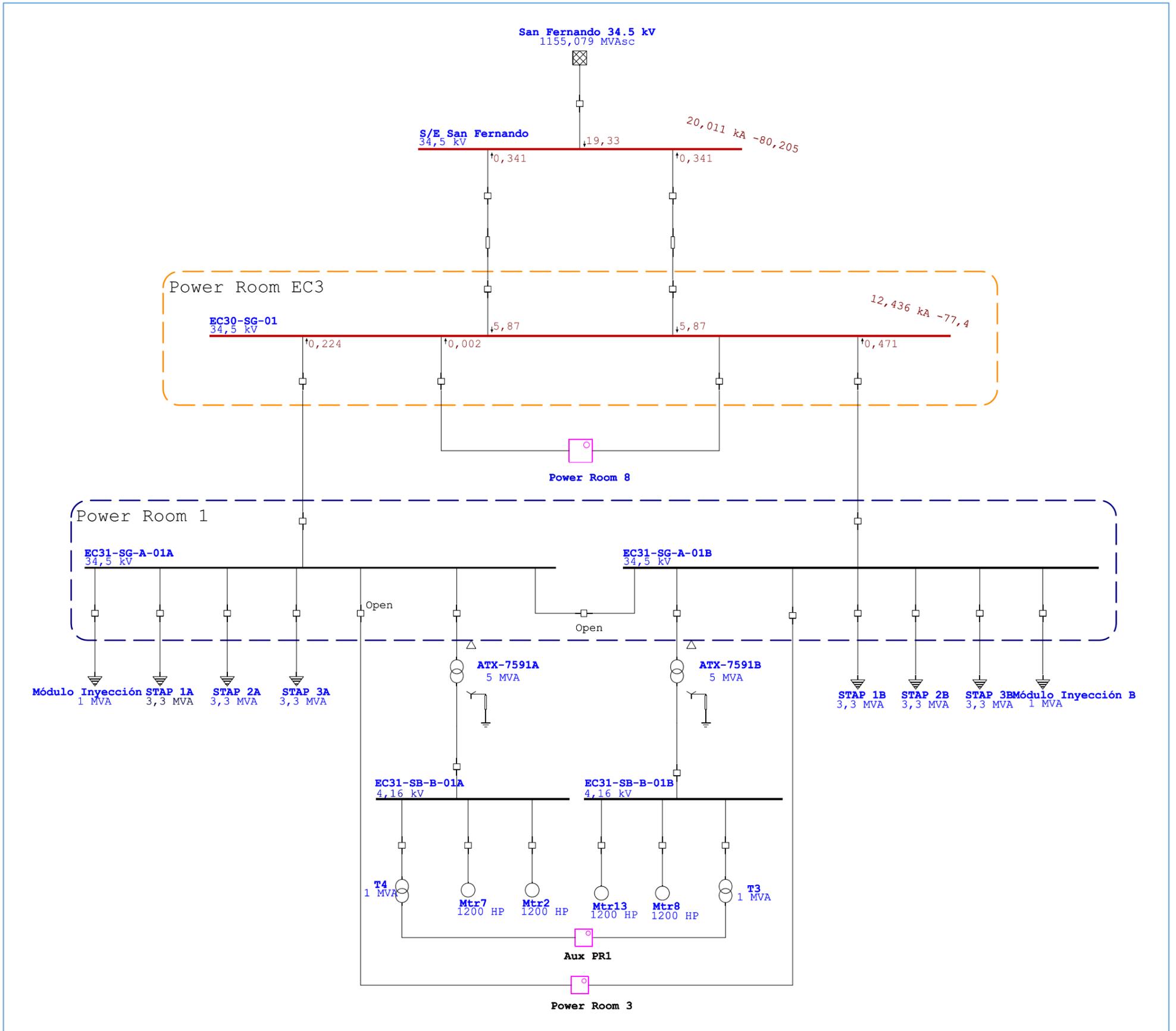


POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

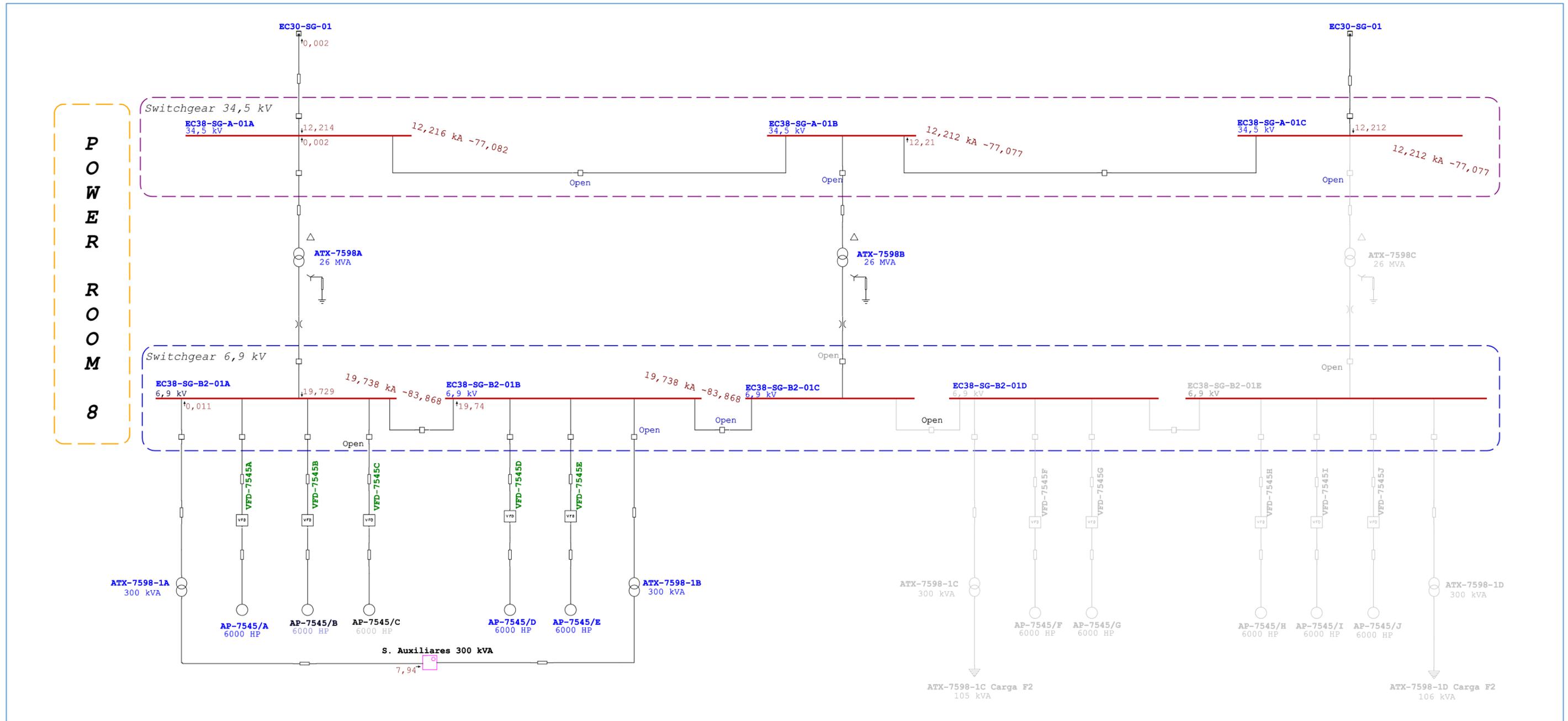


**1.8. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES
ATX-7598B Y/O ATX-7593A CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

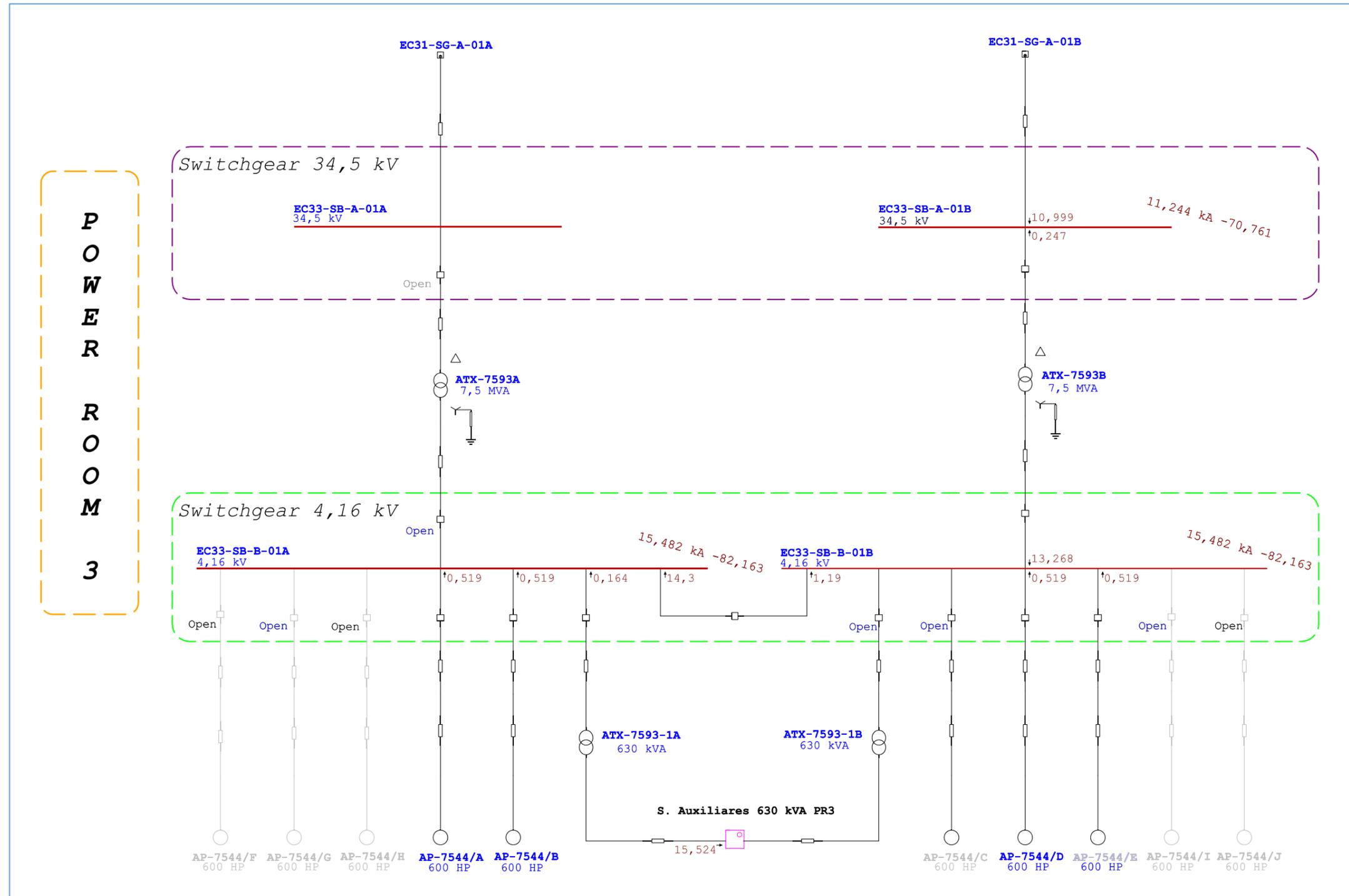
Red 34.5 kV
CDF-EC3



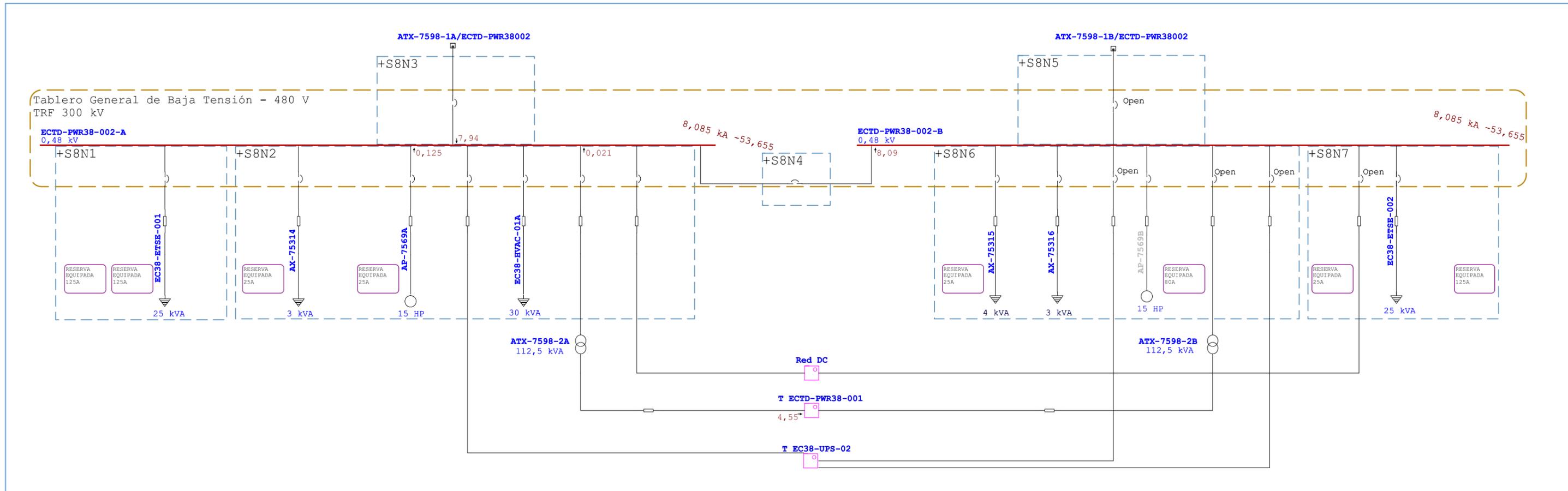
POWER ROOM 8



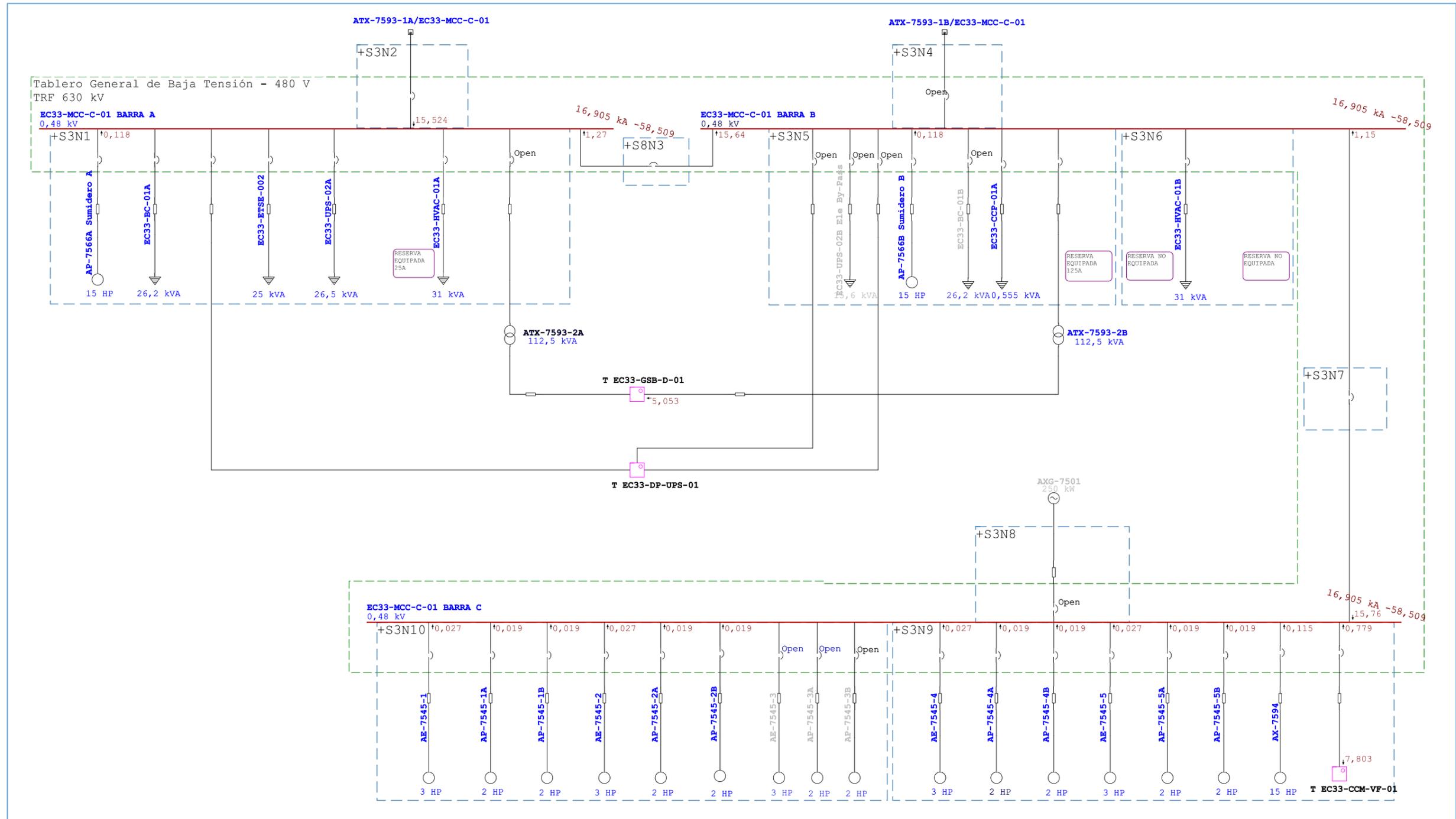
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01



Tablas 4. Resumen: Fase 1 – Mantenimiento / falla de los transformadores
ATX-7598B y/o ATX-7593A

Informe Resumen de Cortocircuito

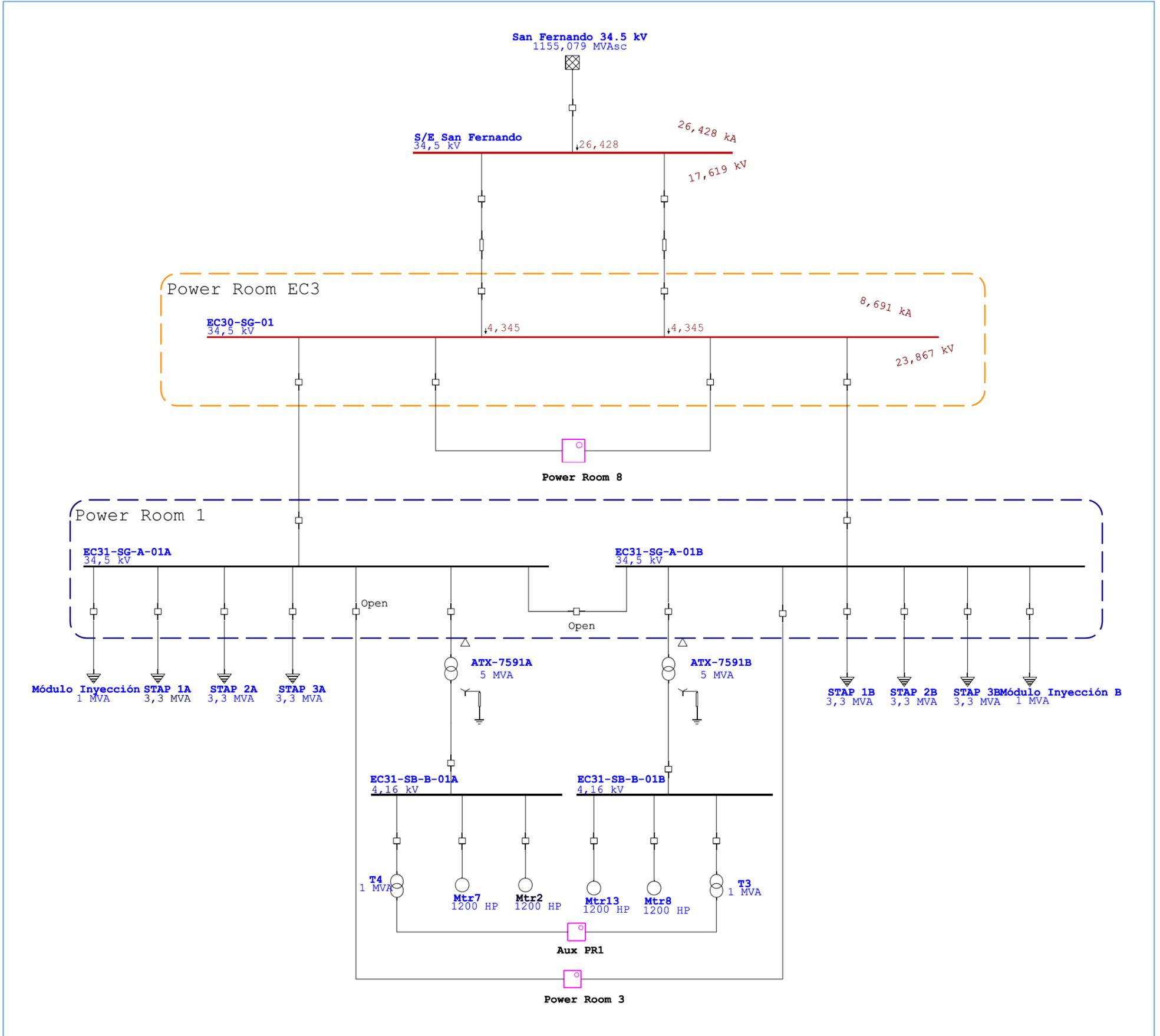
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I" k	ip	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,44	26,77	11,74	8,69	18,71	8,69	8,69	10,76	23,17	10,76	10,76	11,44	24,63	11,44	11,44
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,57	13,57	7,60	6,71	10,63	6,71	6,71	7,24	11,47	7,24	7,24	8,03	12,71	8,03	8,03
EC33-DP-01	0,208	3,14	4,58	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-02	0,208	3,14	4,58	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-05	0,208	3,14	4,58	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-06	0,208	3,14	4,58	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,10	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,71	2,68	1,71	1,71	1,98	3,11	1,98	1,98
EC33-DP-UPS-02	0,480	6,06	8,74	5,91	5,24	7,56	5,24	5,24	5,23	7,55	5,23	5,23	5,81	8,38	5,81	5,81
EC33-GSB-D-01	0,208	5,06	7,82	4,99	5,24	8,10	5,24	5,24	4,37	6,76	4,37	4,37	5,26	8,12	5,26	5,26
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	16,91	27,96	15,24	16,17	26,83	16,10	16,17	14,30	23,83	14,30	14,30	16,50	27,49	16,50	16,50
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	16,91	27,96	15,24	16,17	26,83	16,10	16,17	14,30	23,83	14,30	14,30	16,50	27,49	16,50	16,50
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	16,91	27,96	15,24	16,17	26,83	16,10	16,17	14,30	23,83	14,30	14,30	16,50	27,49	16,50	16,50
EC33-SB-A-01B	34,500	11,24	21,72	10,63	7,79	15,05	7,79	7,79	9,73	18,80	9,73	9,73	10,23	19,76	10,23	10,23
EC33-SB-B-01A	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,47	31,96	13,47	13,47
EC33-SB-B-01B	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,47	31,96	13,47	13,47
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,72	8,38	5,29	4,59	6,73	4,59	4,59	4,88	7,16	4,88	4,88	5,42	7,95	5,42	5,42
EC38-DP-02	0,208	1,78	2,57	1,77	1,60	2,31	1,60	1,60	1,54	2,22	1,54	1,54	1,73	2,50	1,73	1,73
EC38-DP-TE-01	0,208	3,28	4,84	3,25	2,78	4,10	2,78	2,78	2,84	4,18	2,84	2,84	3,26	4,81	3,26	3,26
EC38-SG-A-01A	34,500	12,22	26,15	11,54	8,52	18,24	8,52	8,52	10,57	22,63	10,57	10,57	11,22	24,01	11,22	11,22
EC38-SG-A-01B	34,500	12,21	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-A-01C	34,500	12,21	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,74	48,31	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,09	41,83	17,09	17,09	17,20	42,09	17,20	17,20
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,74	48,31	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,09	41,83	17,09	17,09	17,20	42,09	17,20	17,20
ECTD-PWR38-001	0,208	4,60	7,14	4,54	4,97	7,71	4,97	4,97	3,97	6,17	3,97	3,97	4,90	7,61	4,90	4,90
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,09	12,86	7,94	7,67	12,23	7,67	7,67	6,96	11,10	6,96	6,96	7,88	12,58	7,88	7,88
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,09	12,86	7,94	7,67	12,23	7,67	7,67	6,96	11,10	6,96	6,96	7,88	12,58	7,88	7,88
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,19	3,26	2,14	1,91	2,85	1,91	1,91	1,89	2,81	1,89	1,89	2,14	3,19	2,14	2,14
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,16	3,20	2,14	1,90	2,83	1,90	1,90	1,86	2,77	1,86	1,86	2,12	3,15	2,12	2,12
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	2,00	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,01	45,40	19,33	26,43	59,96	26,43	26,43	17,32	39,31	17,32	17,32	26,06	59,14	26,06	26,06
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

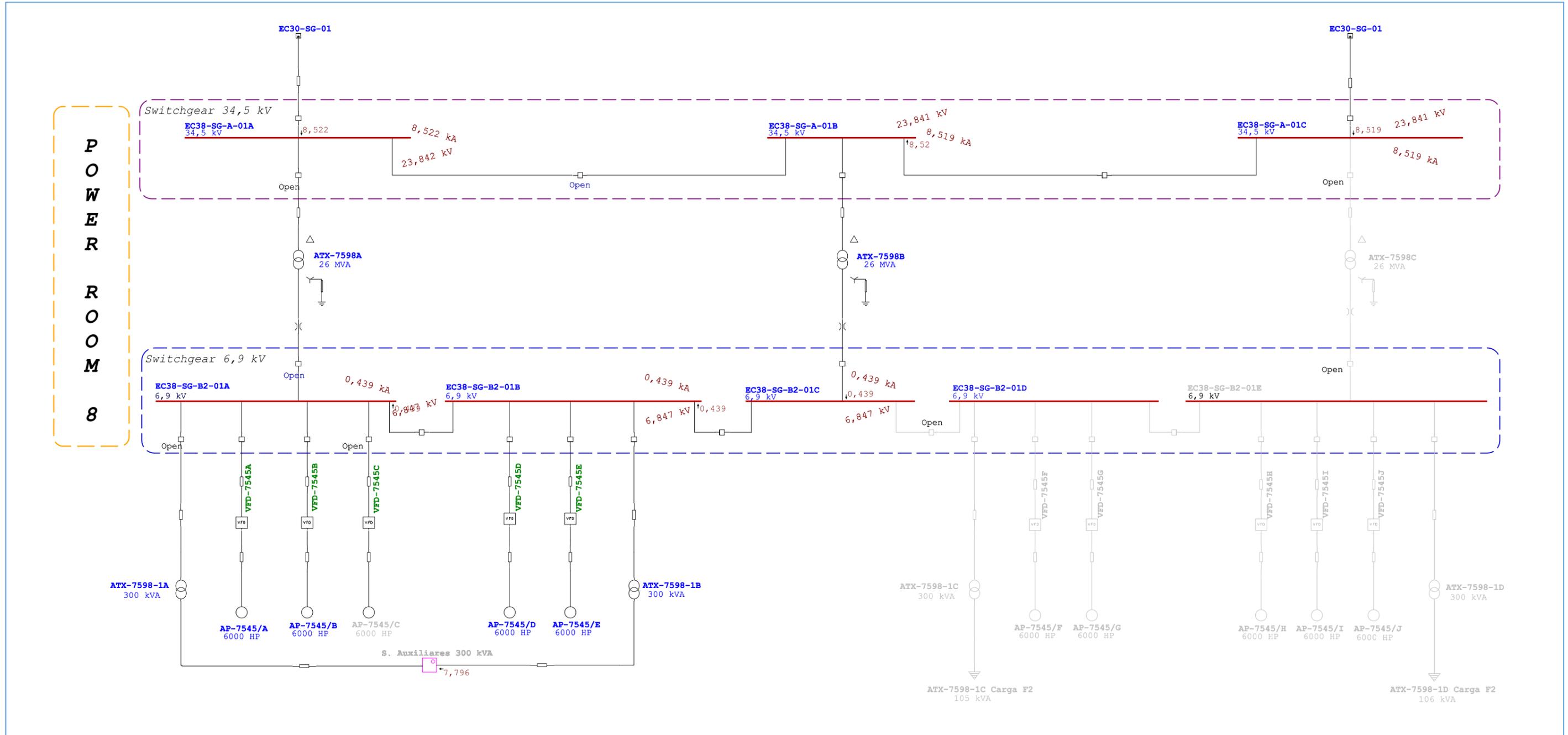
Barra	kV	Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
		Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,38429	1,71971	1,76212	0,38377	1,72181	1,76406	0,61626	3,99444	4,04170	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,02061	0,02698	0,03395	0,02114	0,02867	0,03562	0,03112	0,05207	0,06066	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-01	0,208	0,03308	0,02281	0,04018	0,03309	0,02293	0,04025	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-02	0,208	0,03308	0,02281	0,04018	0,03309	0,02293	0,04025	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-05	0,208	0,03308	0,02281	0,04018	0,03309	0,02293	0,04025	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-06	0,208	0,03308	0,02281	0,04018	0,03309	0,02293	0,04025	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,03974	0,05014	0,06397	0,03975	0,05025	0,06407	0,03989	0,05764	0,07010	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,04487	0,01719	0,04805	0,04492	0,01782	0,04833	0,06678	0,02230	0,07040	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,01634	0,01881	0,02491	0,01635	0,01893	0,02501	0,01337	0,01781	0,02228	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,00903	0,01480	0,01734	0,00908	0,01542	0,01790	0,00981	0,01624	0,01897	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,00903	0,01480	0,01734	0,00908	0,01542	0,01790	0,00981	0,01624	0,01897	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,00903	0,01480	0,01734	0,00908	0,01542	0,01790	0,00981	0,01624	0,01897	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,64206	1,84006	1,94886	0,64180	1,84253	1,95111	1,40206	4,31551	4,53755	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,02320	0,16919	0,17077	0,02266	0,17010	0,17161	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,02320	0,16919	0,17077	0,02266	0,17010	0,17161	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,04101	0,03012	0,05088	0,04154	0,03181	0,05232	0,06346	0,06007	0,08738	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-02	0,208	0,06593	0,02593	0,07084	0,06597	0,02611	0,07094	0,08930	0,02977	0,09413	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,03010	0,02387	0,03842	0,03014	0,02405	0,03856	0,05396	0,02622	0,05999	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,40089	1,74839	1,79376	0,40036	1,75050	1,79570	0,68266	4,07090	4,12774	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,40118	1,74890	1,79433	0,40066	1,75101	1,79626	0,68382	4,07224	4,12925	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,40118	1,74890	1,79433	0,40066	1,75101	1,79626	0,68382	4,07224	4,12925	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,02370	0,22077	0,22204	0,02365	0,22088	0,22215	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,02370	0,22077	0,22204	0,02365	0,22088	0,22215	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,01770	0,02091	0,02740	0,01774	0,02109	0,02756	0,01262	0,01702	0,02119	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,02138	0,02908	0,03609	0,02145	0,02932	0,03633	0,02438	0,03354	0,04146	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,02138	0,02908	0,03609	0,02145	0,02932	0,03633	0,02438	0,03354	0,04146	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,04328	0,03792	0,05754	0,04359	0,03852	0,05817	0,05466	0,06143	0,08223	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,04409	0,03846	0,05851	0,04413	0,03864	0,05865	0,05466	0,06143	0,08223	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,06592	0,07039	0,09644	0,06594	0,07044	0,09648	0,07334	0,09136	0,11715	0,00000	0,00000	0,00000
S/E San Fernando	34,500	0,18623	1,07902	1,09498	0,18596	1,07977	1,09567	0,05040	0,29232	0,29664	0,00000	0,00000	0,00000
TB-UPS-001	0,208	0,03953	0,05284	0,06599	0,03955	0,05289	0,06604	0,03129	0,04694	0,05641	0,00000	0,00000	0,00000

**1.9. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES
ATX-7598A Y/O ATX-7593A CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

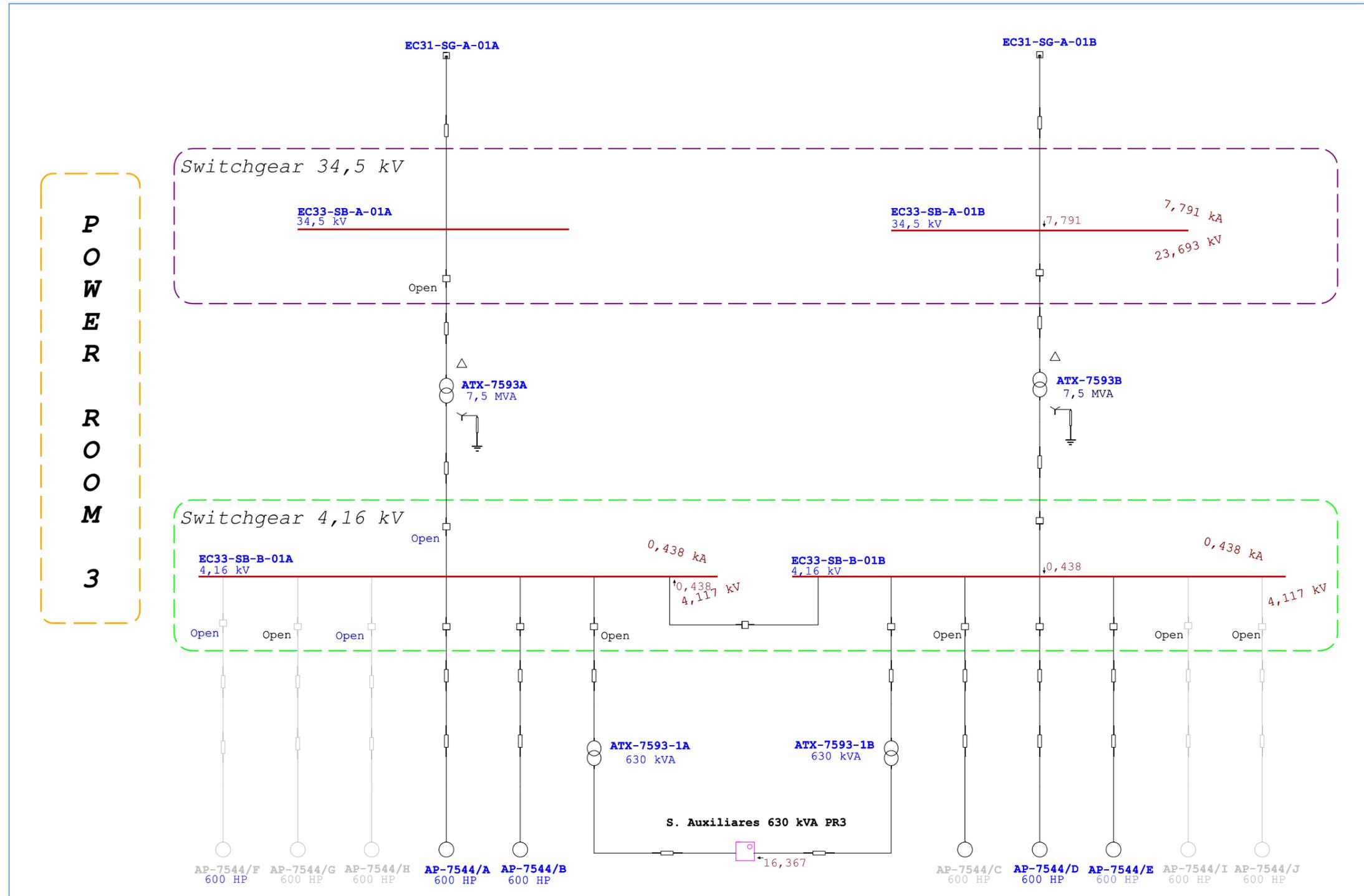
Red 34.5 kV CDF-EC3



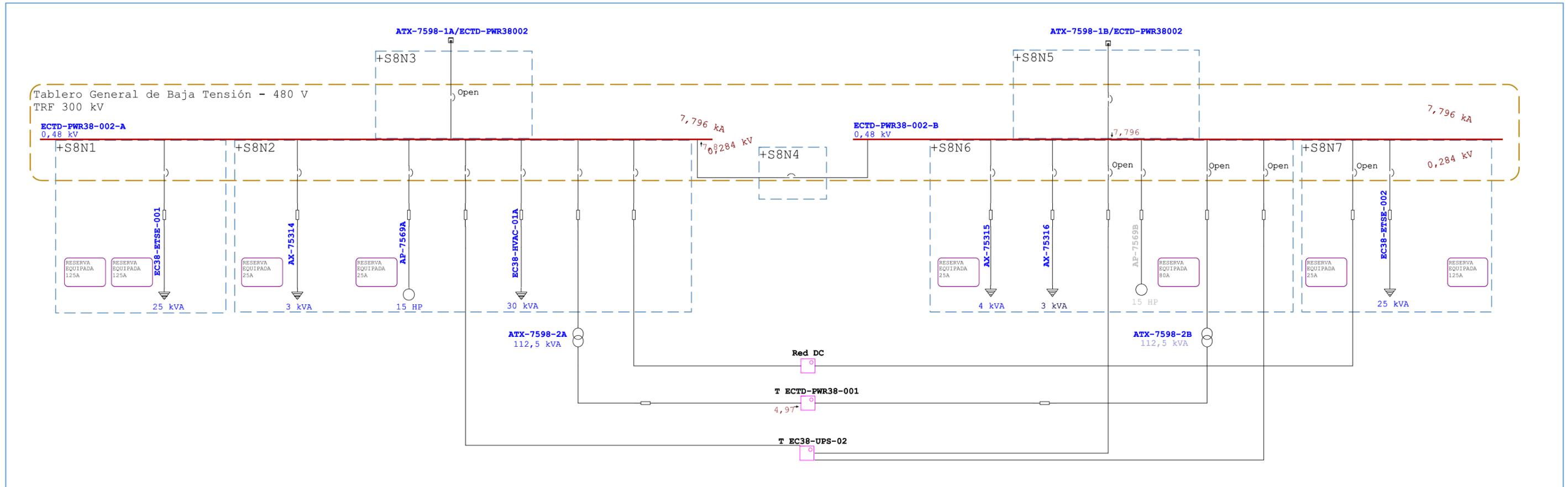
POWER ROOM 8



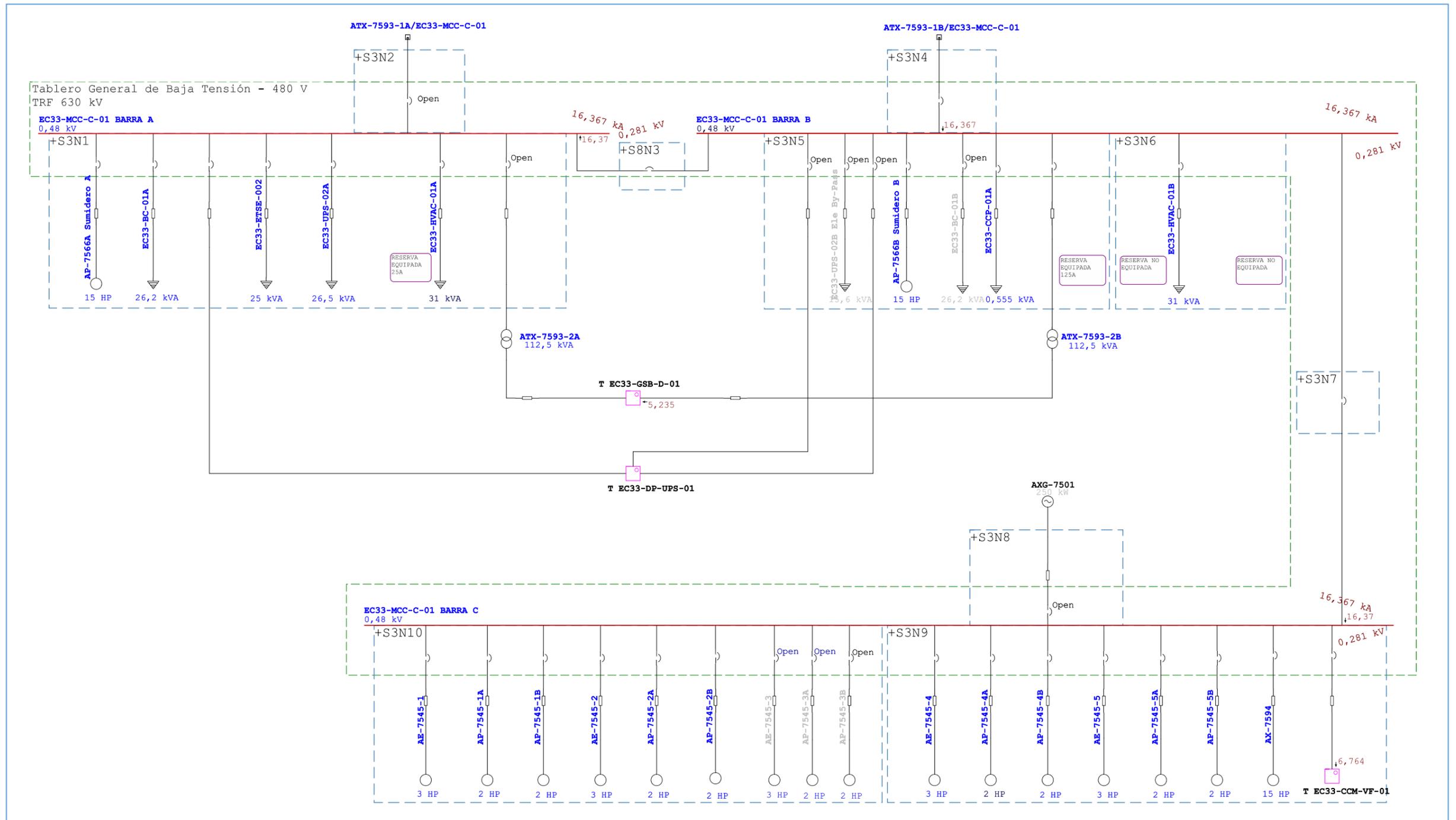
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

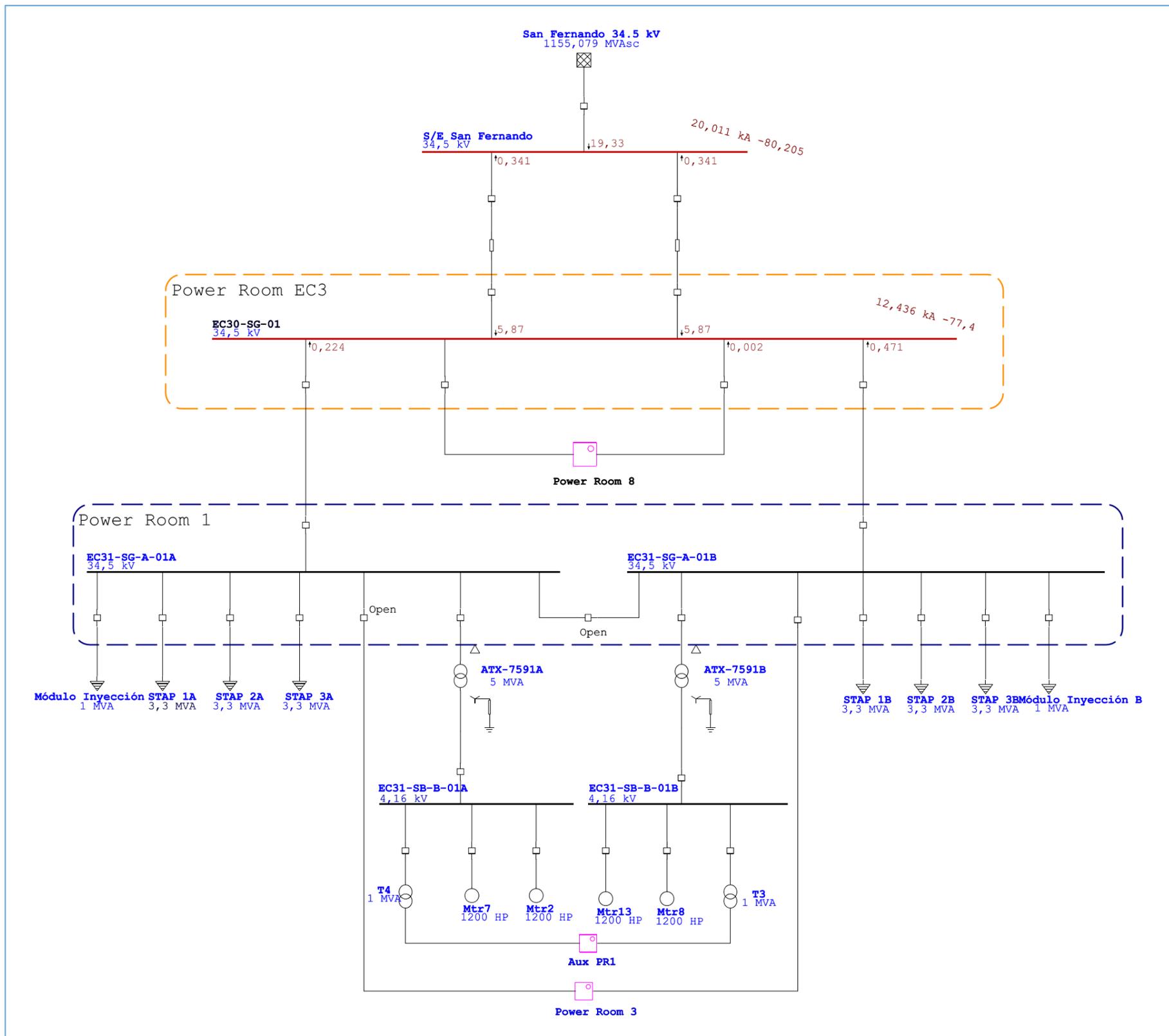


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

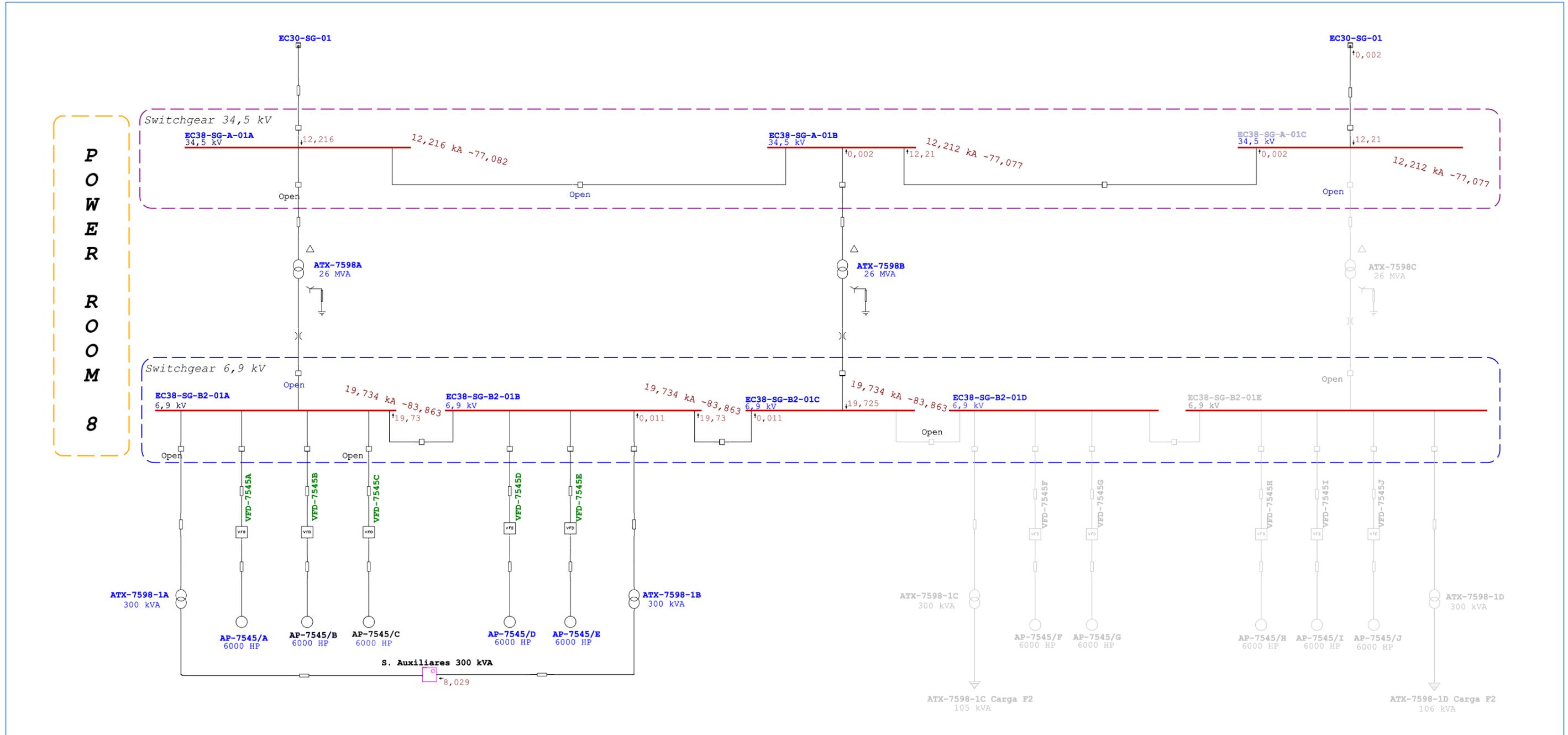


**1.10. FASE 1 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES
ATX-7598A Y/O ATX-7593A CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

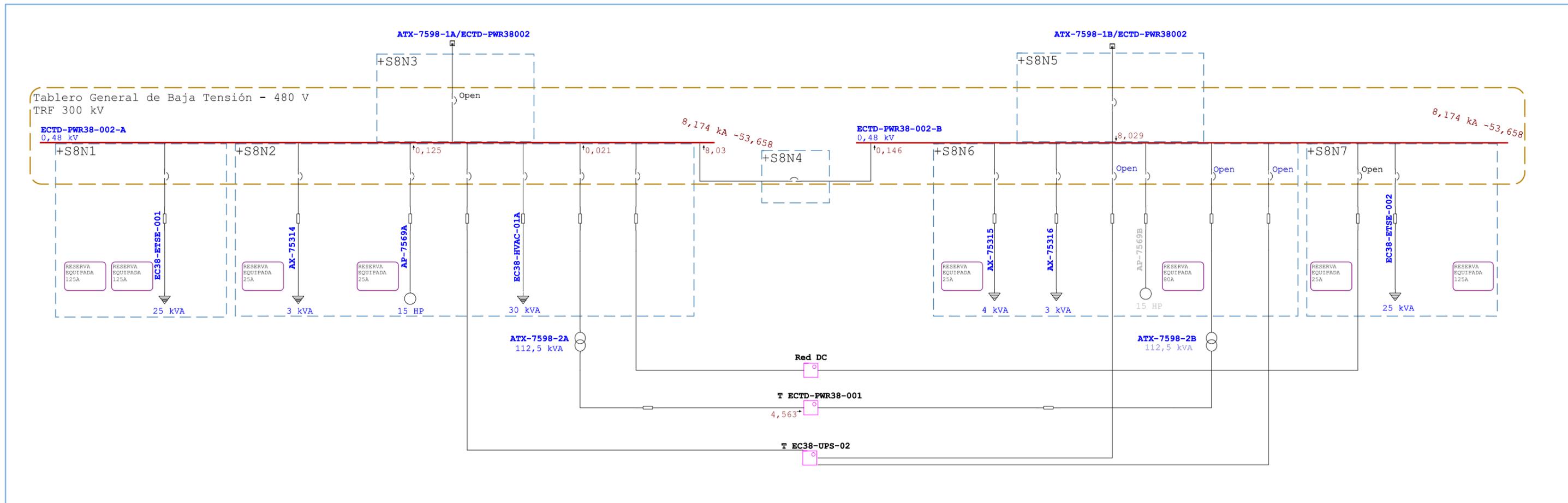
Red 34.5 kV CDF-EC3



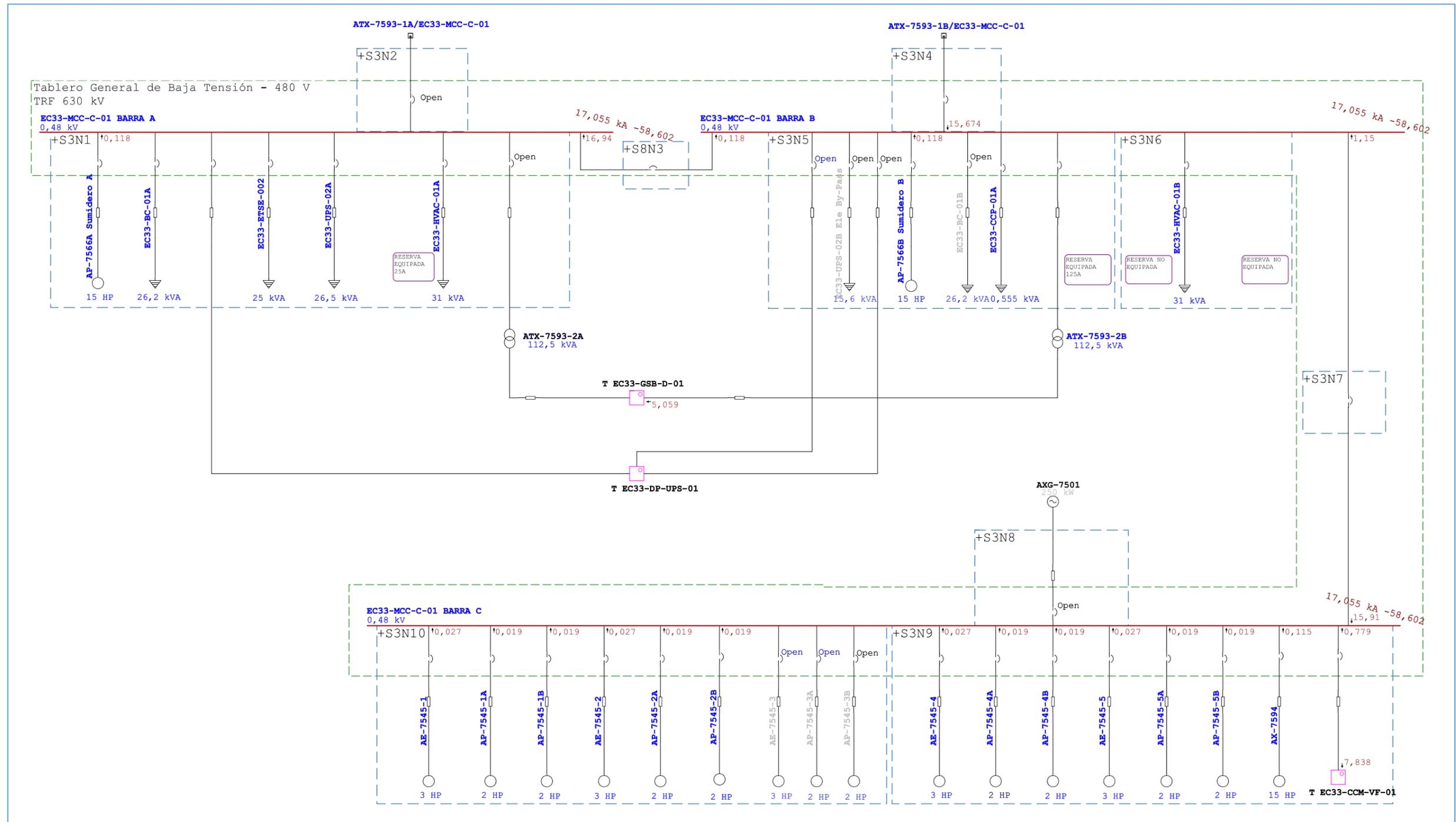
POWER ROOM 8



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01



Tablas 5. Resumen: Fase 1 – Mantenimiento / falla de los transformadores
ATX-7598A y/o ATX-7593A

Informe Resumen de Cortocircuito

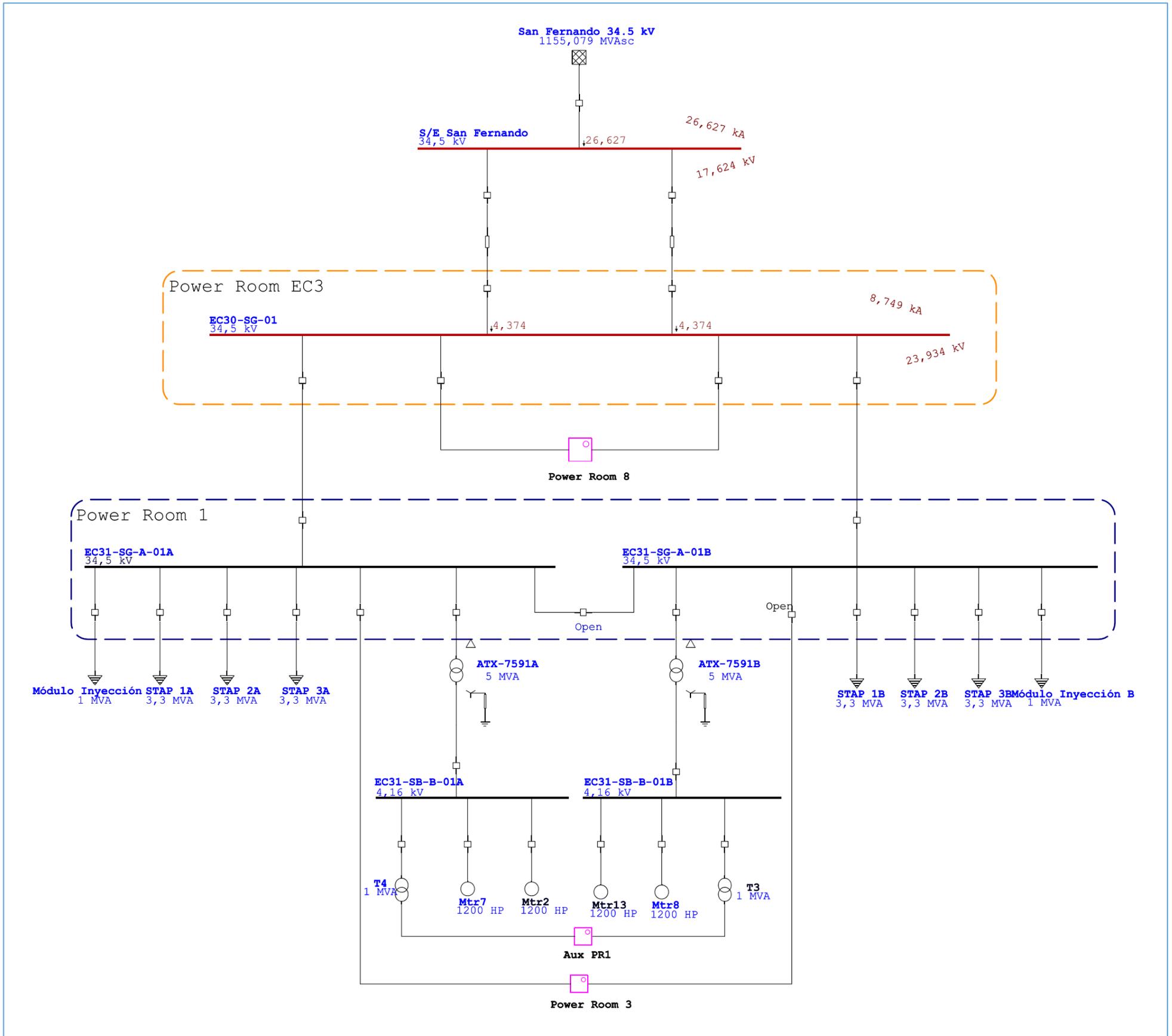
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I ^{"k}	ip	Ik	I ^{"k}	ip	lb	Ik	I ^{"k}	ip	lb	Ik	I ^{"k}	ip	lb	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,44	26,77	11,74	8,69	18,71	8,69	8,69	10,76	23,17	10,76	10,76	11,44	24,63	11,44	11,44
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,61	13,63	7,63	6,75	10,68	6,75	6,75	7,28	11,52	7,28	7,28	8,06	12,76	8,06	8,06
EC33-DP-01	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-02	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-05	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-06	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,10	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,71	2,68	1,71	1,71	1,98	3,11	1,98	1,98
EC33-DP-UPS-02	0,480	6,07	8,76	5,93	5,25	7,58	5,25	5,25	5,24	7,57	5,24	5,24	5,83	8,41	5,83	5,83
EC33-GSB-D-01	0,208	5,07	7,83	5,00	5,25	8,11	5,25	5,25	4,38	6,77	4,38	4,38	5,26	8,13	5,26	5,26
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	17,06	28,24	15,38	16,37	27,19	16,37	16,37	14,43	24,07	14,43	14,43	16,69	27,84	16,69	16,69
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,06	28,24	15,38	16,37	27,19	16,37	16,37	14,43	24,07	14,43	14,43	16,69	27,84	16,69	16,69
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,06	28,24	15,38	16,37	27,19	16,37	16,37	14,43	24,07	14,43	14,43	16,69	27,84	16,69	16,69
EC33-SB-A-01B	34,500	11,24	21,72	10,63	7,79	15,05	7,79	7,79	9,73	18,80	9,73	9,73	10,23	19,76	10,23	10,23
EC33-SB-B-01A	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,47	31,96	13,47	13,47
EC33-SB-B-01B	4,160	15,48	36,70	13,20	0,44	1,04	0,44	0,44	13,37	31,70	13,37	13,37	13,47	31,96	13,47	13,47
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,73	8,41	5,31	4,60	6,75	4,60	4,60	4,90	7,18	4,90	4,90	5,44	7,97	5,44	5,44
EC38-DP-02	0,208	1,78	2,57	1,77	1,60	2,32	1,60	1,60	1,54	2,23	1,54	1,54	1,73	2,50	1,73	1,73
EC38-DP-TE-01	0,208	3,29	4,85	3,26	2,78	4,10	2,78	2,78	2,84	4,19	2,84	2,84	3,27	4,81	3,27	3,27
EC38-SG-A-01A	34,500	12,22	26,15	11,54	8,52	18,24	8,52	8,52	10,57	22,63	10,57	10,57	11,22	24,01	11,22	11,22
EC38-SG-A-01B	34,500	12,22	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-A-01C	34,500	12,22	26,14	11,54	8,52	18,23	8,52	8,52	10,57	22,62	10,57	10,57	11,21	24,00	11,21	11,21
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,73	48,30	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,08	41,81	17,08	17,08	17,19	42,08	17,19	17,19
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,73	48,30	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,08	41,81	17,08	17,08	17,19	42,08	17,19	17,19
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,73	48,30	19,35	0,44	1,07	0,44	0,44	17,08	41,81	17,08	17,08	17,19	42,08	17,19	17,19
ECTD-PWR38-001	0,208	4,62	7,16	4,55	4,98	7,73	4,98	4,98	3,99	6,19	3,99	3,99	4,91	7,62	4,91	4,91
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,17	13,00	8,02	7,80	12,42	7,80	7,80	7,04	11,22	7,04	7,04	7,98	12,73	7,98	7,98
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,17	13,00	8,02	7,80	12,42	7,80	7,80	7,04	11,22	7,04	7,04	7,98	12,73	7,98	7,98
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,19	3,26	2,14	1,92	2,85	1,92	1,92	1,89	2,81	1,89	1,89	2,15	3,19	2,15	2,15
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,16	3,21	2,14	1,90	2,83	1,90	1,90	1,87	2,78	1,87	1,87	2,12	3,15	2,12	2,12
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	2,00	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,01	45,40	19,33	26,43	59,96	26,43	26,43	17,32	39,31	17,32	17,32	26,06	59,14	26,06	26,06
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,66	2,63	1,66	1,66	2,00	3,17	2,00	2,00

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

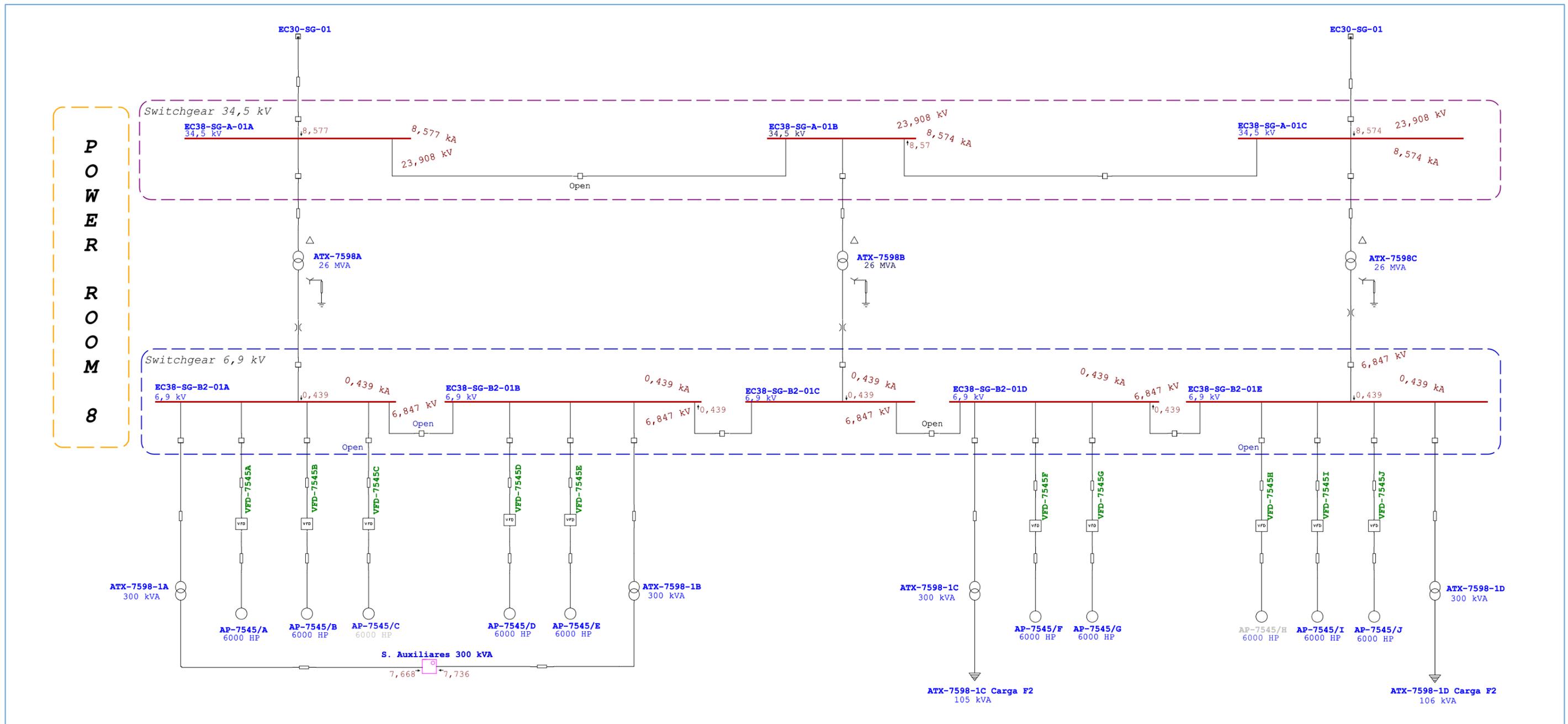
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,38429	1,71971	1,76212	0,38377	1,72181	1,76406	0,61626	3,99444	4,04170	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,02052	0,02688	0,03381	0,02104	0,02855	0,03546	0,03098	0,05174	0,06031	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-01	0,208	0,03306	0,02278	0,04015	0,03306	0,02290	0,04022	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-02	0,208	0,03306	0,02278	0,04015	0,03306	0,02290	0,04022	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-05	0,208	0,03306	0,02278	0,04015	0,03306	0,02290	0,04022	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-06	0,208	0,03306	0,02278	0,04015	0,03306	0,02290	0,04022	0,06918	0,03023	0,07550	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,03972	0,05011	0,06394	0,03973	0,05023	0,06404	0,03987	0,05758	0,07003	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,04477	0,01708	0,04792	0,04482	0,01769	0,04818	0,06664	0,02198	0,07017	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,01632	0,01879	0,02488	0,01632	0,01891	0,02498	0,01337	0,01781	0,02228	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,00893	0,01468	0,01718	0,00898	0,01530	0,01774	0,00967	0,01591	0,01862	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,00893	0,01468	0,01718	0,00898	0,01530	0,01774	0,00967	0,01591	0,01862	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,00893	0,01468	0,01718	0,00898	0,01530	0,01774	0,00967	0,01591	0,01862	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,64206	1,84006	1,94886	0,64180	1,84253	1,95111	1,40206	4,31551	4,53755	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,02320	0,16918	0,17077	0,02266	0,17010	0,17160	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,02320	0,16918	0,17077	0,02266	0,17010	0,17160	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,04092	0,03002	0,05075	0,04144	0,03169	0,05216	0,06332	0,05974	0,08706	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-02	0,208	0,06588	0,02587	0,07078	0,06592	0,02604	0,07088	0,08930	0,02977	0,09413	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,03006	0,02381	0,03834	0,03009	0,02398	0,03848	0,05396	0,02622	0,05999	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,40089	1,74840	1,79377	0,40037	1,75050	1,79570	0,68266	4,07090	4,12774	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,40118	1,74889	1,79431	0,40066	1,75100	1,79625	0,68382	4,07224	4,12925	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,40118	1,74889	1,79431	0,40066	1,75100	1,79625	0,68382	4,07224	4,12925	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,02373	0,22080	0,22208	0,02367	0,22092	0,22219	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,02373	0,22080	0,22208	0,02367	0,22092	0,22219	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,02373	0,22080	0,22208	0,02367	0,22092	0,22219	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,01766	0,02085	0,02732	0,01769	0,02102	0,02748	0,01262	0,01702	0,02119	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,02115	0,02876	0,03570	0,02121	0,02900	0,03593	0,02394	0,03268	0,04052	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,02115	0,02876	0,03570	0,02121	0,02900	0,03593	0,02394	0,03268	0,04052	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,04324	0,03786	0,05747	0,04354	0,03846	0,05810	0,05466	0,06143	0,08223	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,04405	0,03840	0,05843	0,04408	0,03857	0,05858	0,05466	0,06143	0,08223	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,06588	0,07033	0,09637	0,06589	0,07038	0,09641	0,07334	0,09136	0,11715	0,00000	0,00000	0,00000
S/E San Fernando	34,500	0,18623	1,07902	1,09498	0,18596	1,07977	1,09567	0,05040	0,29232	0,29664	0,00000	0,00000	0,00000
TB-UPS-001	0,208	0,03949	0,05278	0,06592	0,03950	0,05283	0,06596	0,03129	0,04694	0,05641	0,00000	0,00000	0,00000

**2.1. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS OPERACIÓN NORMAL
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

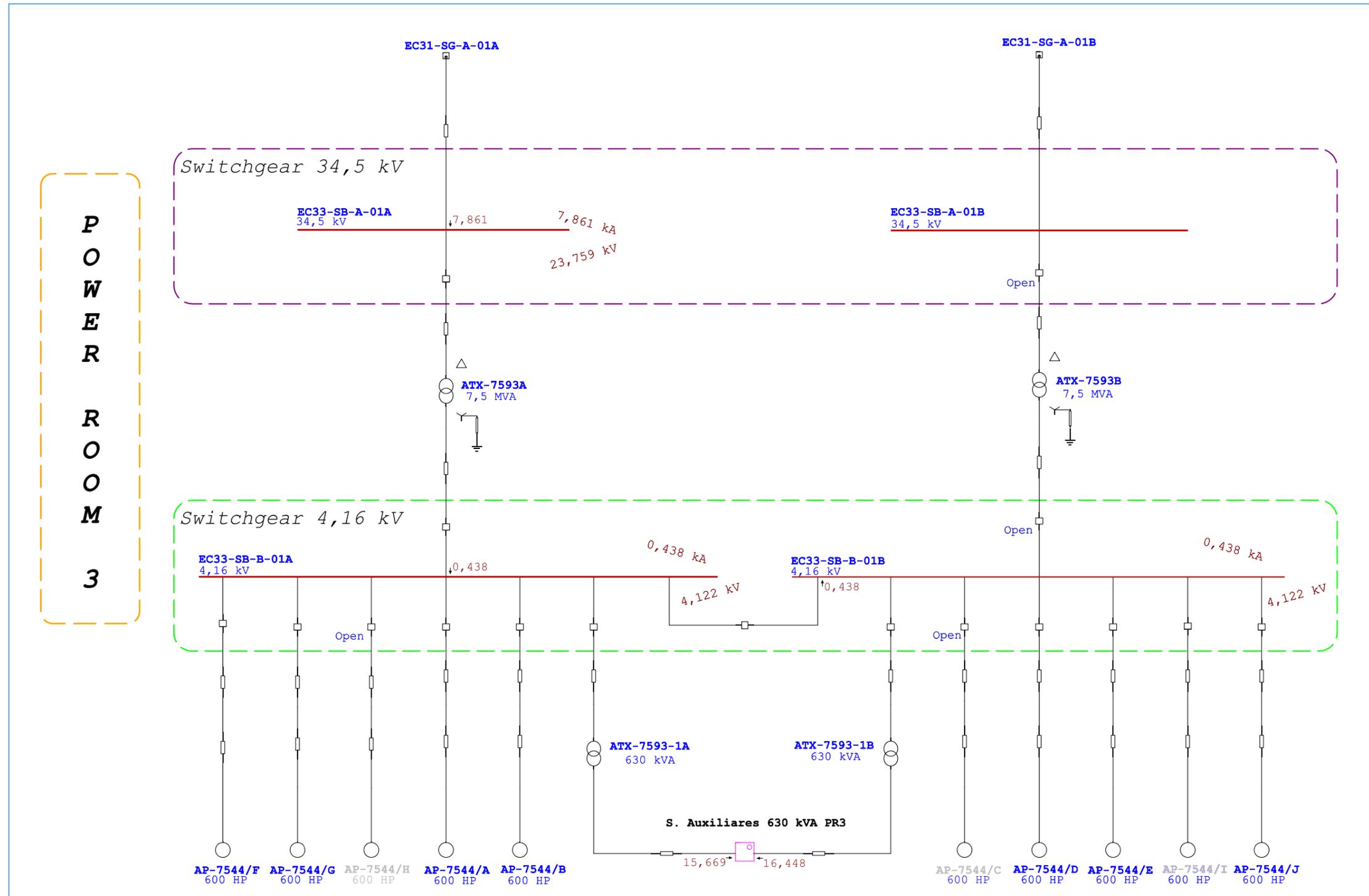
Red 34.5 kV
CDF-EC3



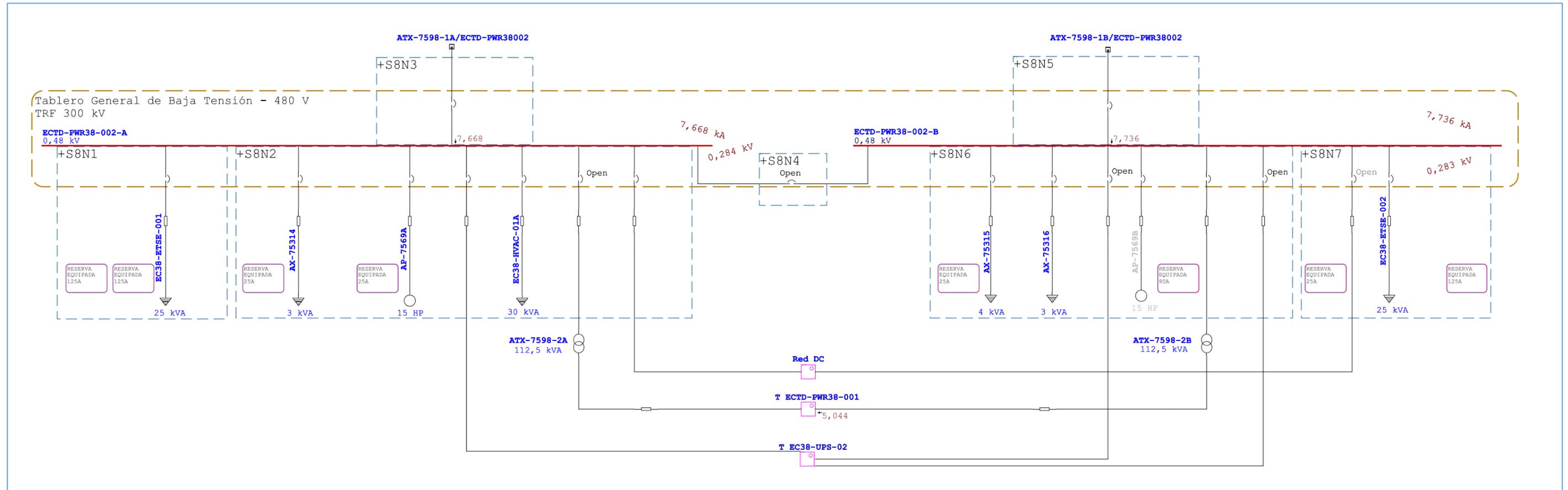
POWER ROOM 8



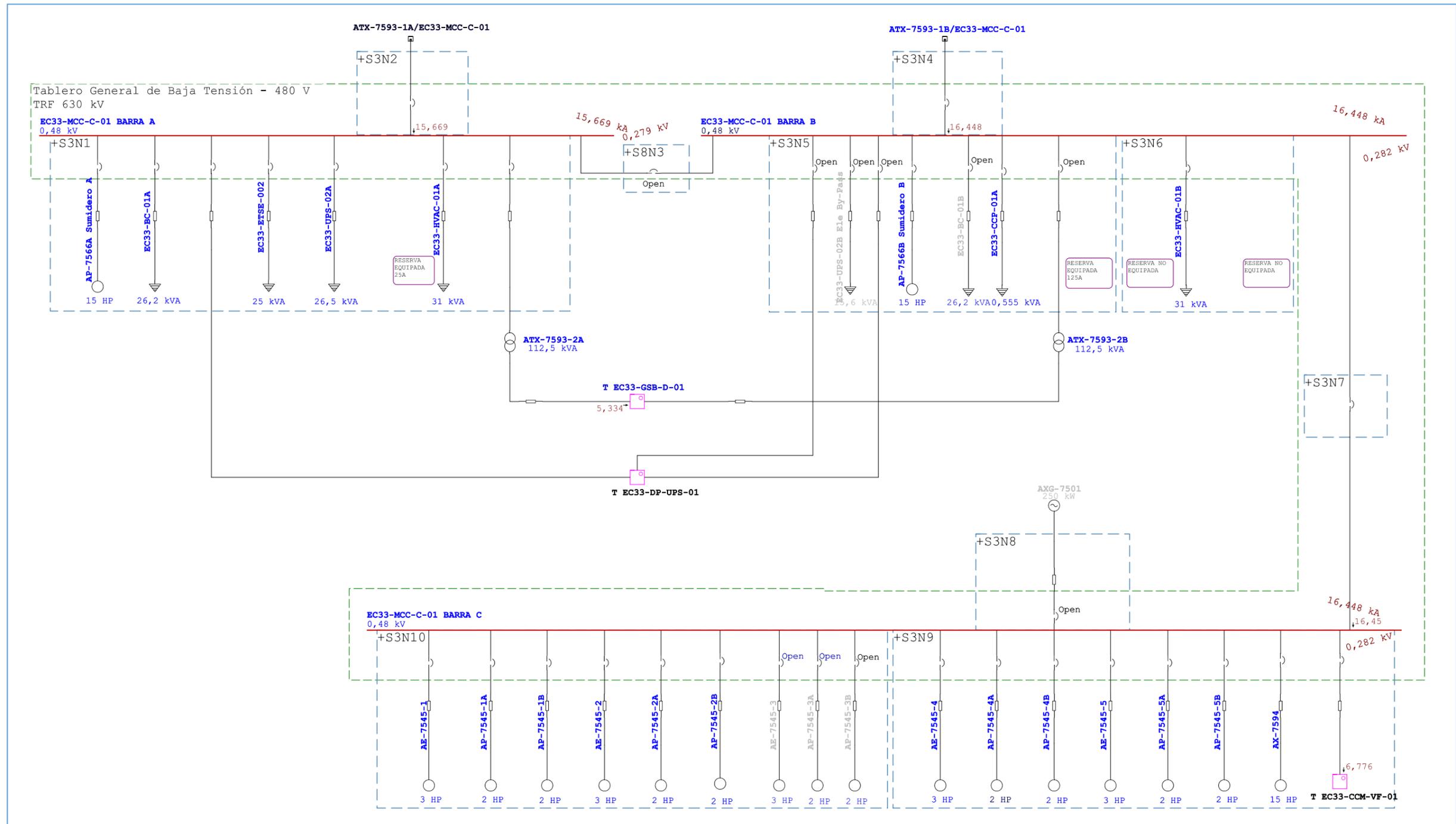
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002-A

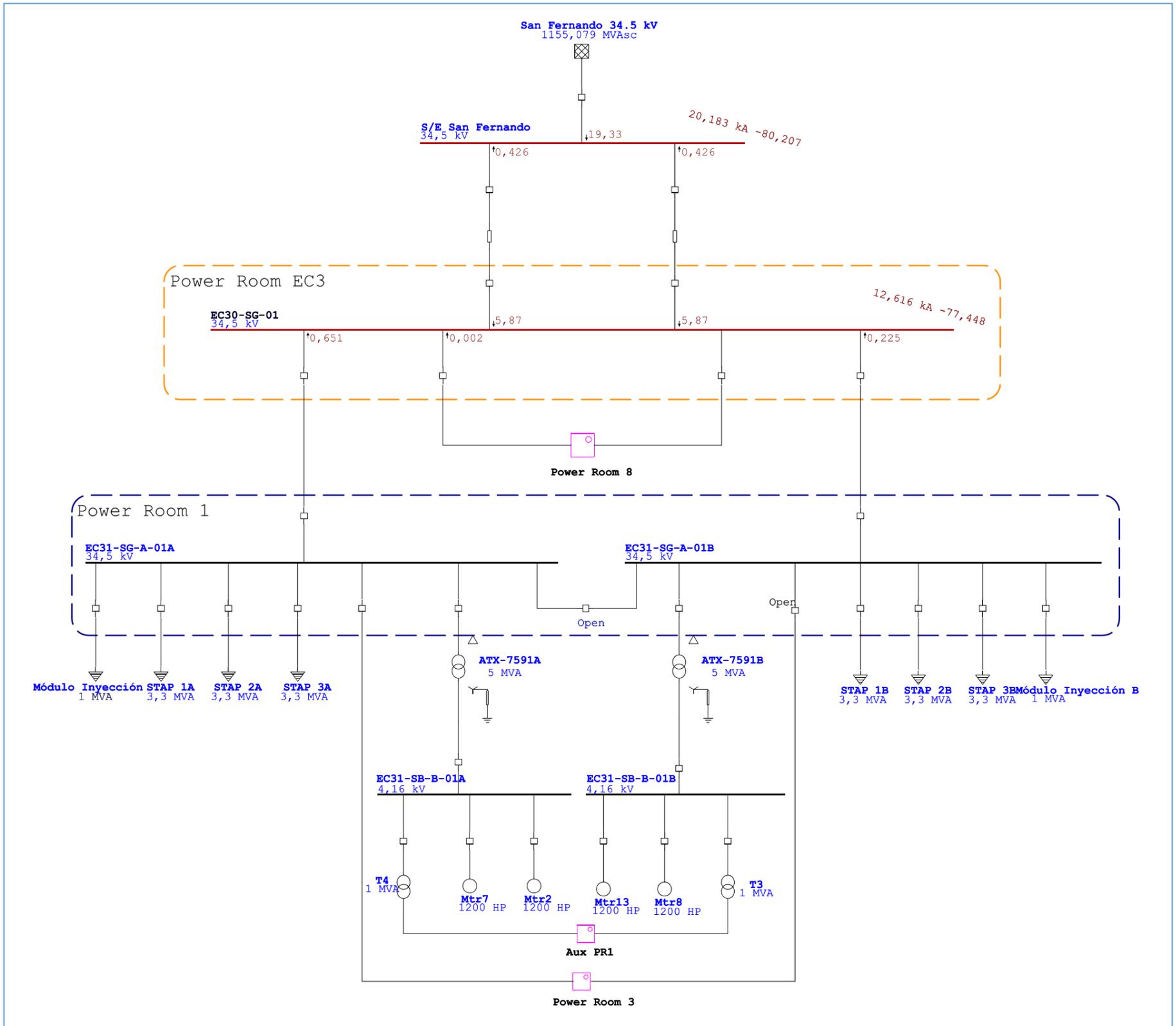


POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01

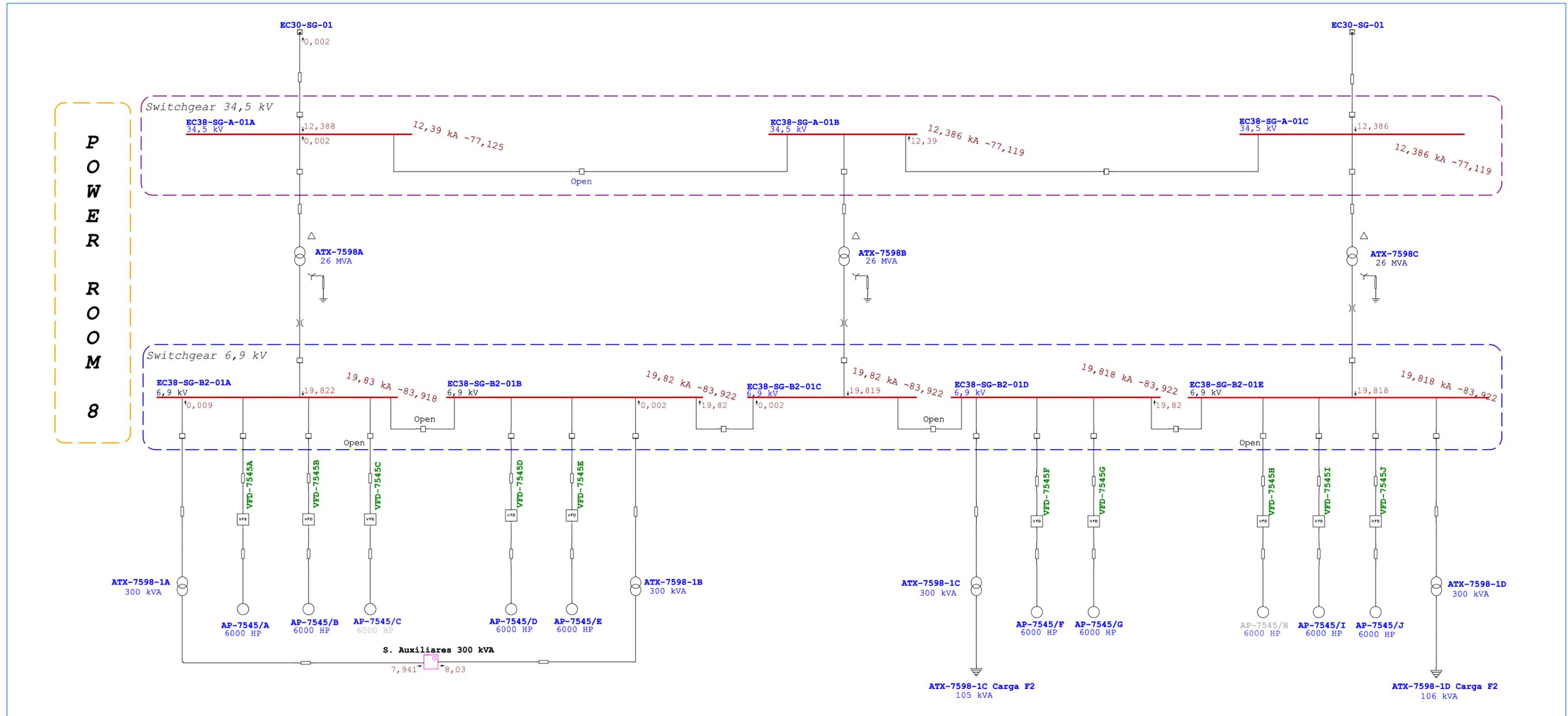


**2.2. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS OPERACIÓN NORMAL
CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

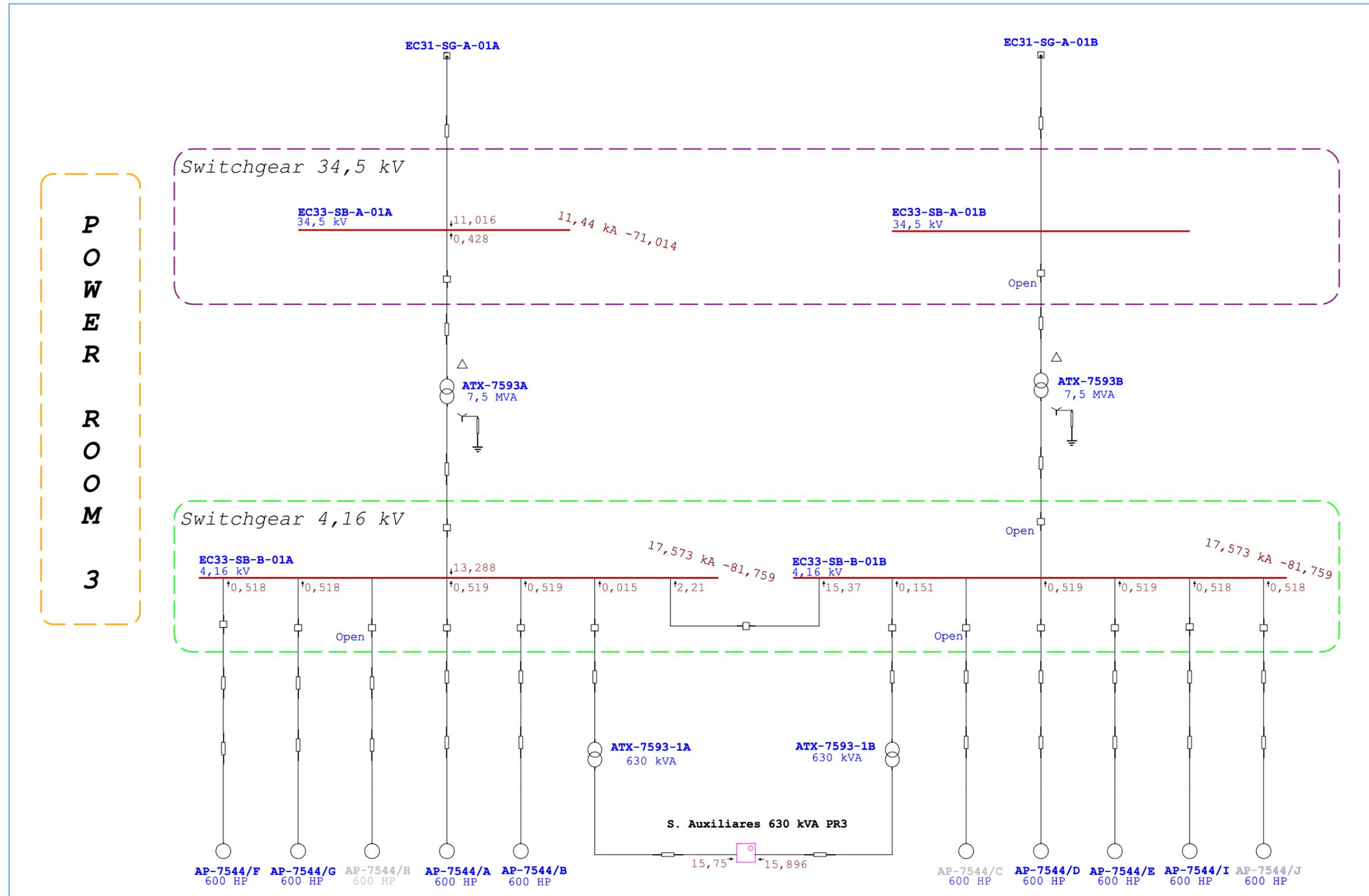
Red 34.5 kV
CDF-EC3



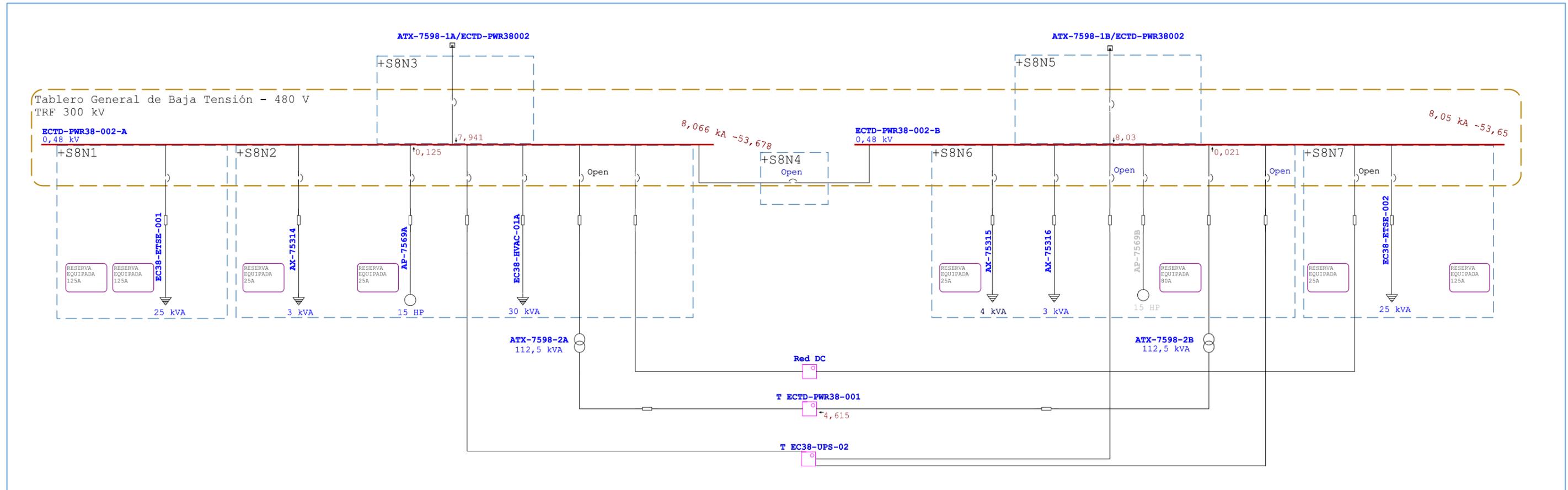
POWER ROOM 8



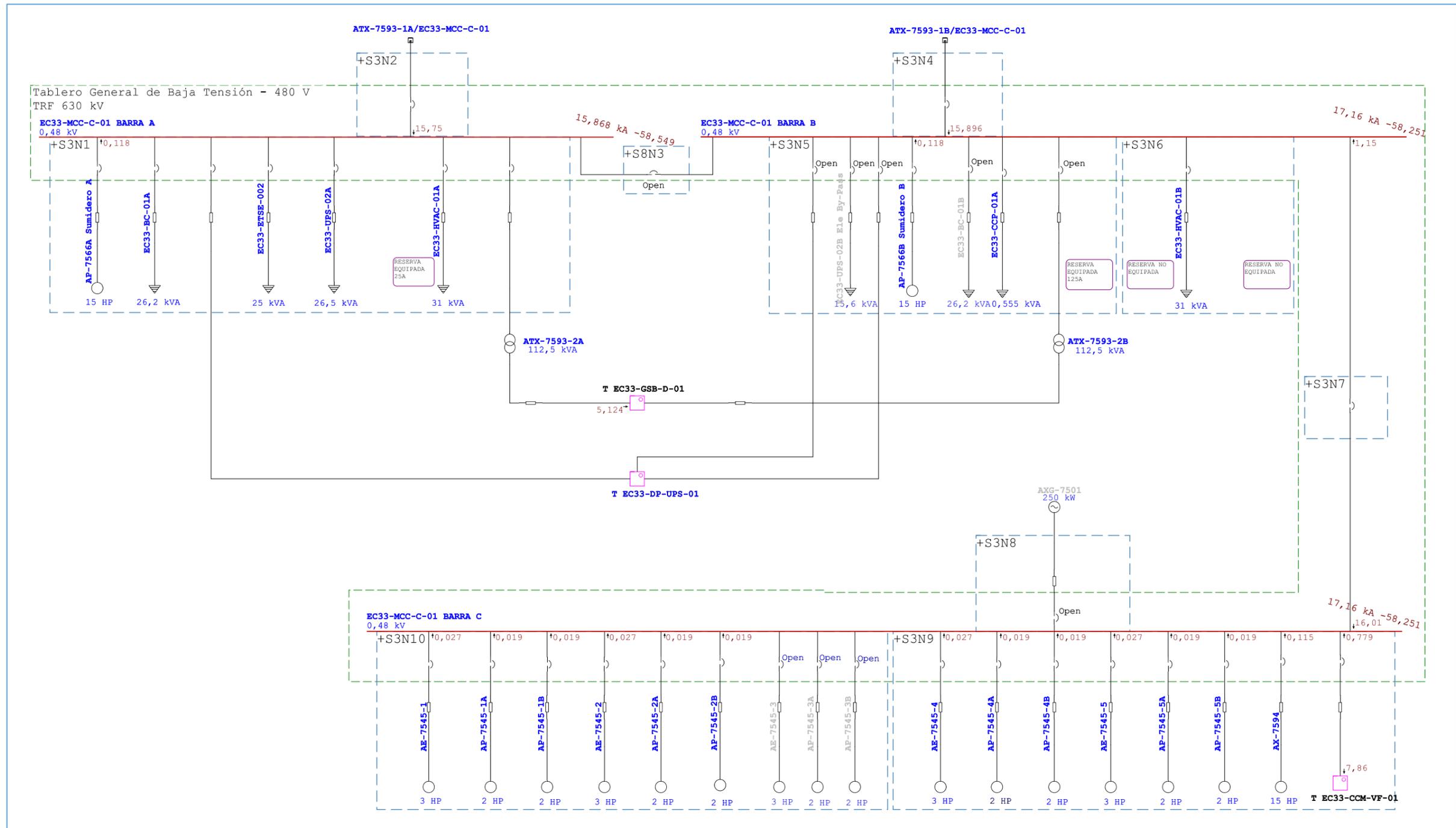
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 6. Resumen: Fase 2 – Operación Normal

Informe Resumen de Cortocircuito

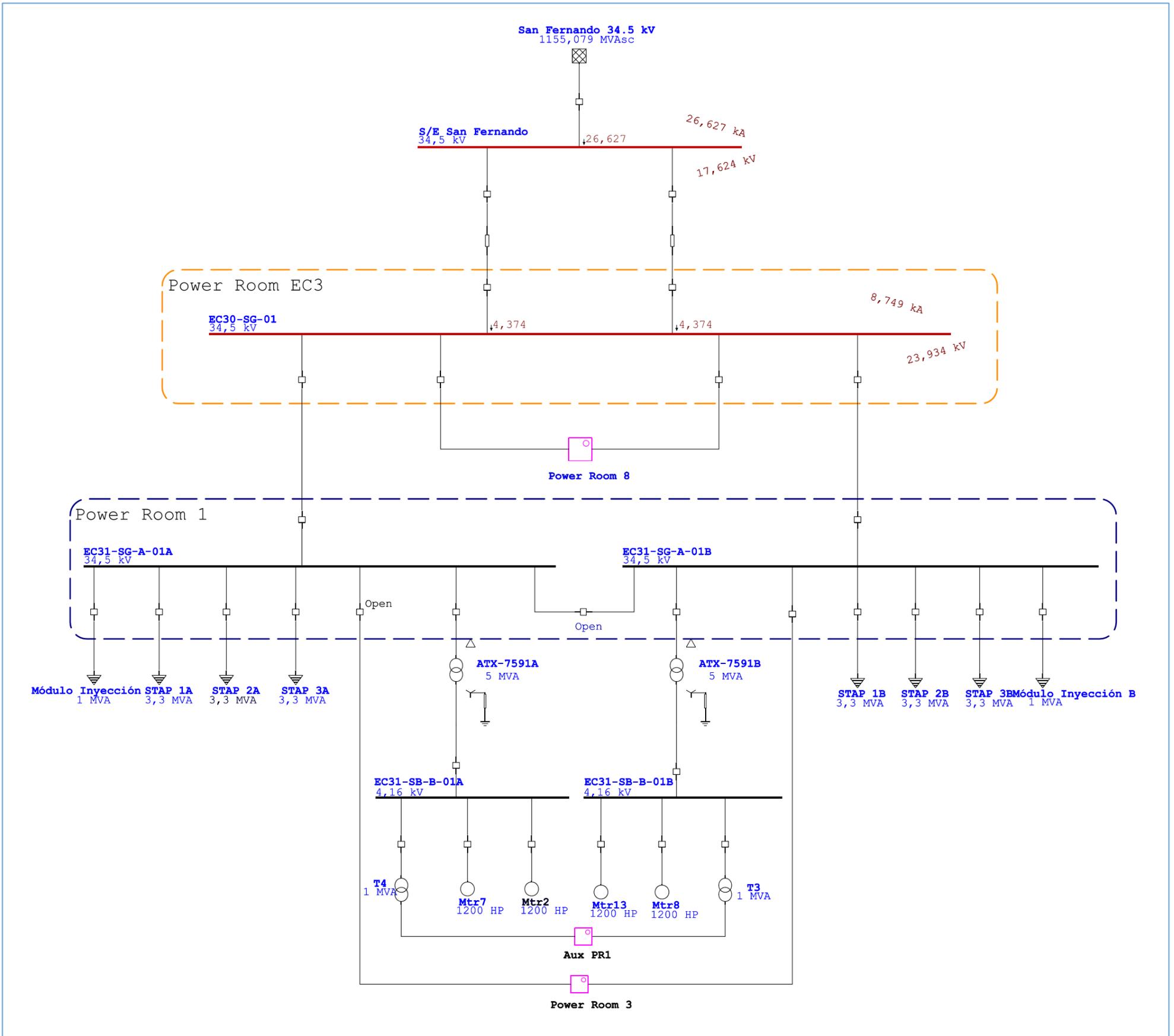
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I"k	ip	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,62	27,18	11,74	8,75	18,85	8,75	8,75	10,92	23,53	10,92	10,92	11,59	24,98	11,59	11,59
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,63	13,65	7,63	6,76	10,69	6,76	6,76	7,30	11,55	7,30	7,30	8,09	12,80	8,09	8,09
EC33-DP-01	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-02	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-05	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-06	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,09	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,70	2,67	1,70	1,70	1,97	3,10	1,97	1,97
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,95	8,59	5,91	5,19	7,49	5,19	5,19	5,15	7,44	5,15	5,15	5,73	8,28	5,73	5,73
EC33-GSB-D-01	0,208	5,14	7,96	5,11	5,35	8,29	5,35	5,35	4,45	6,90	4,45	4,45	5,35	8,29	5,35	5,35
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,87	26,39	15,24	15,67	26,07	15,67	15,67	13,71	22,82	13,71	13,71	15,77	26,26	15,77	15,77
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,16	28,34	15,39	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,19	14,55	14,55	16,76	27,86	16,76	16,76
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,16	28,34	15,39	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,19	14,55	14,55	16,76	27,86	16,76	16,76
EC33-SB-A-01A	34,500	11,44	22,20	10,65	7,86	15,25	7,86	7,86	9,90	19,21	9,90	9,90	10,39	20,16	10,39	10,39
EC33-SB-B-01A	4,160	17,57	41,32	13,22	0,44	1,03	0,44	0,44	15,16	35,67	15,16	15,16	15,27	35,93	15,27	15,27
EC33-SB-B-01B	4,160	17,57	41,32	13,22	0,44	1,03	0,44	0,44	15,16	35,67	15,16	15,16	15,27	35,93	15,27	15,27
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,74	8,41	5,31	4,61	6,75	4,61	4,61	4,91	7,19	4,91	4,91	5,45	7,98	5,45	5,45
EC38-DP-02	0,208	1,79	2,58	1,79	1,61	2,33	1,61	1,61	1,55	2,24	1,55	1,55	1,74	2,51	1,74	1,74
EC38-DP-TE-01	0,208	3,32	4,89	3,30	2,81	4,14	2,81	2,81	2,87	4,23	2,87	2,87	3,30	4,87	3,30	3,30
EC38-SG-A-01A	34,500	12,39	26,54	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-A-01B	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-A-01C	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,83	48,59	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,17	42,07	17,17	17,17	17,28	42,33	17,28	17,28
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01D	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01E	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
ECTD-PWR38-001	0,208	4,67	7,27	4,63	5,06	7,87	5,06	5,06	4,04	6,28	4,04	4,04	4,98	7,74	4,98	4,98
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,07	12,83	7,94	7,67	12,22	7,67	7,67	6,95	11,08	6,95	6,95	7,87	12,56	7,87	7,87
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,05	12,84	8,02	7,74	12,34	7,74	7,74	6,97	11,11	6,97	6,97	7,91	12,61	7,91	7,91
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,21	3,28	2,16	1,93	2,87	1,93	1,93	1,90	2,83	1,90	1,90	2,16	3,21	2,16	2,16
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,17	3,23	2,16	1,91	2,85	1,91	1,91	1,88	2,79	1,88	1,88	2,13	3,17	2,13	2,13
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	1,99	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,18	45,79	19,33	26,63	60,41	26,63	26,63	17,47	39,64	17,47	17,47	26,24	59,54	26,24	26,24
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

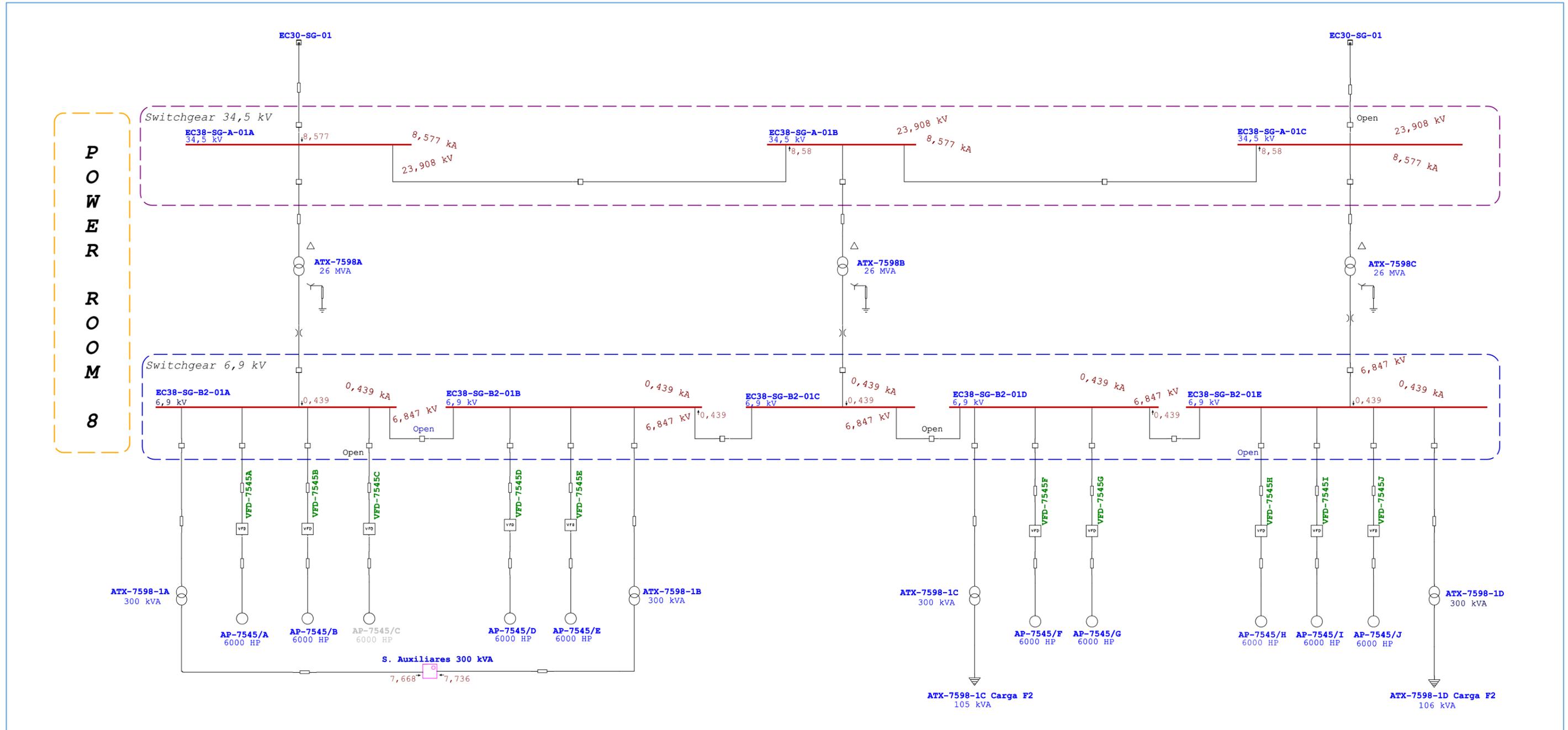
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,3774	1,6955	1,7370	0,3770	1,6976	1,7390	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0205	0,0267	0,0337	0,0211	0,0283	0,0353	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0398	0,0503	0,0642	0,0398	0,0503	0,0642	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0454	0,0181	0,0489	0,0454	0,0181	0,0489	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0159	0,0187	0,0245	0,0159	0,0187	0,0246	0,0129	0,0174	0,0217	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0096	0,0157	0,0184	0,0096	0,0157	0,0184	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0090	0,0145	0,0171	0,0090	0,0151	0,0176	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0090	0,0145	0,0171	0,0090	0,0151	0,0176	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01A	34,500	0,6231	1,8113	1,9155	0,6230	1,8138	1,9178	1,3900	4,3109	4,5294	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0215	0,1489	0,1504	0,0210	0,1499	0,1514	18,0289	0,1711	18,0297	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0215	0,1489	0,1504	0,0210	0,1499	0,1514	18,0289	0,1711	18,0297	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0409	0,0299	0,0507	0,0415	0,0315	0,0521	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0655	0,0257	0,0704	0,0656	0,0259	0,0705	0,0890	0,0294	0,0937	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0297	0,0237	0,0380	0,0297	0,0238	0,0381	0,0536	0,0259	0,0596	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,3940	1,7241	1,7686	0,3936	1,7263	1,7706	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7268	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7268	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0234	0,2198	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01D	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01E	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0173	0,0207	0,0270	0,0173	0,0208	0,0271	0,0123	0,0167	0,0207	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0292	0,0362	0,0215	0,0294	0,0364	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0292	0,0362	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0429	0,0377	0,0571	0,0432	0,0383	0,0577	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0437	0,0383	0,0581	0,0437	0,0384	0,0582	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0965	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1846	1,0699	1,0857	0,1844	1,0706	1,0864	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0529	0,0660	0,0396	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

2.3. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 1 CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

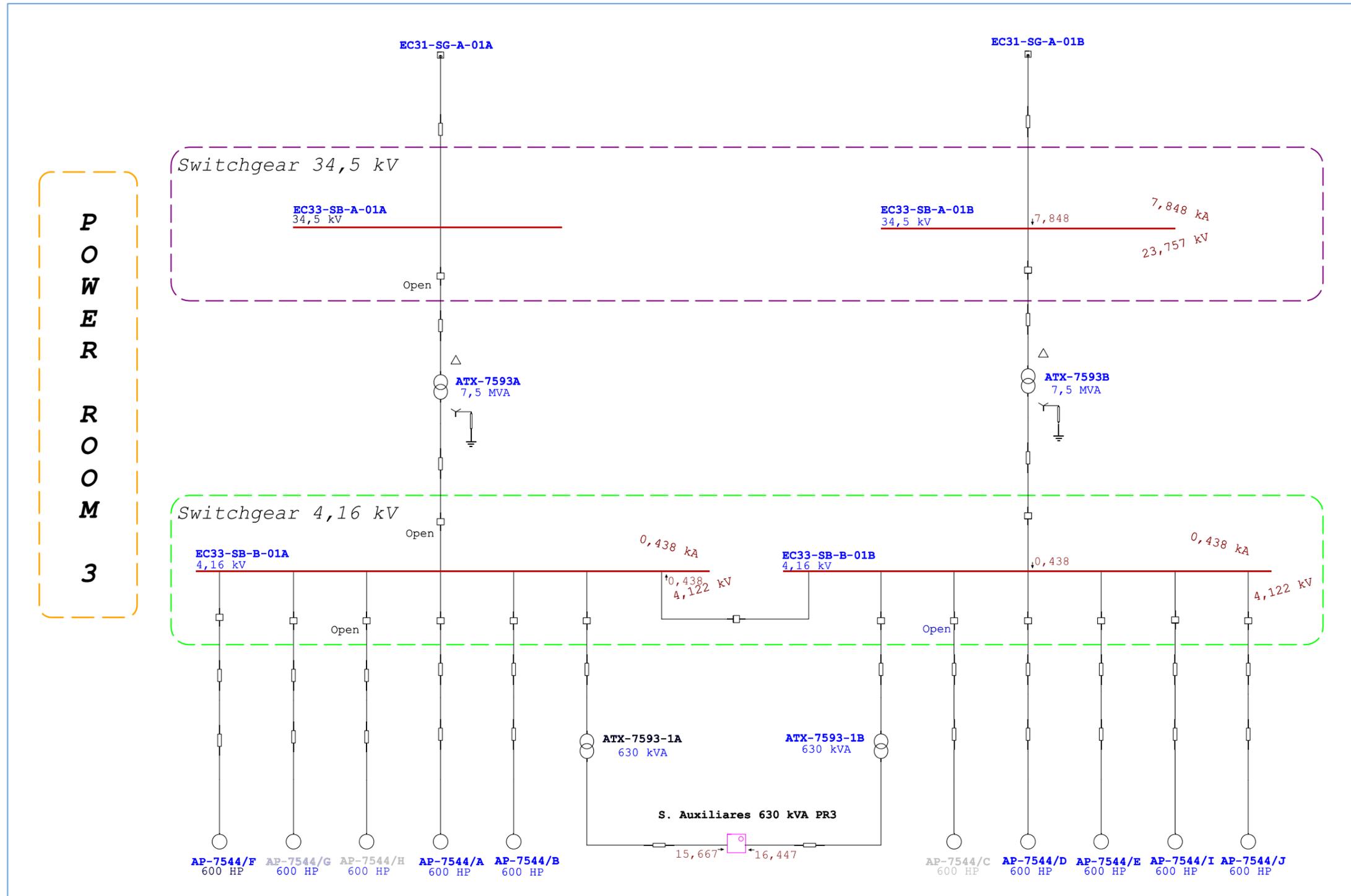
Red 34.5 kV
CDF-EC3



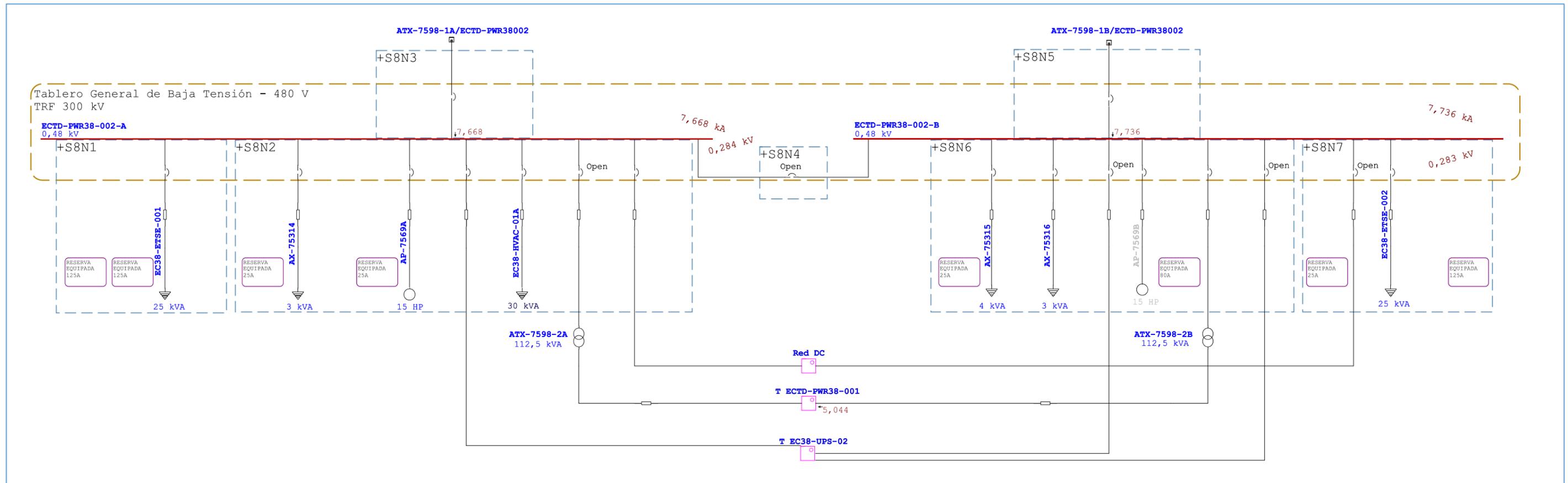
POWER ROOM 8



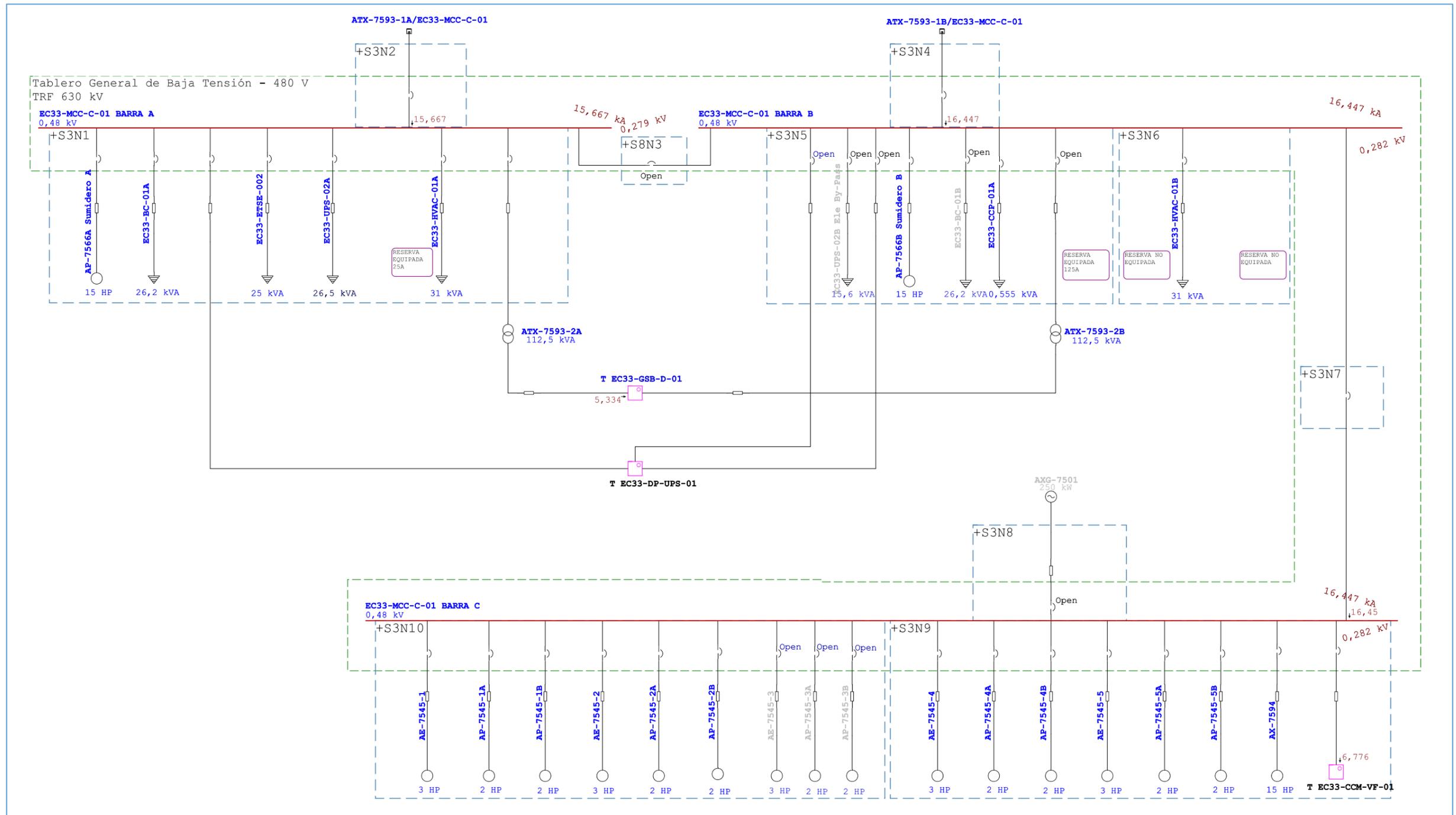
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

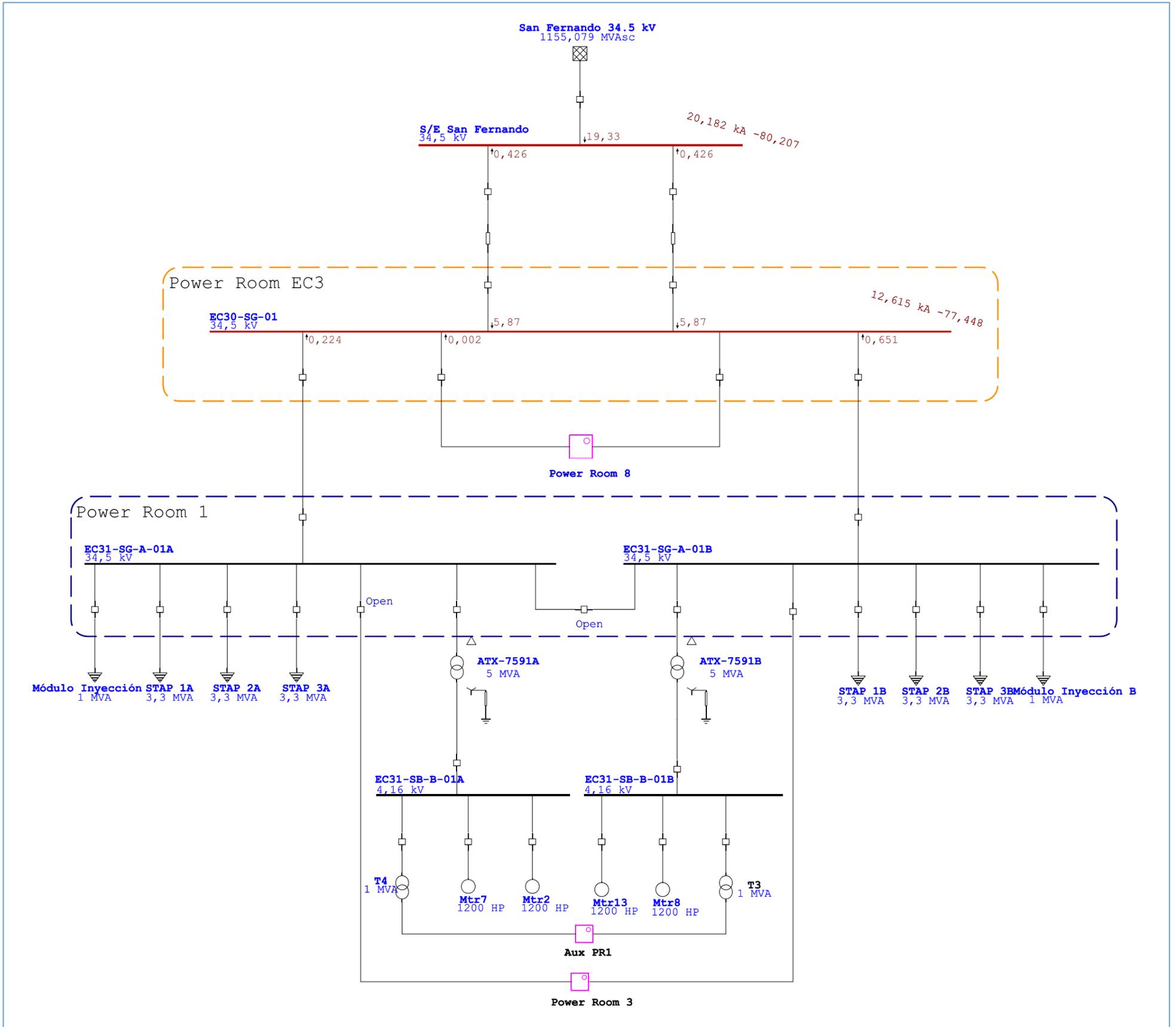


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

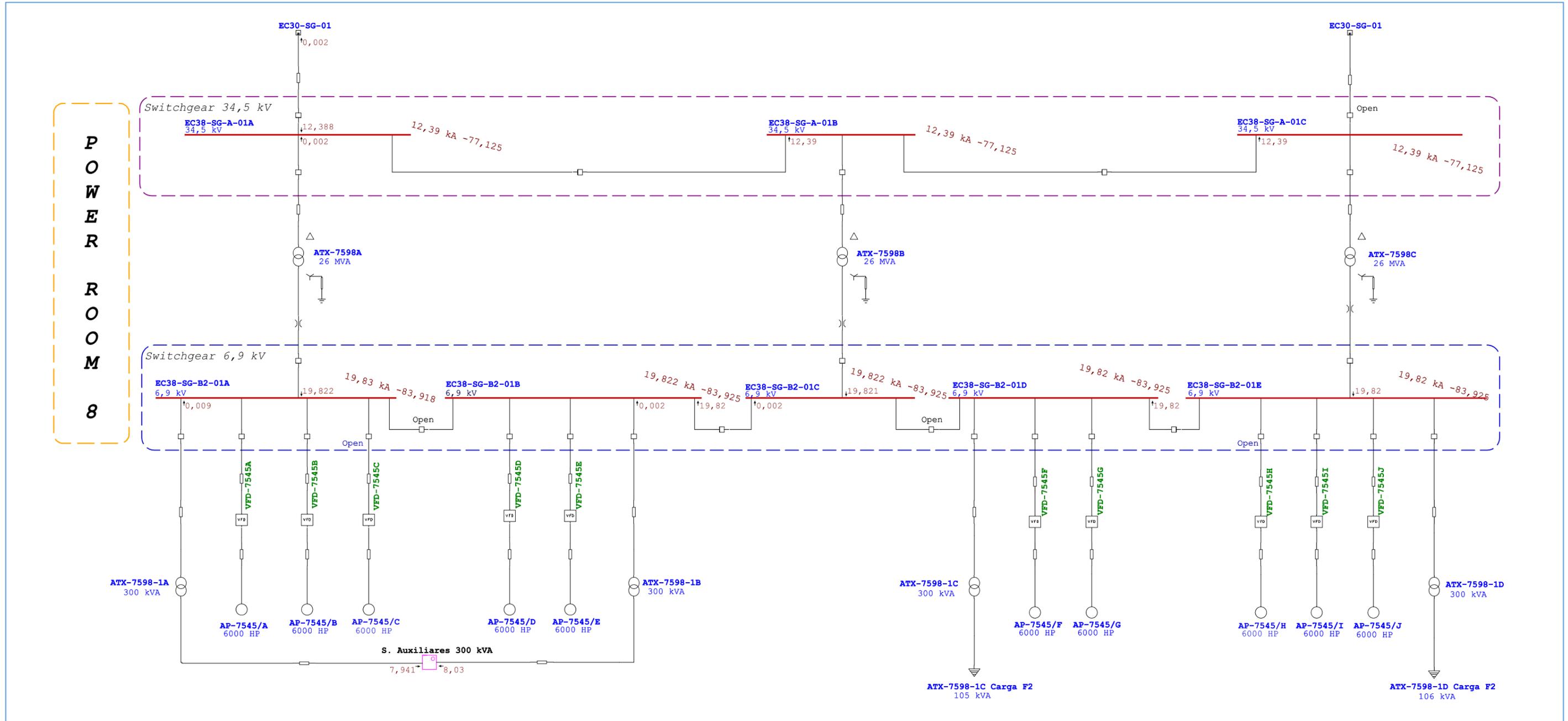


2.4. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 1 CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO

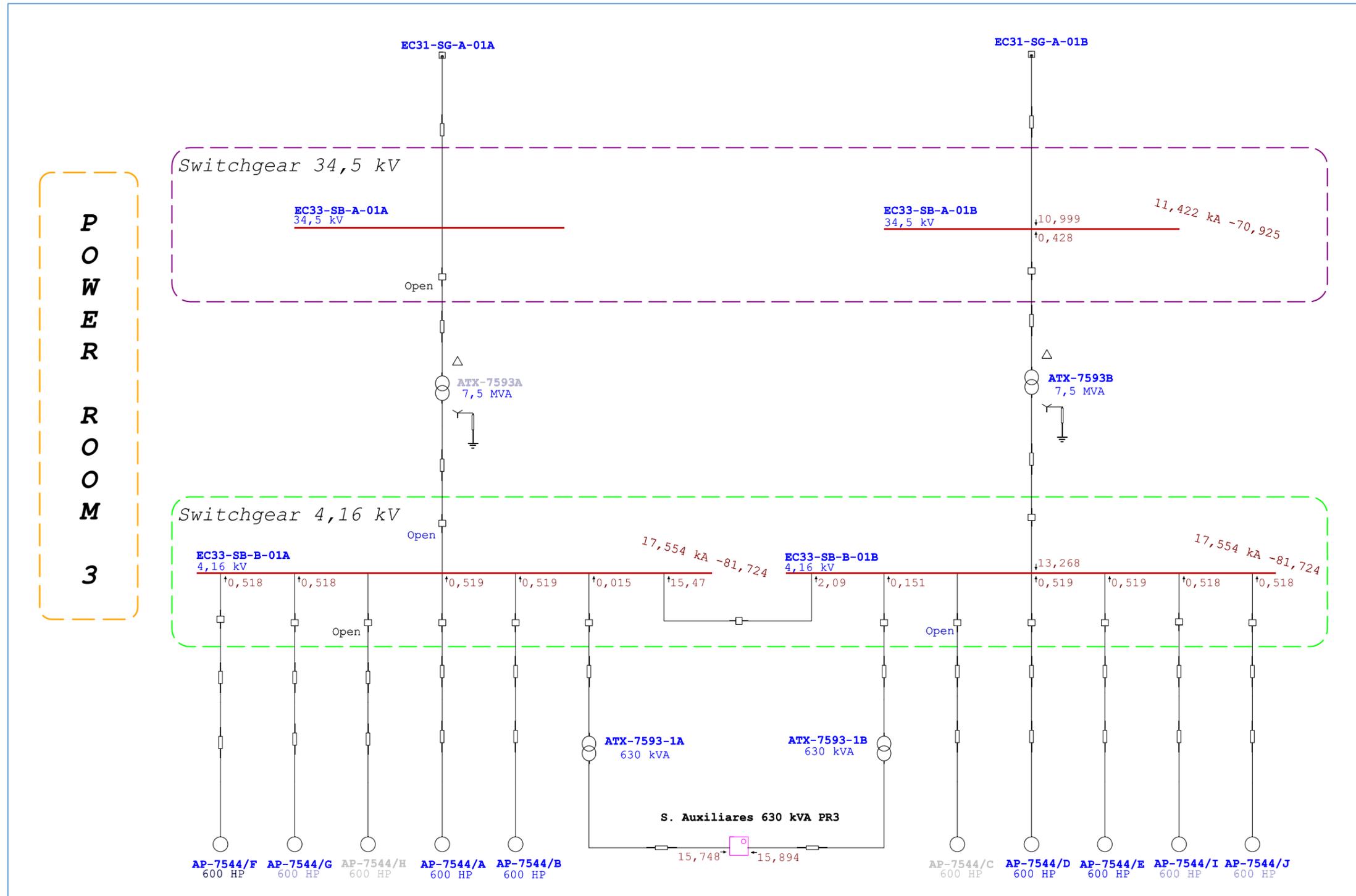
**Red 34.5 kV
CDF-EC3**



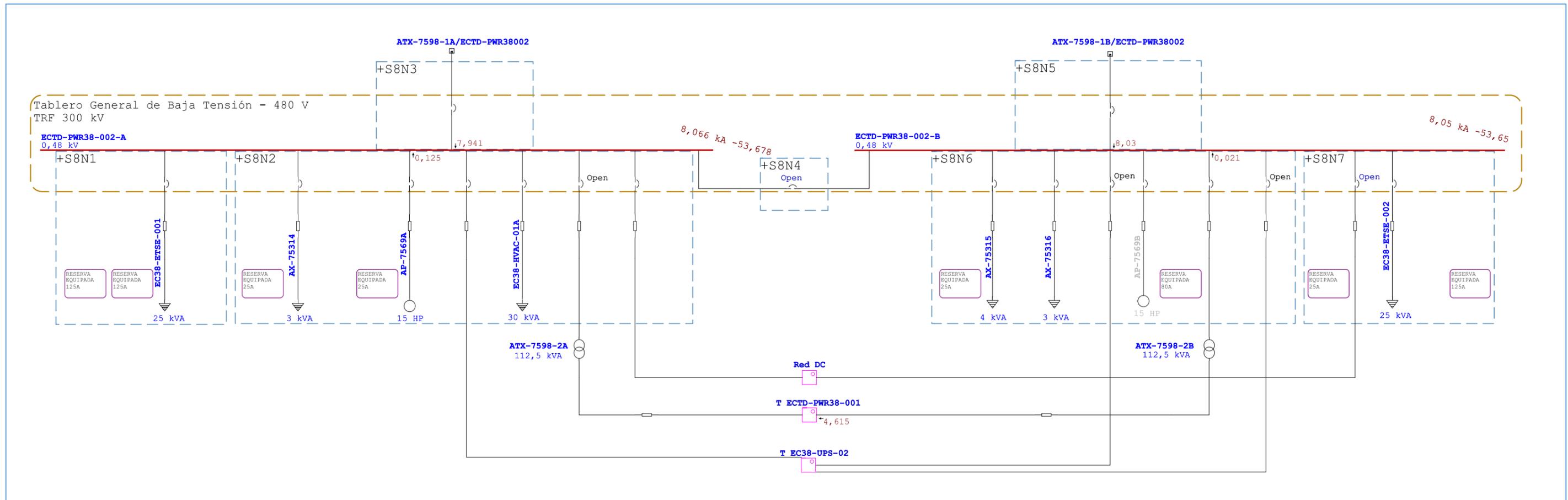
POWER ROOM 8



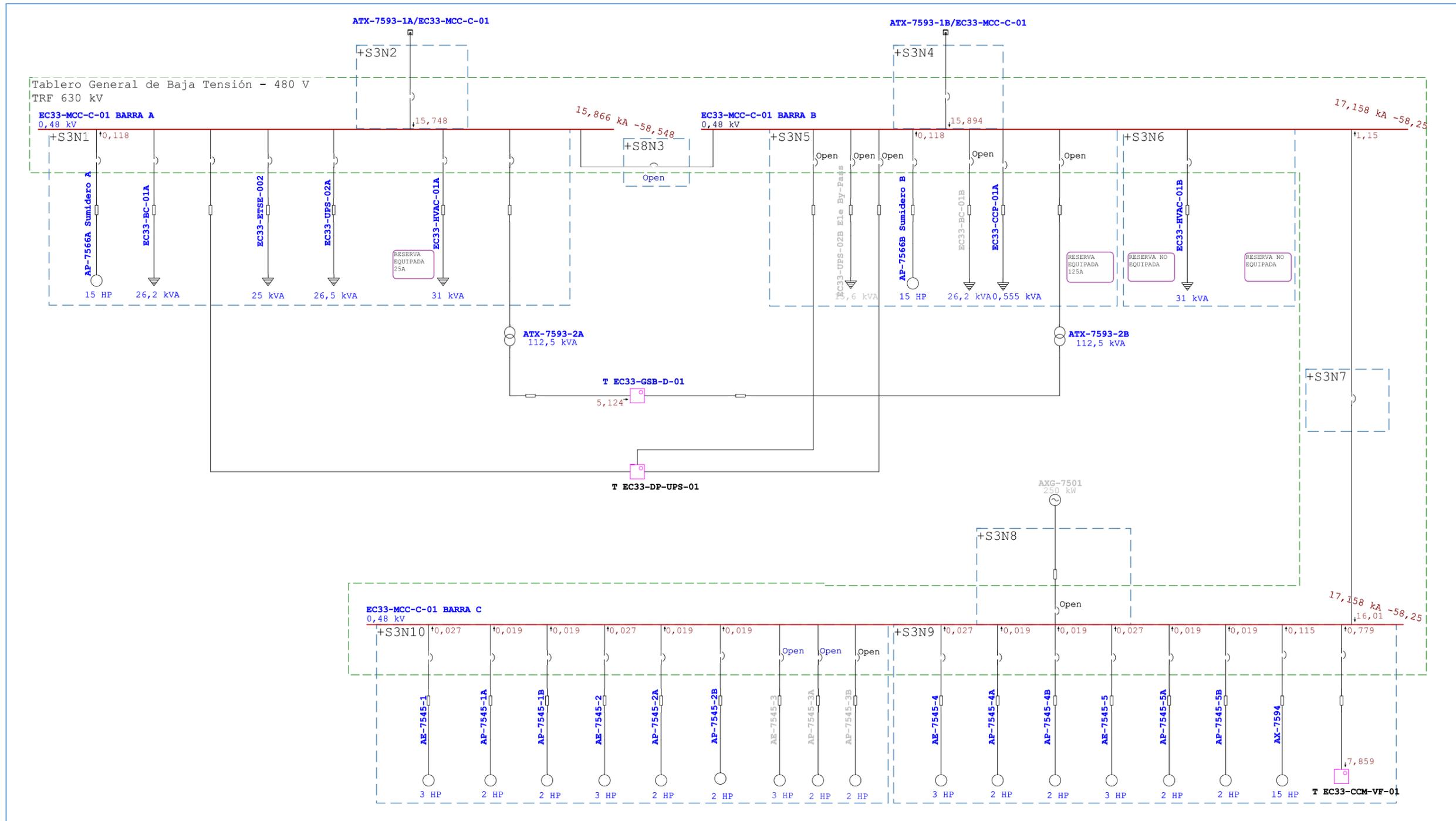
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 7. Resumen: Fase 2 – Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 1

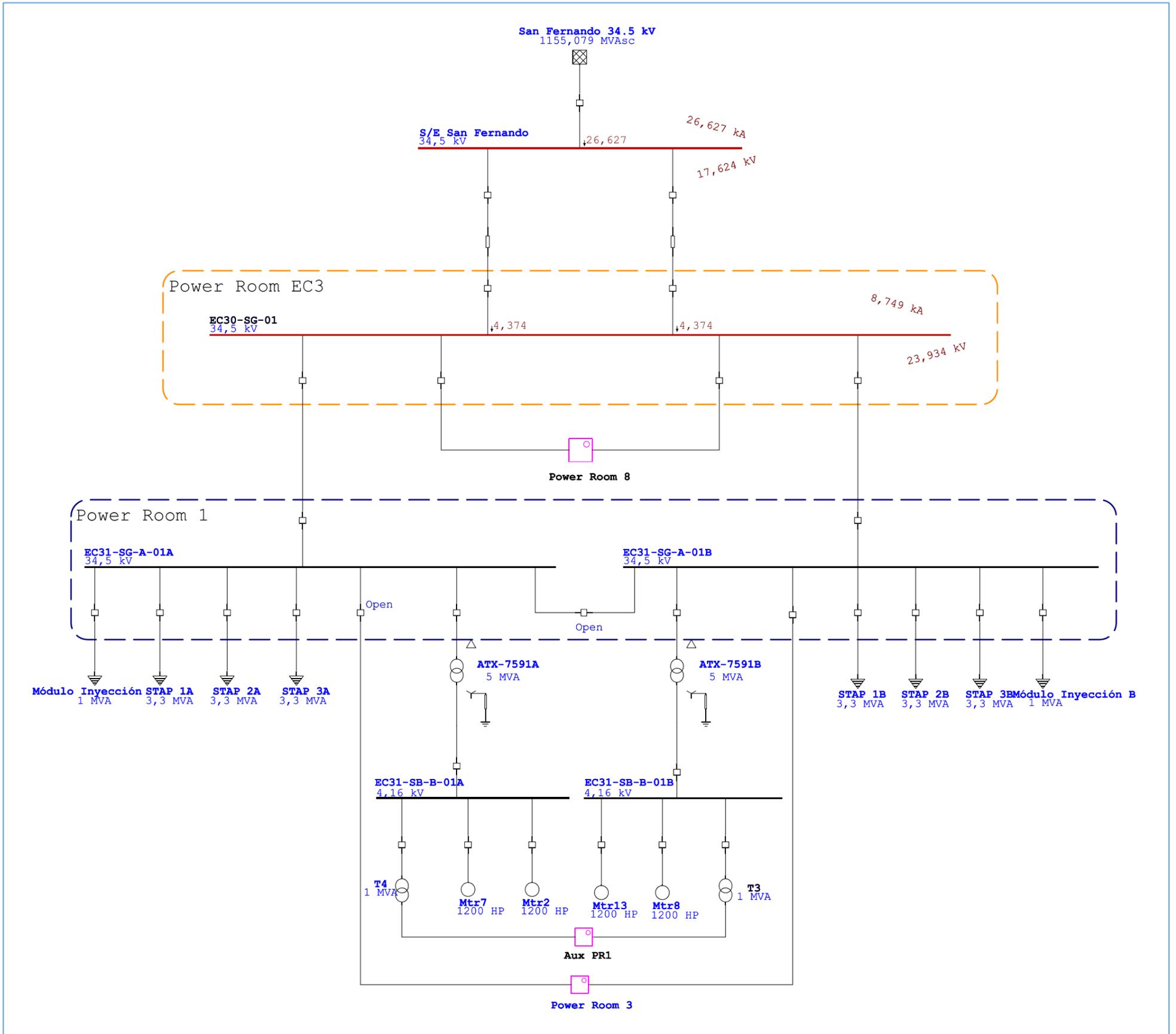
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	l ^{''} k	ip	lk	l ^{''} k	ip	lb	lk	l ^{''} k	ip	lb	lk	l ^{''} k	ip	lb	lk
EC30-SG-01	34,500	12,62	27,18	11,74	8,75	18,85	8,75	8,75	10,92	23,53	10,92	10,92	11,59	24,98	11,59	11,59
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,63	13,65	7,63	6,76	10,69	6,76	6,76	7,30	11,55	7,30	7,30	8,09	12,79	8,09	8,09
EC33-DP-01	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-02	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-05	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-06	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,09	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,70	2,67	1,70	1,70	1,97	3,10	1,97	1,97
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,95	8,59	5,91	5,19	7,49	5,19	5,19	5,15	7,44	5,15	5,15	5,73	8,28	5,73	5,73
EC33-GSB-D-01	0,208	5,14	7,96	5,11	5,35	8,29	5,35	5,35	4,45	6,90	4,45	4,45	5,35	8,29	5,35	5,35
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,87	26,39	15,24	15,67	26,07	15,67	15,67	13,71	22,81	13,71	13,71	15,77	26,25	15,77	15,77
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,16	28,34	15,38	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,18	14,55	14,55	16,76	27,85	16,76	16,76
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,16	28,34	15,38	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,18	14,55	14,55	16,76	27,85	16,76	16,76
EC33-SB-A-01B	34,500	11,42	22,14	10,63	7,85	15,21	7,85	7,85	9,88	19,16	9,88	9,88	10,37	20,10	10,37	10,37
EC33-SB-B-01A	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-SB-B-01B	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,74	8,41	5,31	4,61	6,75	4,61	4,61	4,91	7,19	4,91	4,91	5,45	7,98	5,45	5,45
EC38-DP-02	0,208	1,79	2,58	1,79	1,61	2,33	1,61	1,61	1,55	2,24	1,55	1,55	1,74	2,51	1,74	1,74
EC38-DP-TE-01	0,208	3,32	4,89	3,30	2,81	4,14	2,81	2,81	2,87	4,23	2,87	2,87	3,30	4,87	3,30	3,30
EC38-SG-A-01A	34,500	12,39	26,54	11,54	8,58	18,37	8,58	8,58	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-A-01B	34,500	12,39	26,54	11,54	8,58	18,37	8,58	8,58	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-A-01C	34,500	12,39	26,54	11,54	8,58	18,37	8,58	8,58	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,83	48,58	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,17	42,07	17,17	17,17	17,28	42,33	17,28	17,28
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,82	48,57	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,32	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,82	48,57	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,32	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01D	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01E	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
ECTD-PWR38-001	0,208	4,67	7,27	4,63	5,06	7,87	5,06	5,06	4,04	6,28	4,04	4,04	4,98	7,74	4,98	4,98
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,07	12,83	7,94	7,67	12,22	7,67	7,67	6,95	11,08	6,95	6,95	7,87	12,56	7,87	7,87
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,05	12,84	8,02	7,74	12,34	7,74	7,74	6,97	11,11	6,97	6,97	7,91	12,61	7,91	7,91
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,21	3,28	2,16	1,93	2,87	1,93	1,93	1,90	2,83	1,90	1,90	2,16	3,21	2,16	2,16
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,17	3,23	2,16	1,91	2,85	1,91	1,91	1,88	2,79	1,88	1,88	2,13	3,17	2,13	2,13
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	1,99	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,18	45,79	19,33	26,63	60,41	26,63	26,63	17,47	39,64	17,47	17,47	26,24	59,54	26,24	26,24
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

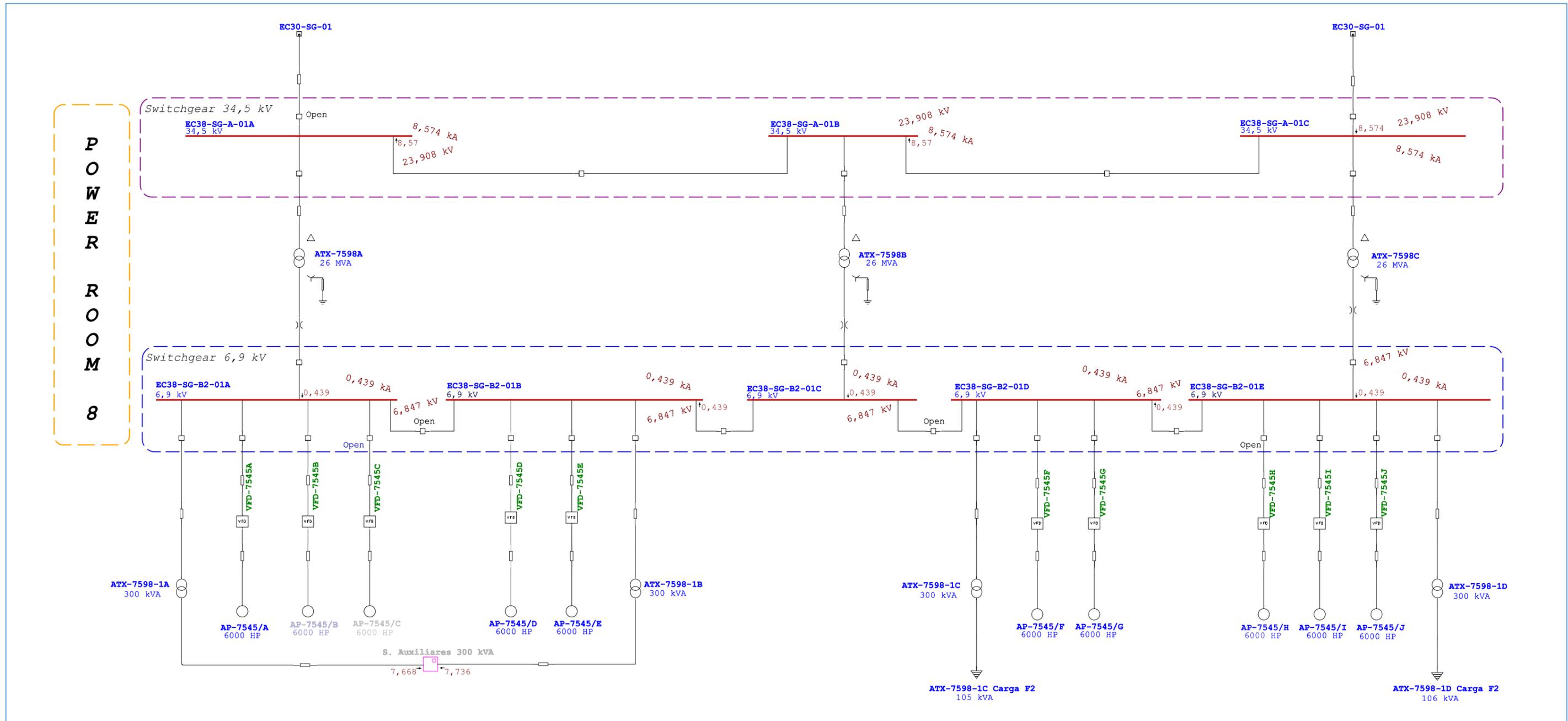
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,37741	1,69548	1,73698	0,37703	1,69766	1,73902	0,61626	3,99444	4,04170	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,02055	0,02674	0,03372	0,02107	0,02835	0,03532	0,03098	0,05174	0,06031	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-01	0,208	0,03265	0,02268	0,03976	0,03265	0,02270	0,03977	0,06875	0,02978	0,07492	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-02	0,208	0,03265	0,02268	0,03976	0,03265	0,02270	0,03977	0,06875	0,02978	0,07492	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-05	0,208	0,03265	0,02268	0,03976	0,03265	0,02270	0,03977	0,06875	0,02978	0,07492	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-06	0,208	0,03265	0,02268	0,03976	0,03265	0,02270	0,03977	0,06875	0,02978	0,07492	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,03984	0,05030	0,06416	0,03984	0,05031	0,06417	0,03989	0,05764	0,07010	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,04542	0,01806	0,04887	0,04542	0,01812	0,04890	0,06678	0,02230	0,07040	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,01591	0,01869	0,02454	0,01591	0,01870	0,02456	0,01294	0,01736	0,02165	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,00958	0,01566	0,01836	0,00958	0,01573	0,01842	0,00981	0,01624	0,01897	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,00896	0,01453	0,01707	0,00901	0,01508	0,01757	0,00967	0,01591	0,01862	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,00896	0,01453	0,01707	0,00901	0,01508	0,01757	0,00967	0,01591	0,01862	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,62686	1,81312	1,91843	0,62679	1,81564	1,92078	1,40206	4,31551	4,53755	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,02161	0,14905	0,15061	0,02116	0,15006	0,15154	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,02161	0,14905	0,15061	0,02116	0,15006	0,15154	18,02972	0,17224	18,03055	0,00000	0,00000	0,00000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,04095	0,02988	0,05069	0,04147	0,03149	0,05207	0,06332	0,05974	0,08706	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-02	0,208	0,06555	0,02572	0,07041	0,06557	0,02586	0,07048	0,08898	0,02943	0,09372	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,02972	0,02366	0,03799	0,02974	0,02380	0,03809	0,05363	0,02588	0,05955	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,39401	1,72416	1,76861	0,39362	1,72634	1,77065	0,68266	4,07090	4,12774	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,39401	1,72416	1,76861	0,39362	1,72634	1,77065	0,68266	4,07090	4,12774	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,39401	1,72416	1,76861	0,39362	1,72634	1,77065	0,68266	4,07090	4,12774	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,02340	0,21976	0,22100	0,02336	0,21988	0,22111	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,02339	0,21983	0,22108	0,02337	0,21993	0,22117	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,02339	0,21983	0,22108	0,02337	0,21993	0,22117	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01D	6,900	0,02340	0,21986	0,22111	0,02338	0,21996	0,22120	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
EC38-SG-B2-01E	6,900	0,02340	0,21986	0,22111	0,02338	0,21996	0,22120	29,88457	0,14715	29,88493	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,01732	0,02070	0,02699	0,01734	0,02084	0,02711	0,01230	0,01668	0,02072	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,02142	0,02915	0,03618	0,02148	0,02935	0,03637	0,02438	0,03354	0,04146	0,00000	0,00000	0,00000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,02142	0,02911	0,03615	0,02143	0,02916	0,03619	0,02394	0,03268	0,04052	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,04291	0,03771	0,05713	0,04319	0,03828	0,05771	0,05434	0,06109	0,08176	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,04371	0,03825	0,05808	0,04373	0,03839	0,05819	0,05434	0,06109	0,08176	0,00000	0,00000	0,00000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,06593	0,07040	0,09646	0,06594	0,07044	0,09649	0,07334	0,09136	0,11715	0,00000	0,00000	0,00000
S/E San Fernando	34,500	0,18463	1,06987	1,08569	0,18441	1,07066	1,08642	0,05040	0,29232	0,29664	0,00000	0,00000	0,00000
TB-UPS-001	0,208	0,03954	0,05285	0,06601	0,03955	0,05289	0,06605	0,03129	0,04694	0,05641	0,00000	0,00000	0,00000

2.5. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 2 CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO

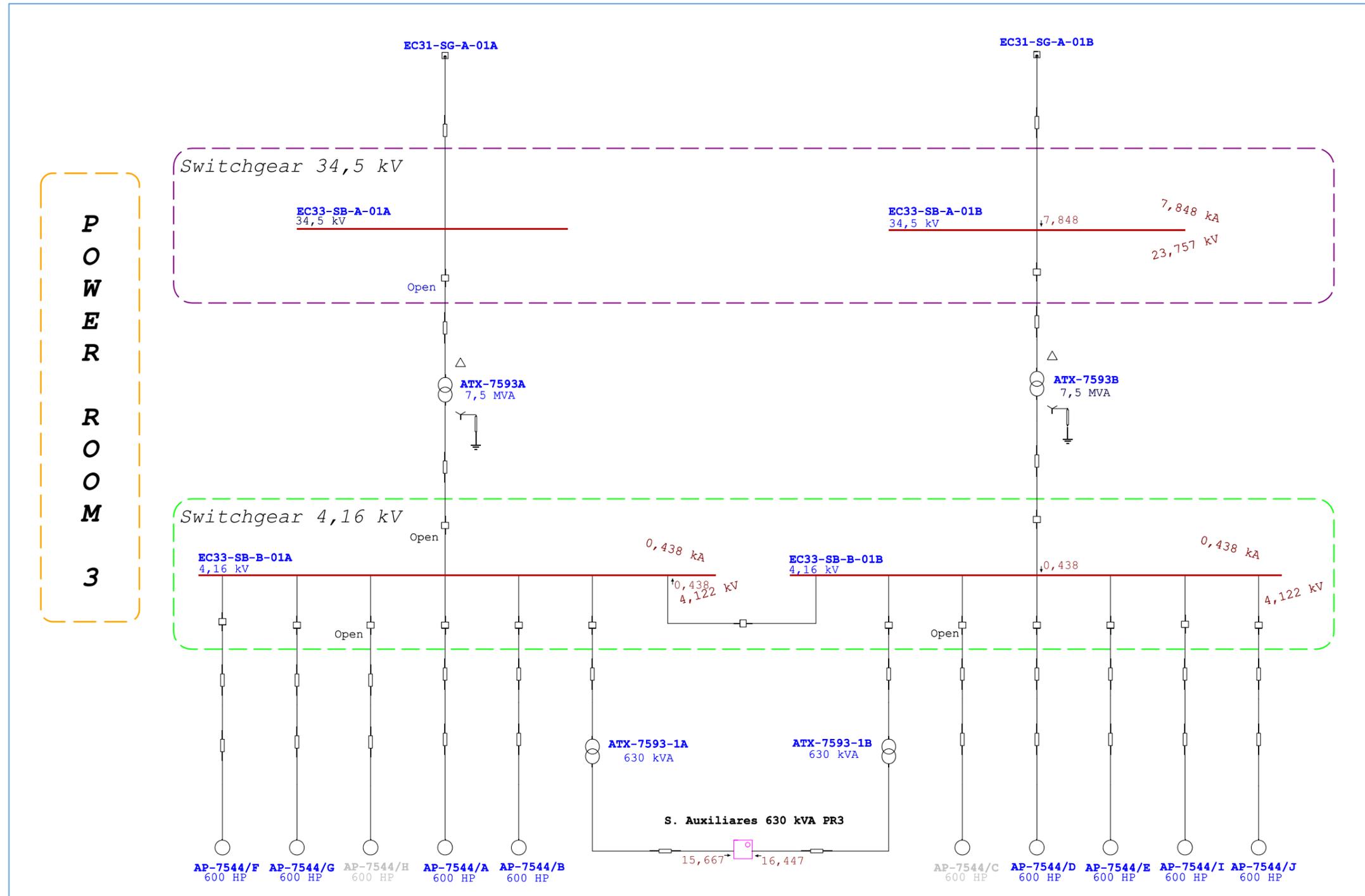
Red 34.5 kV CDF-EC3



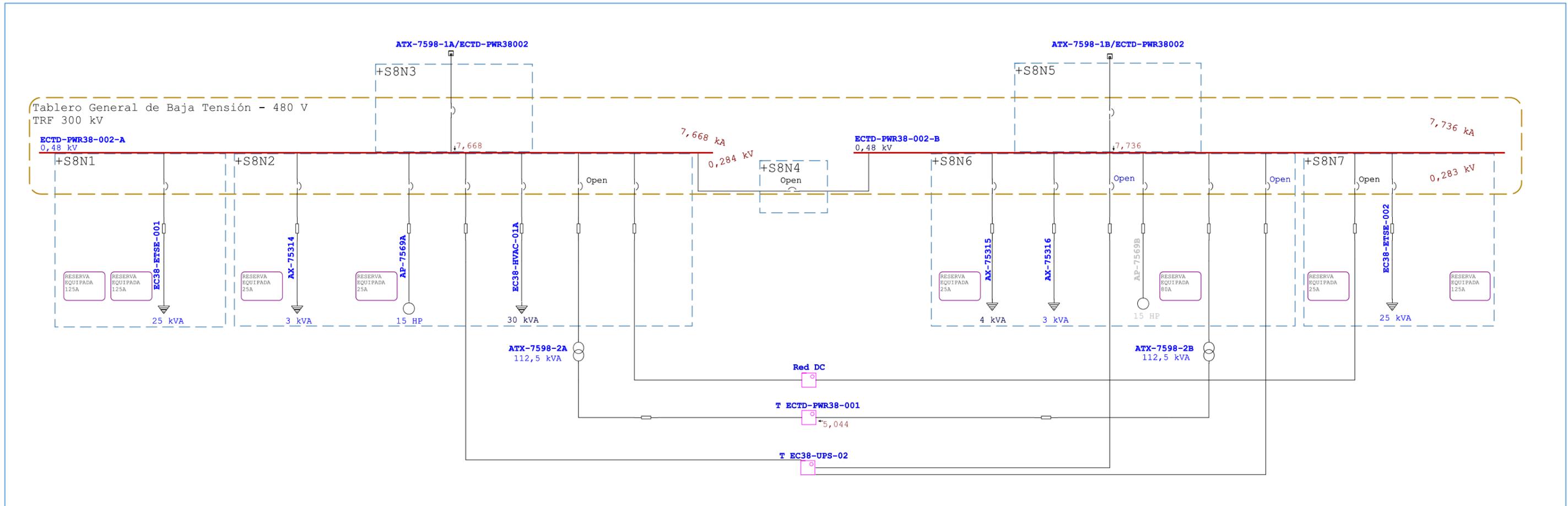
POWER ROOM 8



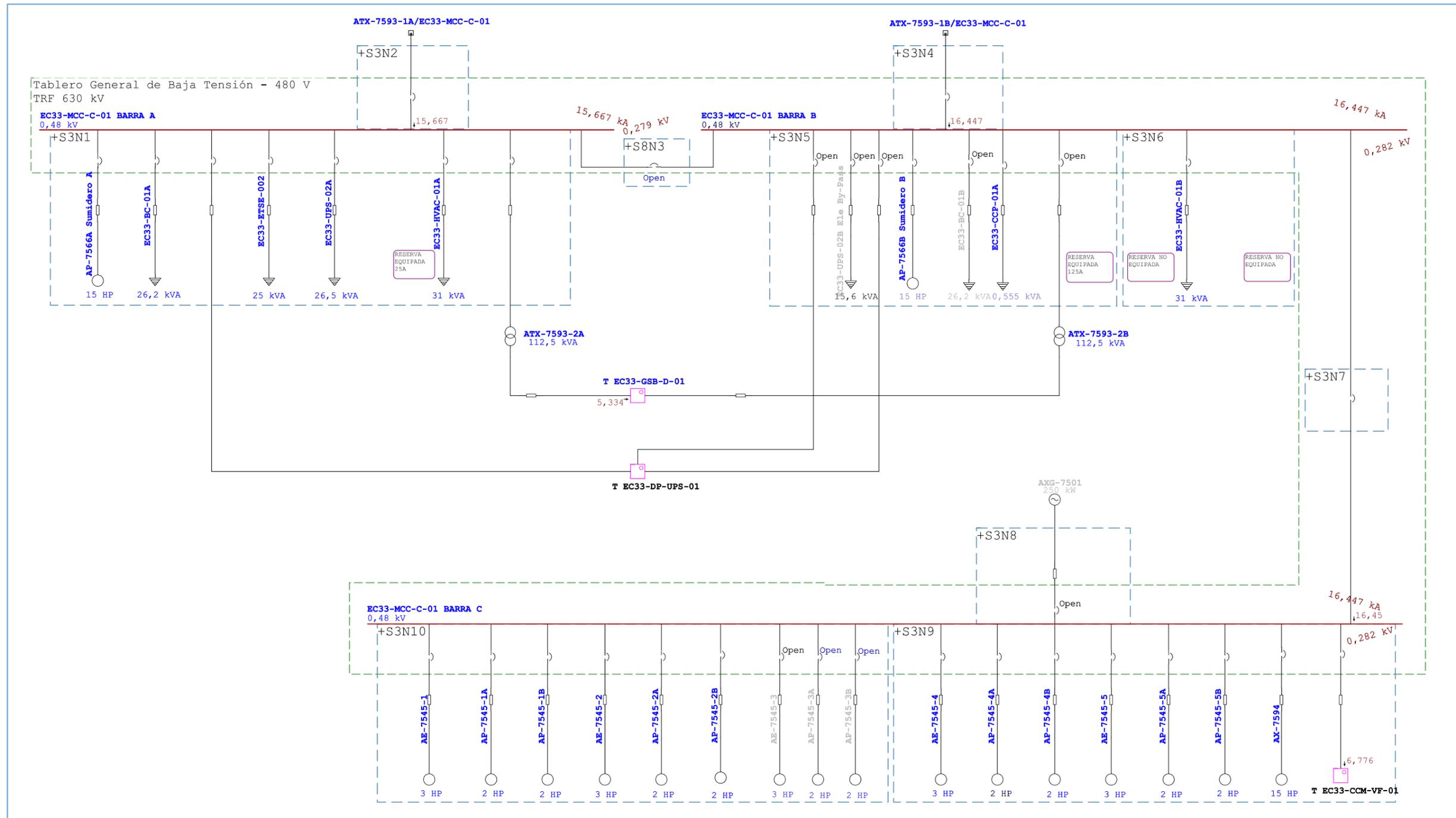
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

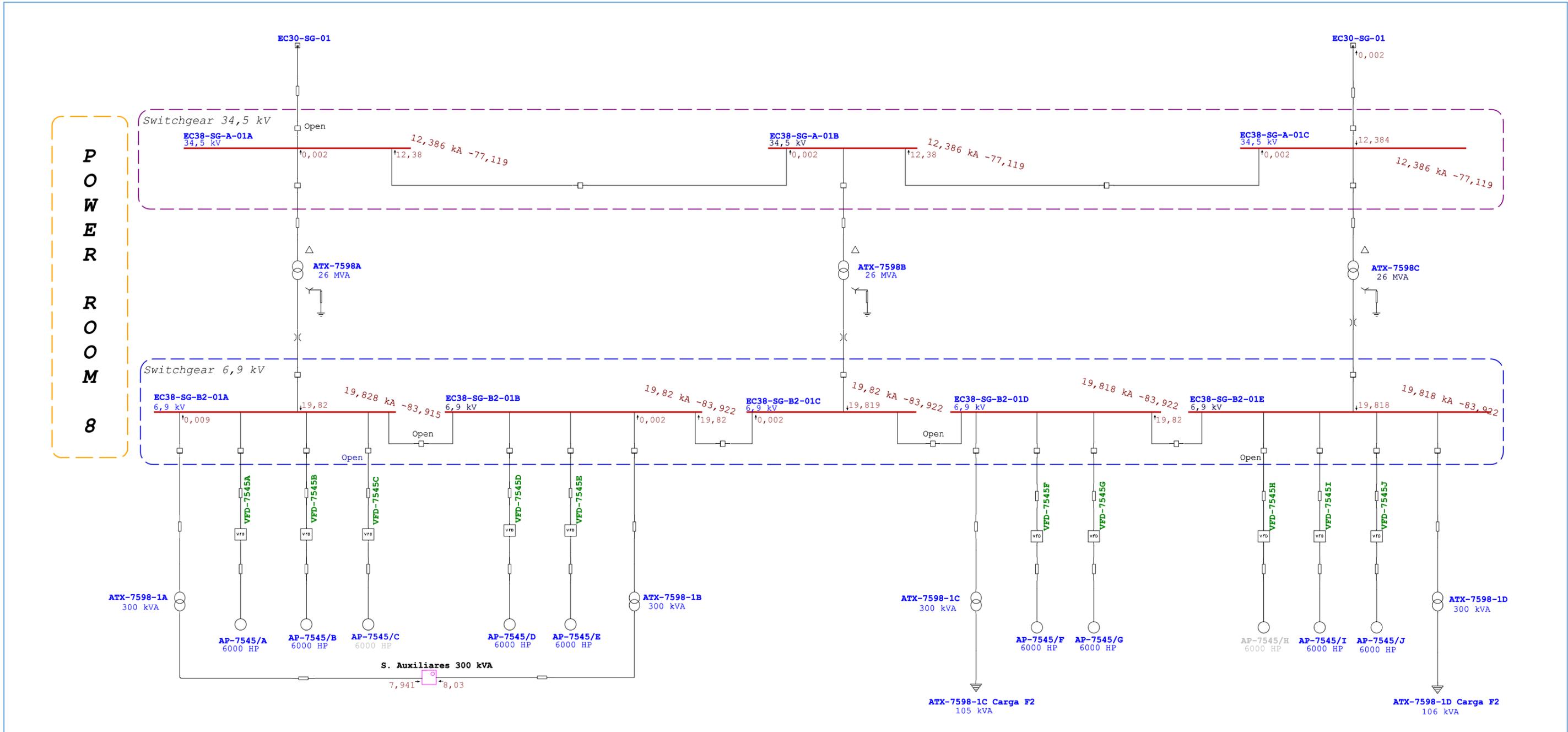


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

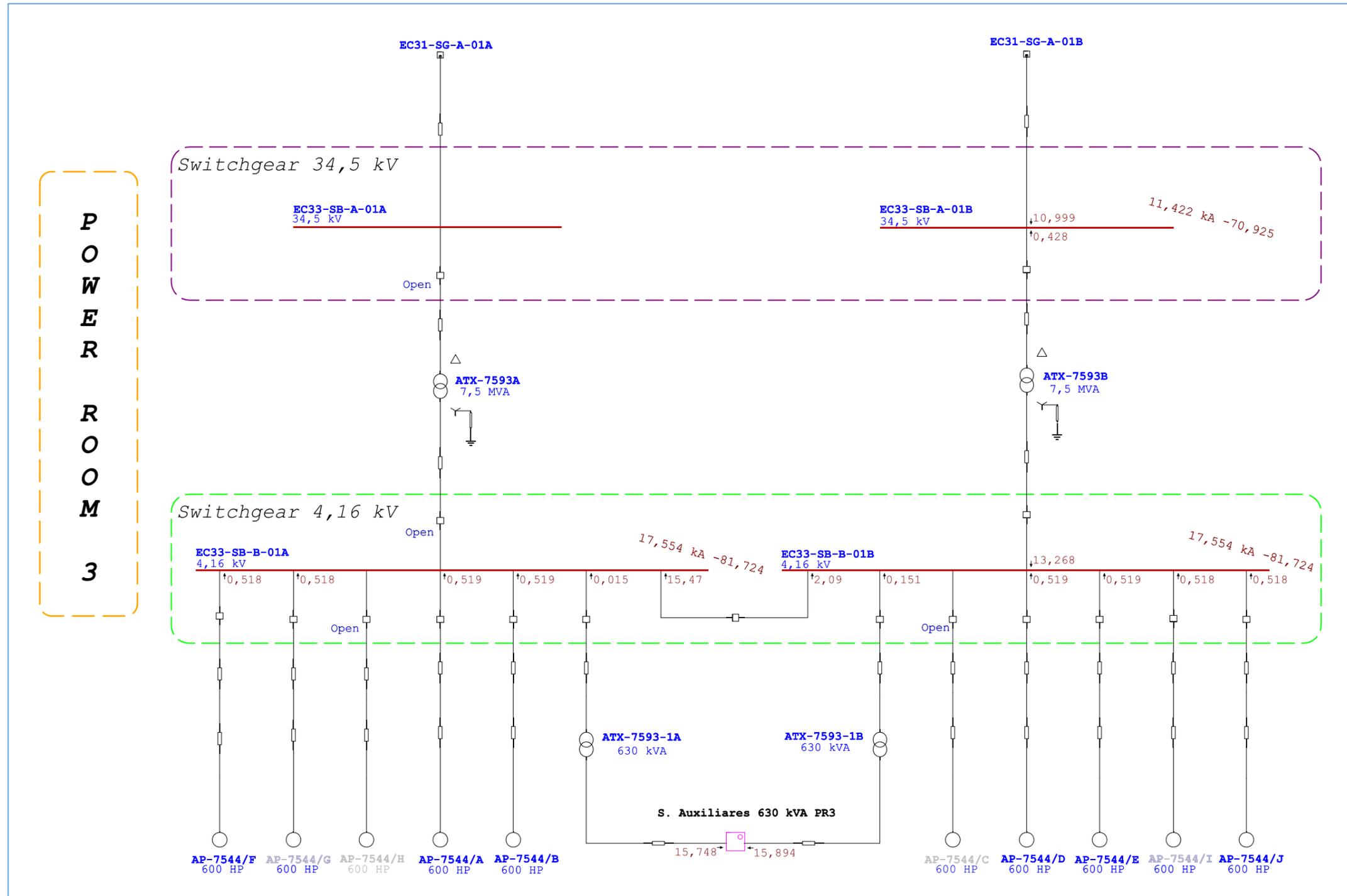


**2.6. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS INDISPONIBILIDAD DE UNA RED DE ALIMENTACIÓN 34.5 kV 2
CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

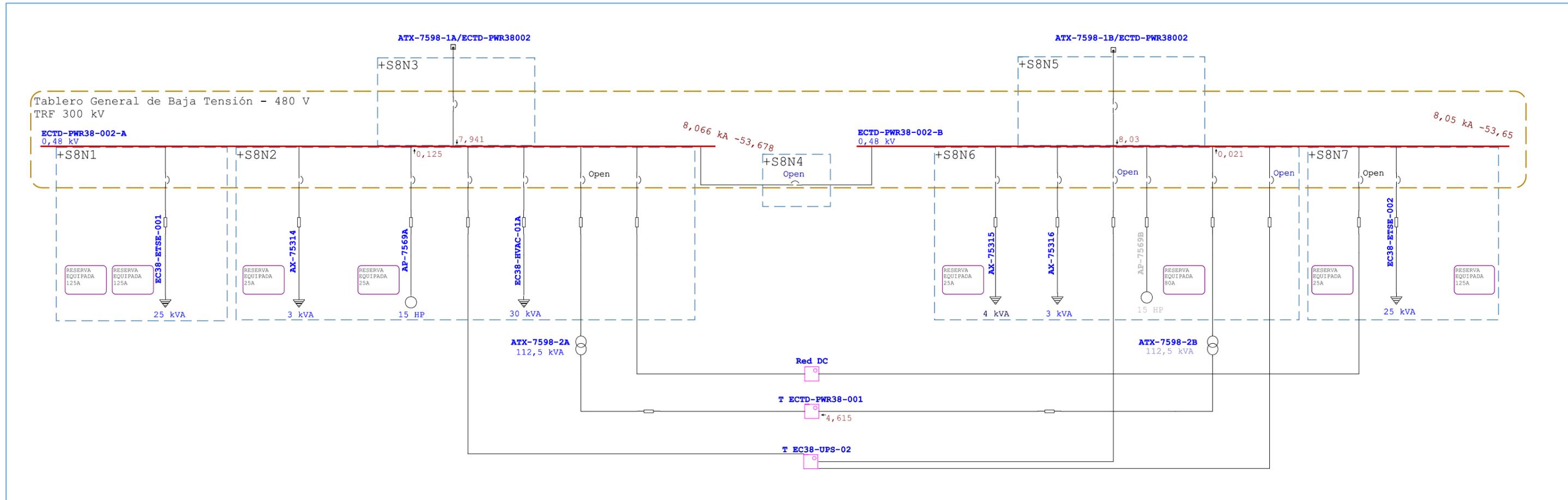
POWER ROOM 8



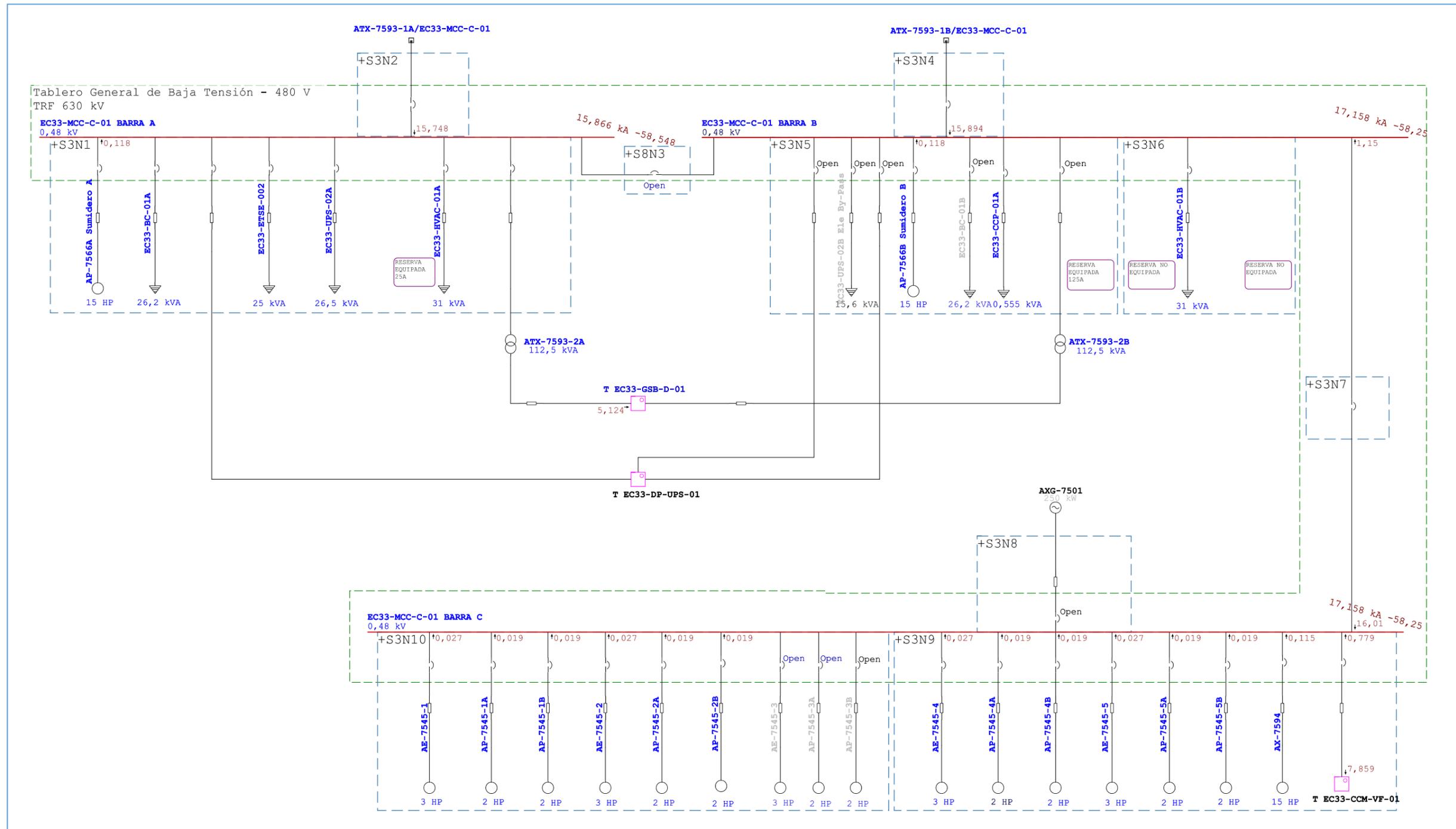
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 8. Resumen: Fase 2 – Indisponibilidad de una red de alimentación 34.5 kV 2

Informe Resumen de Cortocircuito

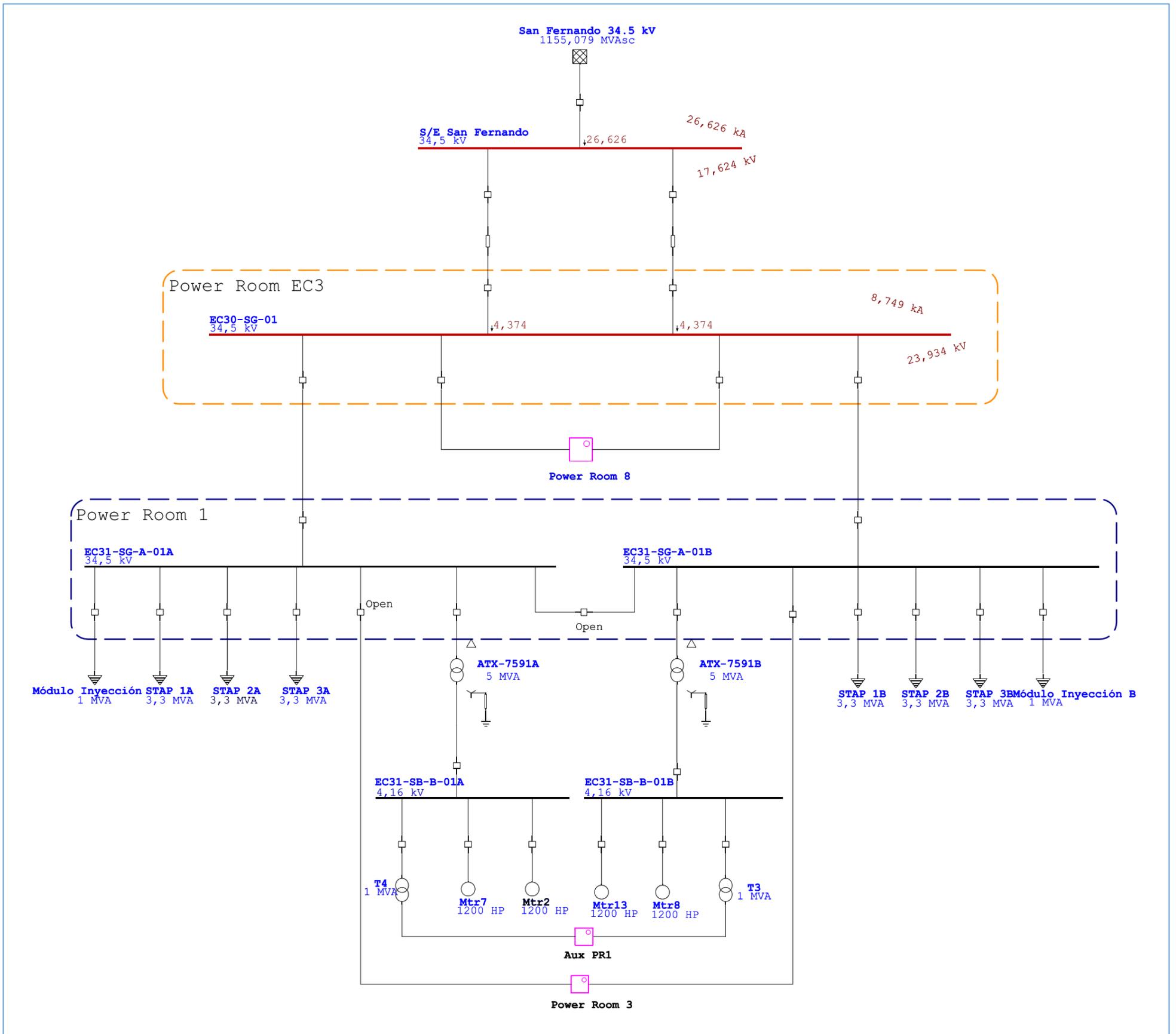
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	l"k	ip	lk	l"k	ip	lb	lk	l"k	ip	lb	lk	l"k	ip	lb	lk
EC30-SG-01	34,500	12,62	27,18	11,74	8,75	18,85	8,75	8,75	10,92	23,53	10,92	10,92	11,59	24,98	11,59	11,59
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,63	13,65	7,63	6,76	10,69	6,76	6,76	7,30	11,55	7,30	7,30	8,09	12,79	8,09	8,09
EC33-DP-01	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-02	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-05	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-06	0,208	3,17	4,63	3,16	2,46	3,60	2,46	2,46	2,75	4,01	2,75	2,75	3,07	4,48	3,07	3,07
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,09	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,70	2,67	1,70	1,70	1,97	3,10	1,97	1,97
EC33-DP-UPS-02	0,480	5,95	8,59	5,91	5,19	7,49	5,19	5,19	5,15	7,44	5,15	5,15	5,73	8,28	5,73	5,73
EC33-GSB-D-01	0,208	5,14	7,96	5,11	5,35	8,29	5,35	5,35	4,45	6,90	4,45	4,45	5,35	8,29	5,35	5,35
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	15,87	26,39	15,24	15,67	26,07	15,67	15,67	13,71	22,81	13,71	13,71	15,77	26,25	15,77	15,77
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,16	28,34	15,38	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,18	14,55	14,55	16,76	27,85	16,76	16,76
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,16	28,34	15,38	16,45	27,24	16,45	16,45	14,55	24,18	14,55	14,55	16,76	27,85	16,76	16,76
EC33-SB-A-01B	34,500	11,42	22,14	10,63	7,85	15,21	7,85	7,85	9,88	19,16	9,88	9,88	10,37	20,10	10,37	10,37
EC33-SB-B-01A	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-SB-B-01B	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,74	8,41	5,31	4,61	6,75	4,61	4,61	4,91	7,19	4,91	4,91	5,45	7,98	5,45	5,45
EC38-DP-02	0,208	1,79	2,58	1,79	1,61	2,33	1,61	1,61	1,55	2,24	1,55	1,55	1,74	2,51	1,74	1,74
EC38-DP-TE-01	0,208	3,32	4,89	3,30	2,81	4,14	2,81	2,81	2,87	4,23	2,87	2,87	3,30	4,87	3,30	3,30
EC38-SG-A-01A	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-A-01B	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-A-01C	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,83	48,58	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,17	42,06	17,17	17,17	17,27	42,33	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,82	48,56	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01D	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01E	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
ECTD-PWR38-001	0,208	4,67	7,27	4,63	5,06	7,87	5,06	5,06	4,04	6,28	4,04	4,04	4,98	7,74	4,98	4,98
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,07	12,83	7,94	7,67	12,22	7,67	7,67	6,95	11,08	6,95	6,95	7,87	12,56	7,87	7,87
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,05	12,84	8,02	7,74	12,34	7,74	7,74	6,97	11,11	6,97	6,97	7,91	12,61	7,91	7,91
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,21	3,28	2,16	1,93	2,87	1,93	1,93	1,90	2,83	1,90	1,90	2,16	3,21	2,16	2,16
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,17	3,23	2,16	1,91	2,85	1,91	1,91	1,88	2,79	1,88	1,88	2,13	3,17	2,13	2,13
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	1,99	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,18	45,79	19,33	26,63	60,41	26,63	26,63	17,47	39,64	17,47	17,47	26,24	59,54	26,24	26,24
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

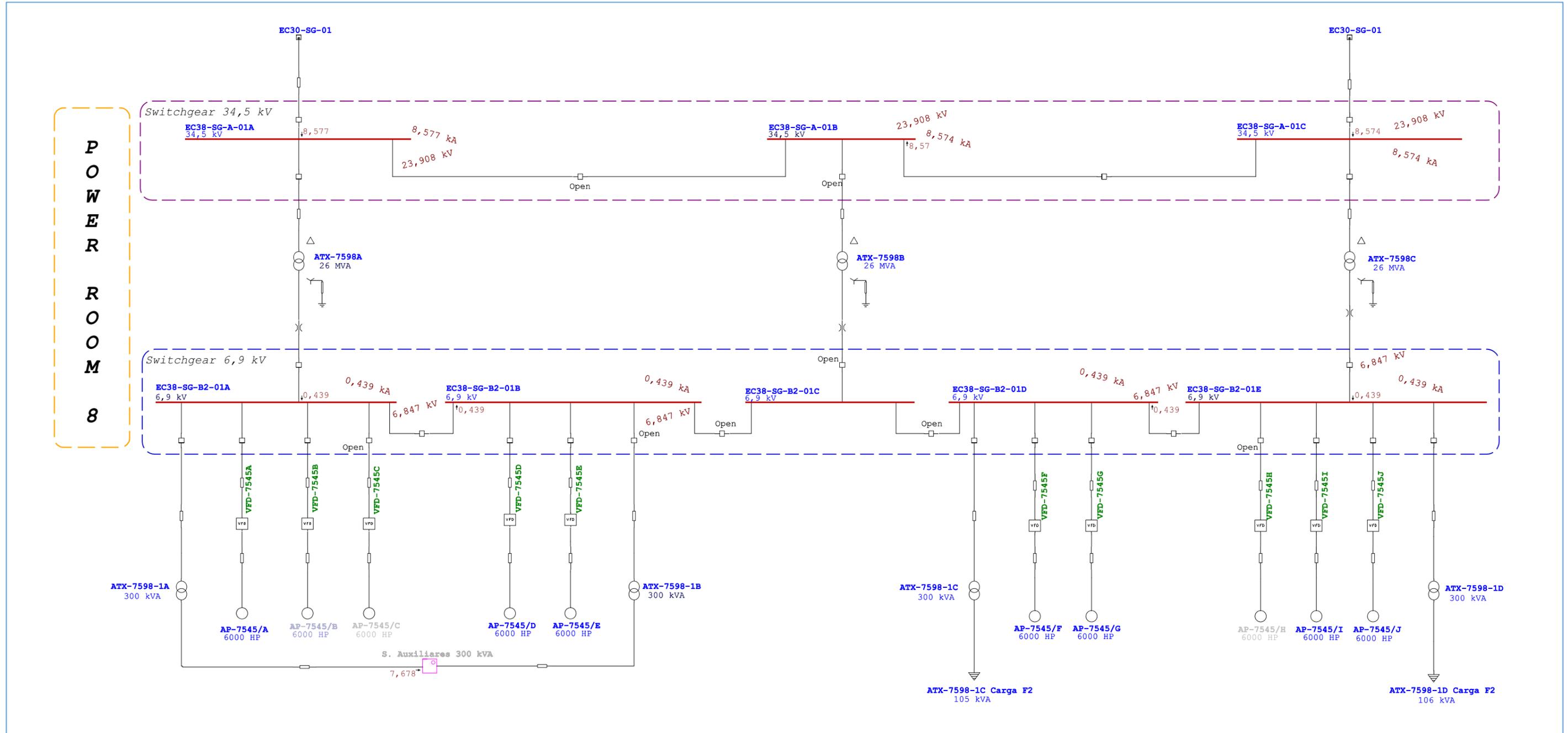
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,3774	1,6955	1,7370	0,3770	1,6977	1,7390	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0205	0,0267	0,0337	0,0211	0,0283	0,0353	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0327	0,0227	0,0398	0,0327	0,0227	0,0398	0,0687	0,0298	0,0749	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0398	0,0503	0,0642	0,0398	0,0503	0,0642	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0454	0,0181	0,0489	0,0454	0,0181	0,0489	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0159	0,0187	0,0245	0,0159	0,0187	0,0246	0,0129	0,0174	0,0217	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0096	0,0157	0,0184	0,0096	0,0157	0,0184	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0090	0,0145	0,0171	0,0090	0,0151	0,0176	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0090	0,0145	0,0171	0,0090	0,0151	0,0176	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,6269	1,8131	1,9184	0,6268	1,8156	1,9208	1,4021	4,3155	4,5375	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0216	0,1490	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0216	0,1490	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0409	0,0299	0,0507	0,0415	0,0315	0,0521	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0655	0,0257	0,0704	0,0656	0,0259	0,0705	0,0890	0,0294	0,0937	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0297	0,0237	0,0380	0,0297	0,0238	0,0381	0,0536	0,0259	0,0596	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7268	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7268	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7268	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0234	0,2198	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01D	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01E	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0173	0,0207	0,0270	0,0173	0,0208	0,0271	0,0123	0,0167	0,0207	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0292	0,0362	0,0215	0,0294	0,0364	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0292	0,0362	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0429	0,0377	0,0571	0,0432	0,0383	0,0577	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0437	0,0383	0,0581	0,0437	0,0384	0,0582	0,0543	0,0611	0,0818	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0965	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1846	1,0699	1,0857	0,1844	1,0707	1,0864	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0529	0,0660	0,0396	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

**2.7. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE
LOS TRANSFORMADORES ATX-7598B Y/O ATX-7593A
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

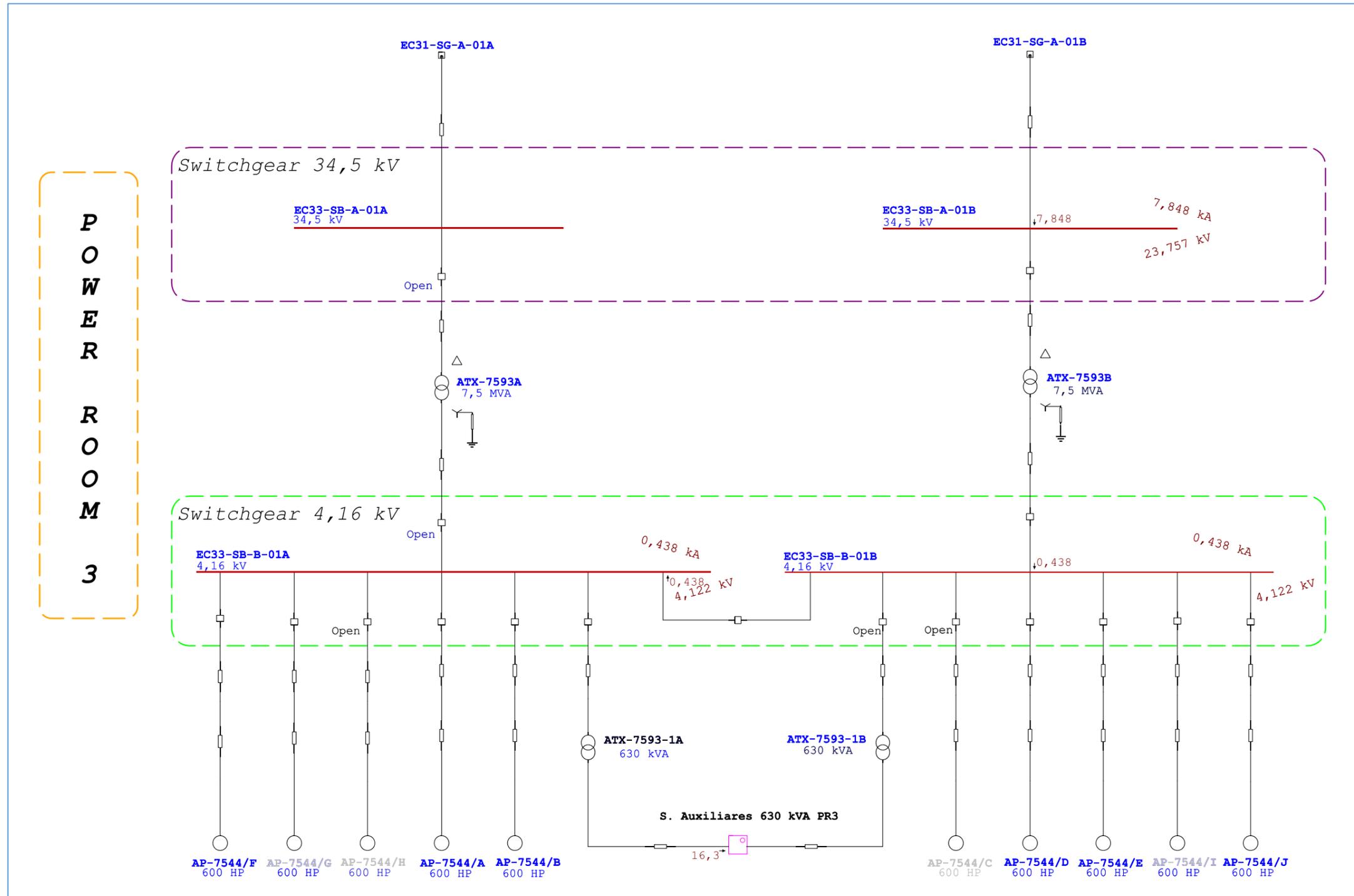
**Red 34.5 kV
CDF-EC3**



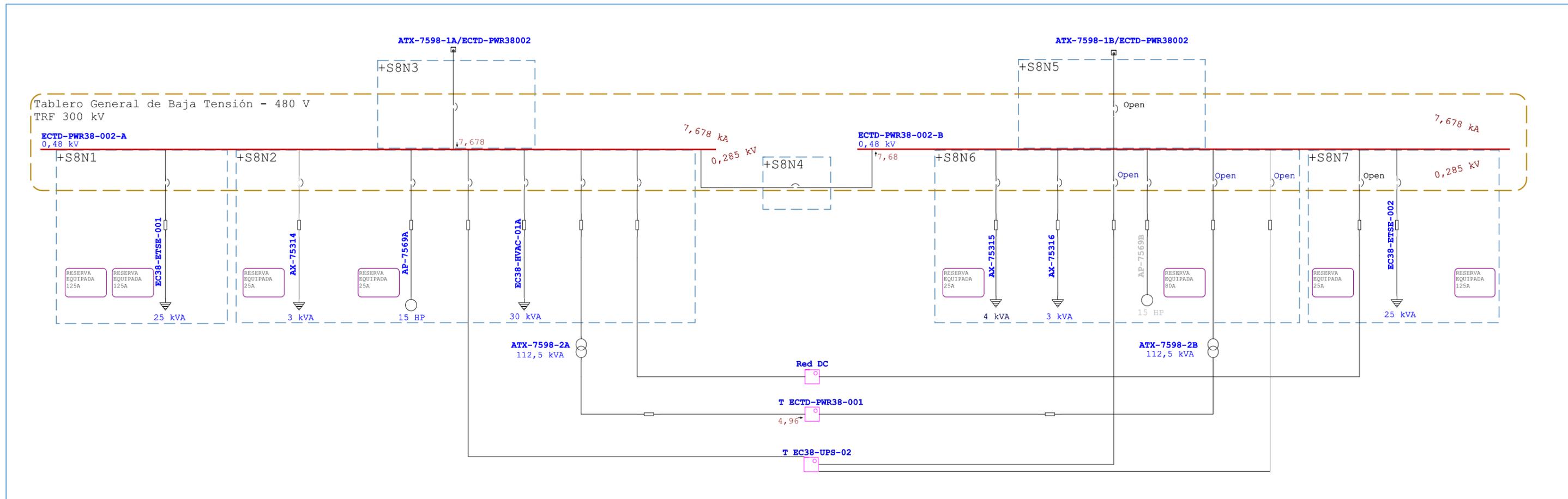
POWER ROOM 8



POWER ROOM 3

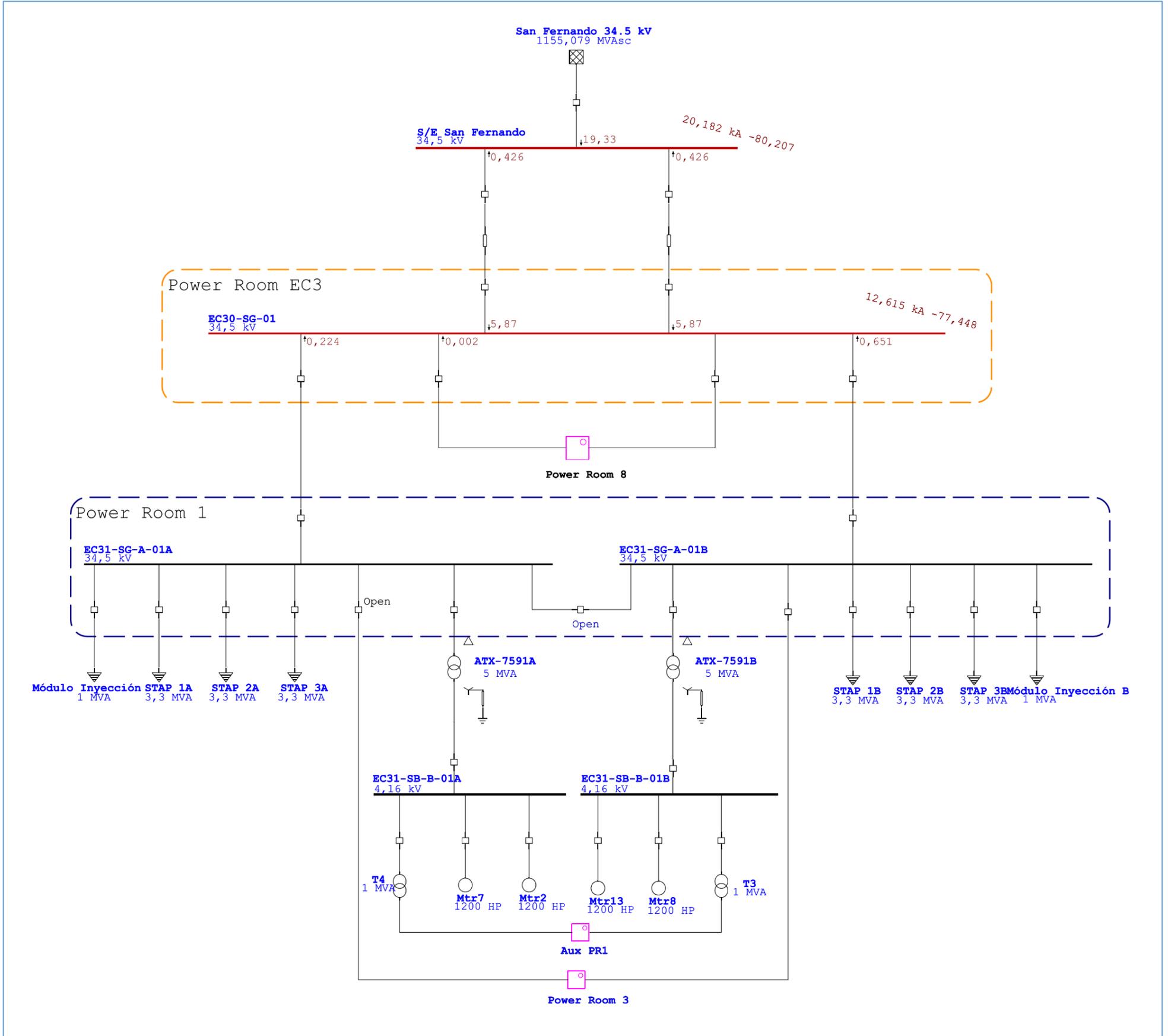


POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

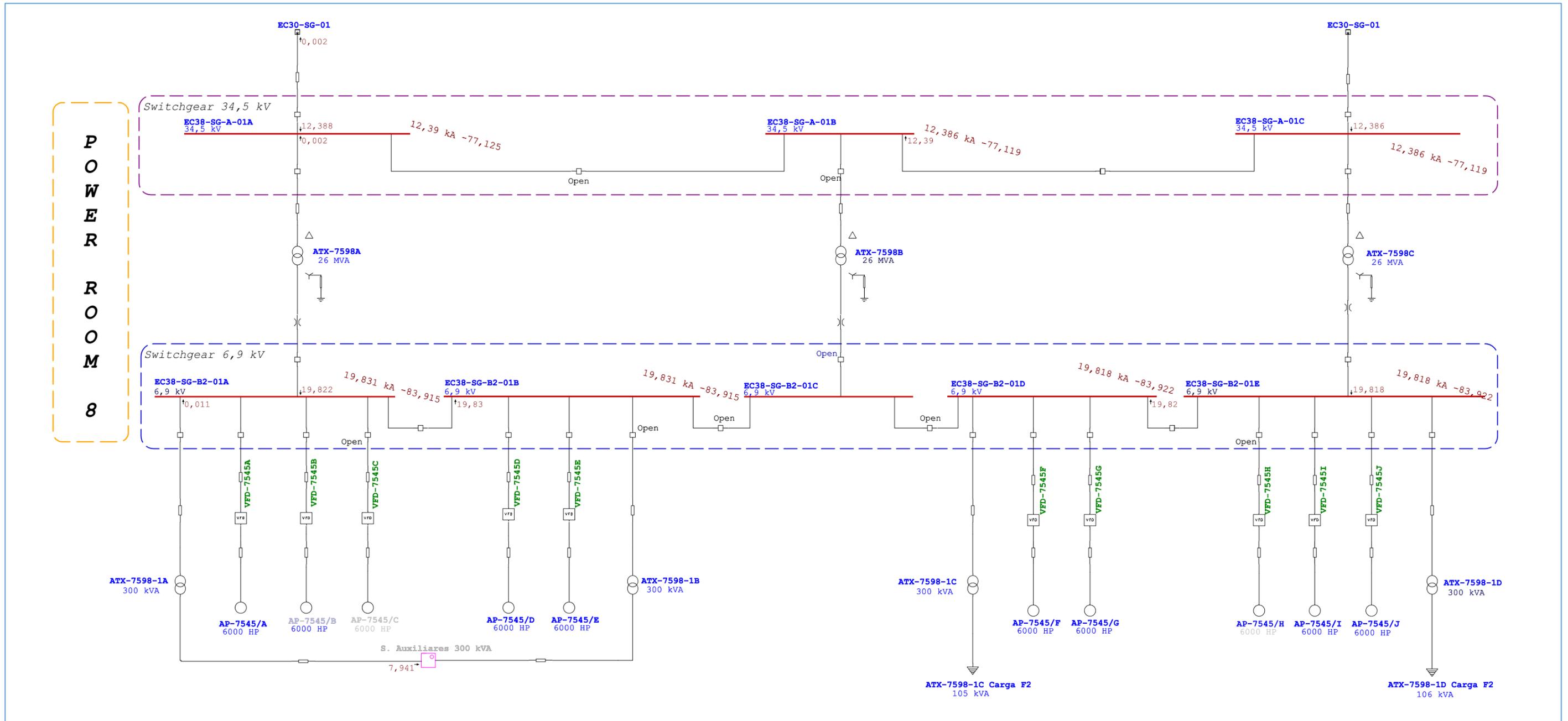


**2.8. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE
LOS TRANSFORMADORES ATX-7598B Y/O ATX-7593A
CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

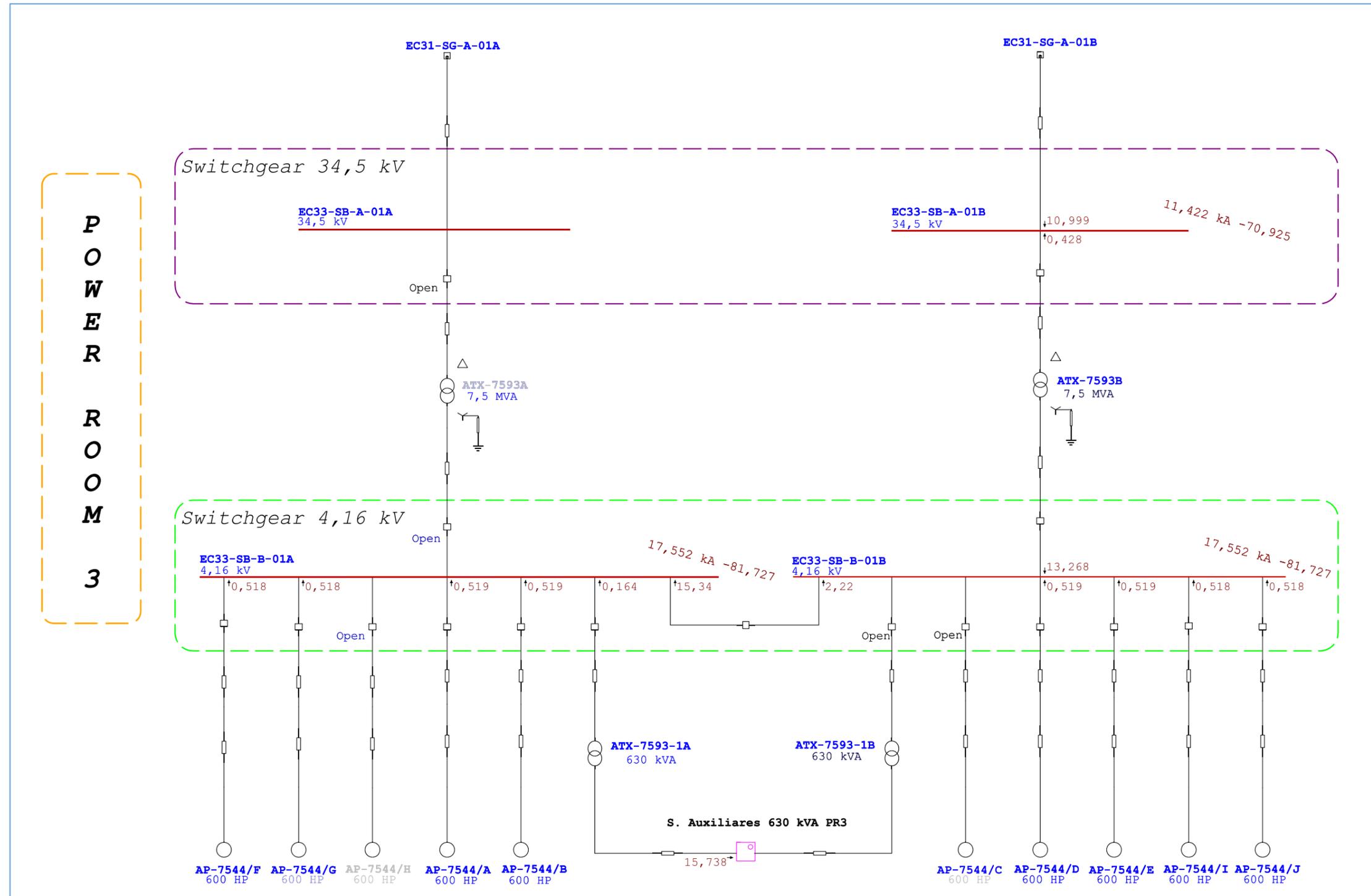
Red 34.5 kV
CDF-EC3



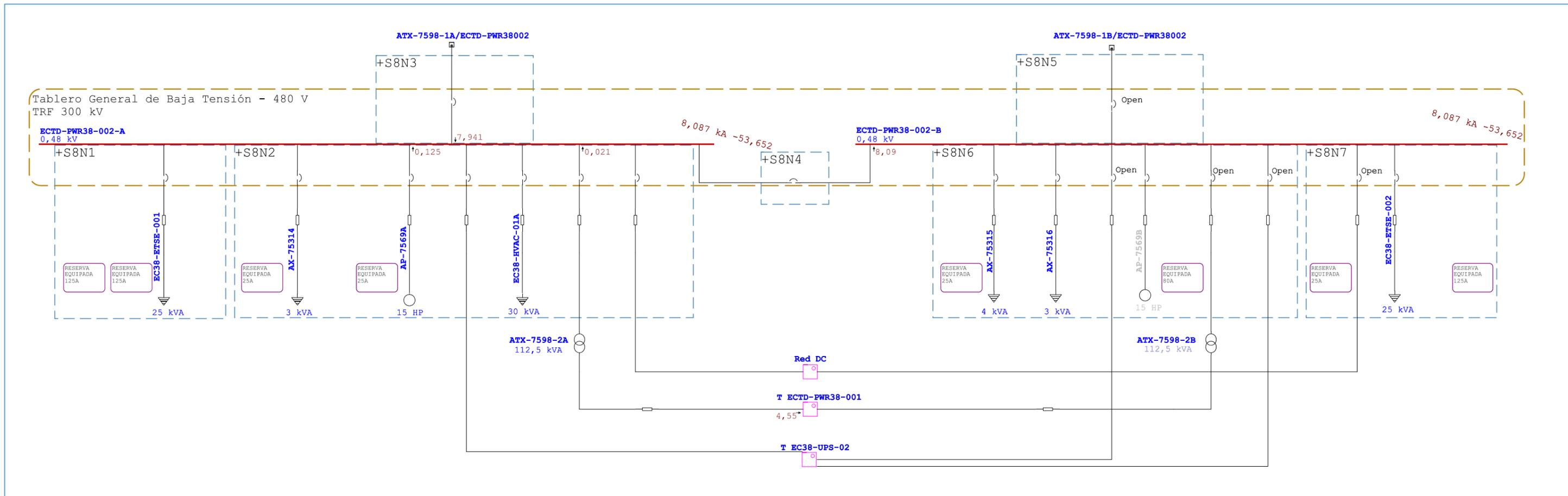
POWER ROOM 8



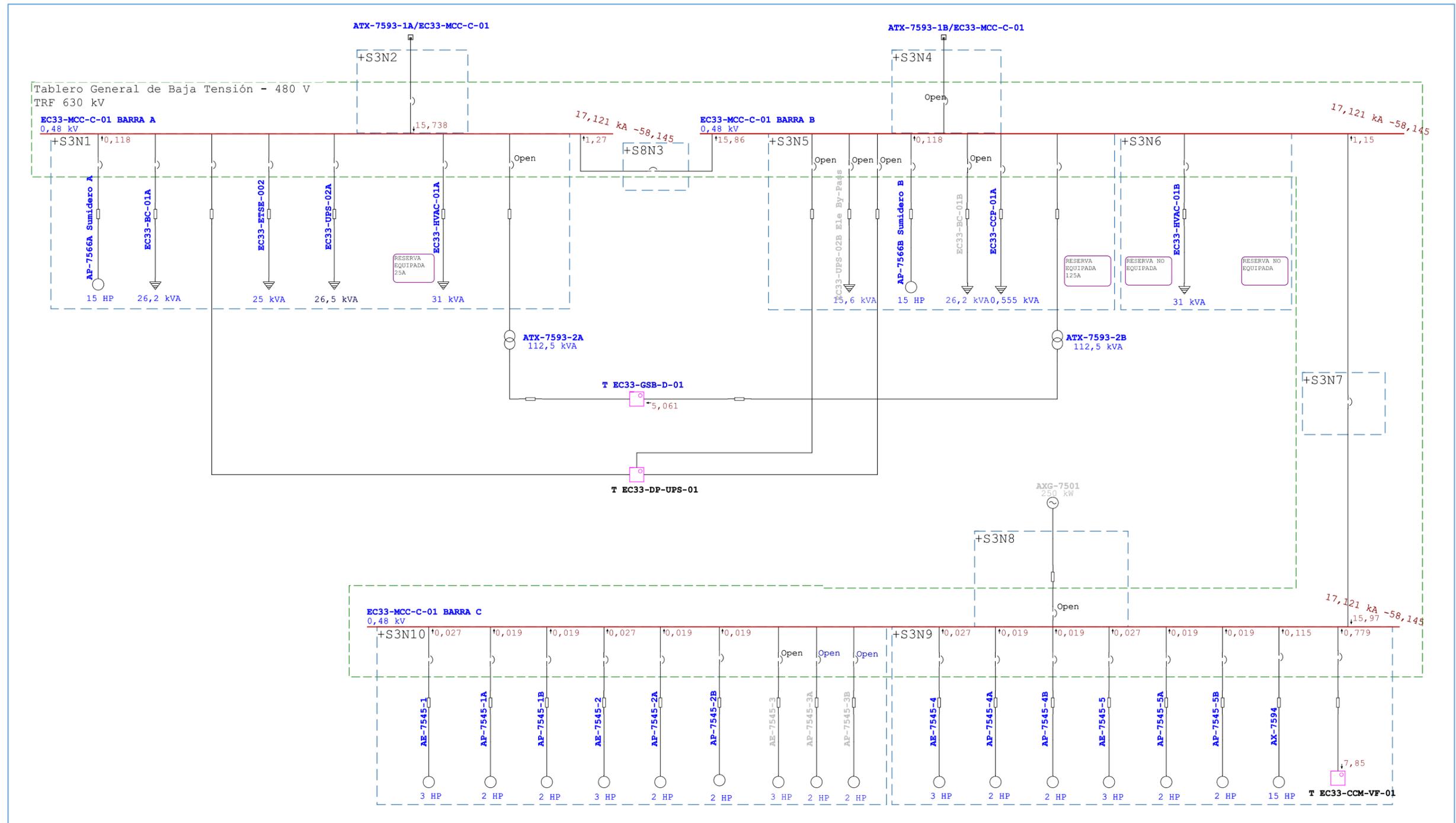
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01



Tablas 9. Resumen: Fase 2 – Mantenimiento / falla de los transformadores
ATX-7598B y/o ATX-7593A

Informe Resumen de Cortocircuito

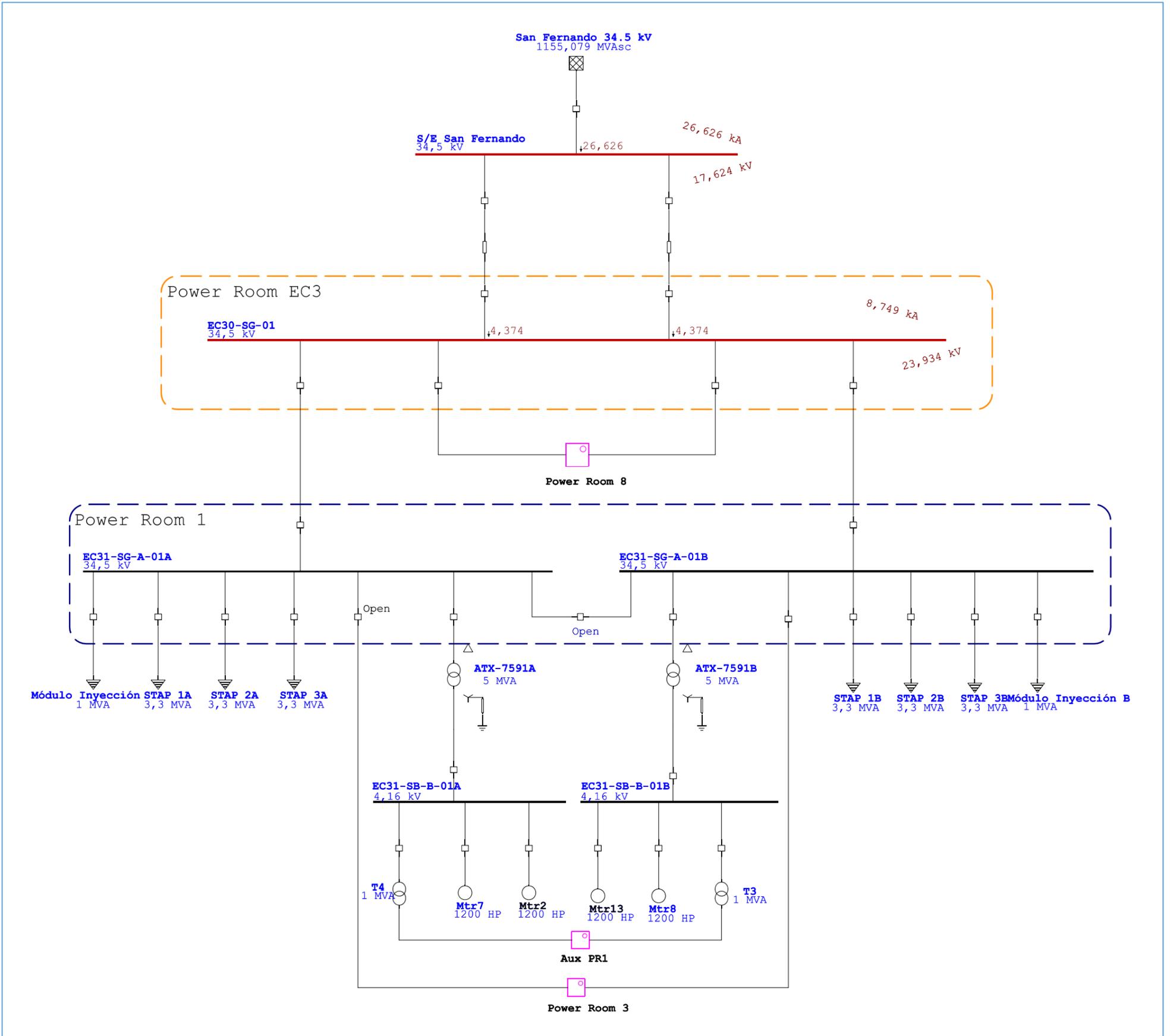
Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I" k	ip	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik	I" k	ip	Ib	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,62	27,18	11,74	8,75	18,85	8,75	8,75	10,92	23,53	10,92	10,92	11,59	24,98	11,59	11,59
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,62	13,63	7,60	6,73	10,65	6,73	6,73	7,29	11,52	7,29	7,29	8,07	12,76	8,07	8,07
EC33-DP-01	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-02	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-05	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-06	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,10	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,71	2,68	1,71	1,71	1,98	3,11	1,98	1,98
EC33-DP-UPS-02	0,480	6,07	8,76	5,91	5,24	7,56	5,24	5,24	5,24	7,56	5,24	5,24	5,81	8,39	5,81	5,81
EC33-GSB-D-01	0,208	5,07	7,83	4,99	5,25	8,10	5,25	5,25	4,38	6,77	4,38	4,38	5,27	8,13	5,27	5,27
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	17,12	28,22	15,24	16,30	26,96	16,30	16,30	14,49	24,05	14,49	14,49	16,64	27,63	16,64	16,64
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,12	28,22	15,24	16,30	26,96	16,30	16,30	14,49	24,05	14,49	14,49	16,64	27,63	16,64	16,64
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,12	28,22	15,24	16,30	26,96	16,30	16,30	14,49	24,05	14,49	14,49	16,64	27,63	16,64	16,64
EC33-SB-A-01B	34,500	11,42	22,14	10,63	7,85	15,21	7,85	7,85	9,88	19,16	9,88	9,88	10,37	20,10	10,37	10,37
EC33-SB-B-01A	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,60	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-SB-B-01B	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,60	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,73	8,40	5,29	4,60	6,73	4,60	4,60	4,90	7,18	4,90	4,90	5,44	7,97	5,44	5,44
EC38-DP-02	0,208	1,78	2,57	1,77	1,60	2,31	1,60	1,60	1,54	2,22	1,54	1,54	1,73	2,50	1,73	1,73
EC38-DP-TE-01	0,208	3,28	4,84	3,25	2,78	4,10	2,78	2,78	2,84	4,18	2,84	2,84	3,26	4,81	3,26	3,26
EC38-SG-A-01A	34,500	12,39	26,54	11,54	8,58	18,37	8,58	8,58	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-A-01B	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-A-01C	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,83	48,59	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,17	42,07	17,17	17,17	17,28	42,33	17,28	17,28
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,83	48,59	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,17	42,07	17,17	17,17	17,28	42,33	17,28	17,28
EC38-SG-B2-01D	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01E	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
ECTD-PWR38-001	0,208	4,60	7,14	4,54	4,97	7,71	4,97	4,97	3,97	6,17	3,97	3,97	4,90	7,61	4,90	4,90
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,09	12,86	7,94	7,68	12,23	7,68	7,68	6,96	11,10	6,96	6,96	7,88	12,58	7,88	7,88
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,09	12,86	7,94	7,68	12,23	7,68	7,68	6,96	11,10	6,96	6,96	7,88	12,58	7,88	7,88
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,19	3,26	2,14	1,91	2,85	1,91	1,91	1,89	2,81	1,89	1,89	2,14	3,19	2,14	2,14
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,16	3,20	2,14	1,90	2,83	1,90	1,90	1,86	2,77	1,86	1,86	2,12	3,15	2,12	2,12
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	2,00	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,18	45,79	19,33	26,63	60,41	26,63	26,63	17,47	39,64	17,47	17,47	26,24	59,54	26,24	26,24
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,65	2,63	1,65	1,65	1,99	3,17	1,99	1,99

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

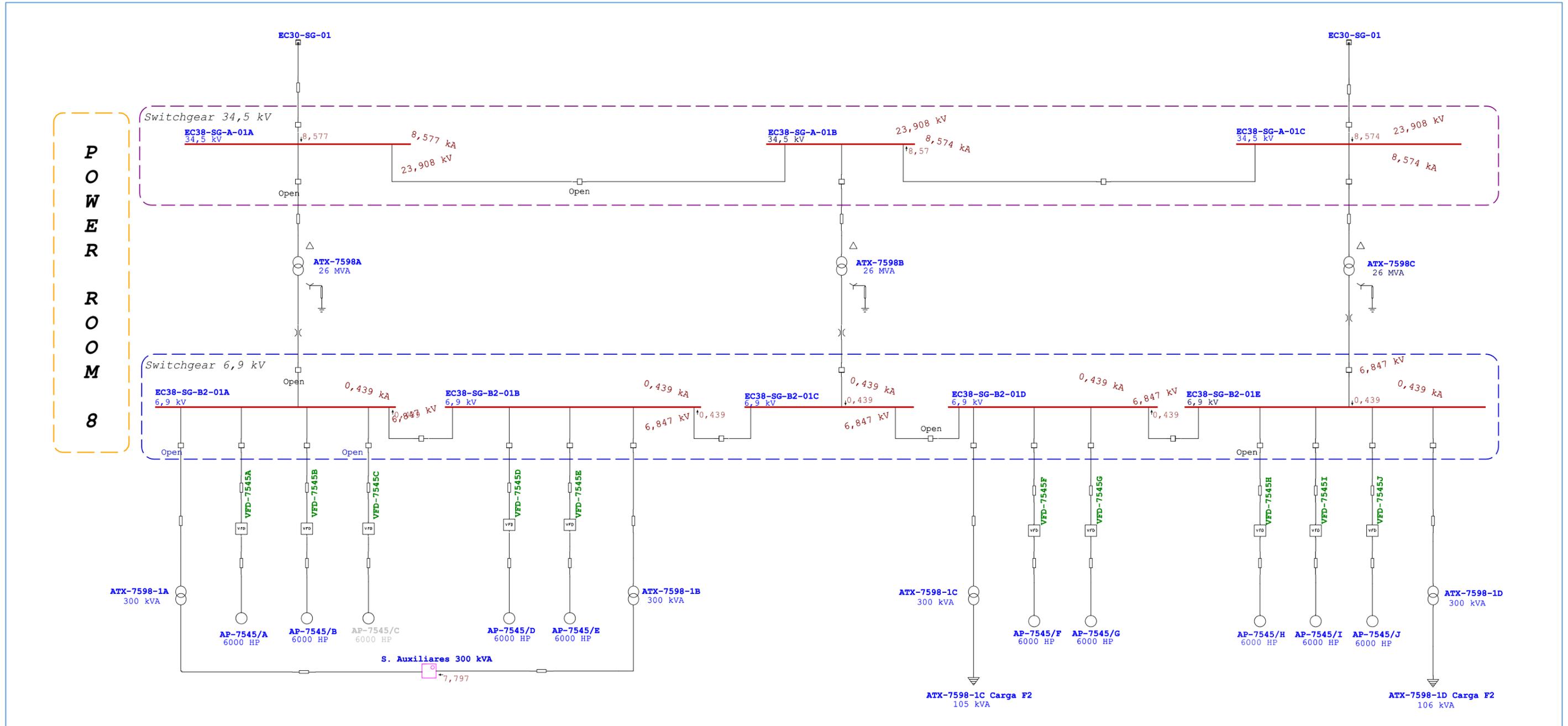
Barra		Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
ID	kV	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01	34,500	0,3774	1,6955	1,7370	0,3770	1,6977	1,7390	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01	0,480	0,0206	0,0268	0,0338	0,0211	0,0284	0,0354	0,0311	0,0521	0,0607	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01	0,208	0,0331	0,0228	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02	0,208	0,0331	0,0228	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05	0,208	0,0331	0,0228	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06	0,208	0,0331	0,0228	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01	0,208	0,0397	0,0501	0,0639	0,0397	0,0502	0,0640	0,0399	0,0576	0,0701	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02	0,480	0,0449	0,0169	0,0479	0,0449	0,0176	0,0482	0,0668	0,0223	0,0704	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01	0,208	0,0163	0,0188	0,0249	0,0163	0,0189	0,0250	0,0134	0,0178	0,0223	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	0,0090	0,0146	0,0171	0,0091	0,0152	0,0177	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	0,0090	0,0146	0,0171	0,0091	0,0152	0,0177	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	0,0090	0,0146	0,0171	0,0091	0,0152	0,0177	0,0098	0,0162	0,0190	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01B	34,500	0,6269	1,8131	1,9184	0,6268	1,8156	1,9208	1,4021	4,3155	4,5375	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A	4,160	0,0216	0,1491	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B	4,160	0,0216	0,1491	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01	0,480	0,0410	0,0299	0,0507	0,0415	0,0316	0,0522	0,0635	0,0601	0,0874	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02	0,208	0,0659	0,0259	0,0708	0,0660	0,0261	0,0709	0,0893	0,0298	0,0941	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01	0,208	0,0301	0,0239	0,0384	0,0301	0,0240	0,0386	0,0540	0,0262	0,0600	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A	34,500	0,3940	1,7242	1,7686	0,3936	1,7263	1,7707	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7269	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C	34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7269	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A	6,900	0,0234	0,2197	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B	6,900	0,0234	0,2197	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01D	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01E	6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001	0,208	0,0177	0,0209	0,0274	0,0177	0,0211	0,0276	0,0126	0,0170	0,0212	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0293	0,0363	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B	0,480	0,0214	0,0291	0,0361	0,0214	0,0293	0,0363	0,0244	0,0335	0,0415	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01	0,208	0,0433	0,0379	0,0575	0,0436	0,0385	0,0582	0,0547	0,0614	0,0822	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02	0,208	0,0441	0,0385	0,0585	0,0441	0,0386	0,0587	0,0547	0,0614	0,0822	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	0,0659	0,0704	0,0964	0,0659	0,0704	0,0965	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando	34,500	0,1846	1,0699	1,0857	0,1844	1,0707	1,0864	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001	0,208	0,0395	0,0528	0,0660	0,0395	0,0529	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000

**2.9. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE
LOS TRANSFORMADORES ATX-7598A Y/O ATX-7593A
CORTOCIRCUITO MONOFÁSICO**

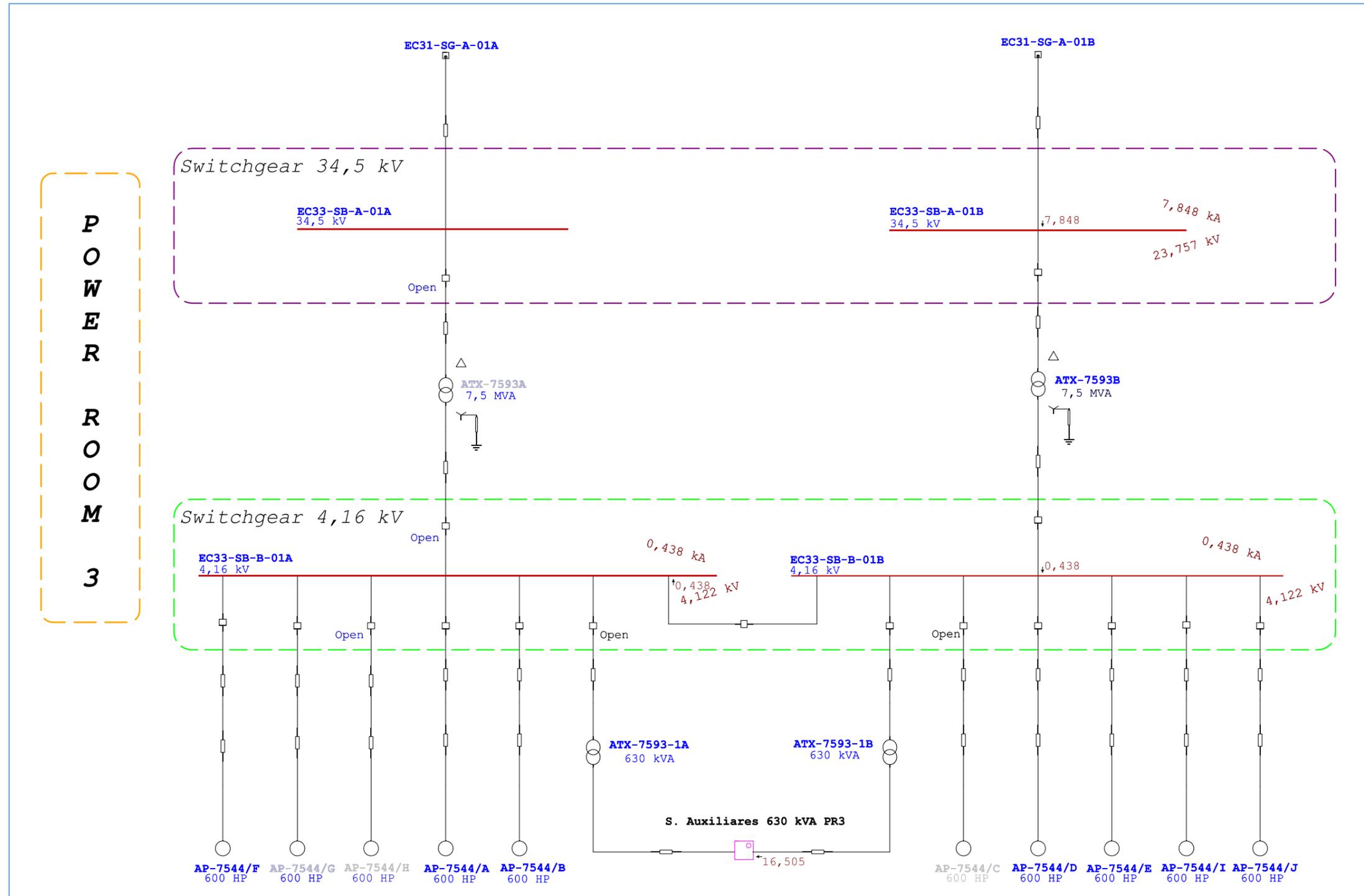
Red 34.5 kV CDF-EC3



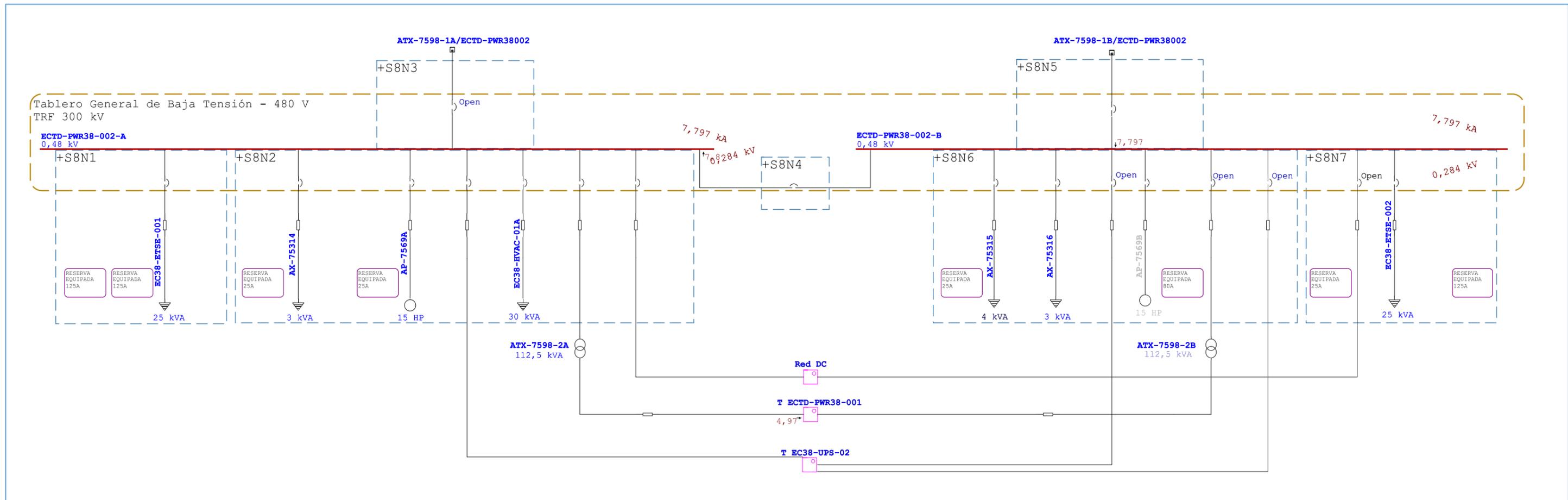
POWER ROOM 8



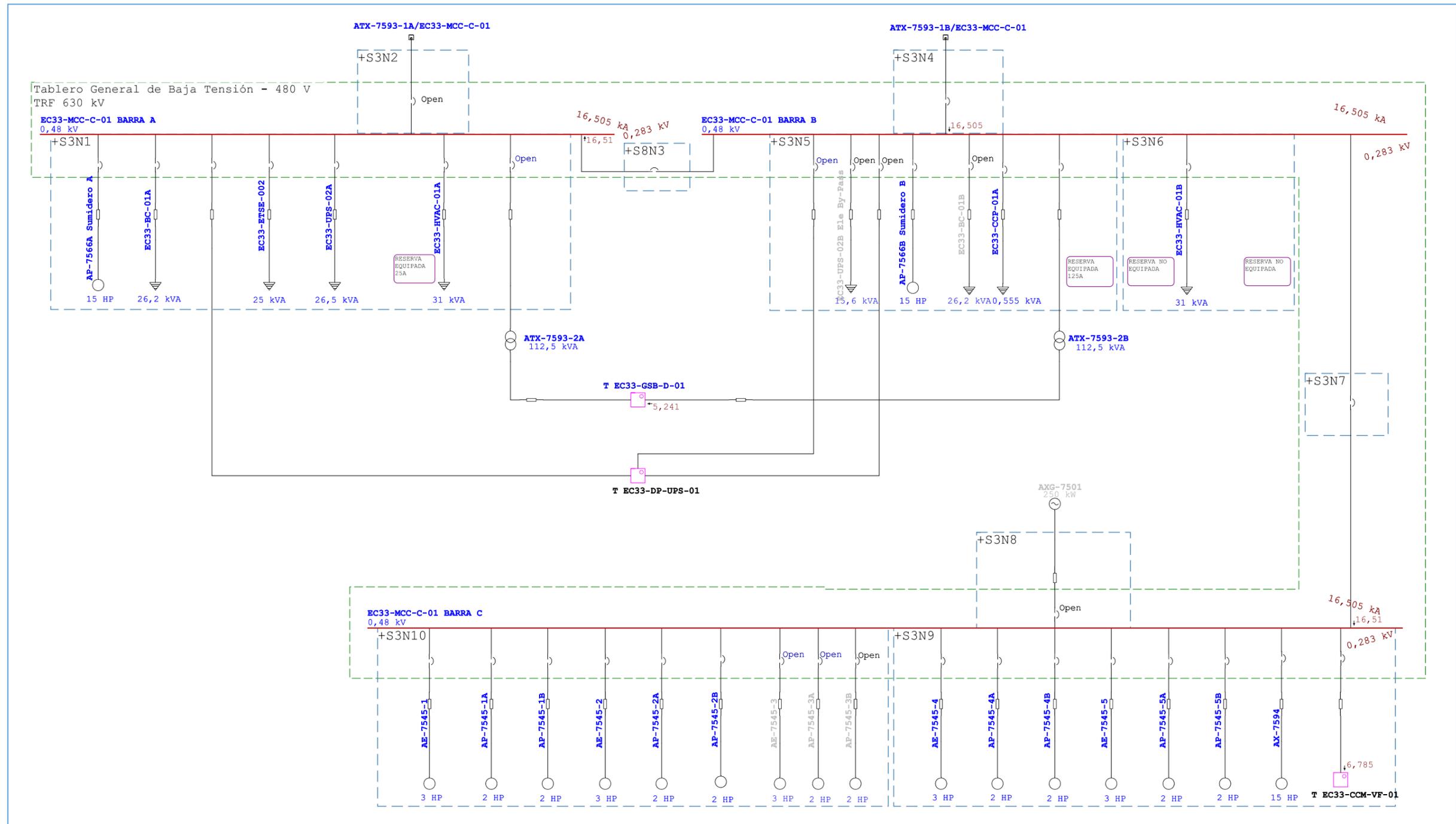
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002

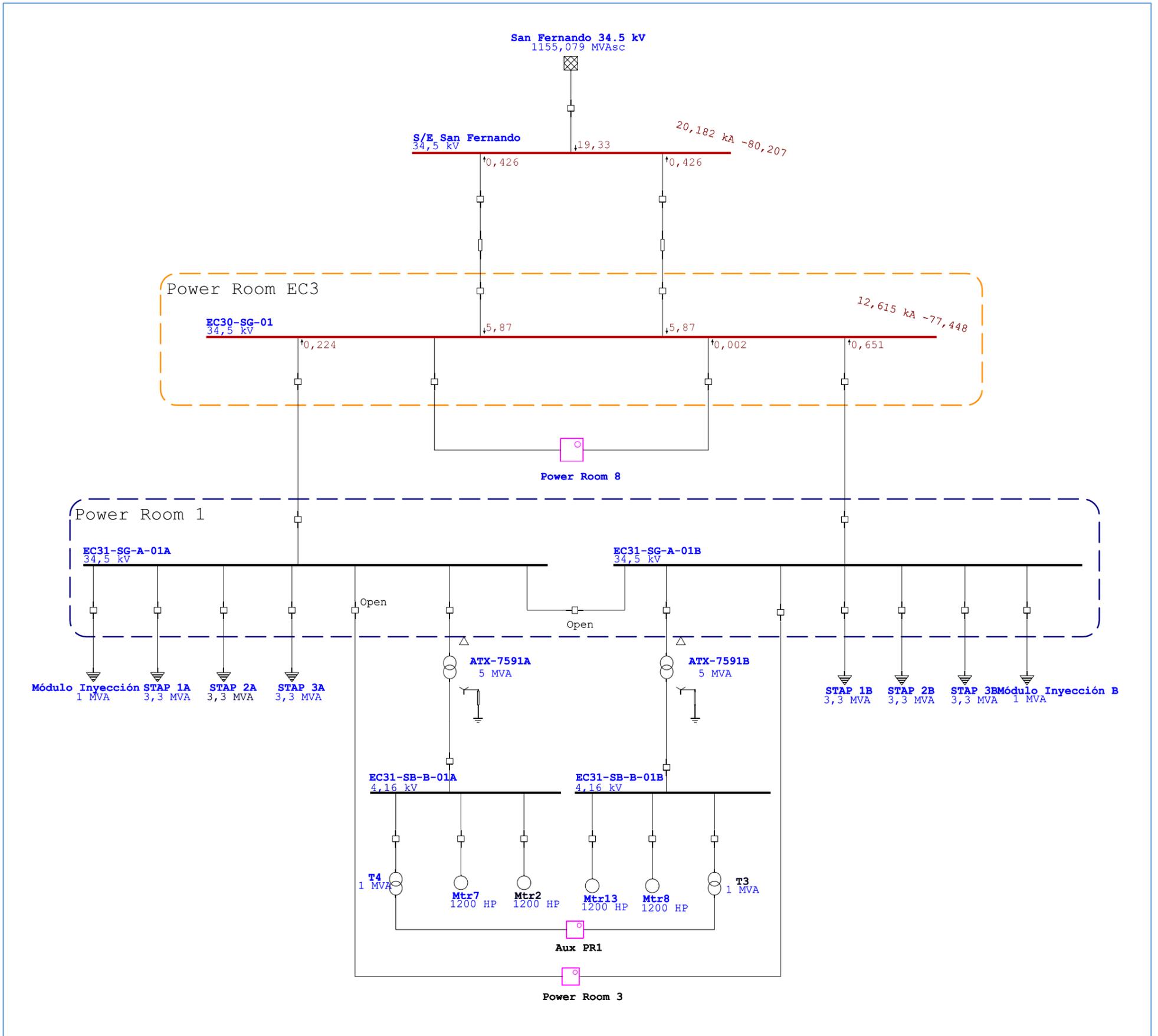


POWER ROOM 3 480 VAC EC33-MCC-C-01

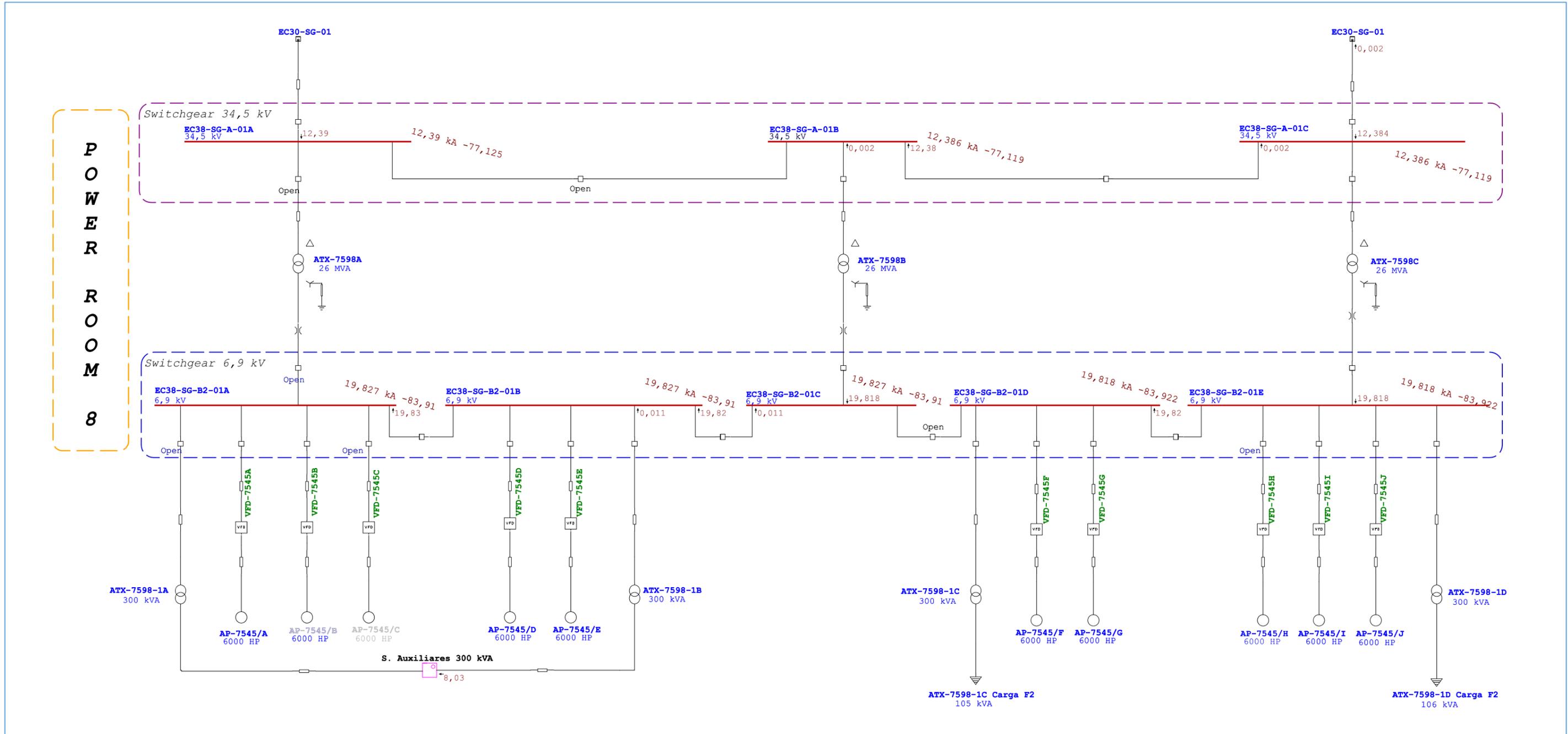


**2.10. FASE 2 – ESCENARIO DE ANÁLISIS MANTENIMIENTO / FALLA DE LOS TRANSFORMADORES
ATX-7598A Y/O ATX-7593A CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO**

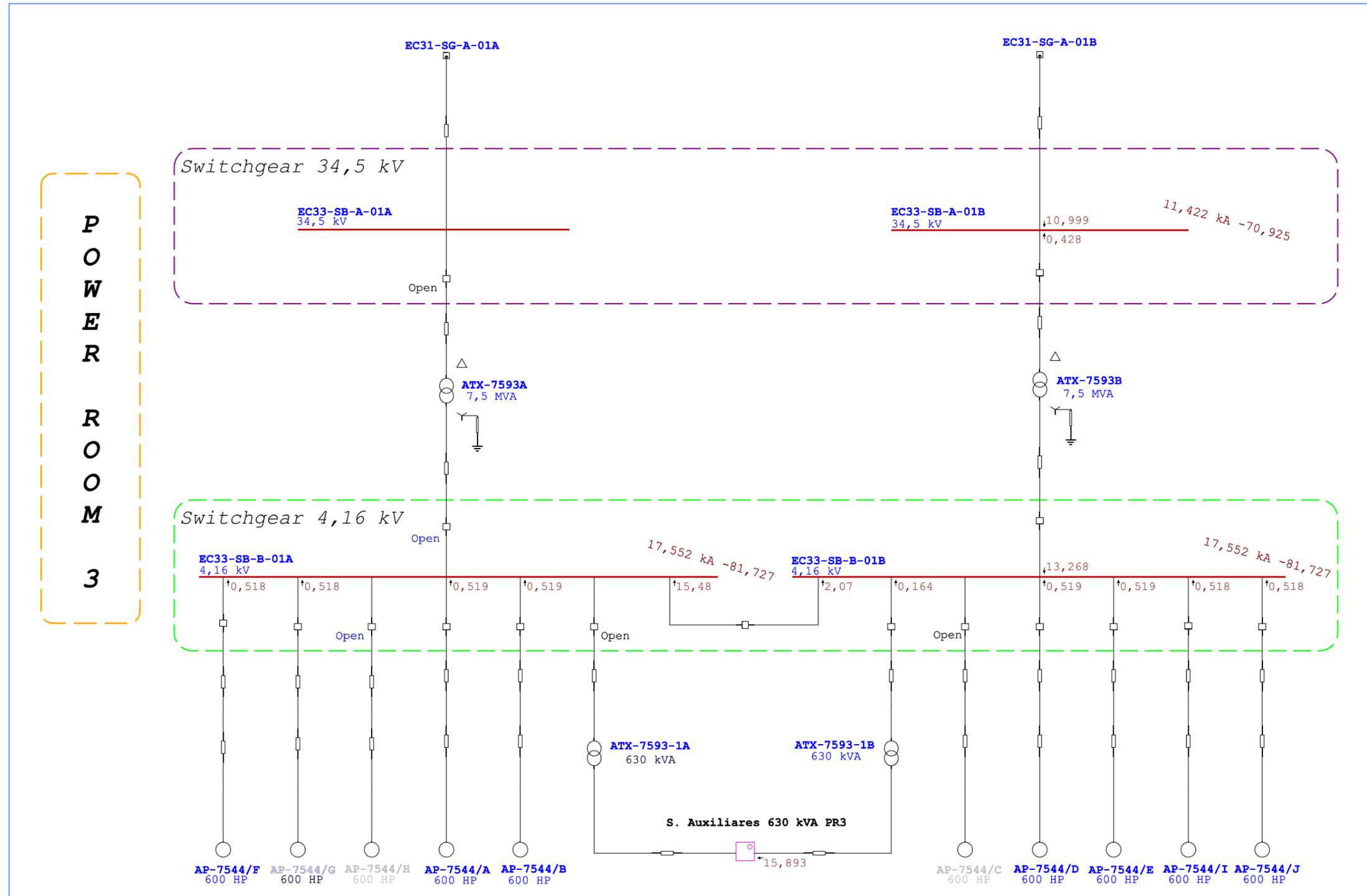
Red 34.5 kV CDF-EC3



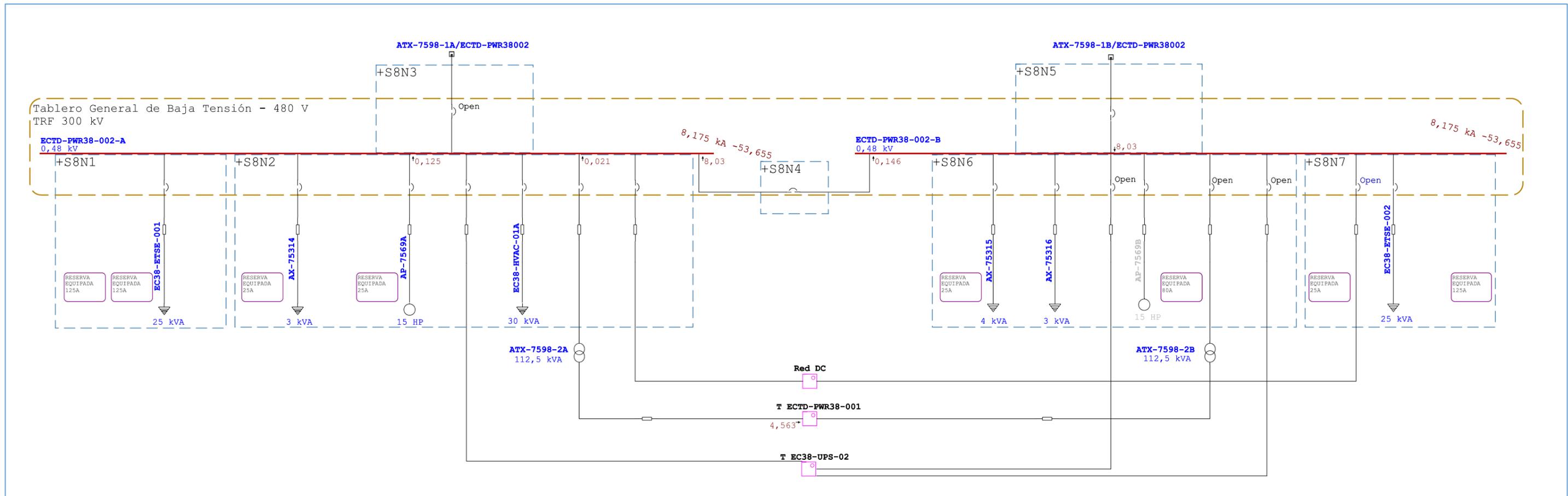
POWER ROOM 8



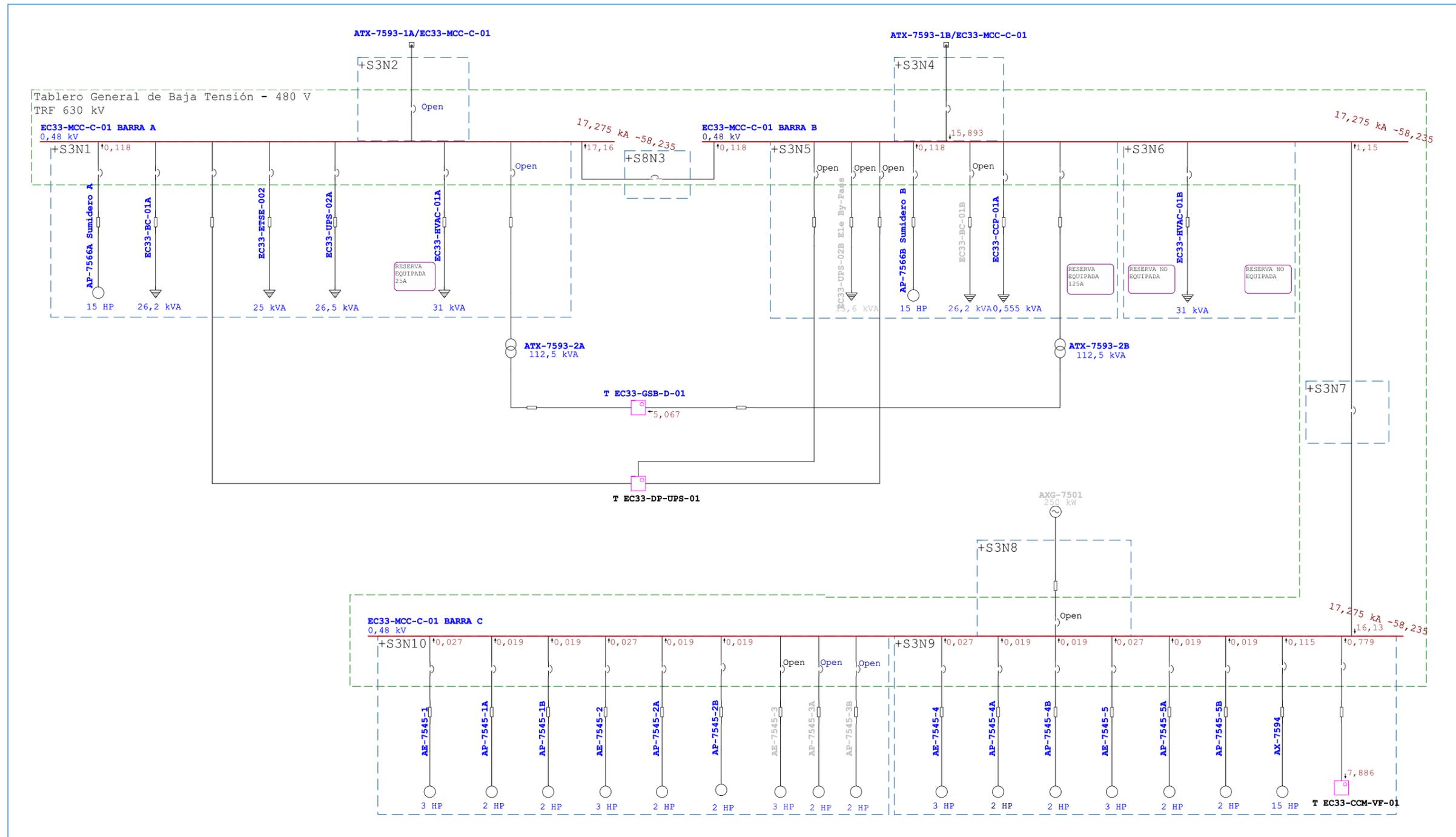
POWER ROOM 3



POWER ROOM 8 480 VAC
ECTD-PWR38-002



POWER ROOM 3 480 VAC EC-33-MCC-C-01



Tablas 10. Resumen: Fase 2 – Mantenimiento o falla de los transformadores
ATX-7598A y/o ATX-7593A

Informe Resumen de Cortocircuito

Barra		Falta Trifásica			Falta Línea-a-Tierra				Falta Línea-a-Línea				*Línea-a-Línea-a-Tierra			
ID	kV	I"k	ip	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik
EC30-SG-01	34,500	12,62	27,18	11,74	8,75	18,85	8,75	8,75	10,92	23,53	10,92	10,92	11,59	24,98	11,59	11,59
EC33-CCM-VF-01	0,480	8,65	13,68	7,63	6,77	10,70	6,77	6,77	7,32	11,57	7,32	7,32	8,11	12,82	8,11	8,11
EC33-DP-01	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-02	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-05	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-06	0,208	3,14	4,59	3,12	2,44	3,56	2,44	2,44	2,72	3,97	2,72	2,72	3,03	4,43	3,03	3,03
EC33-DP-UPS-01	0,208	1,97	3,10	1,96	1,91	3,00	1,91	1,91	1,71	2,68	1,71	1,71	1,98	3,11	1,98	1,98
EC33-DP-UPS-02	0,480	6,09	8,78	5,93	5,26	7,59	5,26	5,26	5,26	7,59	5,26	5,26	5,83	8,42	5,83	5,83
EC33-GSB-D-01	0,208	5,08	7,84	5,00	5,25	8,11	5,25	5,25	4,39	6,78	4,39	4,39	5,27	8,14	5,27	5,27
EC33-MCC-C-01 BARRA A	0,480	17,28	28,50	15,38	16,51	27,32	16,44	16,44	14,62	24,30	14,62	14,62	16,84	27,99	16,84	16,84
EC33-MCC-C-01 BARRA B	0,480	17,28	28,50	15,38	16,51	27,32	16,44	16,44	14,62	24,30	14,62	14,62	16,84	27,99	16,84	16,84
EC33-MCC-C-01 BARRA C	0,480	17,28	28,50	15,38	16,51	27,32	16,44	16,44	14,62	24,30	14,62	14,62	16,84	27,99	16,84	16,84
EC33-SB-A-01B	34,500	11,42	22,14	10,63	7,85	15,21	7,85	7,85	9,88	19,16	9,88	9,88	10,37	20,10	10,37	10,37
EC33-SB-B-01A	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-SB-B-01B	4,160	17,55	41,24	13,20	0,44	1,03	0,44	0,44	15,14	35,61	15,14	15,14	15,25	35,86	15,25	15,25
EC33-TBS-SH-01	0,480	5,75	8,43	5,31	4,61	6,76	4,61	4,61	4,91	7,20	4,91	4,91	5,45	7,99	5,45	5,45
EC38-DP-02	0,208	1,78	2,57	1,77	1,60	2,32	1,60	1,60	1,54	2,23	1,54	1,54	1,73	2,50	1,73	1,73
EC38-DP-TE-01	0,208	3,29	4,85	3,26	2,78	4,10	2,78	2,78	2,84	4,19	2,84	2,84	3,27	4,81	3,27	3,27
EC38-SG-A-01A	34,500	12,39	26,54	11,54	8,58	18,37	8,58	8,58	10,72	22,97	10,72	10,72	11,36	24,34	11,36	11,36
EC38-SG-A-01B	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-A-01C	34,500	12,39	26,53	11,54	8,57	18,37	8,57	8,57	10,72	22,96	10,72	10,72	11,36	24,33	11,36	11,36
EC38-SG-B2-01A	6,900	19,83	48,57	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,32	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01B	6,900	19,83	48,57	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,32	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01C	6,900	19,83	48,57	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,05	17,16	17,16	17,27	42,32	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01D	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
EC38-SG-B2-01E	6,900	19,82	48,55	19,35	0,44	1,08	0,44	0,44	17,16	42,04	17,16	17,16	17,27	42,31	17,27	17,27
ECTD-PWR38-001	0,208	4,62	7,16	4,55	4,98	7,73	4,98	4,98	3,99	6,19	3,99	3,99	4,91	7,62	4,91	4,91
ECTD-PWR38-002-A	0,480	8,18	13,00	8,02	7,80	12,42	7,79	7,79	7,04	11,23	7,04	7,04	7,98	12,73	7,98	7,98
ECTD-PWR38-002-B	0,480	8,18	13,00	8,02	7,80	12,42	7,79	7,79	7,04	11,23	7,04	7,04	7,98	12,73	7,98	7,98
ECVFD-DP-TI-01	0,208	2,19	3,26	2,14	1,92	2,85	1,92	1,92	1,89	2,81	1,89	1,89	2,15	3,19	2,15	2,15
ECVFD-DP-TI-02	0,208	2,16	3,21	2,14	1,90	2,83	1,90	1,90	1,87	2,78	1,87	1,87	2,12	3,15	2,12	2,12
ECVFD-DP-UPS-002	0,208	1,31	2,00	1,31	1,22	1,86	1,22	1,22	1,13	1,73	1,13	1,13	1,30	1,98	1,30	1,30
S/E San Fernando	34,500	20,18	45,79	19,33	26,63	60,41	26,63	26,63	17,47	39,64	17,47	17,47	26,24	59,54	26,24	26,24
TB-UPS-001	0,208	1,91	3,04	1,91	2,01	3,19	2,01	2,01	1,66	2,63	1,66	1,66	2,00	3,17	2,00	2,00

Informe Resumen de la Impedancia de Secuencia

Barra	ID	kV	Imp. Sec. Positiva (ohm)			Imp. Sec. Negativa (ohm)			Imp. Sec. Cero (ohm)			Zf de Falta (ohm)		
			Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia	Resistencia	Reactancia	Impedancia
EC30-SG-01		34,500	0,3774	1,6955	1,7370	0,3770	1,6977	1,7390	0,6163	3,9944	4,0417	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-CCM-VF-01		0,480	0,0205	0,0267	0,0336	0,0210	0,0283	0,0353	0,0310	0,0517	0,0603	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-01		0,208	0,0331	0,0227	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-02		0,208	0,0331	0,0227	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-05		0,208	0,0331	0,0227	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-06		0,208	0,0331	0,0227	0,0401	0,0331	0,0229	0,0402	0,0692	0,0302	0,0755	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-01		0,208	0,0397	0,0501	0,0639	0,0397	0,0502	0,0640	0,0399	0,0576	0,0700	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-DP-UPS-02		0,480	0,0447	0,0168	0,0478	0,0448	0,0174	0,0481	0,0666	0,0220	0,0702	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-GSB-D-01		0,208	0,0163	0,0187	0,0248	0,0163	0,0189	0,0249	0,0134	0,0178	0,0223	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA A		0,480	0,0089	0,0144	0,0170	0,0090	0,0150	0,0175	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA B		0,480	0,0089	0,0144	0,0170	0,0090	0,0150	0,0175	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-MCC-C-01 BARRA C		0,480	0,0089	0,0144	0,0170	0,0090	0,0150	0,0175	0,0097	0,0159	0,0186	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-A-01B		34,500	0,6269	1,8131	1,9184	0,6268	1,8156	1,9208	1,4021	4,3155	4,5375	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01A		4,160	0,0216	0,1491	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-SB-B-01B		4,160	0,0216	0,1491	0,1506	0,0212	0,1501	0,1515	18,0297	0,1722	18,0306	0,0000	0,0000	0,0000
EC33-TBS-SH-01		0,480	0,0409	0,0298	0,0506	0,0414	0,0314	0,0520	0,0633	0,0597	0,0871	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-02		0,208	0,0659	0,0259	0,0708	0,0659	0,0260	0,0709	0,0893	0,0298	0,0941	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-DP-TE-01		0,208	0,0301	0,0238	0,0383	0,0301	0,0240	0,0385	0,0540	0,0262	0,0600	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01A		34,500	0,3940	1,7242	1,7686	0,3936	1,7264	1,7707	0,6827	4,0709	4,1277	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01B		34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7269	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-A-01C		34,500	0,3943	1,7247	1,7692	0,3939	1,7269	1,7712	0,6838	4,0722	4,1293	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01A		6,900	0,0234	0,2198	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01B		6,900	0,0234	0,2198	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01C		6,900	0,0234	0,2198	0,2210	0,0234	0,2199	0,2211	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01D		6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
EC38-SG-B2-01E		6,900	0,0234	0,2199	0,2211	0,0234	0,2200	0,2212	29,8846	0,1471	29,8849	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-001		0,208	0,0177	0,0208	0,0273	0,0177	0,0210	0,0275	0,0126	0,0170	0,0212	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-A		0,480	0,0211	0,0288	0,0357	0,0212	0,0290	0,0359	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECTD-PWR38-002-B		0,480	0,0211	0,0288	0,0357	0,0212	0,0290	0,0359	0,0239	0,0327	0,0405	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-01		0,208	0,0432	0,0379	0,0575	0,0435	0,0385	0,0581	0,0547	0,0614	0,0822	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-TI-02		0,208	0,0440	0,0384	0,0584	0,0441	0,0386	0,0586	0,0547	0,0614	0,0822	0,0000	0,0000	0,0000
ECVFD-DP-UPS-002		0,208	0,0659	0,0703	0,0964	0,0659	0,0704	0,0964	0,0733	0,0914	0,1171	0,0000	0,0000	0,0000
S/E San Fernando		34,500	0,1846	1,0699	1,0857	0,1844	1,0707	1,0864	0,0504	0,2923	0,2966	0,0000	0,0000	0,0000
TB-UPS-001		0,208	0,0395	0,0528	0,0659	0,0395	0,0528	0,0660	0,0313	0,0469	0,0564	0,0000	0,0000	0,0000